

Corso di formazione «Aspetti di sicurezza in criogenia»

Durata **1,5 h**

LNGS, 6 novembre 2024

Dott. Ing. Marco Tobia

RSPP-RSGS LNGS – INFN

spp@lngs.infn.it



PFN2024:
Corso Nazionale di
Criogenia
e vuoto

5-8 Novembre 2024
LNGS



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

1. Il panorama di riferimento legislativo e normativo nella criogenia
2. Richiami definizioni e concetti nell'H&S e nella Risk Analysis
3. Proprietà dei fluidi criogenici
4. Cryogenic Hazards
 1. Rischi per la salute
 2. Rischi per la sicurezza
5. Misure P&P nella criogenia
6. What If...



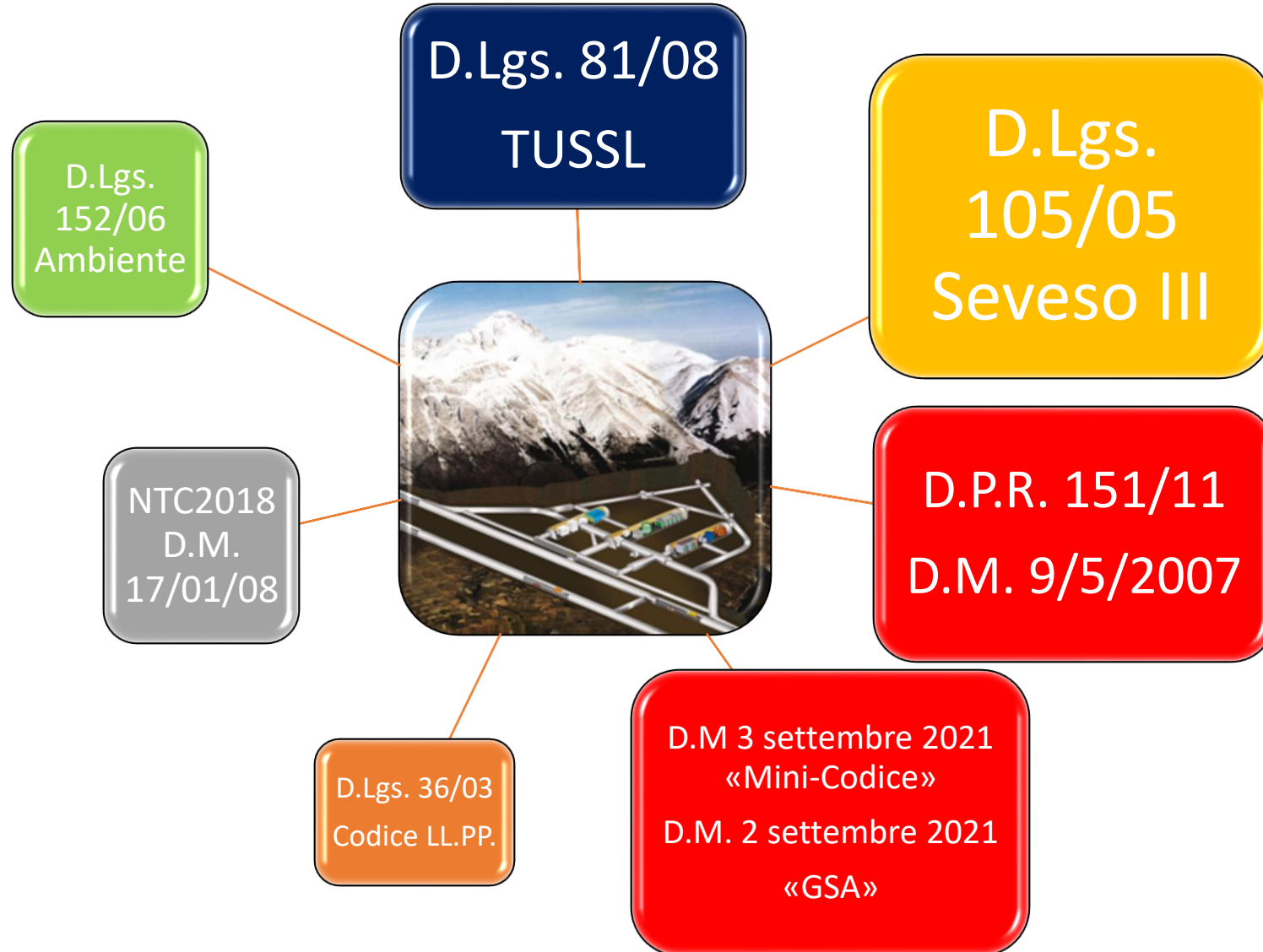


1

IL PANORAMA DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO E NORMATIVO

IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

1. IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO



LA «GALASSIA» NORMATIVA E LEGISLATIVA

1. IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO



**D.Lgs. 81/08
TUSSL**

**D.Lgs. 105/15
Direttiva
2012/18/UE
Seveso Ter**

**Regolamento sulla
classificazione, l'etichettatura e
l'imballaggio (CLP)
(CE n. 1272/2008)**



**Normativa ADR
Accordo internazionale relativo al
trasporto di merci pericolose su
strada.**

**Direttiva
Attrezzature a
Pressione
2014/68/UE, PED
(Pressure Equipment
Directive)**

**Direttiva 2010/35/UE T-PED,
certificazione
di attrezzature a pressione
trasportabili.**

IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

EIGA - European Industrial Gases Association

The European Industrial Gases Association, EIGA, is a safety and technically oriented organisation representing the vast majority of European and a number of non-European companies producing and distributing industrial, medical and food gases.





IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

Norme UNI – Ente Italiano di Normazione

Norme tecniche UNI, ISO, DIN, CEN, PdR



UNI EN ISO 45001:2023+A1:2024

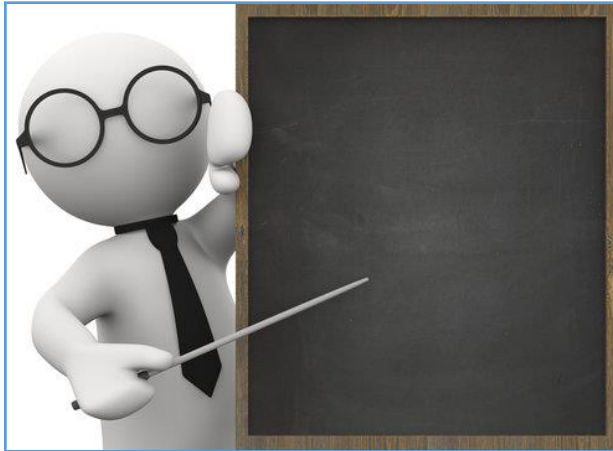
Sistemi di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro - Requisiti e guida per l'uso

UNI ISO 31000:2018

Gestione del rischio - Linee guida

UNI CEI EN IEC 31010:2019

Gestione del rischio - Tecniche di valutazione del rischio



2

Richiami definizioni e concetti nell'H&S e nella Risk Analysis

Il concetto di RISCHIO

- Definizione QUALITATIVA
- HAZARD = PERICOLO
- DAMAGE = DANNO

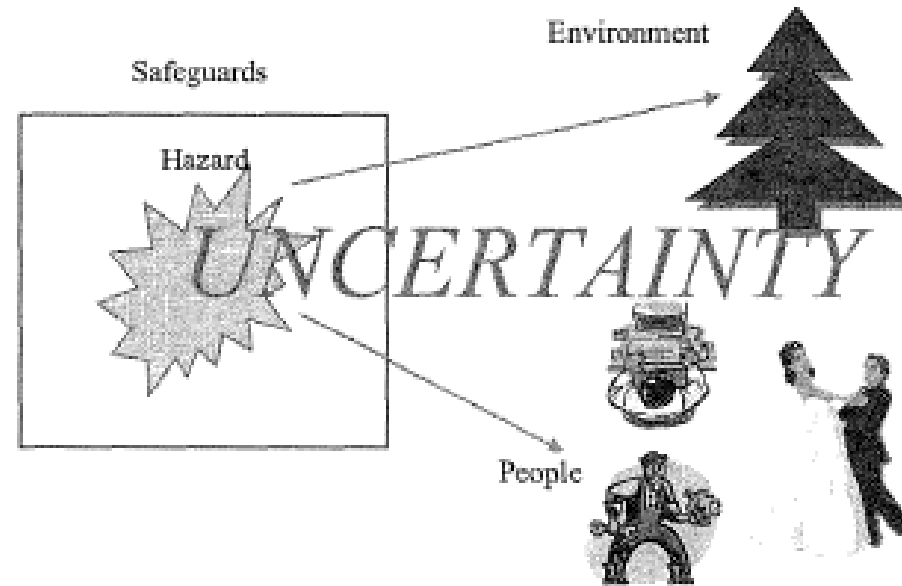
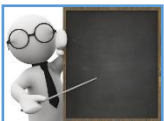


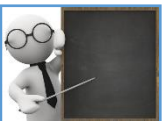
Fig. 2.1: The main components of the concept of risk



HAZARD (1)

la terminologia in inglese è migliore nel campo del Risk Assessment

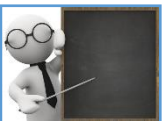
- **Hazard**: the source of a risk.
- Hazard = PERICOLO.
- Dal dizionario: possibilità di evento rischioso.
- Dal **D.Lgs. 81/08** (TUSSL), art. 2, comma 1, lett. r): *proprietà o qualità **intrinseca** di un determinato **fattore** avente il potenziale di causare **danni**.*
- Dal **D.Lgs. 105/15** **Direttiva 2012/18/UE Seveso Ter**, art. 3, comma 1, lett. g): *la proprietà **intrinseca** di una sostanza pericolosa o della situazione fisica esistente in uno stabilimento di provocare **danni** per la salute umana o per l'ambiente.*



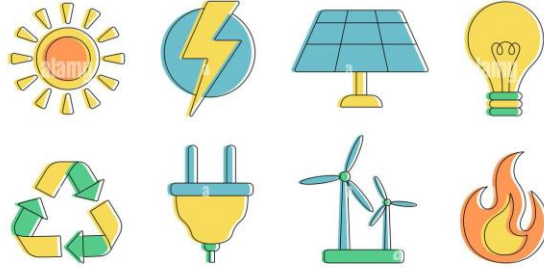
HAZARD (2)

la terminologia in inglese è migliore nel campo del Risk Assessment

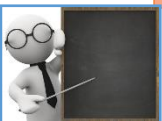
- The meaning of the word hazard can be confusing. Often dictionaries do not give specific definitions or combine it with the term "risk". For example, one dictionary defines hazard as "a danger or risk" which helps explain why many people use the terms interchangeably.
- There are many definitions for hazard but the more common definition when talking about workplace health and safety is:
 - **An *hazard* is any source of potential damage, harm or adverse health effects on something or someone under certain conditions at work.**
- Basically, a hazard can cause harm or adverse effects (to individuals as health effects or to organizations as property or equipment losses).



HAZARD (3)



- Workplace hazards can come from a wide range of sources. General examples include any substance, material, process, practice, etc. that has the ability to cause harm or adverse health effect to a person under certain conditions.
- An object that could fall from a height (potential or gravitational energy), a run-away chemical reaction (chemical energy), the release of compressed gas or steam (pressure; high temperature), entanglement of hair or clothing in rotating equipment (kinetic energy), or contact with electrodes of a battery or capacitor (electrical energy).



RISK = RISCHIO (1)

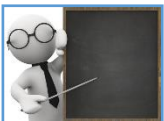
Hauptmanns and Werner: mention that *"any possibility of causing damage is considered as risk, if there is uncertainty on whether this damage will be realised or not"*.

Rowe:

"Risk is the possibility of occurrence of undesirable consequences from an uncontrolled event".

the Working Party of the British Institution of Chemical Engineers defines risk as:

"the likelihood of a specified undesired effect occurring within a specified period or in specified circumstances. It may be either a frequency (number of events occurring in unit time) or probability (the probability of a specified event following a prior event), depending on the circumstances".



RISK = RISCHIO (2)

2 principali componenti

Accadimento (OCCURRENCE) di eventi/conseguenze indesiderati (UNDESIRABLE CONSEQUENCES).

Incertezza (UNCERTAINTY o LIKELIHOOD) se questi eventi accadranno.

Se uno solo dei componenti è assente, il rischio non può esistere.

Ad esempio, la lotteria. Acquistando molti biglietti, ci si aspetta di vincere, ma si avrà incertezza se ciò avverrà o no (esiste una certa probabilità di possedere un biglietto vincente). Ma se non si dovesse vincere, non ci si aspetta conseguenze indesiderate (undesirable consequences). Il rischio è quindi nullo.

Se si conosce con certezza luogo ed orario di un terremoto devastante, e se si possiede una casa non antisismica in tale luogo, si farà in modo da evitare di essere in casa durante il terremoto. Ci sono le conseguenze indesiderate, come il crollo della casa, ma è assente l'incertezza che ciò avverrà... il rischio è nullo.



RISK = RISCHIO (3)

RISK = UNCERTAINTY x UNDESIRABLE CONSEQUENCES

Il pericolo (hazard) è una sorgente (o fonte) di danni.

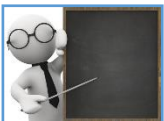
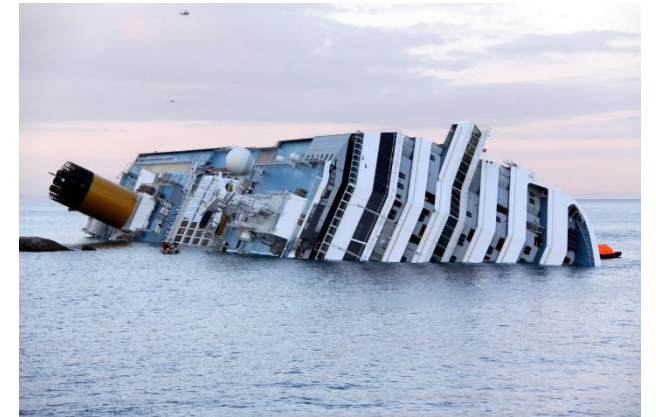
Il rischio è la probabilità di accadimento di eventi (o conseguenze) indesiderate.

The risk includes the "likelihood" under which this source can be transferred into actual damage.

L'oceano è un pericolo per l'uomo. Se lo si attraversa a nuoto, si ha una elevata probabilità (likelihood) di morire (undesirable consequences). Se lo si attraversa con una nave, si ha una bassa probabilità di morire.

Simbolicamente, il rischio è rappresentabile dall'equazione:

Rischio = Hazard / Misure protettive



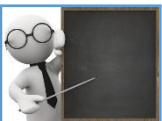
RISK = RISCHIO (4)

Dal D.Lgs. 81/08 (+106/09) TUSSL:

probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione.

Dal D.Lgs. 105/2015 (Direttiva Seveso ter):

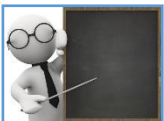
Probabilità che un dato evento si verifichi in un dato periodo o in circostanze specifiche.



RISK = RISCHIO (5)

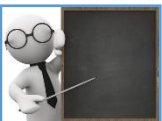
A risk is the chance, high or low, that somebody may be harmed by the hazard.

Combinazione composta di FREQUENZA / PROBABILITA' che un determinato evento possa accadere in certe condizioni e la GRAVITA' / MAGNITUDO delle conseguenze (o dei danni) su persone, ambiente, impianti, patrimonio, società.
 È definibile, nel *Risk Assessment*, e ancor di più nella PRA, come un **set di triplete**.



Caratterizzazione del RISCHIO

- È una grandezza composita, caratterizzabile e definibile soltanto attraverso la combinazione di più variabili, tra esse disomogenee, alcune deterministiche, altre aleatorie, altre soggettive.
- Il RISCHIO, per sua intrinseca natura, è pervaso dall'incertezza (*uncertainty*).
- *“Quando potrai misurare ciò di cui stai parlando ed esprimerlo in numeri, tu potrai sapere qualcosa su di esso”* – Lord Kelvin (poveri noi!).



Definizione quantitativa del RISCHIO

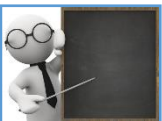
Rischio = frequenza x magnitudo

Secondo IChemE (UK): $R = f(P, M)$

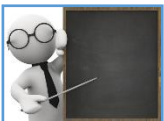
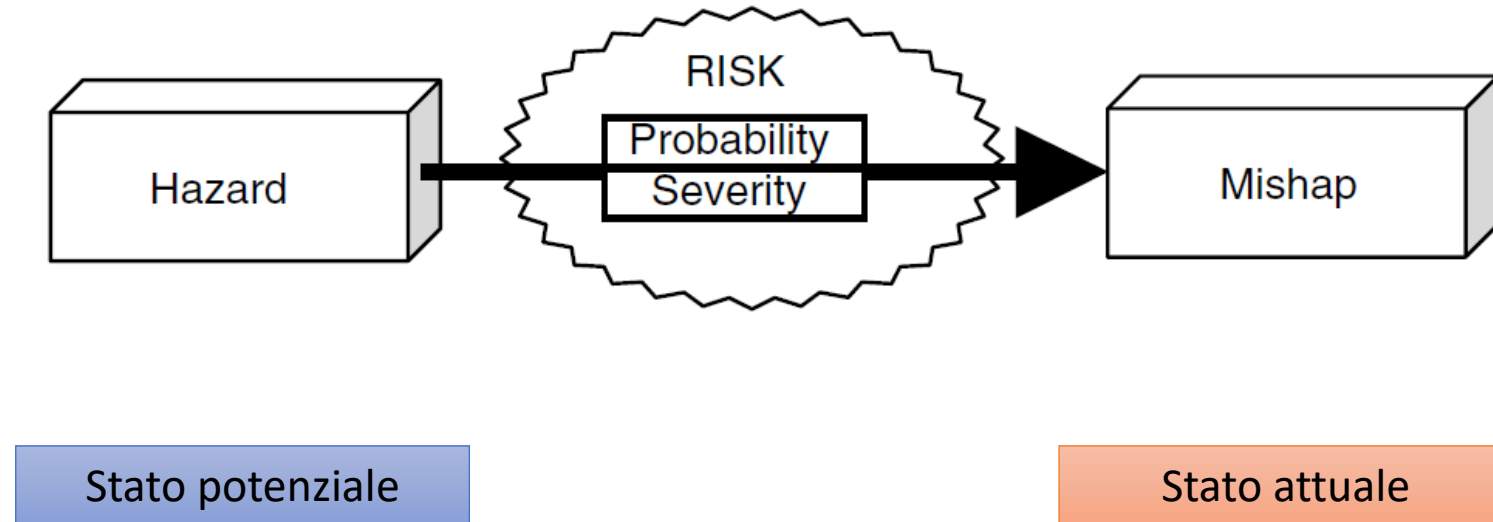
Frequenza oppure probabilità.

Magnitudo o danni o conseguenze.

Grandezze variabili indipendenti, disomogenee, deterministiche, aleatorie.



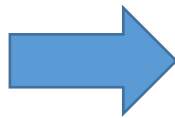
Dall'Hazard al Mishap



Hazard: 3 componenti

1. Hazard Element - HE
2. Initiating Mechanism – IM
3. Target and Threat – T/T

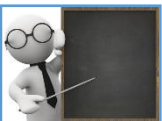
Un saldatore potrebbe essere investito da una esplosione all'interno di uno spazio confinato



HE: presenza atmosfera esplosiva.

IM: innesco dell'atmosfera aprendo il cannello della saldatura ossiacetilenica.

T/T: il saldatore è investito dall'esplosione.



Quantificabilità del RISCHIO

Rischio individuale

Si può quantificare per scopi di indicizzazione statistica, al fine di poter indennizzare le perdite di vite umane sul lavoro, infortuni e lesioni gravi, malattie professionali. In Italia l'ente che si occupa di realizzare le statistiche annualmente e per settore è l'INAIL. L'indice più semplice ed utilizzato è dato dal **Numero di decessi / anno** per singolo settore/attività, ma ha il limite di non poter essere utilizzato per comparare diversi stati, ad esempio membri della stessa UE. Questo perché non è possibile tenere conto del tempo di esposizione all'hazard ed il numero di occupati per un dato settore. Ad esempio, il numero di morti all'anno nel settore degli attrezzisti per Sanremo è certamente minore del numero di morti per anno degli attrezzisti di Mediaset, questo perché i tempi di esposizione sono nel primo caso di una sola settimana, nel secondo per tutto l'anno.

FAR: Fatal Accident Rate

Esprime in maniera normalizzata e dunque comparabile tra i diversi settori, il *numero di decessi attesi per 1000 occupati nel settore con esposizione di 100.000 ore. Per singolo occupato, esprime il numero di decessi attesi con esposizione di 100.000.000 di ore.*

Una vita lavorativa è di 35 anni, cioè $7000 \text{ h} \times 35 = 245.000 \text{ ore}$.

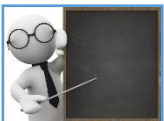


TABLE 2.3
FARs for other activities⁶

Terrorist bomb in London area	0.01
Living close to a nuclear plant*	0.1
Staying at home (able-bodied men)	1
Staying at home (all groups)	4
Rail travel	5
Car travel	30
Air travel (UK internal)	40
Smoking (average)	40
Pedal cycling	96
Helicopter travel	500
Motor cycling	660
Rock climbing	4000

* This is considered to be a tolerable limit based on a 1 in 100,000 event

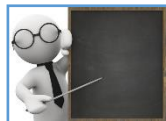
TABLE 2.4
Risk per 10⁹ km travelled (UK only, 1986–90)⁶

UK scheduled airline passengers*	0.2
Rail passengers†	1.1
Car drivers and passengers	4.4
Pedal cyclists	50.0
Pedestrians‡	70.0
Motor cycle riders	104.0

* Excludes Lockerbie (terrorist incident, non-UK airline)

† Includes King's Cross underground station fire

‡ Assumes 8.7 km per person per week



FAR o FAFR = Fatal Accident (Frequency) Rate

Fatal Accident Rate (FAR)

Esprime il n.ro di decessi attesi in relazione alla durata di esposizione al pericolo ed in funzione dell'attività svolta.

E' un indicatore del rischio individuale

N.ro di morti attese su **1000** lavoratori durante una vita lavorativa (**10⁵ ore**)

Tasso di mortalità riferito a **10⁸ ore di esposizione**

NB Tiene conto solo degli incidenti mortali durante l'esecuzione dell'attività considerata e non delle altre conseguenze.

FAR nei trasporti

Trasporto	FAR
Treno	5
Automobile	30 - 95
Aereo	40 - 240
Bicicletta	96 - 160
Ciclomotore	260 - 310
Elicottero	500
Motocicletta	600 - 1080

FAR nell'industria

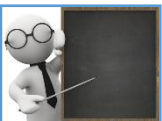
Industria	FAR
Ind automobilistica	1.3
Ind. chimica	2 - 4
Ind. metalmeccanica	6 - 8
Agricoltura	6 - 10
Ind. Mineraria (carbone)	8
Edilizia	10 - 70
Pesca d'altura	40
Ind petrolifera offshore	62
Attività domestiche	3 - 4

FAR per altre attività

Attività	FAR
Attentato terroristico (area di Londra)	0.01
Abitazione vicino centrale nucleare	0.1
Stare in casa (adulti sani)	1
Stare in casa (media)	4
Fumare sigarette (20 al giorno)	40 - 70
Alpinismo	4000

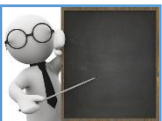
FAR per malattie

Malattia	FAR
Decessi in genere	133
Mal. cardiovascolari	61
Tumori maligni (maschi)	23
Mal respiratorie (maschi)	23
Tumore polmoni (maschi)	10
Tumore stomaco (maschi)	4
Influenza	2
Incidenti in genere	9



RISCHIO INDIVIDUALE

- È riferito alla frequenza ed a un certo numero di persone soggette a un certo livello di danno. Generalmente si esprime il numero di **morti / anno** o **esposti / anno**.
- È un dato statistico, ancora non si può parlare di stima del rischio.
- L'INAIL, www.inail.it fornisce molte statistiche a riguardo del RI.



RISCHIO SOCIALE - SOCIETARIO

È dato dalla frequenza e dal numero di persone soggetto a un certo livello di danno a seguito di un certo evento incidentale.

Esso può essere rappresentato dalle **CURVE F/N (Frequenza cumulata / Numero di morti attesi)**, costruite solo dopo avere effettuato analisi quantitative del rischio (QRA), che permettono di stimare il parametro $F = \text{Frequenza (cumulata)}$.

Per poter definire il **LIVELLO DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO** attraverso le curve F/N è necessario comprendere il modo in cui sono costruite.

Per prima cosa, bisogna sapere da dove provengono i cosiddetti punti fissi:

- **anchor point o punto di partenza**
- **gradiente (pendenza retta, coefficiente angolare retta)**

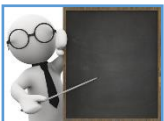
Si presume che una grande influenza lo abbia avuto lo studio dell'ACMH del 1976, in cui si dice che **“un impianto in cui la frequenza di accadimento di un grave incidente è pari a 10^{-4} eventi / anno è al limite di accettabilità”**. Ora rimane da definire cosa significa **incidente grave**. In Europa, in base anche allo studio dell'HSE, si considera **grave** un incidente che possa provocare almeno **10 morti**.

Pertanto, i punti di partenza per la curva F/N sono in genere $(10; 10^{-4})$.

Questo attribuisce alla curva una pendenza intorno al **-1**, per tutti i paesi europei ed extra-europei (-2 se si usa la scala bi-log).

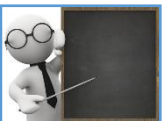
In UK il punto fisso è in genere fornito dalla coppia $(500; 2 \times 10^{-4})$.

In Olanda la pendenza è stata spesso di -2, perché è stata formulata una avversione maggiore al rischio.



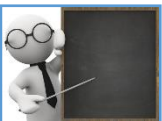
Potenzialità delle F-N curves

1. Rappresentazione del *societal risk*
2. Rappresentazione del “*grado di avversione al rischio di una nazione*”, comprensione della politica economica in tema di safety
3. Deduzione della linea di sviluppo industriale di un paese (politica energetica nucleare, settore industriale, politica tutela ambientale)
4. Sintesi dei risultati delle QRA effettuate per i diversi ambiti produttivi-industriali (petrolchimica, chimica, energetica, estrattiva, trasporti, difesa, trattamento rifiuti) per il controllo degli incidenti rilevanti in termini di probabilità di accadimento degli incidenti rilevanti in una certa area geografica in un certo periodo.
5. Sintesi dei dati storici sugli incidenti occorsi nella storia industriale di un paese in termini di frequenza di accadimento.



I due tipi di curve f e F / N

- $f - N$ curves: sulle ascisse è riportata la **frequenza di accadimento** in ev/y che può generare esattamente N morti attesi.
- $F - N$ curves: sulle ascisse è riportata la **frequenza cumulativa di accadimento** in ev/y che può generare N o più morti.



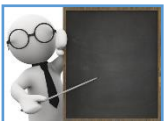
Slope (pendenza retta F/N)

- Il coefficiente angolare della retta che descrive il legame tra F e N è sempre negativo.
- In genere, secondo prof. D. Ball (1998) uno slope di -1 è considerato il valore del cosiddetto rischio neutrale.
- **$F \times N^a = k$ oppure $F = k \times N^{-a}$**

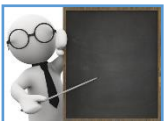
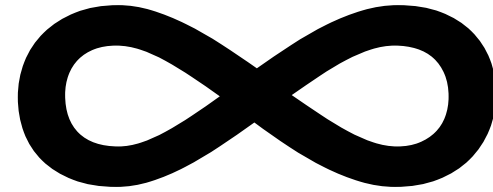
con $1 < a < 2$ detto *aversion factor*



David Ball, Middlesex University, UK



Slope in Italia?



Proprietà delle F/N Curves

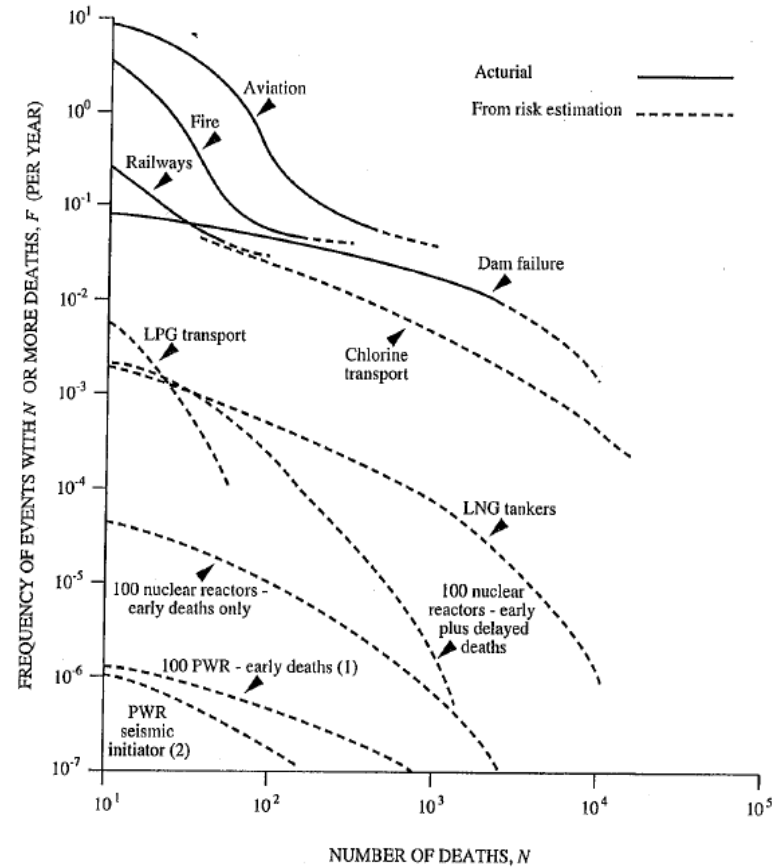
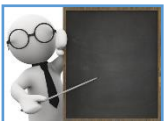
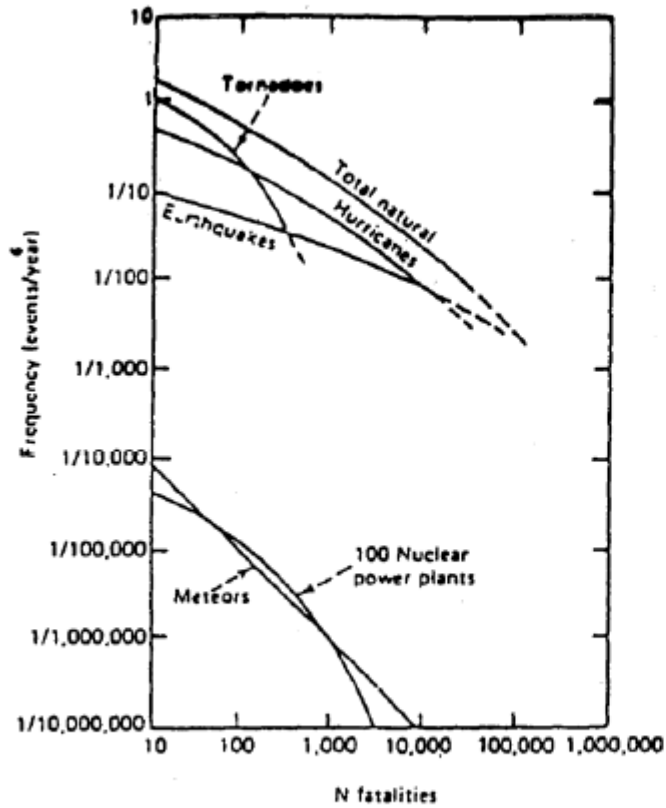


Figure 2.1 Examples of F vs N lines for various man-made hazards. The risk estimates the frequencies are potential events, whereas the actuarial lines are based on actual events. The actuarial lines have extended on the basis of risk assessment. (Sources: Coppola, A. and Hall, R.E., 1981, *A risk comparison*, United States Nuclear Regulatory Commission Report (NUREG/CR-1916, BNL-NUREG-51338, R7, RG); (1) Gittus, J.H., 1986, Degraded core analysis for the pressurized water reactor, *Sci Publ Affairs*, 2: 121; (2) United States Nuclear Regulatory Commission, 1990, *Analysis of core damage frequency Surry Power Station, Unit 1 — External events, Vol 1, Rev 1, NUREG/CR-4550 Sand 86-2084*.) Reproduced from *Risk Analysis, Perception and Management*, 1992, Figure 1, by permission of The Royal Society.



F/N curves esempi tratti da F.P. Lees



Source: Ref. 5
FIGURE 1(a). Frequency of natural events with greater than 10 fatalities.

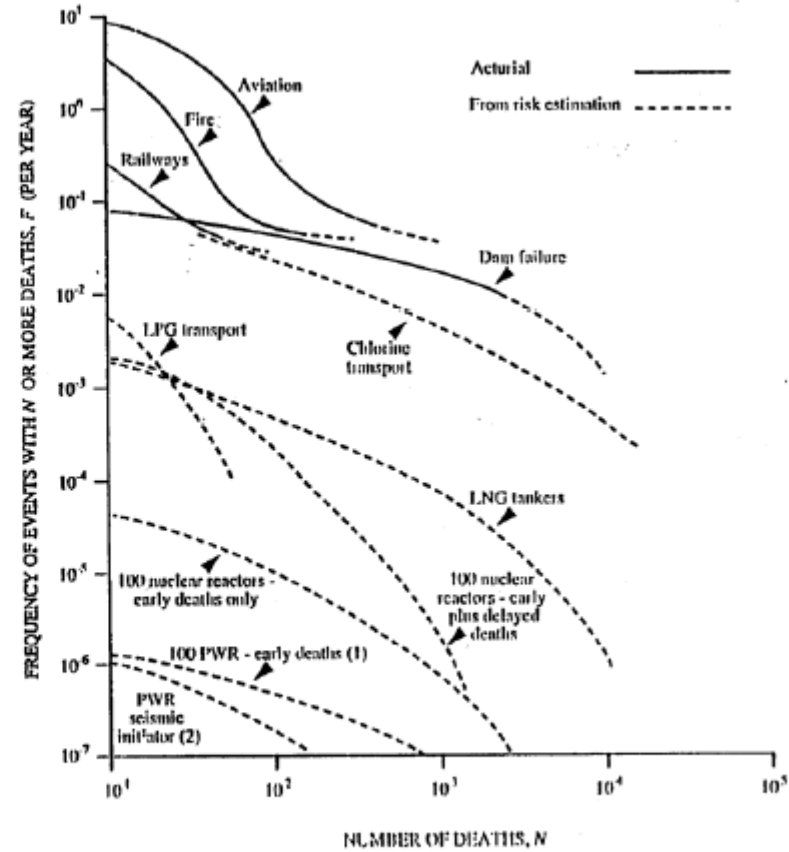
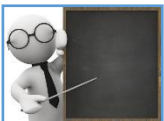
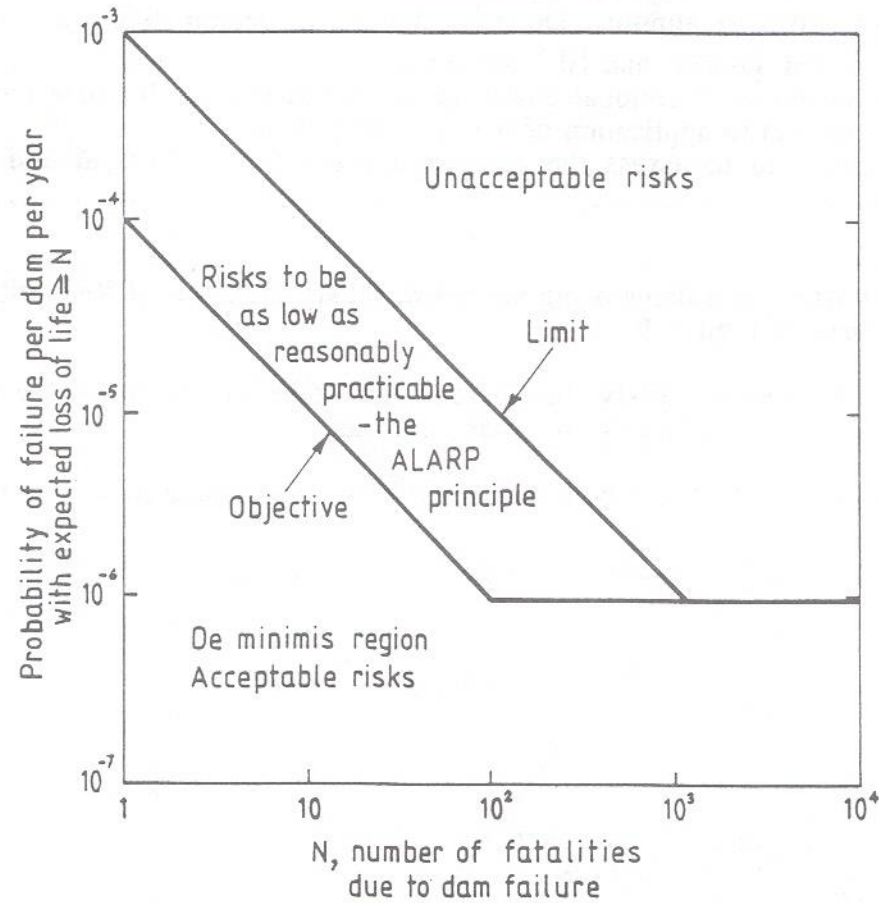


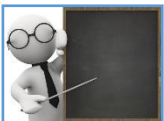
Figure 2.1 Examples of F vs N lines for various man-made hazards. The risk estimates the frequencies are potential events, whereas the actuarial lines are based on actual events. The actuarial lines have extended on the basis of risk assessment.



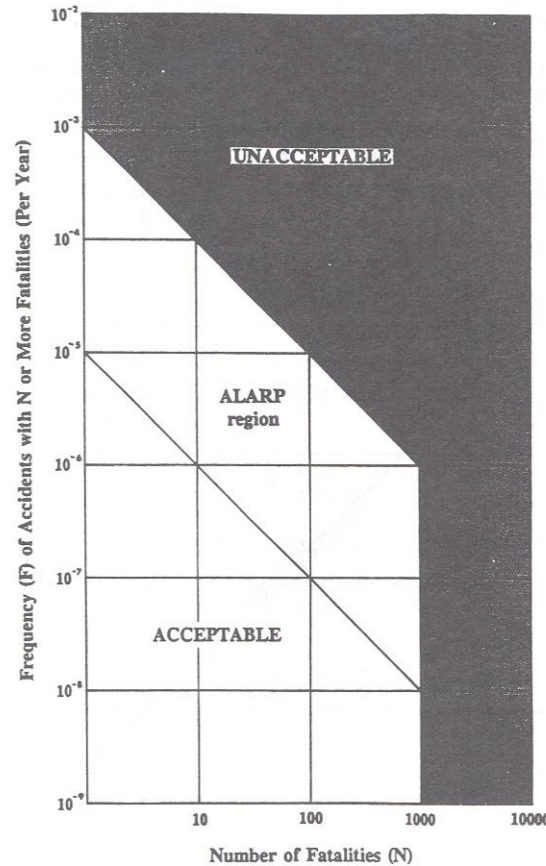
Accettabilità del rischio per una nazione mediante la rappresentazione con F-N Curves



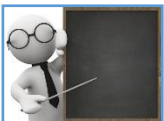
ANCOLD Societal risk criteria (ANCOLD, 1997)



Accettabilità del rischio per una nazione mediante la rappresentazione con F-N Curves

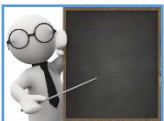
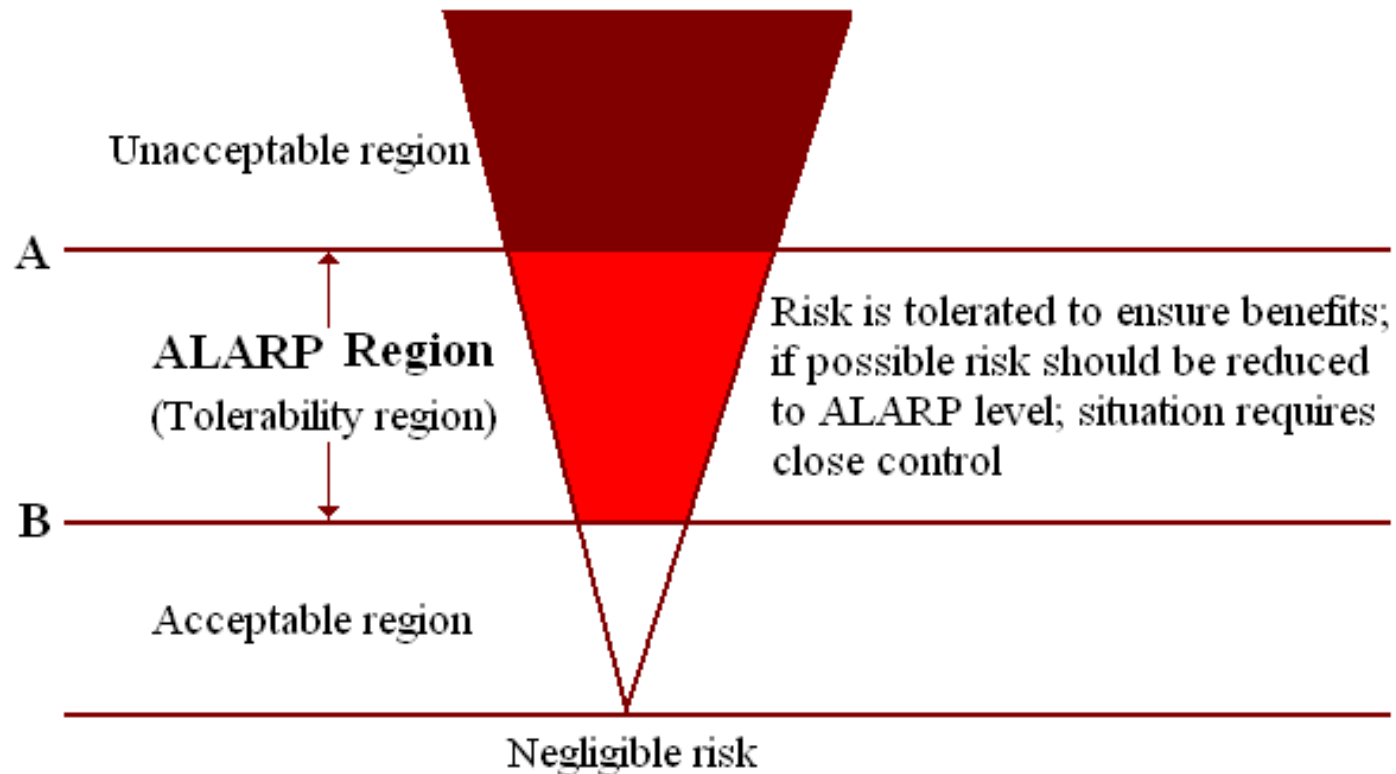


Hong Kong Government Planning Department's Societal Risk Criteria for potentially hazardous installations (1994)

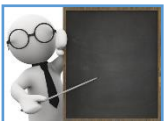
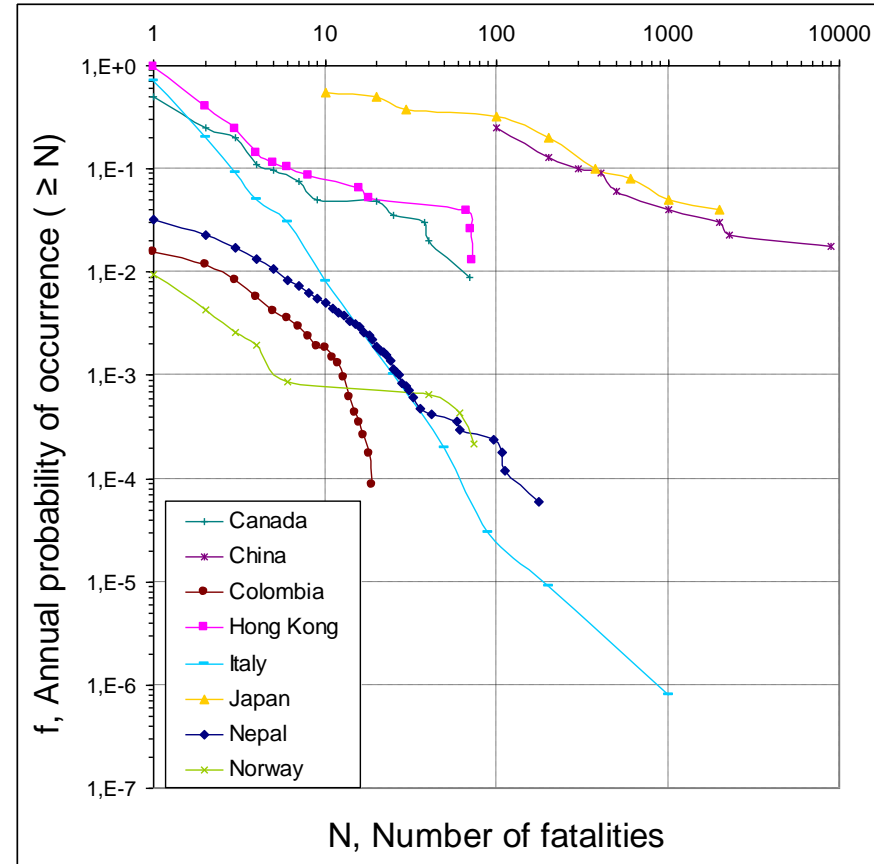
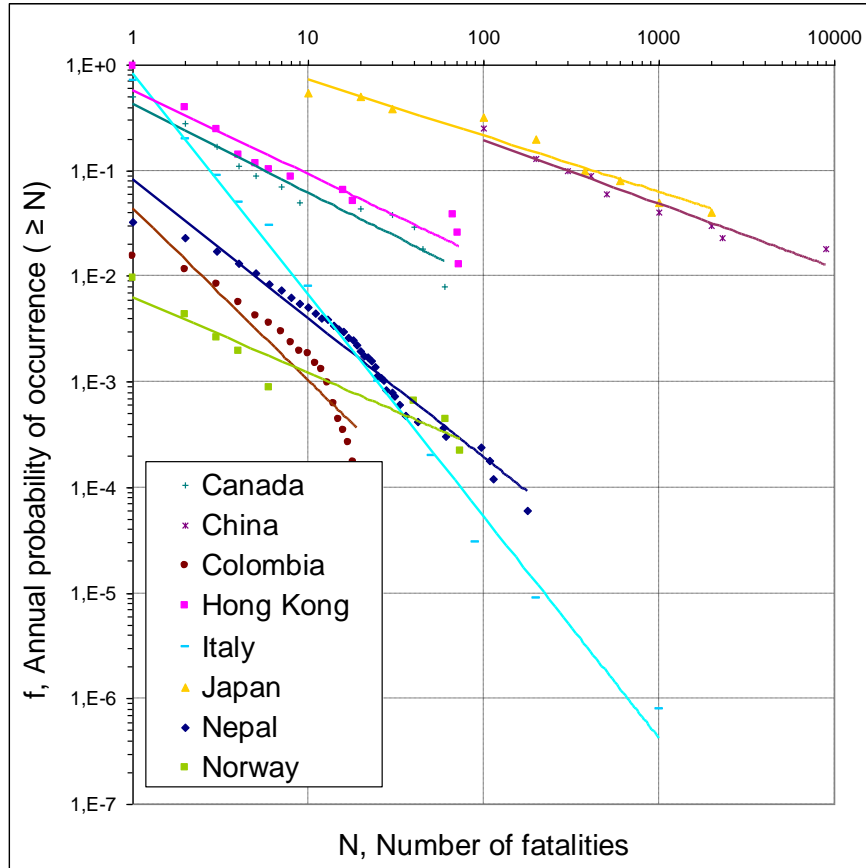


Principles of Acceptable/Tolerable Risk Establishment

Acceptable risk refers to the level of risk which requires no further reduction. Tolerable risk refers to the risk level assessment in exchange for certain benefits. It is the society's decision whether to accept or tolerate the risk.



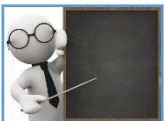
Altri esempi di F-N Curves per le frane in vari paesi



F-N Curves for Landslides in Different Countries

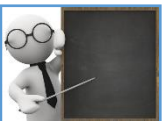
Population density and f-values for eight countries.

Country	Population density/km ²	f-values			Slope (b)
		N=1	N=10	N=100	
Japan	336	1	0.8	0.07	-0.53
China	136	1	1	0.06	-0.61
Italy	193	0.9	0.008	5x10 ⁻⁵	-1.99
Hong Kong	6437	0.6	0.01	-	-0.79
Canada	3	0.4	0.07	-	-0.92
Colombia	37	0.04	0.001	-	-1.63
Nepal	173	0.08	0.004	-	-1.31
Norway	14	0.006	0.001	-	-0.72



Accettabilità del rischio in Italia

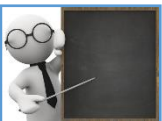
In Italia è stato emanato il **D.M. 9 maggio 2001** per le definizioni dei criteri di accettabilità del rischio negli stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti, soggetti cioè al D.Lgs. 105/15 e s.m.i. (Direttiva Seveso ter e smi).



Organismi, enti ed istituzioni Safety, Reliability & Health nel mondo

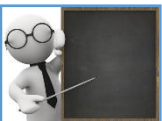
- HSE – Health Safety Executive nel Regno Unito
- OHSA – Occupational Health & Safety Administration in USA
- TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research in Olanda

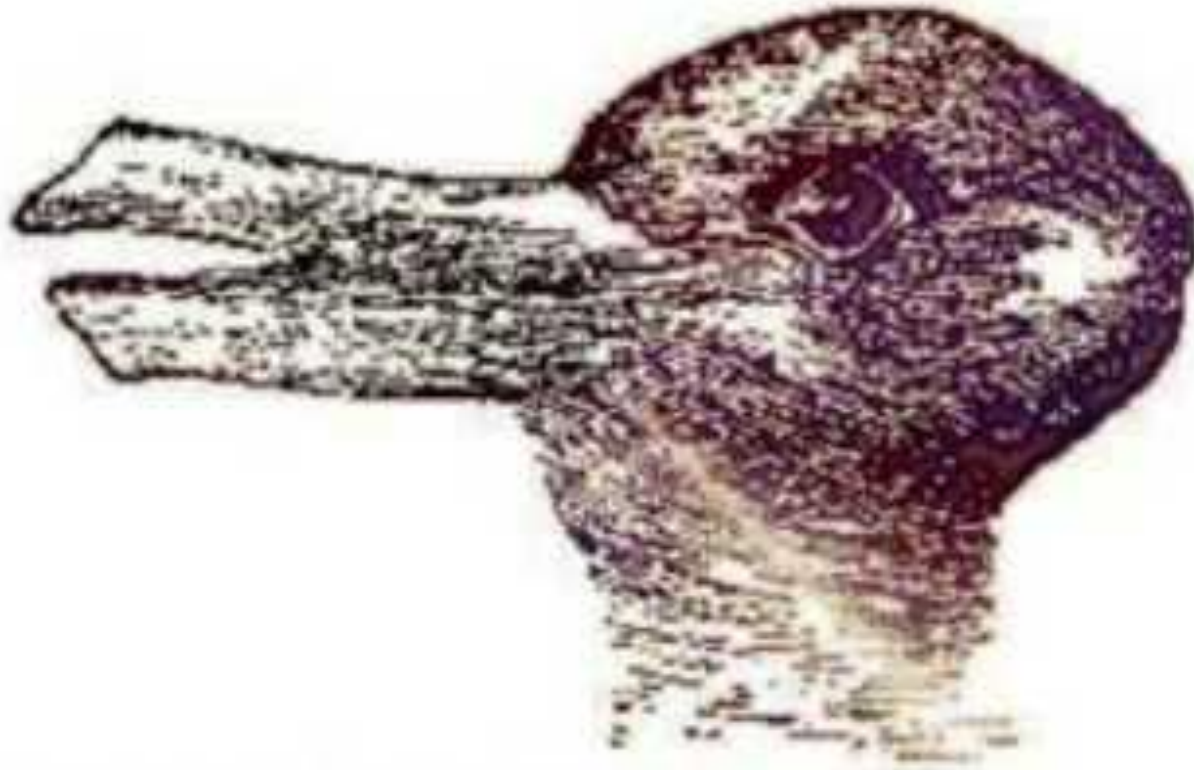
- ESRA – European Safety and Reliability Association in EU
- EIGA – European Industrial Gas Association in EU
- PSAM – Probabilistic Safety Assessment Management in USA
- SRA – The Society for Risk Analysis in Giappone
- AIAS – Associazione Italiana Ambiente e Sicurezza
- ASSE – American Society for Safety Engineering in USA



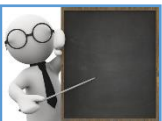
Percezione soggettiva del Rischio

- Essa può dipendere da:
 1. Cultura, educazione
 2. Sesso
 3. Esperienza
 4. Età
 5. Condizione economica
 6. Esposizione imposta o volontaria
 7. Controllo personale o no

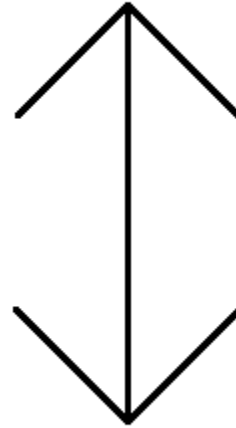
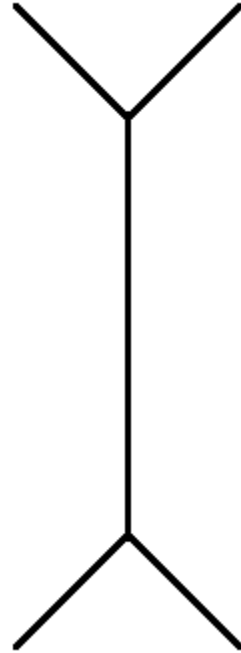




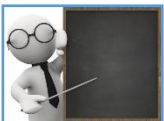
***A Rabbit.... Or A Duck?
hint: the duck is looking left, the rabbit is
looking right***



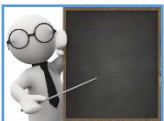
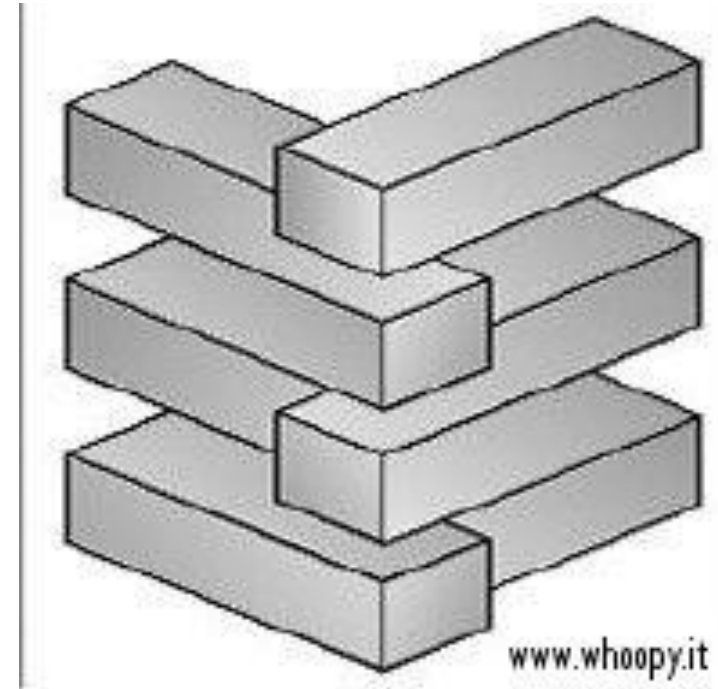
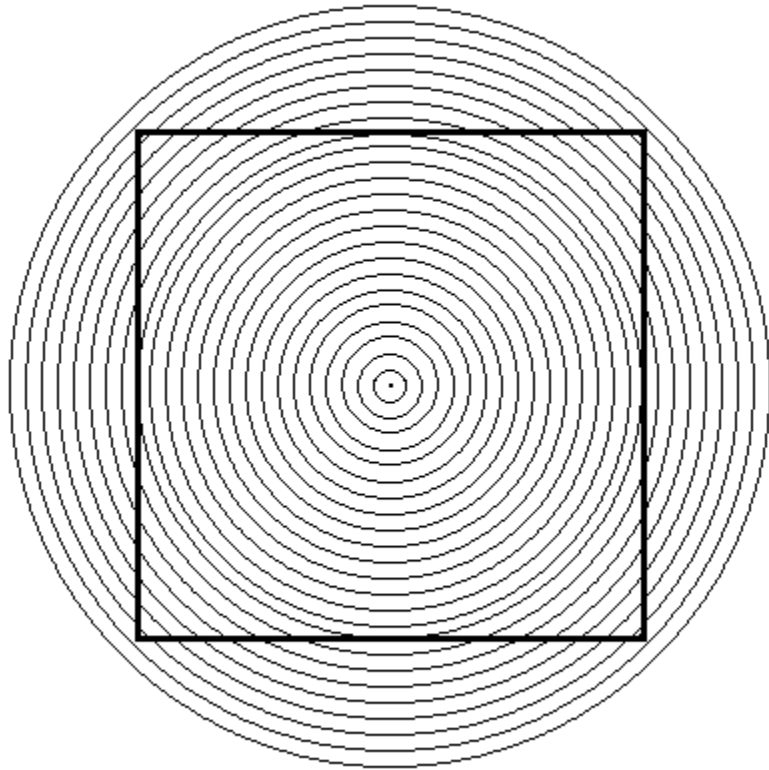
Ognuno ha ragione su ciò che vede

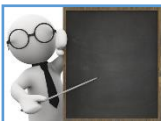
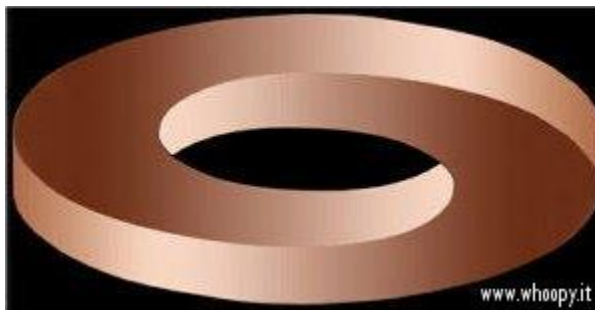
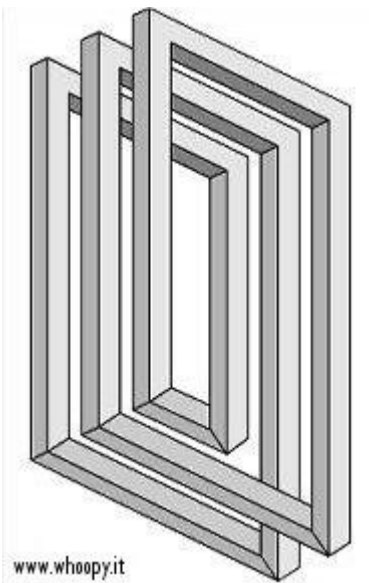


www.whoopy.it

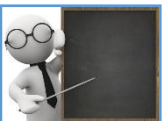
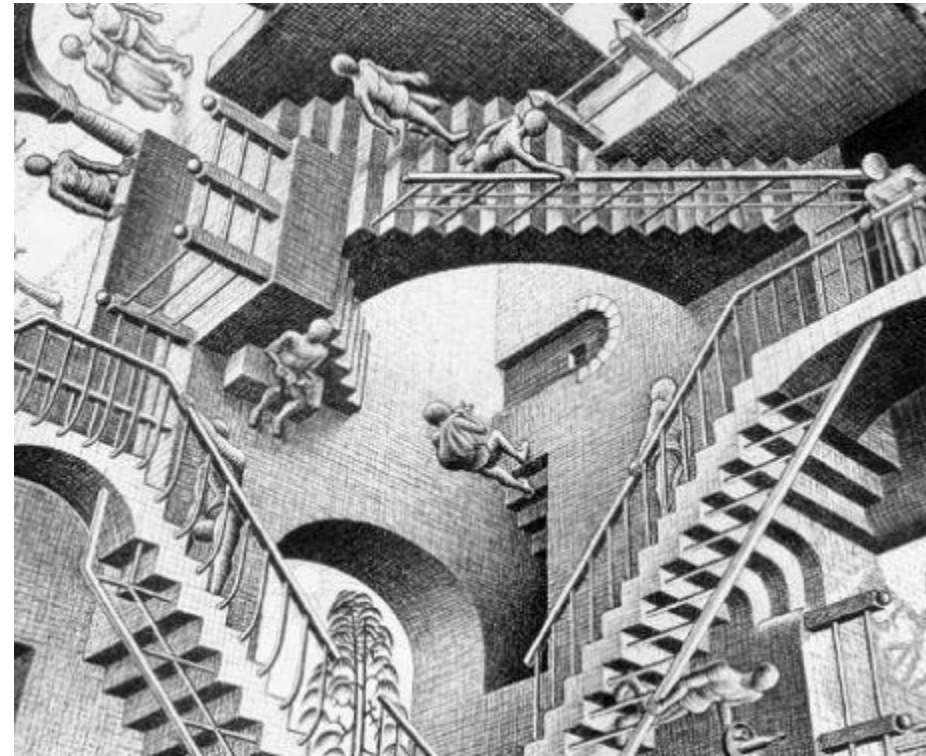


www.whoopy.it

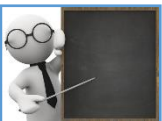
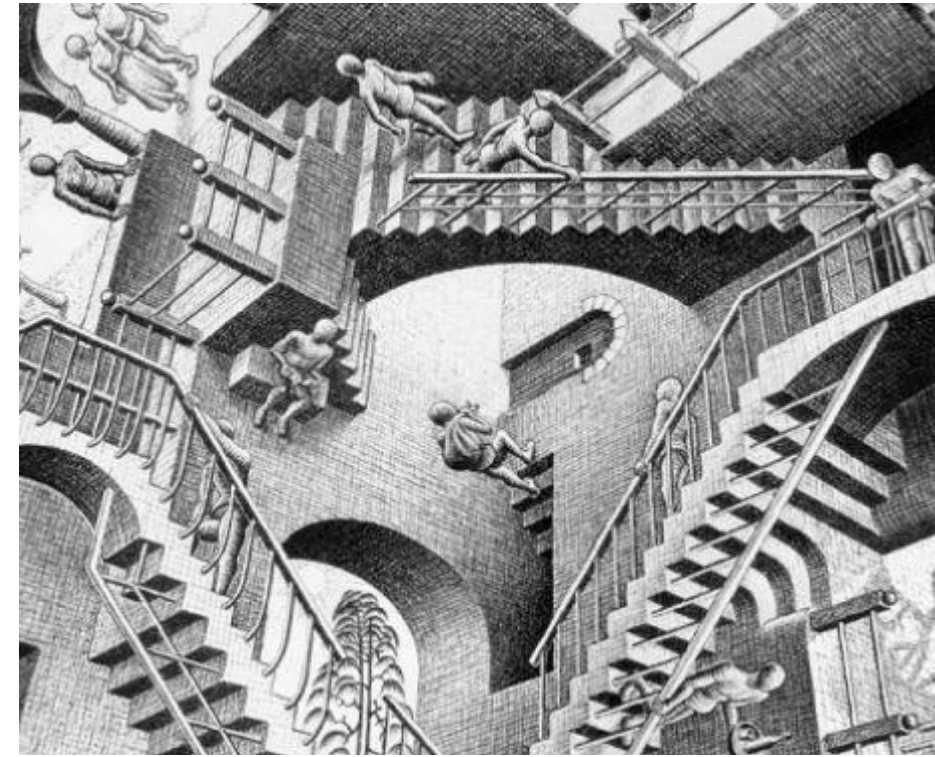




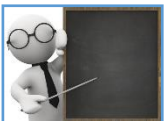
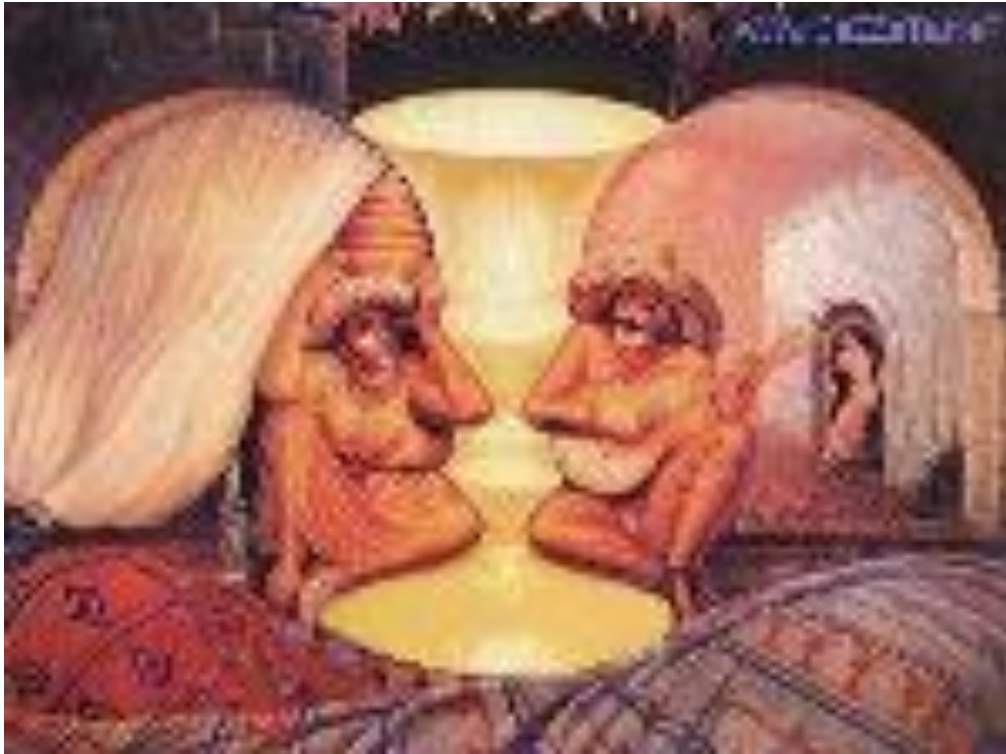
M.C. Escher (1898 – 1972, olandese)



M.C. Escher (1898 – 1972, olandese)



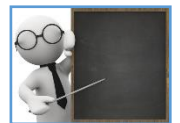
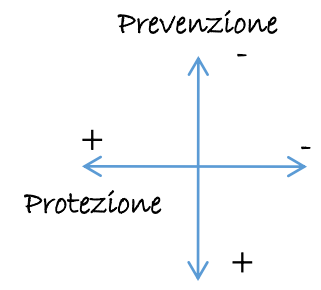
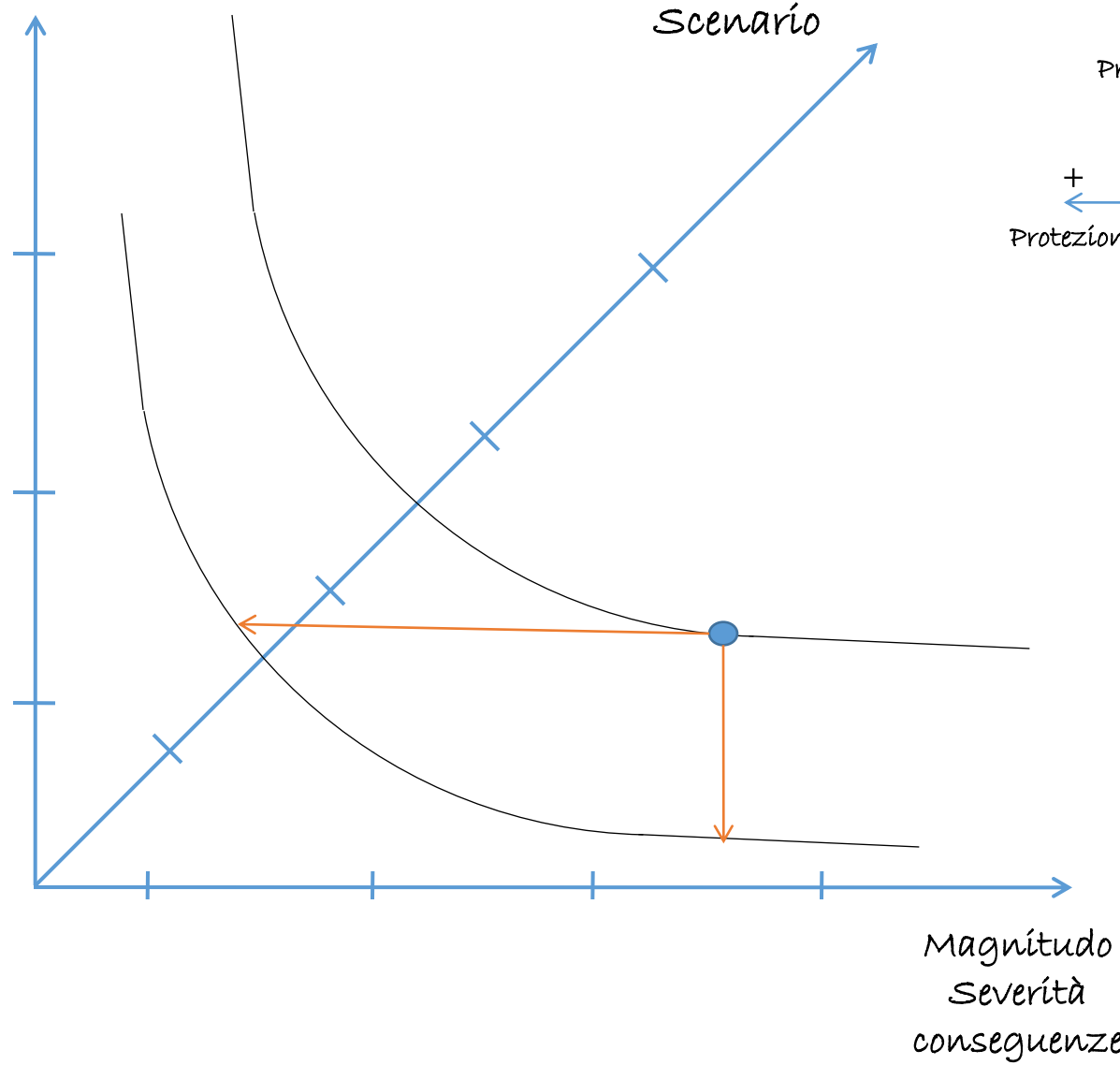
M.C. Escher (1898 – 1972, olandese)



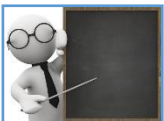
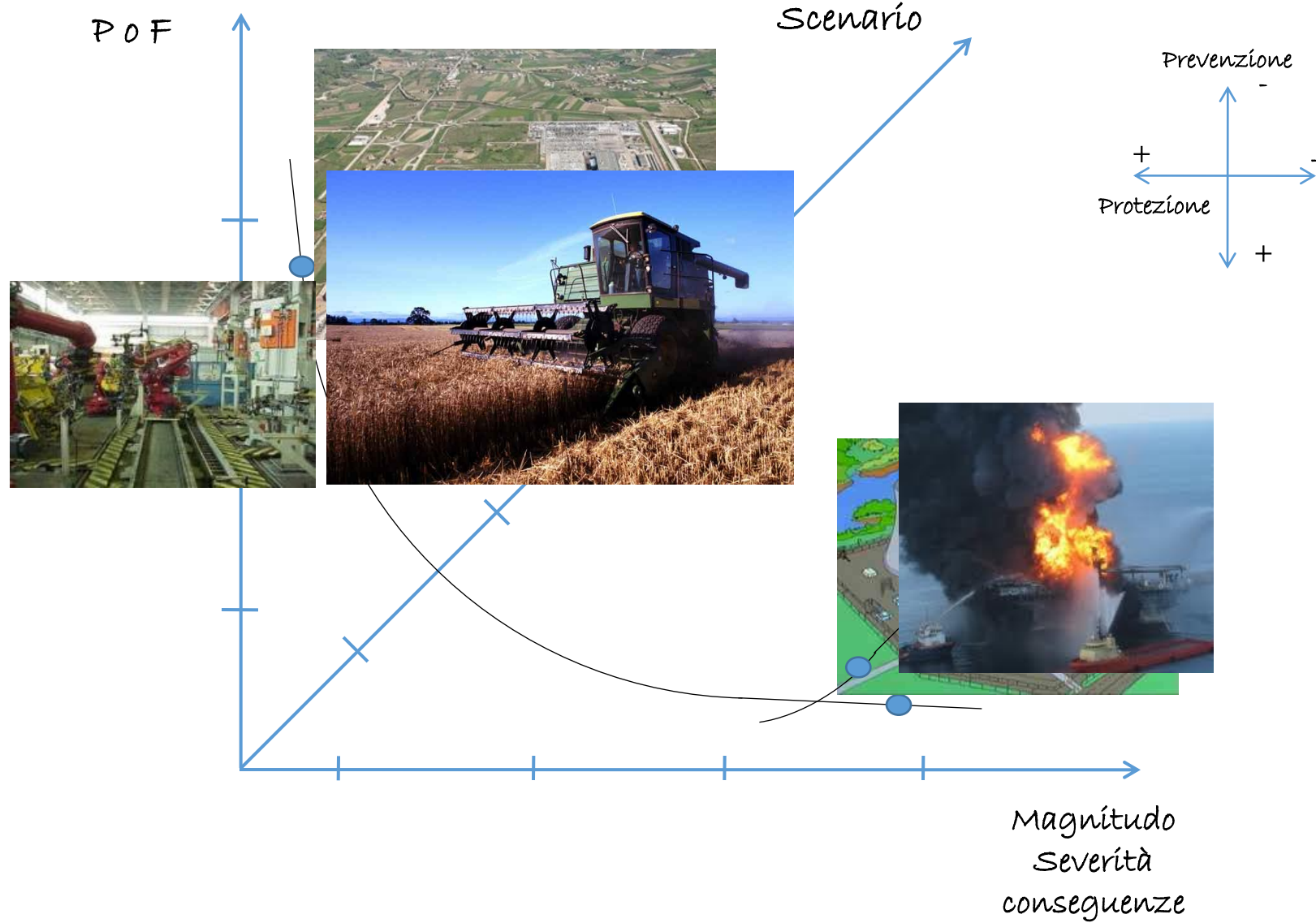
Curve isorischio e misure di prevenzione / protezione

$R = P(o F) \times M^\alpha$
 con $\alpha \approx 2$

P o F



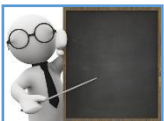
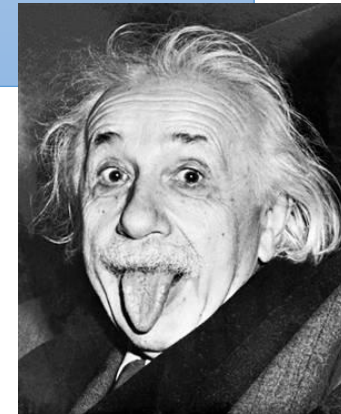
Settori industriali e relativa posizione nel grafico del rischio



*Scientists study the world as it is.
Engineers create the world that never has been.*

Theodore von Karman

*L'uomo e la sua sicurezza devono costituire la prima preoccupazione di ogni
avventura tecnologica.
Non lo dimenticate quando sarete immersi nei vostri calcoli e nelle vostre
equazioni.*



MARS – Banca Dati Incidenti della EU Commission

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content>

About eMARS

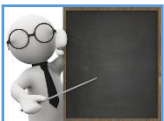
The Major Accident Reporting System (MARS and later renamed eMARS after going online) was first established by the EU's Seveso Directive 82/501/EEC in 1982 and has remained in place with subsequent revision to the Seveso Directive in effect today. The purpose of the eMARS is to facilitate exchange of lessons learned from accidents and near misses involving dangerous substances in order to improve chemical accident prevention and mitigation of potential consequences.

eMARS contains reports of chemical accidents and near misses provided to the Major Accident Hazards Bureau (MAHB) of the European Commission's Joint Research Centre (JRC) from EU, EEA, OECD, and UNECE countries (under the TEIA Convention). Reporting an event into eMARS is compulsory for EU Member States when a Seveso establishment is involved and the event meets the criteria of a "major" accident as defined by Annex VI of the Seveso III Directive (2012/18/EU). For non-EU OECD and UNECE countries, reporting accidents to the eMARS database is voluntary. The information of the reported event is entered into eMARS directly by the official reporting authority of the country in which the event occurred.

The purpose of the database

Chemical accident reports from investigations can be powerful in raising awareness of potential failures that could cause major accidents in establishments using dangerous substances. They also provide the general public with access to accident information to aid local and national efforts to reduce chemical accident risks.

Reports in eMARS are not intended to serve as instruments for passing judgement on individual companies or countries associated with an accident. A blame culture surrounding the database would greatly reduce the sharing of information. Hence, confidential information like companies names and locations are not identified in the database in order to maintain focus on the lessons learned value of the information and to encourage complete and accurate reporting of what happened so that everyone can learn from it.





3

Proprietà dei fluidi criogenici

La Criogenia

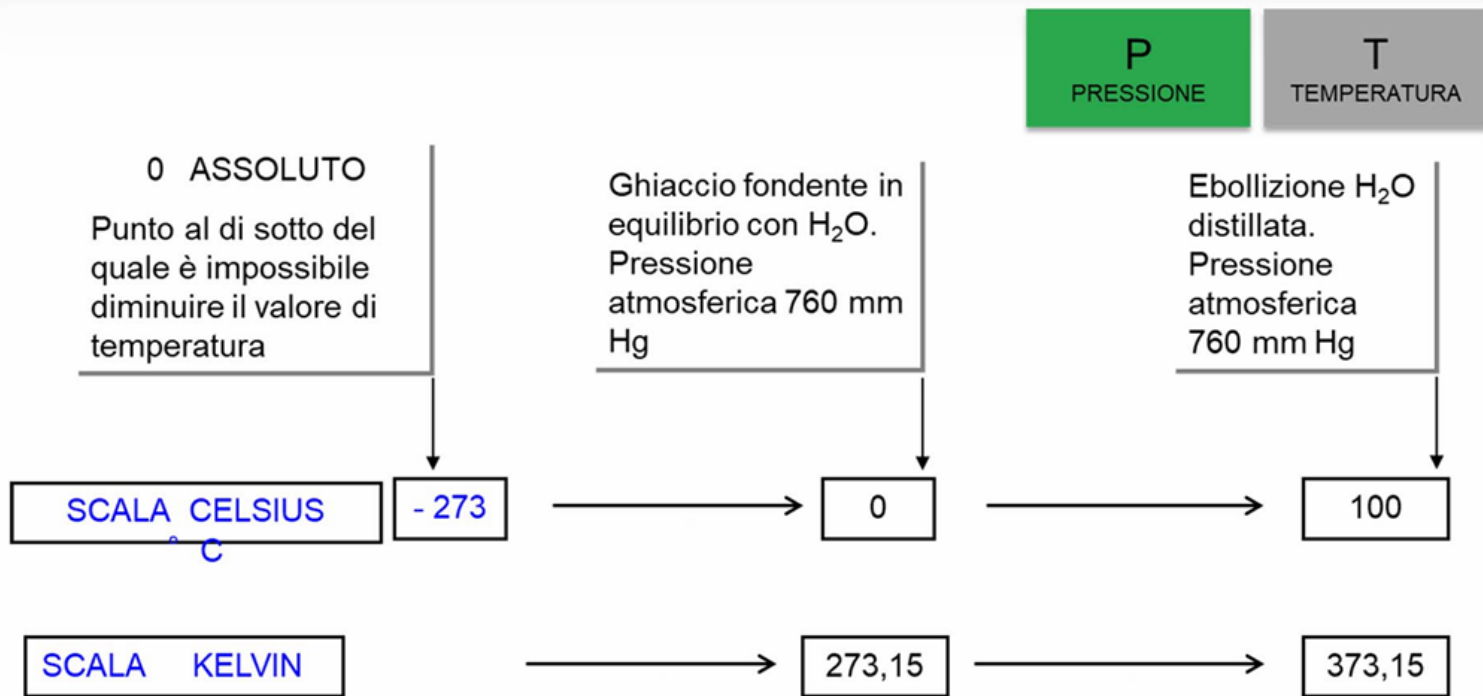
La **criogenia** (dal greco κρύος + γονική (pron. krýosgonikí, che significa "*generazione di freddo*", tuttavia il termine è sinonimo di stato a bassa temperatura) è una branca della tecnologia che riguarda lo studio, la produzione e l'utilizzo di temperature molto basse.

Non è ben definito a che punto della scala della temperatura finisce la refrigerazione e dove inizia la criogenia. Il NIST, l'agenzia federale USA che si occupa di tecnologie, ha scelto di considerare il campo della criogenia quello che riguarda temperature sotto i 93 K (-179,85 °C).

Questa è una scelta ragionevole, poiché i tipici punti di ebollizione dei gas comunemente chiamati criogenici (come elio, idrogeno, neon, azoto, ossigeno, e l'aria) sono al di sotto di 93 K, mentre i refrigeranti comuni quali il freon, l'ammoniaca hanno punti di ebollizione sopra i 93 K.



La Temperatura Critica dei Gas



TEMPERATURA CRITICA TC

E' la temperatura al di sopra della quale è impossibile che un gas possa essere portato allo stato liquido, quale che sia la pressione cui è sottoposto.

T critica **ELIO** -268 ° C

P critica 2,8 bar a

T critica **AZOTO** -147 ° C

P critica 33,5 bar a

T critica **OSSIGENO** -118 ° C

P critica 50,4 bar a

T critica **ANIDRIDE CARBONICA** +31 ° C

P critica 73,8 bar a



Classificazione dei gas tecnici

- Classificazione in funzione dello stato fisico di contenimento nei recipienti
- Classificazione in funzione delle proprietà chimico-fisiche



- ❑ **Classificazione in funzione dello stato fisico di contenimento nei recipienti**
 - **Compressi**
 - **Liquefatti**
 - **Liquefatti fortemente refrigerati**
 - **Disciolti sotto pressione**



GAS COMPRESSI

GAS COMPRESSI: sono i gas che non è possibile ridurre allo stato liquido alle normali temperature terrestri ed alle massime pressioni di esercizio consentite per i recipienti (200 bar oggi - 300 bar nel futuro prossimo).

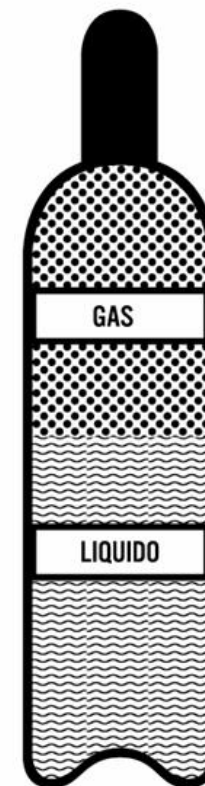
Pertanto questi gas si trovano nei recipienti sotto forma completamente gassosa. Appartengono a questo gruppo i gas derivati dal frazionamento dell'aria (ossigeno, azoto, argon), l'idrogeno, l'elio ed il metano. Il contenuto dei recipienti di gas compressi viene misurato e commercializzato in metri cubi.



GAS LIQUEFATTI

GAS LIQUEFATTI: sono i gas che possono essere liquefatti alle temperature ordinarie ed alle pressioni massime d'esercizio consentite per i recipienti. I gas liquefatti si presentano nei recipienti con una fase liquida in equilibrio con una fase gassosa. La pressione all'interno di un recipiente contenente gas liquefatto è chiamata tensione di vapore. La tensione di vapore è caratteristica e diversa per ciascun prodotto e dipende dalla temperatura. Quanto è più alta la temperatura, tanto maggiore è la tensione di vapore. Sono gas liquefatti: ammoniaca anidra, anidride carbonica, propano, protossido di azoto, ecc.

In ogni recipiente destinato a contenere un gas liquefatto il volume occupato dalla fase liquida non può eccedere un certo livello, deve infatti essere garantita un'adeguata quota di volume riservata alla fase gassosa, in modo tale che la stessa possa compensare le dilatazioni del liquido dovute alle escursioni termiche e ad anomalie di surriscaldamento. Per evitare che i recipienti vengano sovraccaricati, con conseguente grave pericolo di scoppio, la legge fissa per ogni gas liquefatto un coefficiente di riempimento che indica la quantità in kg di prodotto caricabili per ogni litro di capacità del recipiente. Ad esempio in una bombola da 40 lt di anidride carbonica, essendo il grado di riempimento ammesso pari a 0,75 kg/litro, il quantitativo consentito sarà $0,75 \times 40 = 30$ kg. Il contenuto dei recipienti di gas liquefatti viene misurato e commercializzato in chilogrammi.



GAS DISCIOLTI SOTTO PRESSIONE

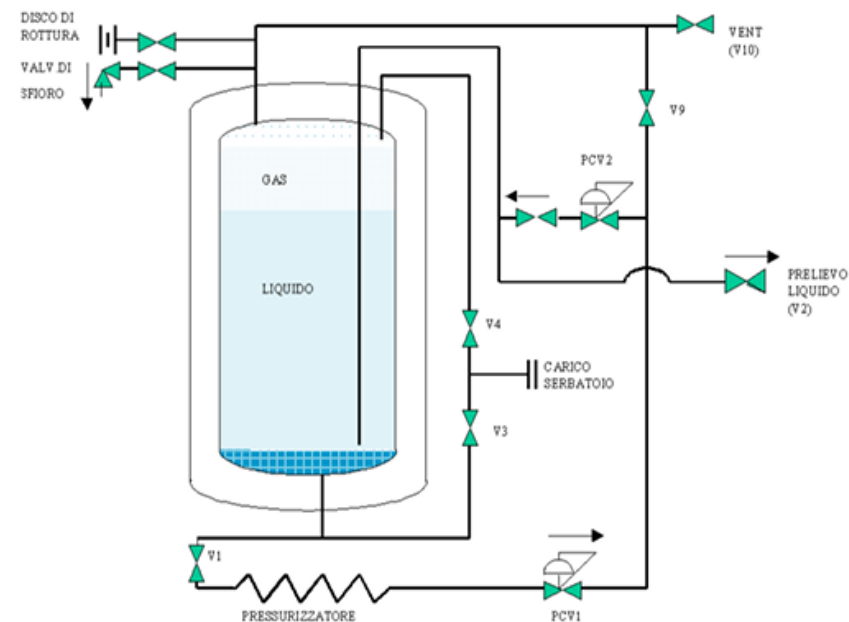
GAS DISCIOLTI SOTTO PRESSIONE: appartiene a questo gruppo l'acetilene. L'acetilene, gas altamente infiammabile, è un composto endotermico che può decomorsi con estrema violenza allorché si trovi allo stato solido o liquido, o allo stato gassoso sotto pressione. Allo stato di gas, se compresso a più di 1,5 bar e sottoposto ad urto o shock termico, può dar luogo ad una decomposizione in carbonio ed idrogeno che procede a velocità esplosiva con grande sviluppo di energia. Per questa ragione l'acetilene non può essere trattenuto e trasportato in bombole allo stato di gas compresso; si sfrutta invece la sua elevata solubilità in solventi, quale l'acetone e la dimetilformammide, per stoccarlo in bombole contenenti una massa adsorbente inerte: la materia porosa.

La fine struttura alveolare della "massa", impregnata di solvente in quantità rigorosamente dosata, costituisce un'enorme superficie di contatto gas-solvente, che consente all'acetilene di assorbirsi/deassorbirsi con rapidità, in condizioni di sicurezza.



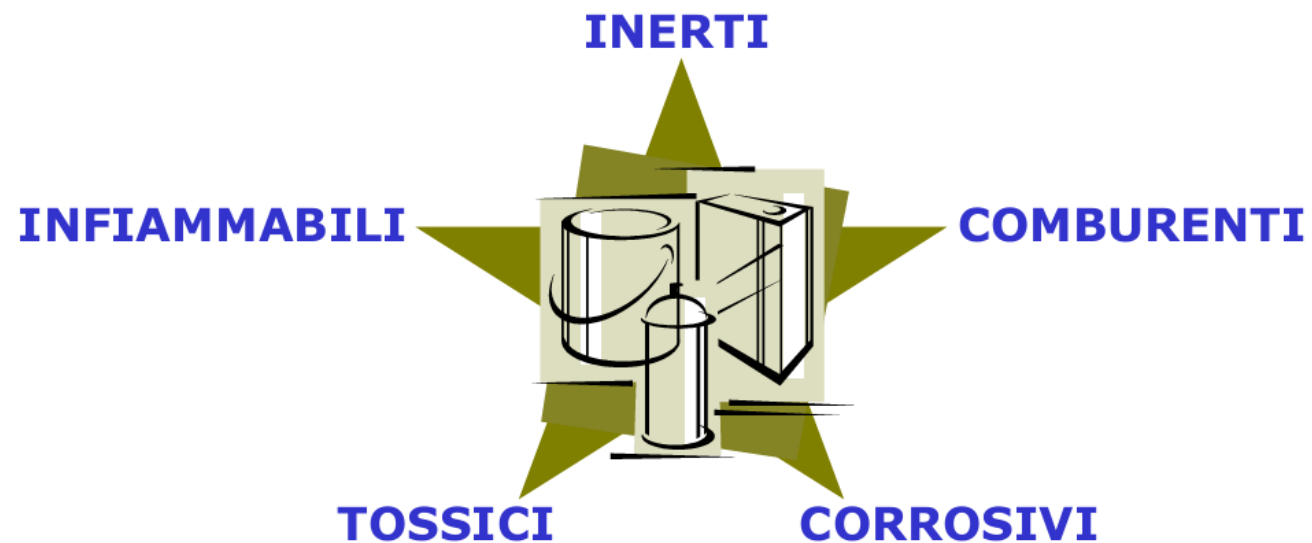
GAS CRIOGENICI LIQUEFATTI: i gas compressi possono anch'essi essere ridotti allo stato liquido quando vengono portati a temperature inferiori al loro punto di ebollizione, caratteristico per ogni gas e comunque più basso di -160°C . Pertanto ossigeno, azoto, argon, idrogeno, elio sono detti gas criogenici liquefatti fortemente refrigerati e vengono movimentati in contenitori criogenici progettati e realizzati sul principio dei vasi dewar. Riducendo in tal modo ai minimi livelli tecnicamente raggiungibili l'ingresso di calore nei recipienti, si impedisce la vaporazione del prodotto e se ne consente la conservazione nel tempo. La caratteristica specifica di ogni gas criogenico liquefatto è la densità (n° di moli presenti in 1 litro).

- . O₂ da 1 lt di liquido vaporizzano 871 lt di gas
- . N₂ da 1 lt di liquido vaporizzano 705 lt di gas
- . Ar da 1 lt di liquido vaporizzano 851 lt di gas
- . H₂ da 1 lt di liquido vaporizzano 861 lt di gas



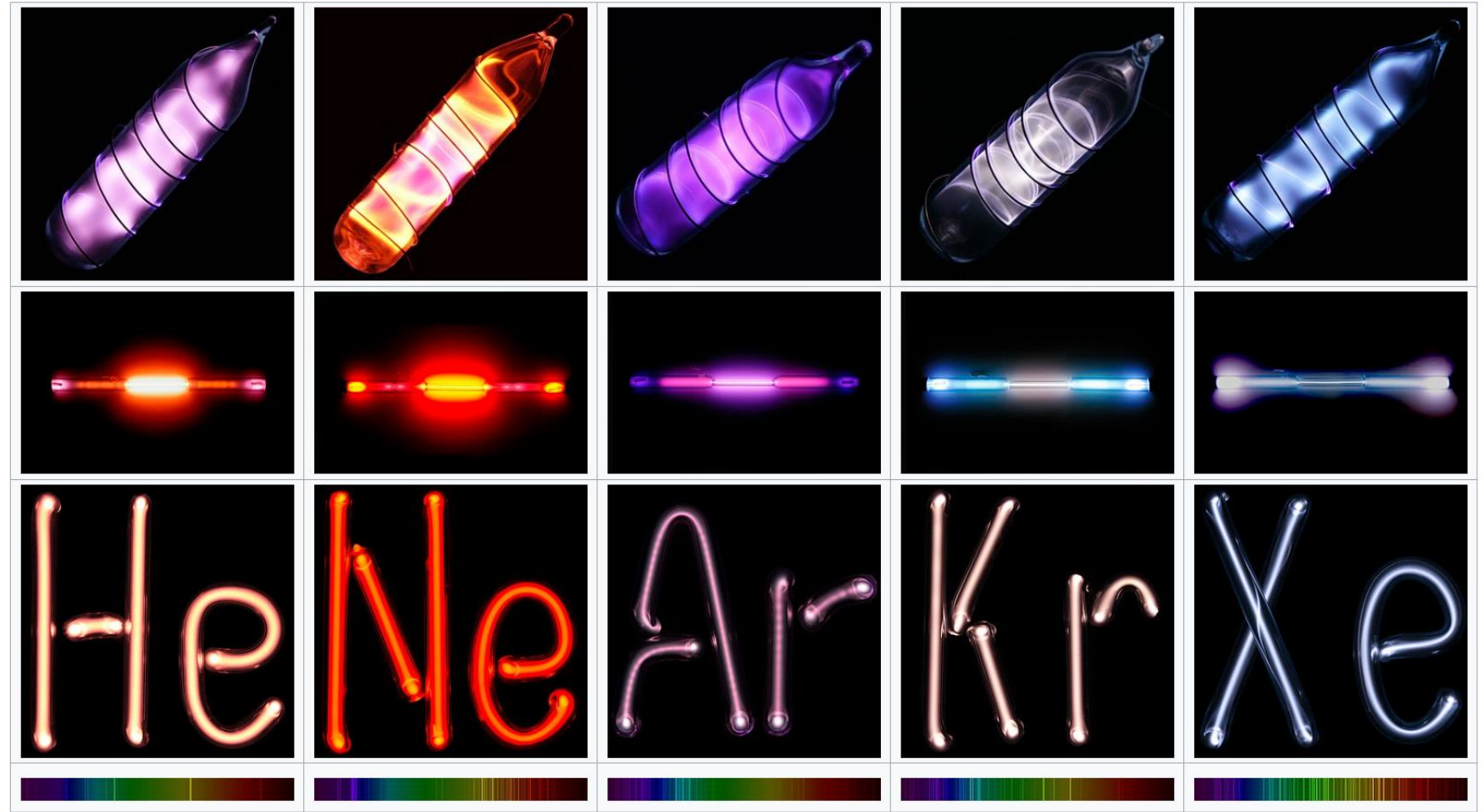
Classificazione dei gas tecnici

- Classificazione in funzione delle proprietà chimico-fisiche



Gas INERTI (?) o NOBILI

- Azoto N₂ (78,09%)
- Argon Ar (0,93%)
- Elio He
- Xenon Xe
- Krypton Kr
- Neon Ne
- Anidride Carbonica CO₂



Proprietà N₂, Ar, O₂

Properties	Oxygen	Nitrogen	Argon
Gas density at 15 °C, 1.013 bara (59 °F, 14.7 psia) ¹	1.36 kg/m ³ (0.085 lb/ft ³)	1.19 kg/m ³ (0.074 lb/ft ³)	1.69 kg/m ³ (0.106 lb/ft ³)
Boiling point at 1.013 bara (14.7 psia) ¹	-183 °C (-297 °F)	-196 °C (-320 °F)	-186 °C (-303 °F)
Liquid density at boiling point and 1.013 bara (14.7 psia) ¹	1142 kg/m ³ (74.23 lb/ft ³)	809 kg/m ³ (50.47 lb/ft ³)	1396 kg/m ³ (87.02 lb/ft ³)
¹⁾ psi, bar, and kPa shall indicate gauge pressure unless otherwise noted as (psia; bar, abs; and kPa, abs) for absolute pressure or (psid; bar, dif; and kPa, dif) for differential pressure.			



Proprietà N₂, Ar, O₂

Incolore
Inodore
Insapore



Proprietà N₂, Ar, O₂

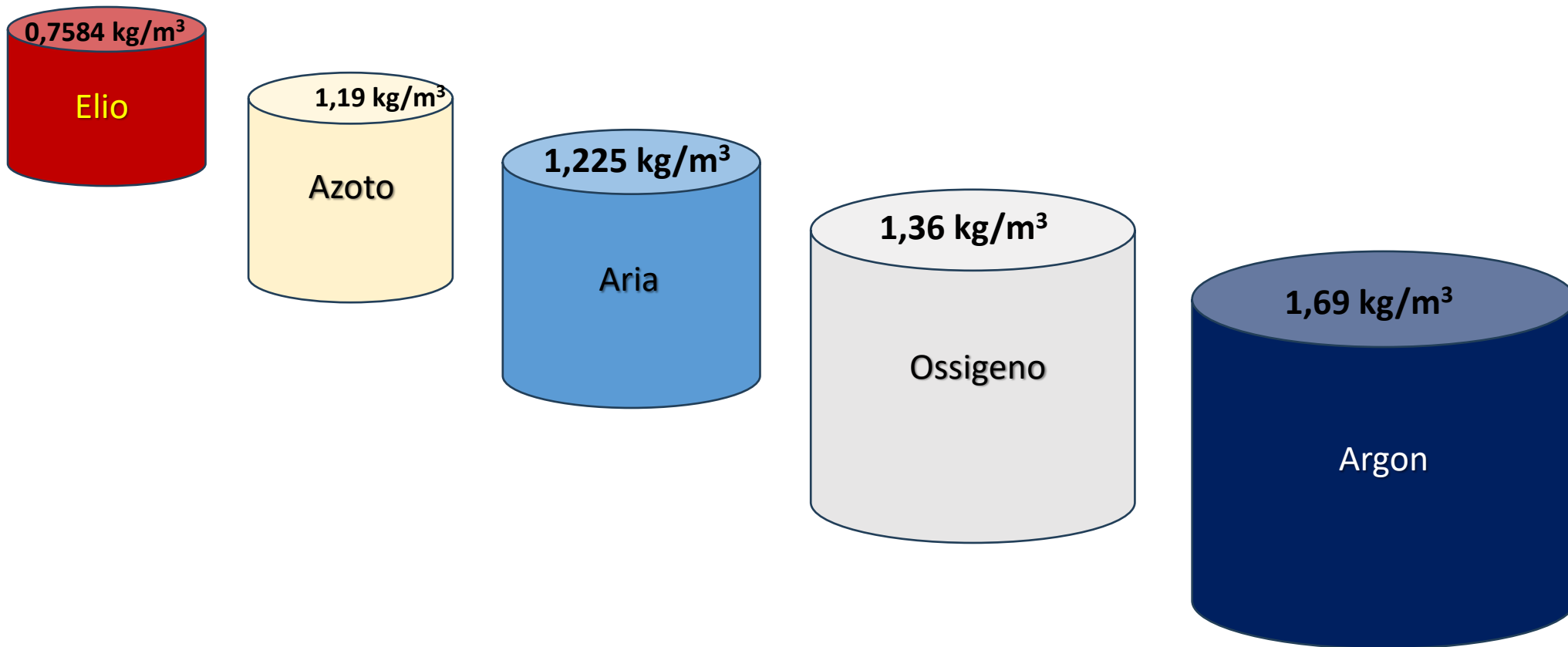
Incolore - Colourless
Inodore - Odourless
Insapore - Tasteless

Silent Killer!



Proprietà N₂, Ar, O₂, He

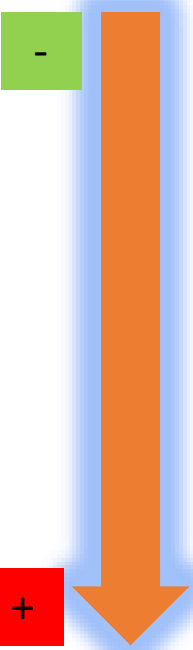
Per convenzione, la densità dell'aria è definita come quella misurata per l'aria secca alla temperatura di 15°C e al livello del mare (equivalente alla pressione di 101.325 Pa o 1 atm): in base a tale convenzione, essa è pari a circa **1,225 kg/m³**.





4

Rischi criogenici



- ## 1. Physiological
- Frostbite
 - Burn from frostbite
 - Burn from cold contacts (metals)
 - Inhalation
 - Asphyxia – Oxygen Displacement



- ## 2. Structural
- Air condensation
 - Explosions
 - Materials embrittlement and differential stress
 - Rapid Phase Transition
 - Oxygen enrichment
 - Clouds generation



Cryogenic Risks: salute

1. Physiological

- Frostbite
- Burn from frostbite

Il congelamento è una lesione cutanea che si verifica quando qualcuno è esposto a temperature estremamente basse, causando il congelamento della pelle o di altri tessuti, che colpisce comunemente le dita delle mani, dei piedi, il naso, le orecchie, le guance e il mento. I sintomi iniziali sono in genere una sensazione di freddo e formicolio o intorpidimento. Questo può essere seguito da vesciche con un colore bianco o bluastrò della pelle. Le complicazioni possono includere ipotermia o sindrome compartimentale. Il congelamento è diagnosticato con **4 gradi di gravità**.



3° grado



Azoto liquido nell'acqua al ristorante, donna ustionata: i medici le tolgono un pezzo di stomaco



di Giampiero Valenza

2 Minuti di Lettura

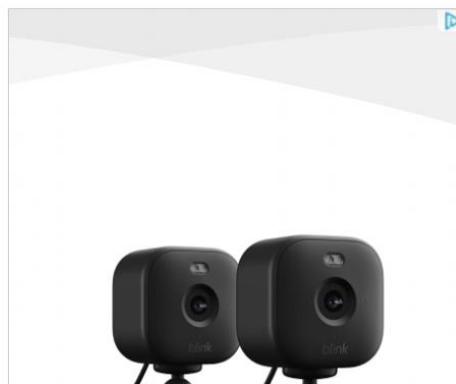


Azoto liquido nell'acqua al ristorante, donna ustionata: i medici le tolgono un pezzo di stomaco



di Giampiero Valenza

2 Minuti di Lettura



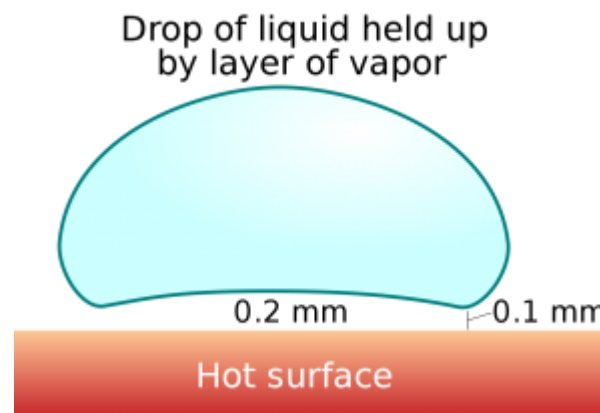
E' in uno dei ristoranti più chic di Tampa, in Florida (Stati Uniti) per festeggiare il suo compleanno. Lì, per errore, le viene versato dell'azoto liquido nell'acqua che invece doveva servire per fare una scenografia sul dessert di un altro cliente. Così, a causa delle ustioni avute, è dovuta fuggire in ospedale dove le hanno rimosso la cistifellea e parte dello stomaco.

https://www.ilmessaggero.it/mondo/ustionata_acqua_ristorante_azoto_liquido-4797069.html

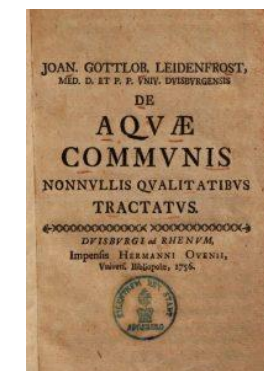


Effetto Leidenfrost (calefazione)

< 2 secondi!



Il fenomeno fu investigato solo nel 1756 dal medico tedesco Johann Gottlob Leidenfrost che, nel 1746, trattò l'argomento nella sua opera *De Aquae Communis Nonnullis Qualitatibus Tractatus*



Contatto pelle o lingua su metalli freddi



Cryogenic Risks: salute - 6

Ipossigenazione - Asfissia - Anossia

azoto (78%),
ossigeno (21%),
argon (0,94%)
anidride carbonica
(0,035%)

3 settimane senza mangiare
3 giorni senza bere
3 minuti senza respirare
2 respiri SENZA ossigeno



La stessa percentuale di ossigeno c'è sia al livello del mare, che in alta montagna. Cambia la pressione parziale, che non è altro che *la pressione che un componente avrebbe se occupasse, da solo, l'intero volume della miscela alla stessa temperatura.*

La pressione parziale di ossigeno nell'aria varia in modo inversamente proporzionale all'aumentare della quota. Ed è qui che i valori cambiano tantissimo, perché se la pressione parziale è a **160 mmHg** sul livello del mare, si abbassa a 110 mmHg superati i 3000 metri di altitudine. Qui cambia anche la saturazione nel sangue (ovvero la percentuale di emoglobina nel sangue), che passa dal 98% al 90%: ecco perché quando si scala una montagna ci si affatica così facilmente.



ODH – Oxygen Deficiency Hazard



Fermilab	ES&H Manual	FESHM 4240 June 2018
----------	-------------	-------------------------

FESHM 4240: OXYGEN DEFICIENCY HAZARDS (ODH)

Revision History

Author	Description of Change	Date
Bill Soyars	<ul style="list-style-type: none"> Added Note 6 to table 5, ODH Control Measures Added Section 6.3, FIRUS Reporting of Alarms 	June 2018
Bill Soyars	<ul style="list-style-type: none"> Add signage requirement for Engineered ODH 0 area in 6.2. Updated Table 5, Control Measures and Figure 2, ODH signs Added ODH Area Tour Requirements in section 6.2 	September 2017
Bill Soyars	<ul style="list-style-type: none"> Required posting of ODH risk assessment engineering note to Teamcenter. Add summary cover page in Technical Appendix, section 5. Area ODH monitor set point raised from 18% to 19.5% O₂ 	September 2016
Richard Schmitt	<ul style="list-style-type: none"> Revised Table 2 failure rates for fans and louvers Added TA 4 - Standby Ventilation Equipment Failure on Demand Rates and Sample Calculations Case E, stratification of gases is redefined Table 6, duration of approval changed Added contractors to approval procedures Table 5, added area monitoring and notes. 	January 2015
Richard Schmitt	<ul style="list-style-type: none"> Revised Table 2 failure rates for flanges, piping, valves and vessels. Added source references for each failure mode Clarified escort rules in Table 5 Removed ODH approval card Reaffirmed Table 1 values 	June 2012
Bill Cooper	<ul style="list-style-type: none"> Reconcile with OSHA 19.5% Invoked ALARA principal Required Div. Heads to maintain records Eliminated classes 3 and 4, all areas must be class 2 or lower Addressed entry into unusual oxygen deficiency hazards Addressed underground installations Clarified that ODH is based on fatality 	May 2009



HAZARDS OF OXYGEN-DEFICIENT ATMOSPHERES

Doc 44/18

Revision of Doc 44/09

EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION AISBL

AVENUE DES ARTS 3-5 • B-1210 BRUSSELS
Tel: +32 2 217 70 98 • Fax: +32 2 219 85 14
E-mail: info@eiga.eu • Internet: www.eiga.eu



Cryogenic Risks: salute - 7

ODH – Oxygen Deficiency Hazard

Table 1—Effects at various oxygen breathing levels

Oxygen percent at sea level (atmospheric pressure = 760 mmHg)	Effects
20.9	Normal (below 19.5% is considered oxygen deficient)
19.5 – 10	Increased breathing rates; accelerated heartbeat; and impaired attention, thinking, and coordination
10 – 6	Nausea, vomiting, lethargic movements, and perhaps unconsciousness
<6	Convulsions, then cessation of breathing, followed by cardiac standstill (death). These symptoms can occur immediately.
<p>NOTES</p> <ol style="list-style-type: none"> Adapted from Title 29 of the U.S. <i>Code of Federal Regulations</i>, Parts 1910 and 1926 [4]. These indications are for a healthy average person at rest. Factors such as individual health (being a smoker), degree of physical exertion, and high altitudes can affect these symptoms and the oxygen levels at which they occur. A hazardous atmosphere oxygen concentration range as defined by OSHA is outside the range of 19,5% and 23,5% [4]. While the percentage of oxygen does not change with altitude, the partial pressure of the atmosphere decreases, which creates physiological effects similar to oxygen deficiency. These effects increase at higher altitudes. Working at altitudes above 2 438 m (8 000 ft) can have similar effects to working in a 15% oxygen atmosphere and working at altitudes of 4 267 m (14 000 ft) can have effects similar to a 12% oxygen atmosphere. Precautions such as supplemental oxygen and acclimatisation shall be taken when working at altitudes to protect the employees against the effects of altitude sickness and other physiological effects similar to those experienced with decreasing oxygen concentrations. Consult knowledgeable medical and safety professionals regarding the specific precautions to take when working at high altitudes. 	



WARNING: Exposure to atmospheres containing less than 10% oxygen can rapidly overcome an individual and bring about unconsciousness without warning so the individual cannot help or protect themselves. Lack of sufficient oxygen can cause serious injury or death.



Cryogenic Risks: salute - 6

Ingestione di Azoto liquido



2. Structural

- Air condensation
- Explosions
- Materials embrittlement and differential stress
- Rapid Phase Transition
- Oxygen enrichment
- Clouds generation



**Cold Burn Hazard.
Cryogenic liquid
appropriate PPE
must be worn when
servicing this
equipment.**

saletesi@rspp.lngs.infn.it

4/17/2025



Infragilimento materiali

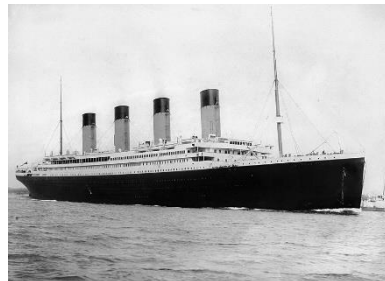
I materiali che possono venire a contatto con i gas liquefatti criogenici devono essere idonei a temperature molto basse, vale a dire, essi non devono diventare fragili a contatto con il freddo. Materiali adatti sono ad esempio il rame, gli acciai austenitici e alcune leghe di alluminio. Tra le plastiche, il PTFE è adatto in determinate condizioni.

Denominazione delle classi		Standard			Composizione chimica (valori tipici)							Proprietà meccaniche (valori tipici)		
		AISI	UNS	EN	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Altri	R _m	R _{p0,2}	A%
Acciai inossidabili austenitici contenenti manganese	Aperam 201LN	201LN	S20153	1,4371	0,025	0,50	7,00	16,30	—	4,75	N = 0,18 Cu = 0,30	730	370	52
Acciai inossidabili austenitici Classi standard	Aperam 304L	304L	S30403	1,4307	0,025	0,40	1,40	18,20	—	8,05	—	630	310	54
	Aperam 304M	304L	S30403	1,4306	0,025	0,40	1,30	18,20	—	10,10	—	580	250	54
Acciai inossidabili austenitici contenenti azoto	Aperam 301LN	301LN	S30153	1,4318	0,025	0,50	1,70	17,50	—	6,60	N = 0,11	760	350	48
	Aperam 304LN	304LN	S30453	1,4311/1,4315	0,025	0,40	1,35	18,20	—	8,55	N = 0,14	650	350	54
Acciai inossidabili austenitici contenenti molibdeno	Aperam 316B	316L	S31603	1,4435	0,020	0,40	1,35	17,30	2,60	12,70	—	590	290	49
	Aperam 316C	316L	S31603	1,4432	≤0,03	0,40	1,35	16,80	2,60	11,10	—	620	320	49
	Aperam 316L	316/316L	S31600/S31603	1,4401/1,4404	0,025	0,40	1,20	18,20	2,10	10,10	—	610	300	52

Questi grades sono adatti per l'incrudimento e la lavorazione a freddo.



Infragilimento materiali - 2



Nonostante il RMS Titanic rappresenti un caso di inaffidabilità, il suo affondamento fu probabilmente facilitato, se non proprio causato, da un fenomeno che è stato dimostrato da una serie di analisi metallurgiche raccolte in seguito all'incidente. I test effettuati su dei campioni prelevati dal relitto del Titanic hanno permesso di dimostrare che potrebbero aver avuto un ruolo importante la temperatura di transizione duttile a frattura che si verificò qualche ora dopo l'impatto con il campo di ghiaccio, non accettabile per applicazioni marine, e la capacità di assorbire energia a seguito di un impatto.



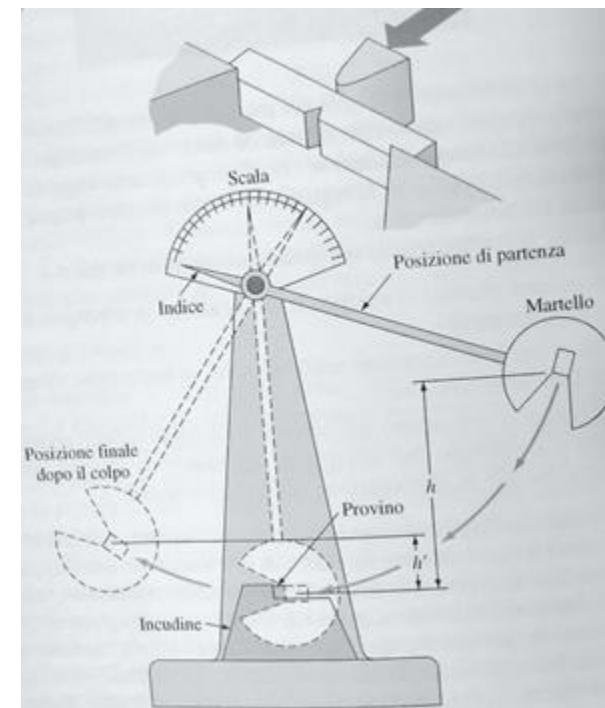
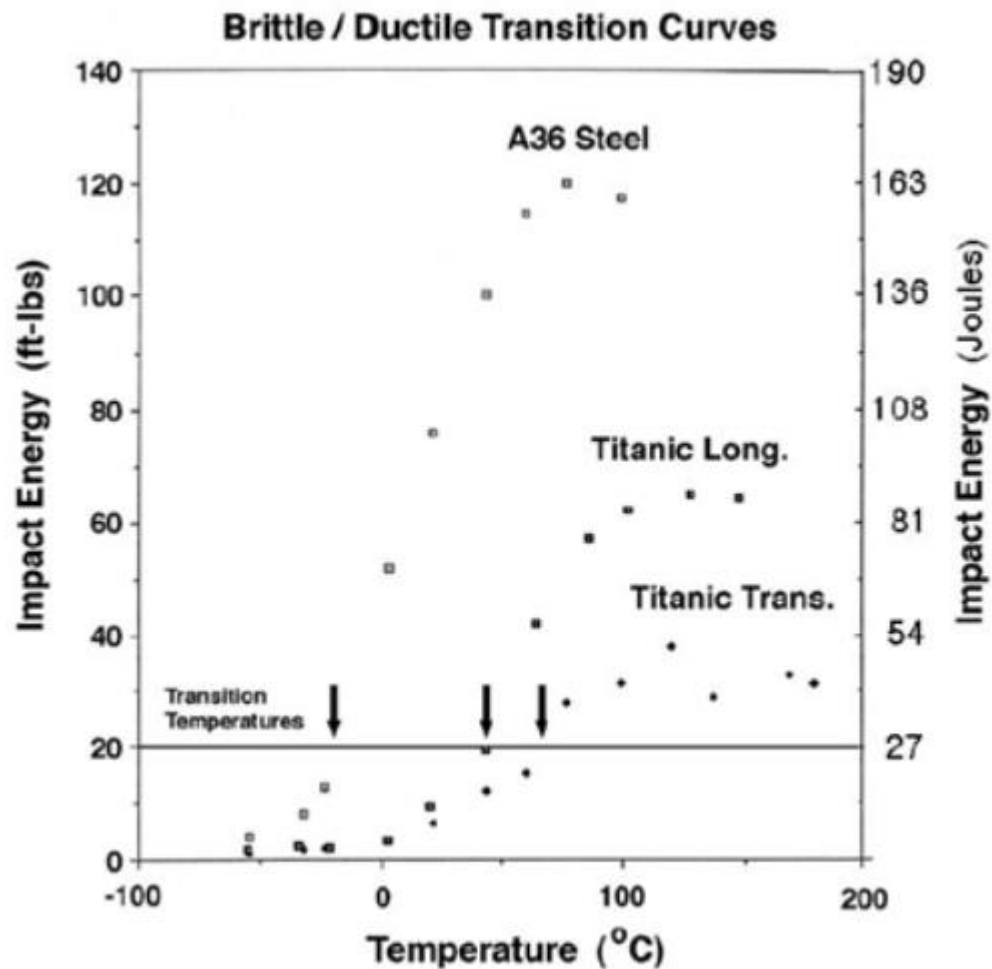
Nonostante il RMS Titanic rappresenti un caso di inaffidabilità, il suo affondamento fu probabilmente facilitato, se non proprio causato, da un fenomeno che è stato dimostrato da una serie di analisi metallurgiche raccolte in seguito all'incidente. I test effettuati su dei campioni prelevati dal relitto del Titanic hanno permesso di dimostrare che potrebbero aver avuto un ruolo importante la temperatura di transizione duttile a frattura che si verificò qualche ora dopo l'impatto con il campo di ghiaccio, non accettabile per applicazioni marine, e la capacità di assorbire energia a seguito di un impatto.



Infragilimento materiali - 3

Resilienza e Temperatu

Fra tutte le possibili cause che p di transizione duttile-fragile è s che cosa rappresenta? Per cap **materiale può andare incontro:** in materiali duttili come gli acc frattura è caratterizzata da una i tendenzialmente meno pericolo esempio la ghisa o il vetro. Q premonitore, il che rende que: strutturali, come nel caso dell duttile. **Tuttavia, anche materia una data temperatura, la tempe** Per misurare questa temperatu Charpy.



$$E_{\text{assorbita}} = mgh - mgh'$$

1 ft·lbs è uguale a 1,35581795 N·m = 1,35581795 J.



Rapid Phase Transition (RPT) - 1



Rapid phase transition or **RPT** is an explosive boiling phenomenon realized in liquefied natural gas (LNG) incidents, in which LNG vaporizes violently upon coming in contact with water causing what is known as a physical explosion. During such explosions there is no combustion but rather a huge amount of energy is transferred in the form of heat from the room-temperature water to the LNG at a temperature difference of about 200 K (176.667°C / 350 °F).

Il rapporto di espansione di una sostanza liquefatta e criogenica è il volume di una data quantità di quella sostanza in forma liquida rispetto al volume della stessa quantità di sostanza in forma gassosa , a temperatura ambiente e pressione atmosferica normale .

Il rapporto di espansione del liquido e del liquido criogenico dal punto di ebollizione a quello ambiente è:

- azoto – 1 a 696
- elio liquido – 1 a 745
- argon – da 1 a 842
- idrogeno liquido – da 1 a 850
- ossigeno liquido – 1 a 860
- neon – Il neon ha il più alto rapporto di espansione con 1 a 1445.



Rapid Phase Transition (RPT) - 2

Nitrogen Rockets



Bombole

Dewar

Serbatoi fuori terra in pressione

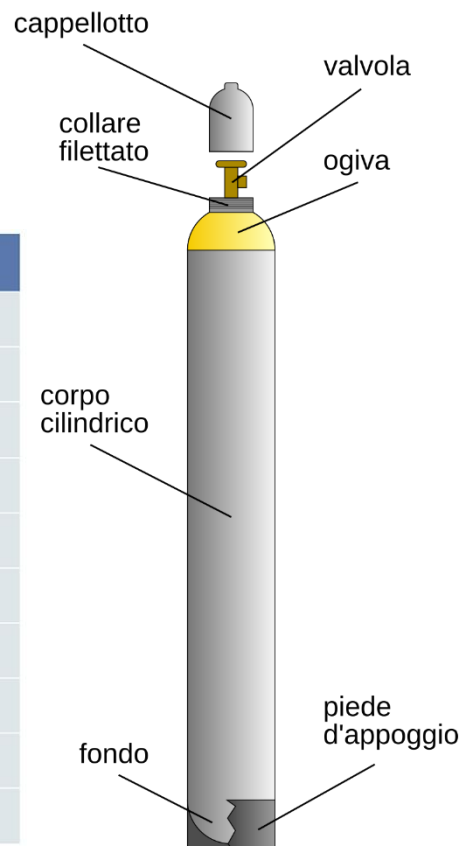
Autocisterne



Bombole

1. **Bombole**

GAS CON COLORAZIONE INDIVIDUALE	VECCHIA	NUOVA	RAL
Acetilene C ₂ H ₂	arancione	marrone ross.	3009
Ammoniaca NH ₃	verde	giallo*	1018
Argon Ar	amaranto	verde scuro	6001
Azoto N ₂	nero	nero	9005
Diossido di Carbonio CO ₂	grigio chiaro	grigio	7037
Cloro Cl ₂	giallo	giallo*	1018
Elio He	marrone	marrone	8008
Idrogeno H ₂	rosso	rosso	3000
Ossigeno O ₂	bianco	bianco	9010
Protossido d'Azoto N ₂ O	blu	blu	5010



- Acciaio, Alluminio, Leghe
- Pressioni da 200 a 300 bar
- Gas compressi con Tc < -10°C
- Conforme alla Direttiva T-PED
- L'ogiva superiore è colorata secondo un codice colore contenuto nella norma UNI EN 1089-3 e indicata nel decreto del Ministero dei Trasporti del 7 gennaio 1999.
- In generale la colorazione dell'ogiva della bombola non identifica il gas, ma solo il rischio principale associato al gas:
 - *tossico e/o corrosivo* **giallo**
 - *infiammabile* **rosso**
 - *ossidante* **blu chiaro**
 - *inerte* **verde brillante.**
- Solo alcuni gas tecnici di maggior uso hanno una propria specifica colorazione.



Bombole - 2



- 1. numero ONU
- 2. nome del gas
- 3. nome, indirizzo e numero di telefono del fabbricante o del distributore
- 4. simboli di pericolo
- 5. frasi di rischio
- 6. consigli di prudenza
- 7. numero CE per la sostanza singola



Dewar

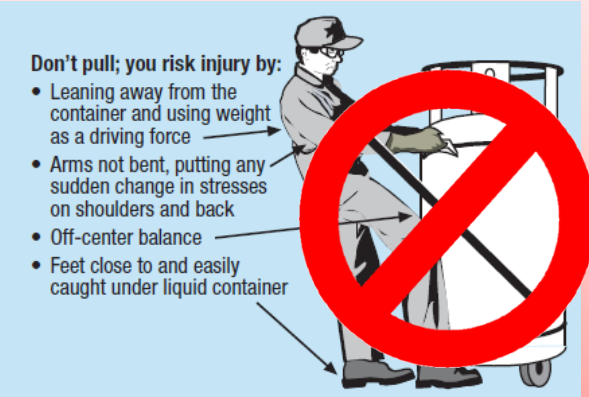


Dewar

Movimentazione di criogenici

Don't pull; you risk injury by:

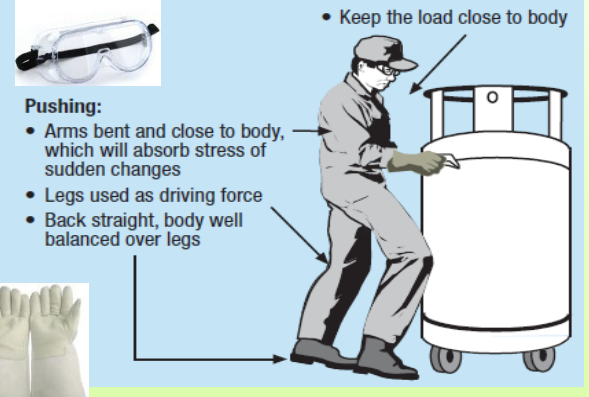
- Leaning away from the container and using weight as a driving force
- Arms not bent, putting any sudden change in stresses on shoulders and back
- Off-center balance
- Feet close to and easily caught under liquid container



Pushing:

- Arms bent and close to body, which will absorb stress of sudden changes
- Legs used as driving force
- Back straight, body well balanced over legs

• Keep the load close to body

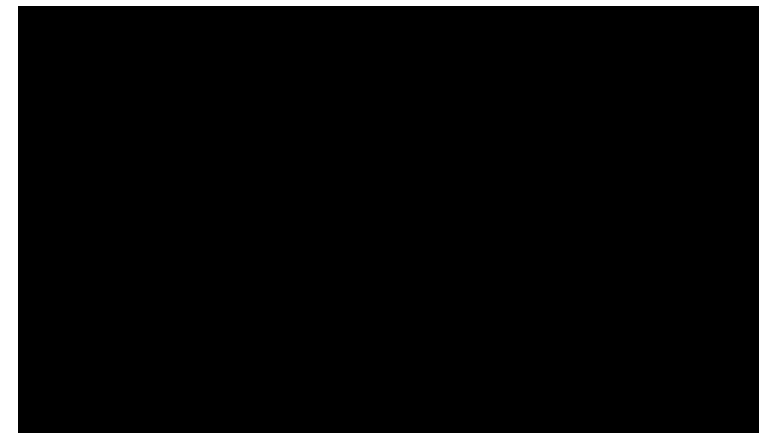



- ✓ Prende dal fisico e chimico James Dewar, che lo inventò nel 1892.
- ✓ Da 20 a 350 litri
- ✓ Doppia parete, isolato con vuoto intercapedine
- ✓ Certificati Direttiva PED 2014/68/UE



Dewar

Dewar

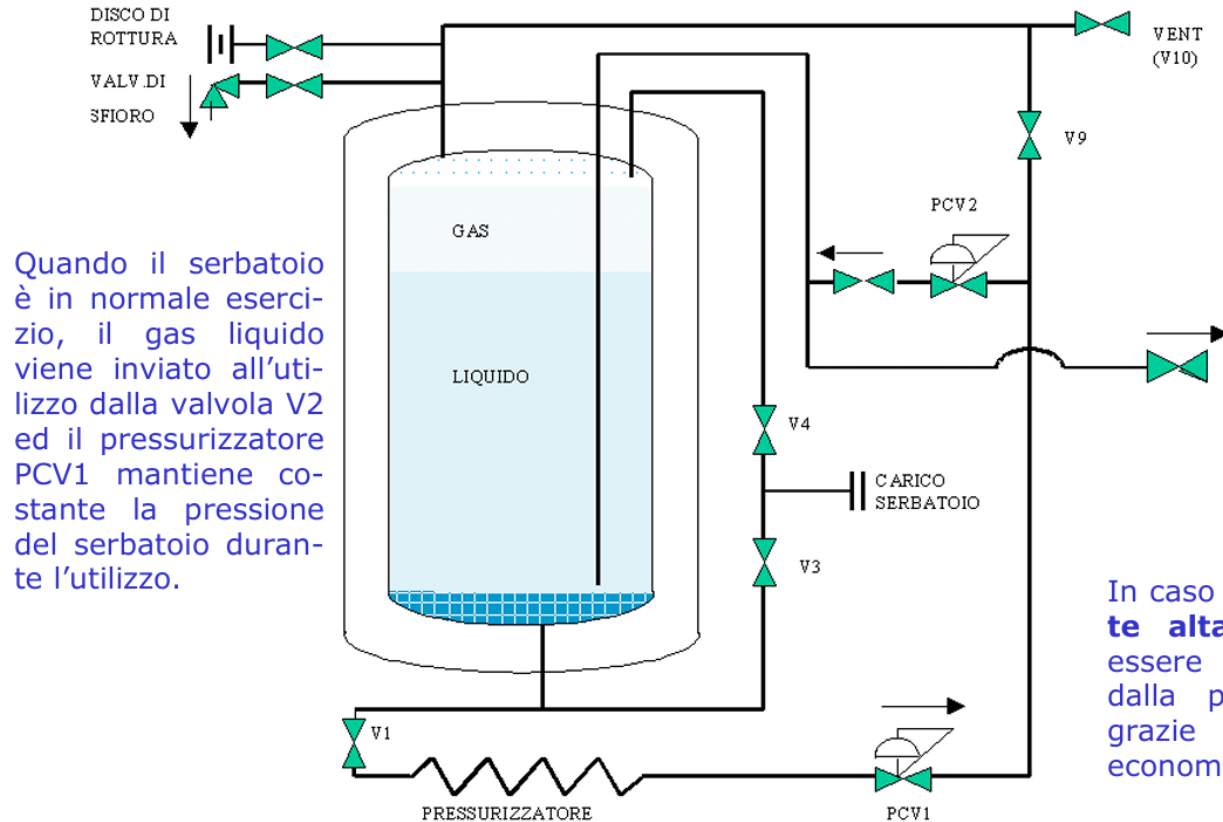


Serbatoio criogenico

Serbatoio in pressione

The vacuum-insulated double wall tanks consist of two concentric vessels, an austenitic steel inner tank and an outer jacket in carbon steel with an anti-corrosion primer and a special environmentally friendly top coat. The interspace between inner and outer tank is evacuated and filled with insulating powder (perlite). An adsorbent is also added to maintain the vacuum in the insulation interspace.

■ FUNZIONAMENTO SERBATOIO CRIOGENICO :



Quando il serbatoio è in normale esercizio, il gas liquido viene inviato all'utilizzo dalla valvola V2 ed il pressurizzatore PCV1 mantiene costante la pressione del serbatoio durante l'utilizzo.

In caso di **innalzamento elevato della pressione** la valvola di sfioro si apre, riportando la pressione a livelli normali, per poi richiudersi.

In caso di **abbassamento di pressione** PCV1 richiama liquido dalla valvola V1 e lo vaporizza, reimmettendolo poi nel serbatoio tramite V9.

In caso di **pressione sufficientemente alta**, parte del gas può anche essere automaticamente prelevata dalla parte superiore del serbatoio grazie alla valvola PCV2 (valvola economizzatrice)

Business Confidential



Serbatoio in pressione

Max Allowing Working Pressure - MAWP

Technical data - tanks for air gases LIN, LOX, LAR.

Size		30	60	110	200	300	490	610	800
Max. allowable working pressure	air gases: 18 bar, 36 bar								for LIN only
Gross capacity	approx. litre	3,160	6,365	11,535	20,355	30,205	49,020	61,620	80,360
Net capacity	approx. litre 18 bar	3,000	6,050	10,960	19,340	28,700	46,570	58,540	76,340
	36 bar	2,840	5,730	10,380	18,320	27,180	44,120	55,460	
Pressure stage									
18 bar, filling ratio 95 %, 1 bar	kg LIN	2,425	4,890	8,855	15,630	23,190	37,630	47,300	61,680
	kg LOX	3,425	6,910	12,530	22,090	32,885	53,180	66,850	
	kg LAR	4,185	8,440	15,290	26,980	40,040	64,965	81,660	
36 bar, filling ratio 90 %, 1 bar	kg LIN	2,300	4,630	8,390	14,800	21,970	35,650	44,810	
	kg LOX	3,250	6,540	11,850	20,920	31,050	50,390	63,340	
	kg LAR	3,970	7,990	14,480	25,560	37,920	61,550	77,370	
Boil-off rate									
1 bar, 15°C A.T. referred to total capacity vacuum < 2 x 10 ⁻² mbar	%/d LIN	0.67	0.58	0.44	0.31	0.30	0.21	0.20	0.19
	%/d LOX	0.42	0.37	0.29	0.20	0.19	0.13	0.12	
	%/d LAR	0.46	0.40	0.32	0.21	0.21	0.15	0.14	
Discharge capacity with standard pressure building coil at 0,7 x MAWP and 8 hours operating time									
pressure stage									
18 bar	m ³ /h (1 bar, 15°C) LIN	150		300	300	600	600		600
	m ³ /h (1 bar, 15°C) LOX	190		380	380	750	750		
	m ³ /h (1 bar, 15°C) LAR	190		380	380	750	750		
36 bar	m ³ /h (1 bar, 15°C) LIN	140		140	140	280	280		
	m ³ /h (1 bar, 15°C) LOX	180		180	180	360	360		
	m ³ /h (1 bar, 15°C) LAR	180		180	180	360	360		
Capacity of one safety valve at 1.1 x MAWP/cold condition									
pressure stage									
18 bar	kg/h LIN					1,090			1,070
	kg/h LOX					1,010			
	kg/h LAR					1,240			
36 bar	kg/h LIN					5,610			
	kg/h LOX					2,260			
	kg/h LAR					2,850			
Insulation insulating powder (perlite), vacuum < 5 x 10 ⁻² mbar (tank in operation), status of delivery: 5 mbar									
Main material inner vessel: low temperature resistant austenitic steel outer vessel: carbon steel									
Main dimensions									
	overall diameter	1,600	1,600	2,000	2,400	2,400	3,000	3,000	3,000
	overall height	4,150	7,150	7,350	8,350	11,550	11,550	14,150	18,050
Weight empty, kg									
	18 bar type	2,510	4,910	5,940	9,840	13,920	19,300	23,370	29,650
	36 bar type	2,600	5,220	7,180	12,310	17,090	24,570	30,260	

LIN = liquid nitrogen, LOX = liquid oxygen, LAR = liquid argon





5

Misure preventive e
protettive per mitigare i
rischi da criogenia

Valvole di sicurezza per criogenia



Un impianto che funziona con mezzi criogenici, ad esempio azoto liquido o ossigeno, è sempre dotato di due valvole di sicurezza installate parallelamente. Queste sono controllate tramite una valvola a sfera criogenica appositamente testata. Ciò è necessario per far fronte ad un guasto o malfunzionamento di una delle valvole criogeniche presenti nell'impianto. Una valvola di sicurezza criogenica deve essere sempre operativa, poiché un impianto criogenico non può essere semplicemente spento.

Le valvole di sicurezza criogeniche sono realizzate in acciaio inossidabile di alta qualità e sono dotate di una guarnizione in PTFE. Queste sono disponibili nei diametri nominali da ¼" - 1".

L'intervallo di regolazione va da 0,2 bar a un massimo di 70 bar.

Le valvole sono adatte per temperature fino – 200°C.



Dischi di rottura per criogenia



- ✓ REGOLAMENTO (UE) 2016/425 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2016 sui dispositivi di protezione individuale

L'Allegato VIII del D.Lgs. 81/08 classifica i DPI in base alla parte del corpo che essi proteggono in:

- protezione della testa: elmetti e caschi protettivi;
- protezione degli occhi e del viso: occhiali, visiere o schermi adattivi;
- protezione dell'udito: cuffie, inserti auricolari;
- protezione delle vie respiratorie: dispositivi filtranti, facciali filtranti, dispositivi isolanti;
- protezione degli arti superiori: guanti;
- protezione del corpo: abbigliamento protettivo, indumenti di protezione, giubbotti ad alta visibilità;
- protezione degli arti inferiori: scarpe antinfortunistiche;
- protezione delle cadute dall'alto: sistemi di arresto caduta, imbracature.



DPI – Dispositivi di Protezione Individuale

DPI categoria I



proteggono da:

- lesioni meccaniche superficiali;
- lesioni da prodotti per le pulizie lievi e facilmente reversibili;
- contatto o urti con oggetti e/o superfici caldi fino ai 50°C;
- eventuali fenomeni atmosferici, di natura non estrema, durante l'attività lavorativa;
- lesioni oculari dovute all'esposizione alla luce del sole.

DPI categoria II



proteggono da rischi moderati e non appartengono né alla prima né alla terza categoria

DPI categoria III



proteggono da:

- sostanze e miscele pericolose per la salute;
- atmosfere carenti di ossigeno;
- agenti biologici particolarmente nocivi;
- radiazioni ionizzanti;
- ambienti ad alta temperatura aventi effetti comparabili a quelli di una temperatura dell'aria di almeno 100 °C;
- ambienti a bassa temperatura aventi effetti comparabili a quelli di una temperatura dell'aria di - 50 °C o inferiore;
- cadute dall'alto;
- scosse elettriche e lavoro sotto tensione;
- annegamento;
- ecc.





OBBLIGHI						
OBBLIGATORIO INDOSSARE LA PROTEZIONE DEGLI OCCHI	OBBLIGATORIO INDOSSARE LO SCHERMO PROTETTIVO	OBBLIGATORIO INDOSSARE LA PROTEZIONE DELL'UOITO	OBBLIGATORIO INDOSSARE GLI INDUMENTI PROTETTIVI	OBBLIGATORIO INDOSSARE IL CASCO DI PROTEZIONE	OBBLIGATORIO INDOSSARE I GUANTI PROTETTIVI	OBBLIGATORIO INDOSSARE LE CALZATURE DI SICUREZZA

DIVIETI					
VIETATO LA SOSTA NELL'AREA DI SGARDO AI MEZZI NON AUTORIZZATI	VIETATO L'ACCESSO AL PERSONALE NON AUTORIZZATO	VIETATO FUMARE	VIETATO UTILIZZARE FIAMME LIBERE	VIETATO STOCCARE MATERIALE COMBUSTIBILE	VIETATO USARE OLI O GRASSI

PERICOLI				
POSSIBILE PRESENZA DI OSTACOLI O DI SUPERFICI GHIACCIAATE	POSSIBILE APERTURA VALVOLE DI SICUREZZA AUTOMATICHE	POSSIBILE PRESENZA DI SUPERFICI FREDDI CON RISCHIO DI USTIONI	APPARECCHI ELETTRICI IN TENSIONE 220/380 V	POSSIBILE PRESENZA DI ATMOSFERE SOTTOSSIGENATE

- ✓ Elmetto
- ✓ Scarpe di sicurezza
- ✓ Occhiali
- ✓ Maschera facciale
- ✓ Grembiule criogenico
- ✓ Guanti per il freddo
- ✓ Guanti per lavori meccanici
- ✓ DPI protezione vie respiratorie



Protezione degli occhi:

Indossare occhiali a mascherina e uno schermo facciale durante le operazioni di travaso o disconnessione della manichetta. EN 166 - Protezione personale degli occhi - Specifiche



Protezione delle mani:

Indossare guanti da lavoro quando si movimentano i contenitori di gas.

EN 388 - Guanti di protezione contro rischi meccanici, livello di prestazione 1 o superiori.

Indossare guanti criogenici durante le operazioni di travaso o disconnessione della manichetta. EN 511 - Guanti di protezione contro il freddo.



Protezione respiratoria:

In ambienti sottossigenati deve essere utilizzato un autorespiratore o un sistema di fornitura di aria respirabile con maschera. EN 137 - Dispositivi di protezione delle vie respiratorie - Autorespiratori a circuito aperto ad aria compressa con maschera intera.



Protezione del corpo:

Grembiule criogenico EN 1149-5



Protezione respiratoria:

In ambienti sottossigenati deve essere utilizzato un autorespiratore o un sistema di fornitura di aria respirabile con maschera. EN 137 - Dispositivi di protezione delle vie respiratorie - Autorespiratori a circuito aperto ad aria compressa con maschera intera.



Protezione del corpo:

Grembiule criogenico EN 1149-5



DPI – Dispositivi di Protezione Individuale

Protezione respiratoria:
In ambienti sottossigenati utilizzare un autorespiratore o un sistema di respirazione con maschera. EN 137 - Autorespiratori - Autorespiratori a compressione con maschera

Protezione del corpo:
Grembiule criogenico EN 1073



DPI per le emergenze - OXYBOX



Nose clip
- Simple one-handed operation

Neck strap
- For a secure fit

Chest strap
- For attaching the device close to the body

Protective goggles
- To protect against smoke and toxic gases

Mouthpiece
- Higher overall comfort thanks to comfort bite mouthpiece

Starter
- Immediate activation of the starter when donning the device

Thermal protection
- Protects the wearer from heat generated by the KO₂ cartridge

Breathing bag
- Made from anti-static material

D-28564-2009



Oxybox

Nose clip

- Simple one-handed operation

Neck strap

- For a secure fit

Chest strap

- For attaching the device close to the body



Protective goggles

- To protect against smoke and toxic gases



Mouthpiece

- Higher overall comfort thanks to comfy bite mouthpiece



Starter

- Immediate activation of the starter when donning the device

Thermal protection

- Protects the wearer from heat generated by the KO₂ cartridge

Breathing bag

- Made from anti-static material

D-2B564-2009



I DPI per le vie respiratorie

Oxybox (maschere a ciclo chiuso)



Autorespiratori a ciclo aperto



Oxybox: training



Sensori Ossigeno fissi



Misure preventive – sensori gas O₂

Sensori Ossigeno portatili



Scheda Dati di Sicurezza - SdS

Conforme al **Regolamento UE N. 878/2020** in vigore dal 16 Luglio 2020 è **applicato dal 1° Gennaio 2021** su tutto il territorio nazionale e introduce ulteriori novità nelle prescrizioni per la compilazione di una **SDS**, sostituendo le disposizioni previste dal precedente **Regolamento UE N. 830/2015**.

Contiene **16** sezioni

[Esempio di MSDS di Azoto liquido](#)



Regolamento CLP etichettatura

Il regolamento sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio (CLP) ((CE) n. 1272/2008) si basa sul sistema mondiale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche (GHS) delle Nazioni Unite e ha lo scopo di garantire un elevato livello di protezione della salute e dell'ambiente, nonché la libera circolazione di sostanze, miscele e articoli.

- >  **Gas under pressure**
Symbol: Gas cylinder
- >  **Explosive**
Symbol: Exploding bomb
- >  **Oxidising**
Symbol: Flame over circle
- >  **Flammable**
Symbol: Flame
- >  **Corrosive**
Symbol: Corrosion
- >  **Health Hazard**
Symbol: Exclamation Mark
- >  **Acute toxicity**
Symbol: Skulls and Crossbones
- >  **Serious health hazard**
Symbol: Health hazard
- >  **Hazardous to the environment**
Symbol: Environment



Kemler Code (ADR)

Il Kemler-ONU è un codice internazionale posto sulle fiancate e sul retro dei mezzi che trasportano merci pericolose. Identifica il tipo di materia trasportata (numero a 4 cifre ONU nella parte bassa) ed il tipo di pericolosità della stessa (nella parte alta a 2 o 3 cifre). In caso di incidente, la tempestiva comunicazione ai Vigili del Fuoco dei numeri riportati sul pannello, consente di stabilire rapidamente le modalità del tipo di intervento.

22
1951

Argon Liquido

22
1963

Elio Liquido

22
1977

Azoto Liquido





Domande?



marco.tobia@lngs.infn.it
spp@lngs.infn.it