



aifos

18 settembre 2025

Ore 11:30 – 13:30

WORKSHOP

Rischio di incendio ed esplosione connesso all'impiego dell'idrogeno: inquadramento tecnico e normativo

Gabriele Ballocco: Technical Manager at RAMS&E srl

safety**expo****20**
PREVENZIONE INCENDI**25**



Sommario

1. Inquadramento normativo
2. Normativa di prevenzione incendi
3. Le proprietà dell'Idrogeno
4. Valutazione del rischio di processo
5. Valutazione di rischio qualitativa
6. Valutazione di rischio quantitativa



Inquadramento normativo

D.Lgs. Governo 26 giugno 2015, n. 105 - Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose



**Prevenzione Incidenti
Rilevanti (Direttiva
SEVESO)**

Decreto Presidente Repubblica 1 agosto 2011, n. 151 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.



Prevenzione Incendi

Decreto Ministeriale 7 agosto 2012 - Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e alla documentazione da allegare, ai sensi dell'articolo 2, comma 7, del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151.



Inquadramento normativo

D.Lgs. Governo 26 giugno 2015, n. 105 - Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose – ALLEGATO 1

PARTE 2

Sostanze pericolose specificate

Colonna 1	Numero CAS ¹	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	.	Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione dei:	
		Requisiti di soglia inferiore	Requisiti di soglia superiore
1. Nitrato d'ammonio (cfr. nota 13)	—	5000	10000
2. Nitrato d'ammonio (cfr. nota 14)	—	1250	5000
15. Idrogeno	1333-74-0	5	50

Circa 50.000 Sm³ di gas



D.Lgs. n. 105/2015 (Direttiva Seveso)

Stabilimento di soglia inferiore (art. 3 c. 1)

- Notifica (art. 13)
- Sistema di Gestione della Sicurezza per la Prevenzione degli Incidenti Rilevanti (SGS-PIR, art. 14)
- Piano di emergenza esterna (art. 21)
- Assetto del Territorio e Controllo dell'Urbanizzazione (art.22)

NOTA: Il D.Lgs. 105/2015 non prevede un'autorizzazione per la costruzione e l'esercizio. L'iter autorizzativo è regolamentato dal DPR 151/2011



Normativa di prevenzione incendi

Lista attività del DM 7/8/2012

N		Descrizione attività	Note
1	1.C	Stabilimenti ed impianti ove si producono e/o impiegano gas infiammabili e/o comburenti con quantità globali in ciclo superiori a 25 Nm ³ /h	
2	2.C	Impianti di compressione o di decompressione dei gas infiammabili e/o comburenti con potenzialità superiore a 50 Nm ³ /h, con esclusione dei sistemi di riduzione del gas naturale inseriti nelle reti di distribuzione con pressione di esercizio non superiore a 0,5 MPa	Tutti gli altri casi
4	1.B	Depositi di gas infiammabili in serbatoi fissi: a) compressi per capacità geometrica complessiva superiore o uguale a 0,75 m ³	Fino a 2 m ³
4	2.C	Depositi di gas infiammabili in serbatoi fissi: a) compressi per capacità geometrica complessiva superiore o uguale a 0,75 m ³	Oltre i 2 m ³
13	4.C	Impianti fissi di distribuzione carburanti per l'autotrazione, la nautica e l'aeronautica; contenitori - distributori rimovibili di carburanti liquidi: b) Impianti fissi di distribuzione carburanti gassosi e di tipo misto (liquidi e gassosi).	



Normativa di prevenzione incendi

Regole verticali

Decreto Ministeriale 31 agosto 2006

Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione

Abrogato

Decreto Ministeriale 23 ottobre 2018

Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione.

Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Regola tecnica di prevenzione incendi per l'**individuazione delle metodologie per l'analisi del rischio** e delle misure di sicurezza antincendio da adottare per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi e relativi sistemi di stoccaggio.



Normativa di prevenzione incendi

Normativa internazionale

ISO 19880-1:2020 - Idrogeno gassoso - Stazioni di rifornimento - Parte 1: Requisiti generali

Include specifiche per stazioni di rifornimento e stoccaggio di idrogeno, definendo requisiti per la protezione da esplosioni e incendi.

ISO 22734:2024 - Generatori di idrogeno che utilizzano l'elettrolisi dell'acqua - Applicazioni industriali, commerciali e residenziali

Applicazioni industriali, commerciali e residenziali.

NFPA 2 (2020) - Hydrogen Technologies Code

Copre la progettazione, l'installazione e l'esercizio sicuro di sistemi e infrastrutture che utilizzano idrogeno gassoso e liquido.



Normativa di prevenzione incendi

Focus sulla valutazione del rischio

Decreto Ministeriale 23 ottobre 2018

Allegato 1, §2.2: L'impianto per la produzione in sito dell'idrogeno, laddove previsto, deve essere oggetto di **specificativa valutazione di rischio**, da condursi secondo le modalità di cui all'allegato I del decreto del Ministro dell'interno 7 agosto 2012.

Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Allegato 1, §8: L'impianto per la produzione dell'idrogeno è oggetto di **specificativa valutazione di rischio**, da condursi secondo le modalità di cui all'ALLEGATO I del decreto del Ministro dell'interno 7 agosto 2012

In entrambi i casi:

Distanze di sicurezza differenti [...] possono essere eventualmente individuate applicando le metodologie dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio previste dal decreto del Ministro dell'interno 9 maggio 2007



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

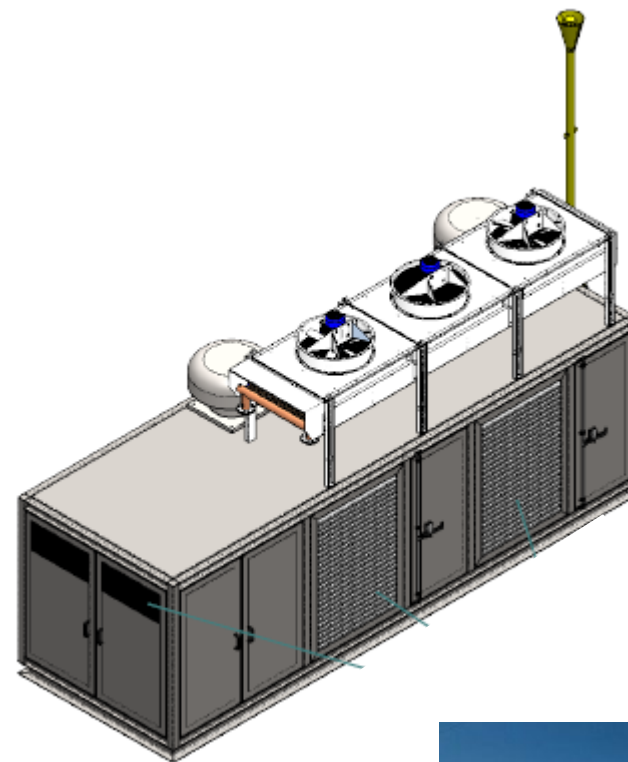
Elementi costitutivi degli impianti

- a) elettrolizzatore;
- b) serbatoio tampone;
- c) sistema di compressione;
- d) stoccaggio di idrogeno;
- e) gruppo di riduzione e stabilizzazione della pressione;
- f) stazione di caricamento (baie di carico);
- g) tubazioni di collegamento (elementi di connessione tra gli elementi a), b), c), d), e) e f) per il trasferimento dell'idrogeno);
- h) area di sosta per i carri bombolai;
- i) locali destinati a servizi accessori.



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Elementi costitutivi degli impianti





Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Modalità costruttive

Allegato 1, §1.2.5 Box:

area delimitata da muri perimetrali costruiti in calcestruzzo armato, o in altro materiale incombustibile di adeguata resistenza meccanica, con caratteristiche costruttive dei manufatti tali da **garantire solo perimetralmente la mitigazione degli effetti** dovuti a scenari da rilascio e di incendio ed ai materiali che venissero proiettati a seguito di un eventuale scoppio.

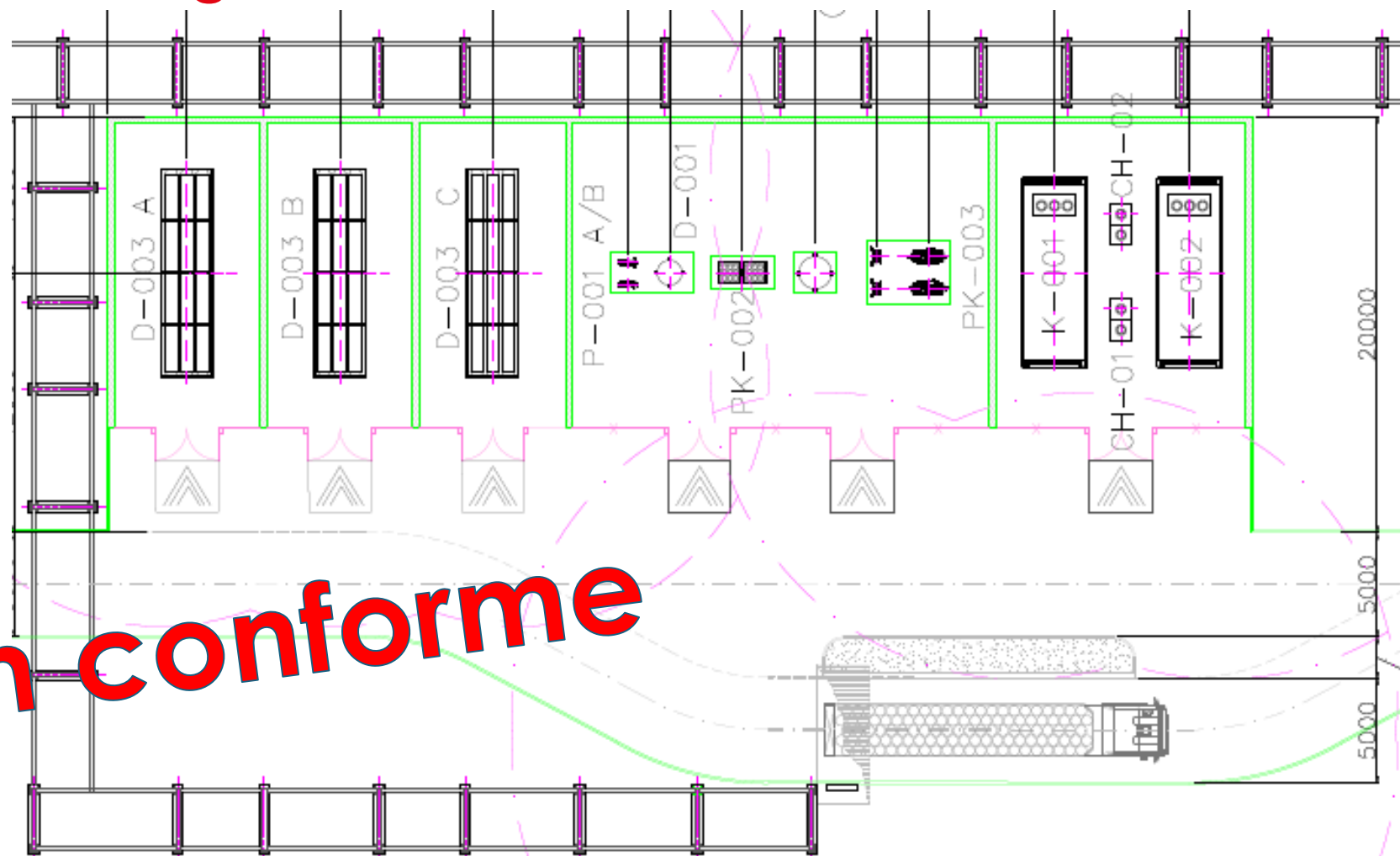
Il box può avere **uno o due dei quattro lati completamente aperti** a condizione che tali aperture non siano rivolte verso zone ove è prevista o consentita la presenza di persone estranee all'impianto e/o di parti vulnerabili dell'impianto e delle relative pertinenze. L'altezza della delimitazione è maggiore di almeno 1 m rispetto al punto più alto degli elementi pericolosi in esso contenuti.

La pavimentazione e la copertura, che qualora presente deve essere di tipo leggero, sono realizzate in materiali incombustibili. Al suo interno sono adottati idonei accorgimenti per prevenire la formazione e la permanenza di atmosfere esplosive.



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Modalità costruttive



Layout non conforme



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Modalità costruttive

Allegato 1, §9.1.

Le unità di stoccaggio, fatta eccezione per i serbatoi tampone, sono collocate in apposito box come definito al precedente punto 1.2.5.

Se il volume complessivo del deposito è superiore a **6000 Nm³**, il box è suddiviso in porzioni (ciascuna contenente un volume non superiore a 6000 Nm³) delimitate da muri costruiti in calcestruzzo armato, o in altro materiale incombustibile di adeguata resistenza meccanica, con caratteristiche costruttive dei manufatti tali da garantire solo perimetralmente la mitigazione degli effetti dovuti ad incidenti.

Allegato 1, §10.

I compressori, comprensivi degli eventuali dispositivi di pertinenza (ad esempio serbatoi adibiti a smorzare le pulsazioni di pressione) sono collocati in box, come definiti al precedente punto 1.2.5. Per compressori con pressioni in uscita non superiori a 300 barg, le barriere, qualora necessarie, sono individuate ricorrendo alla valutazione del rischio di incendio ed esplosione.



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Modalità costruttive

Allegato 1, §12.4 - Dispositivi di intercettazione e scarico dell'impianto

- a) valvole di intercettazione d'emergenza con la funzione di arresto del trasferimento dell'idrogeno tra le varie parti dell'impianto, del tipo normalmente aperte in esercizio e chiuse in emergenza (fail close); esse sono a funzionamento automatico asservito ad un sistema di controllo di sicurezza;*
- b) valvole di scarico impianti di emergenza con la funzione di consentire la depressurizzazione rapida di una parte di impianto o il convogliamento dell'idrogeno in particolari parti di impianto con finalità di sicurezza, del tipo normalmente chiuso in esercizio e aperte in emergenza (fail open); esse sono a funzionamento manuale e automatico, eventualmente asservite a un sistema di controllo e attivazione manuale da remoto;*

[...]

I dispositivi di intercettazione e scarico con funzione di emergenza sono progettati per poter funzionare in tali condizioni ed essere chiaramente individuati da apposita segnaletica.

I dispositivi di intercettazione e scarico di emergenza sono installati in modo da poter intercettare e depressurizzare apparecchiature e tratti di tubazioni in seguito di eventi anomali o incidentali.

*Lo scarico in atmosfera dell'idrogeno deve avvenire ad **un'altezza sufficiente** da non costituire pericolo per persone e impianti in caso di innesco.*



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Misure di protezione attiva

Allegato 1, §15. Impianti di rilevazione e allarme.

Gli elementi pericolosi dell'impianto, di cui al punto 4, sono sorvegliati mediante l'installazione dei sistemi di seguito specificati:

- a) sistema di rilevazione, controllo e monitoraggio di **temperatura** degli elementi pericolosi dell'impianto, qualora possano essere raggiunti elevati valori di temperatura;*
- b) sistema di rilevazione e controllo **fughe di gas** in tutte le aree dell'impianto suscettibili di essere interessate dalla possibile formazione di un'atmosfera esplosiva, secondo gli esiti della valutazione del rischio da condursi in conformità alle disposizioni contenute nel capitolo V.2 del decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015; l'impianto, per quanto possibile, è realizzato secondo le norme tecniche di riferimento;*
- c) sistema di **rilevazione di fiamma** collocato in tutte le aree dell'impianto suscettibili di essere interessate dall'accensione di eventuali perdite di idrogeno; l'impianto, per quanto possibile, è realizzato secondo le norme tecniche di riferimento.*



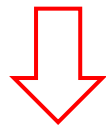
Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Misure di protezione attiva

Allegato 1, §16. Impianti di spegnimento e raffreddamento..

*Gli elementi pericolosi dell'impianto sono protetti con una **rete idranti** progettata, installata, collaudata e gestita secondo la regola dell'arte ed in conformità alle direttive di cui al decreto del Ministero dell'interno 20 dicembre 2012. Per la progettazione della rete si può fare riferimento alla norma UNI 10779, assumendo per l'attività un livello di pericolosità non inferiore a 2.*

*Gli stoccaggi di idrogeno compresso, fatta eccezione per i pacchi bombole di volume geometrico inferiore a 1 m³, sono protetti anche tramite **impianti di raffreddamento a pioggia**.*



< 20 kg



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Misure di protezione attiva

Allegato 1, § 18. Sistema di emergenza (ESS).

Il sistema ESS interviene almeno nei seguenti casi:

- a) superamento della concentrazione di idrogeno in atmosfera pari o superiore **all'1% in volume**;*
- b) allarme incendio attivato dall'impianto IRAI;*
- c) arresto o mancanza della ventilazione meccanica nel locale dell'elettrolizzatore, o nel caso di portata inferiore al 75% della portata di progetto;*
- d) attivazione di un pulsante di emergenza ESD;*
- e) pressione differenziale all'interno delle celle (stack) tra ossigeno e idrogeno oltre i limiti indicati dal costruttore;*
- f) alta pressione e alta temperatura in uscita dai compressori;*
- g) bassa pressione di aspirazione in ingresso ai compressori.*



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Distanze di sicurezza

Allegato 1, §19.1 Elementi pericolosi dell'impianto

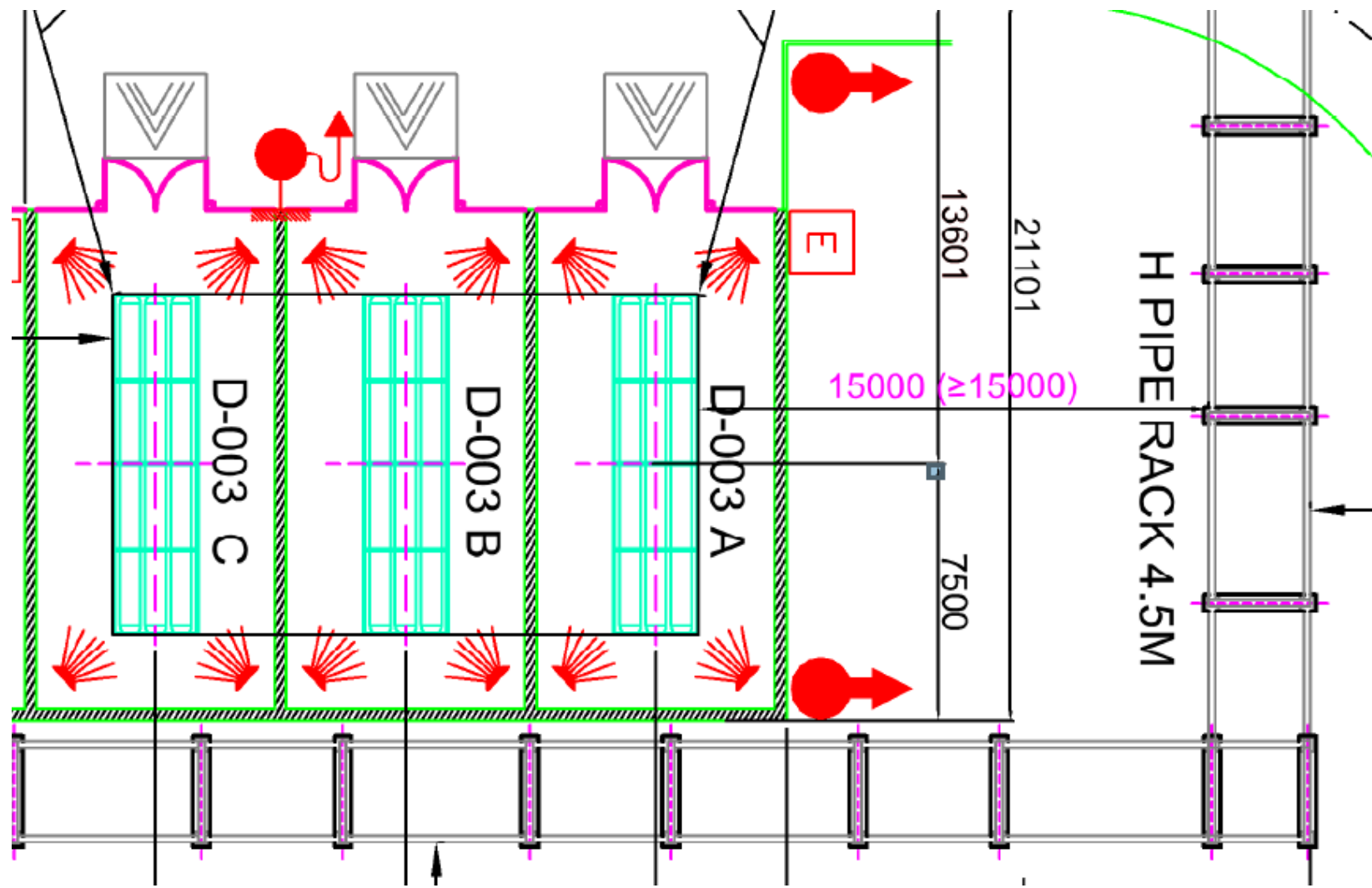
I **tratti di tubazione** (sia ad alta che bassa pressione) sono considerati elementi pericolosi e per essi si applicano le distanze di sicurezza indicate in tabella, correlate al pertinente valore di pressione, ad eccezione delle distanze di sicurezza interna verso gli elementi di processo strettamente collegati.

PRESSIONE IDROGENO (barg)	DISTANZE DI SICUREZZA (m)		
	ESTERNA	PROTEZIONE	INTERNA
$700 < P \leq 1000$	30	15	15
$500 < P \leq 700$	25	15	15
$300 < P \leq 500$	20	15	15
$100 < P \leq 300$	17	12	12
$50 < P \leq 100$	12	8	8
$30 < P \leq 50$	8	6	6
$10 < P \leq 30$	7	5	5
$P \leq 10$	5	3	3



Decreto Ministeriale 7 luglio 2023

Distanze di sicurezza





Proprietà dell'Idrogeno

Formula	H ₂
Peso molecolare	2,016 g/mole
Densità S.T.P.	0.089 kgm ⁻³
Densità relativa all'aria del gas	0,07
Coefficiente di diffusione	0.148 m ² /h *
Coefficiente di dilatazione o espansione adiabatica	γ (C _p /C _v) = 1,41
Calore specifico (a temp. Ambiente)	9800 J/kg °K
LEL % vol	4,00
UEL % vol	75,00
M.I.E.	17 µJ
Colore della fiamma	incolore

*Parametro di valore variabile in letteratura in funzione delle condizioni di determinazione

Tabella 1. Caratteristiche chimiche e fisiche dell'idrogeno



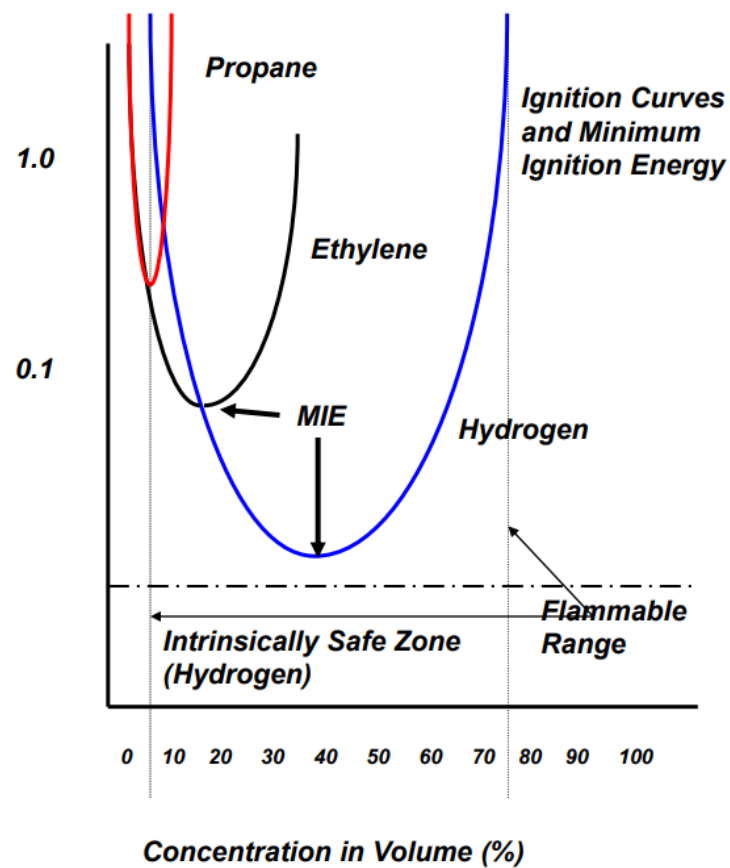
Proprietà dell'Idrogeno

Hydrocarbons	LFL %v	HFL %v
Methane	5	15
Ethane	3	12,4
Propane	2,1	9,5
Butane	1,8	8,4
Pentane	1,4	7,8
Hexane	1,2	7,4
Heptane	1,0	6,7
Ethylene	2,7	37
Propylene	2,4	11
Acetylene	2,5	82
Benzene	1,3	7,9
Toluene	1,2	7,1
Xylene	1,1	6,4
Styrene	1,1	6,1

Alcohols	LFL %v	HFL %v
Methanol	6,7	36
Ethanol	3,3	19
Propanol	2,2	14
Butanol	1,7	12
Inorganic	LFL %v	HFL %v
Ammonia	15	28
Hydrogen	4,0	75
Carbon monoxide	12,5	74
Carbon sulfide	4,0	44



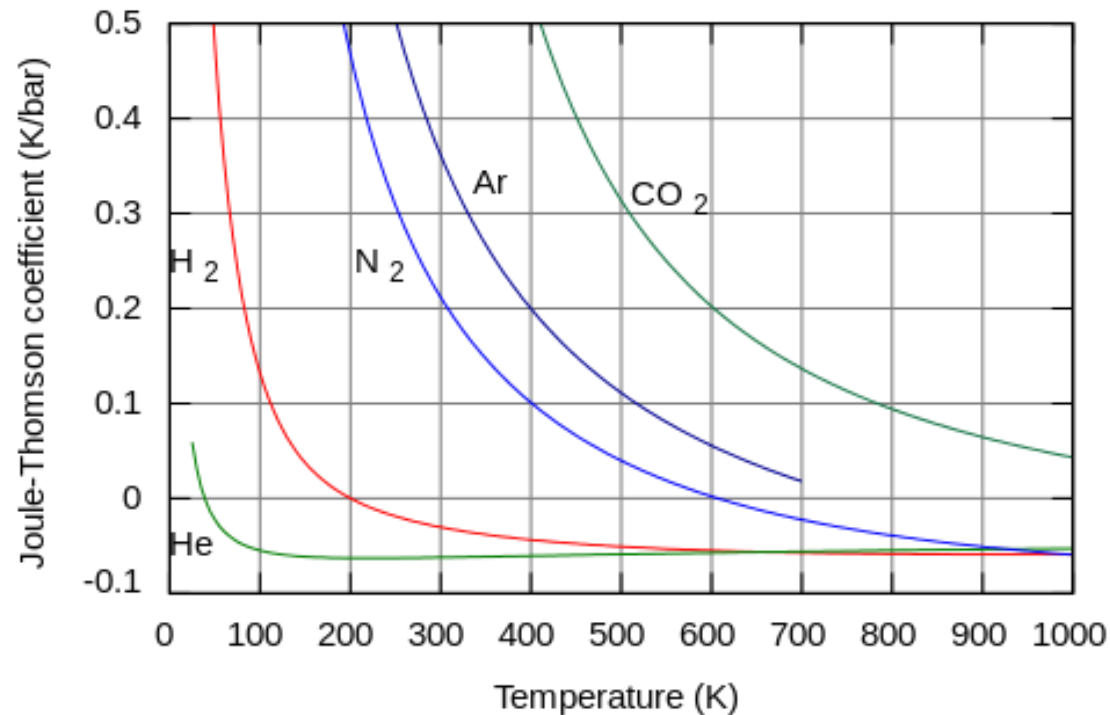
Proprietà dell'Idrogeno





Proprietà dell'Idrogeno

Effetto Joule-Thomson negativo (il rilascio di H₂ comporta un aumento di temperatura dopo l'espansione)



$$\mu_{JT} = (\delta T / \delta P)_h$$

$\mu_{JT} < 0 \rightarrow$ temperature increases

$\mu_{JT} = 0 \rightarrow$ temperature remains constant

$\mu_{JT} > 0 \rightarrow$ temperature decreases



Proprietà dell'Idrogeno

Permeazione e infragilimento

Le ridotte dimensioni dell'Idrogeno molecolare H_2 (0,1 nanometri) la rendono la molecola più piccola in assoluto.

Questo le consente di permeare la maggior parte dei materiali non metallici.

Quando l'idrogeno entra in contatto con le superfici metalliche occorre relativamente poca energia – anche in condizioni ambientali - per dissociare il gas nella sua forma atomica e poi negli ioni che possono penetrare così facilmente nella struttura reticolare nella maggior parte dei metalli.

Maggiore è l'energia presente nell'ambiente, come ad esempio temperature e pressioni di processo esterne, più velocemente si verificheranno le permeazione e l'infragilimento nei serbatoi di stoccaggio e nelle condutture.

Nell'utilizzo dell'idrogeno devono essere utilizzati metalli che presentano una disposizione cellulare strettamente compatta.



Proprietà dell'Idrogeno

Scenari di incendio

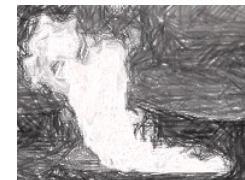
➤ JET FIRE



➤ FLASH FIRE



➤ POOL FIRE



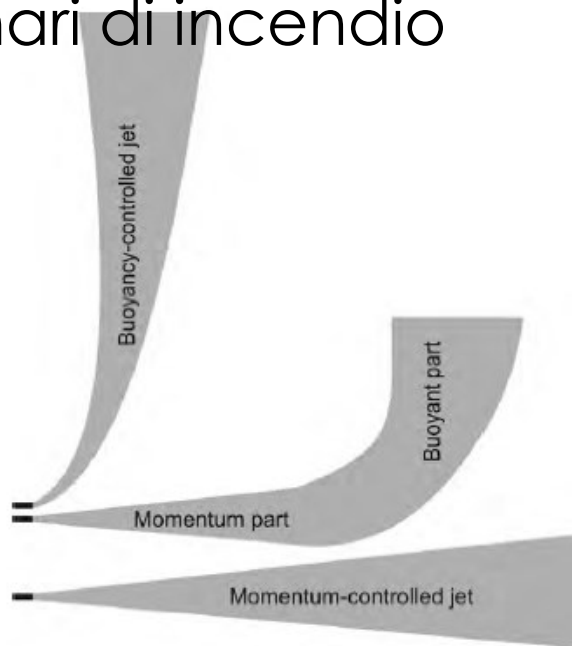
➤ FIREBALL





Proprietà dell'Idrogeno

Scenari di incendio



Il peso rispetto all'aria è il principale vantaggio di sicurezza dell' H_2

DNV PHAST Miller Model for H_2 Jet Fire

DATA FOR THE USE IN QUANTITATIVE RISK ANALYSIS OF HYDROGEN REFUELING STATIONS J. LaChance¹ , J. Brown¹ , B. Middleton¹ , D. Robinson¹

The Miller model: flame shape

- Flame represented by two line segments



Momentum-dominated

Buoyancy/wind-dominated



Proprietà dell'Idrogeno

Scenari di esplosione chimica

L'idrogeno in aria forma miscele esplosive: lo scenario risultante è l'esplosione della miscela (**VCE – Vapor Cloud Explosion**).

L'effetto principale è la formazione di un'onda di pressione che può danneggiare sistemi, apparecchiature e strutture, ferire o uccidere persone e proiettare frammenti pericolosi.

L'intensità dell'esplosione dipende anche dal grado di confinamento: le esplosioni che hanno luogo in spazi confinati sono più severe.

Deflagrazioni → velocità sub-sonica

Detonazioni → velocità sonica, necessita di innesco rilevante e confinamento



Valutazione del rischio

Valutazione del rischio di processo

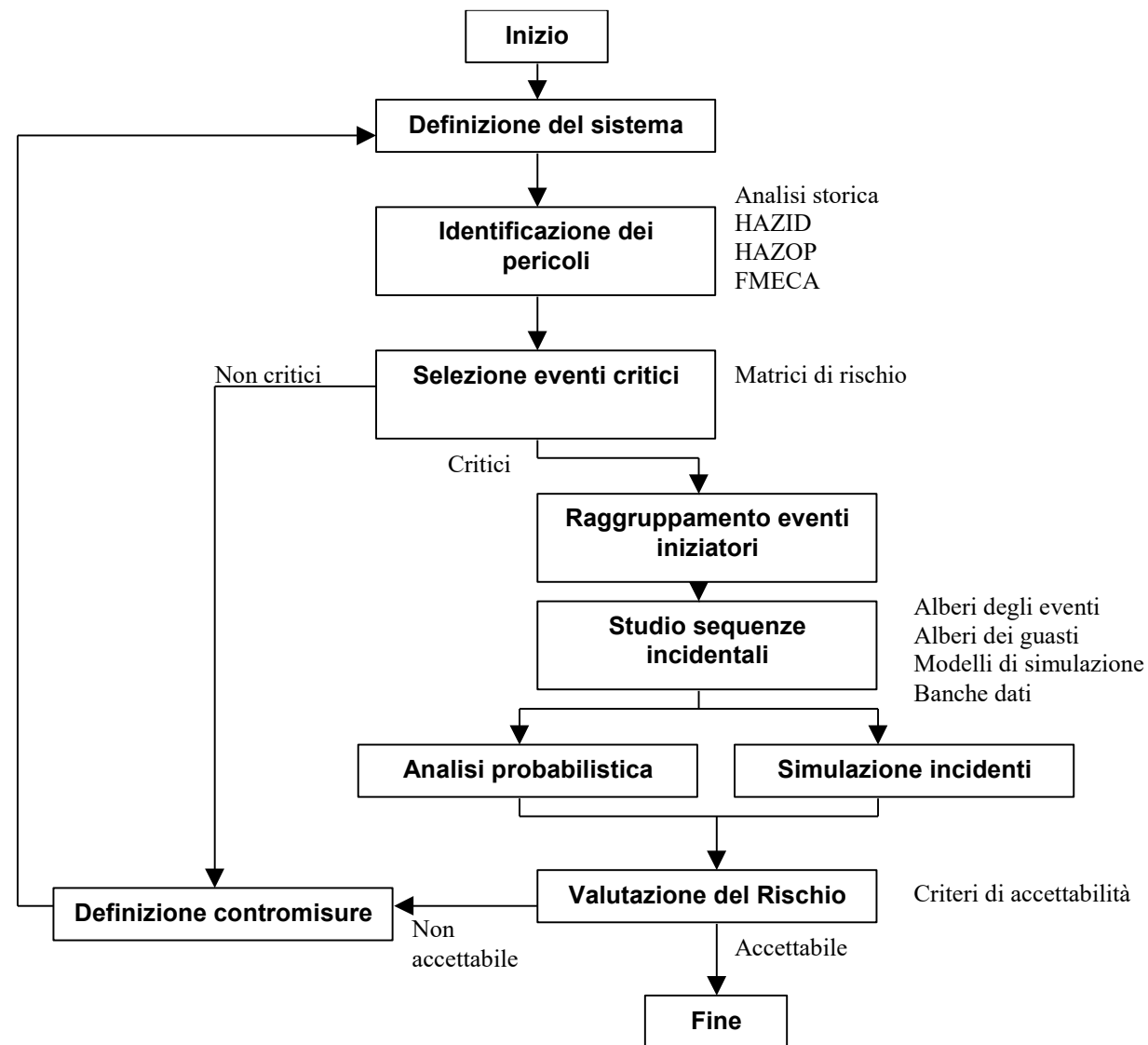
La **Sicurezza di Processo** è l'insieme di misure tecniche ed organizzative volte alla prevenzione, mitigazione, preparazione e risposta agli eventi incidentali che interessano un processo/impianto e che possono comportare un rilascio incontrollato (potenzialmente catastrofico) di sostanze pericolose o di energia.

Incidente di Sicurezza di Processo: Perdita di contenimento primario (Rilascio non pianificato o non controllato di qualsiasi materiale, inclusi materiali non tossici e non infiammabili (e.g. vapore, acqua calda, azoto, CO2 compressa o aria compressa) da un processo.



Valutazione del rischio

Valutazione del rischio di processo

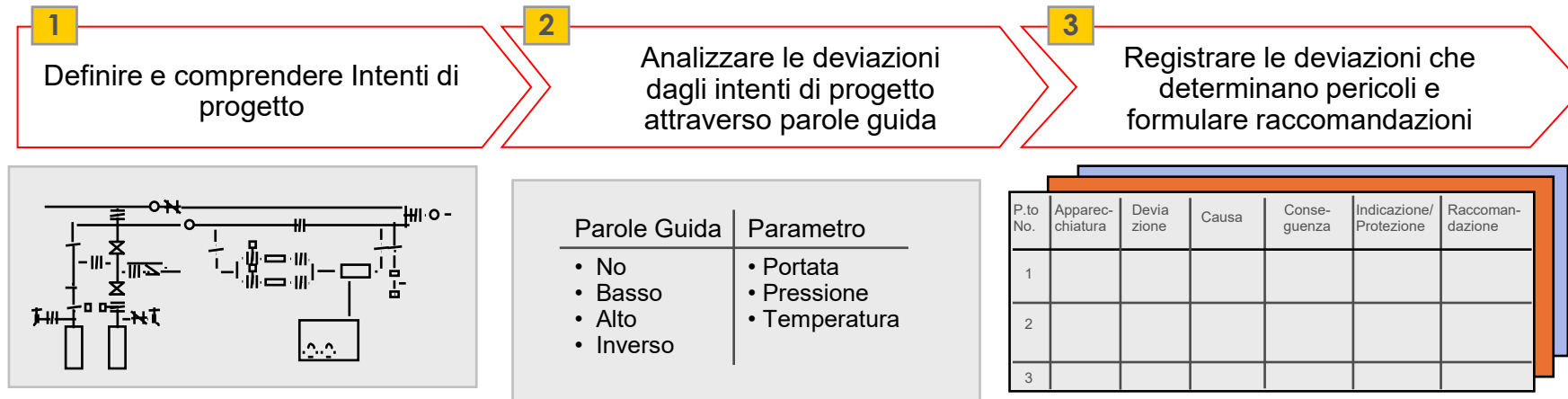




Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP

L'**HAZOP** (HAZard and OPerability study) è un esercizio di gruppo mirato all'individuazione dei pericoli che hanno origine da deviazioni di parametri chiave dagli intenti di progetto





Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP

L'HAZOP una tecnica usata per identificare:

- HAZards (situazioni aventi il potenziale di arrecare danno alle persone, agli impianti e/o all'ambiente circostante)
- OPerability (situazioni che possono comportare una riduzione delle performance del sistema)

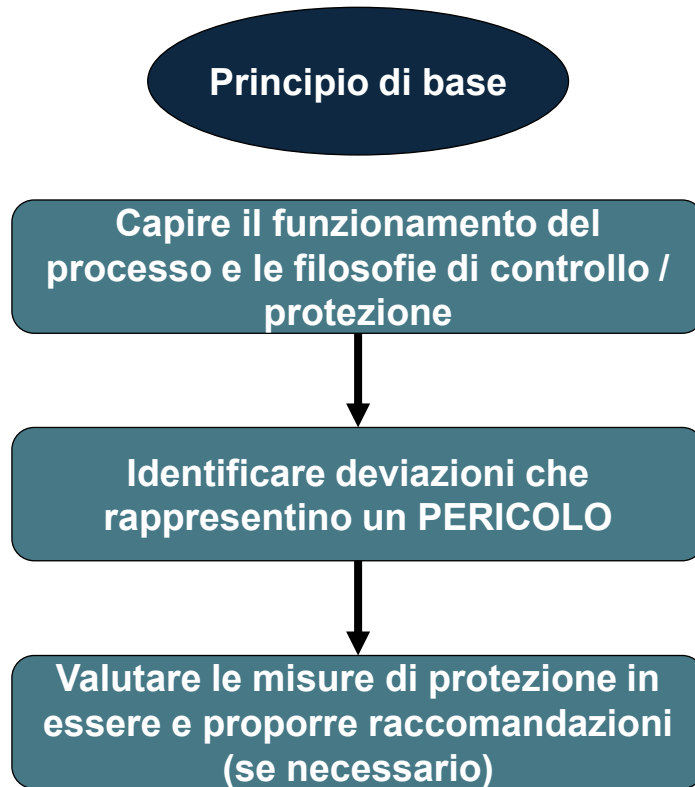
Fanno parte del **team HAZOP** il leader (pone domande al team e guida lo studio), il segretario (prende nota dei punti chiave della discussione in un template precostituito) e rappresentanti di ciascuna delle principali discipline familiari all'impianto in esame:

- Processo
- Ingegneria
- Esercizio
- Sicurezza
- Manutenzione/Test/Ispezioni



Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP



- ❑ L'impianto / unità di processo viene suddiviso in una serie di **sezioni (nodi)**
 - ❑ Il leader definisce, su ciascun P&ID, i nodi da esaminare
 - ❑ Il processista fornisce una descrizione sul funzionamento del nodo da esaminare (condizioni operative, filosofia di controllo, ecc)
- ❑ L'approccio formale e sistematico si basa su **un alternarsi di domande e risposte formulate per identificare e valutare le deviazioni del sistema** dall'intento del progetto che possono presentare situazioni di pericolo per la sicurezza delle persone e compromettere il normale funzionamento
- ❑ Il team identifica le **misure di prevenzione e protezione in essere** (safeguard) e valuta se queste siano sufficienti ed efficaci o ne occorranò di ulteriori
- ❑ Se necessario, il team formula **raccomandazioni** per incrementare il livello di sicurezza



Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP

I parametri chiave sono le principali caratteristiche misurabili del sistema, quali Portata, Pressione, Temperatura, e così via; vengono presi in esame sistematicamente per ogni sezione dell'impianto

Le parole guida rappresentano le principali deviazioni, quali No, Basso, Alto e così via; vengono interpretate in termini di eventi tipici che potrebbero essere all'origine di deviazioni rispetto agli intenti di progetto

Parametro	Parola Guida	Deviazione tipica
Livello	Alto	– Malfunzionamento di regolatrice di livello o di flusso
Flusso	No	– Blocco (ad es. per ghiaccio, deposito, ecc.)
Azione	Prima / Dopo	– L'operatore non esegue correttamente una sequenza di chiusura di valvole
Flusso	Altro	– Perdita, ad es. dalla tenuta di una pompa
Azione	Diverso da	– Flangia cieca lasciata in sede a causa di errata procedura



Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP

Company:
 Facility: Electrolyzer 500 kW
 Session: (1) 20/07/2022
 Node: (1) Electrolyzer 500 kW: Demi Water circuit, Oxygen circuit, stack, H2 circuit and cooling water circuit.
 Drawings: A81025IT-01-HYD Rev 0 Sh0-3
 Parameter: Flow

Intention:

GW	DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	L	S	R	SAFEGUARDS	REF#	RECOMMENDATIONS	BY	REMARKS
No/Less	No/Less demi water flow to WS2-0	1.1. External cause (no demi water OR reverse osmosis system malfunction) 1.2. Automatic valve on demi water line fails close due to wrong signal OR mechanical failure	1.1.1. Impossibility to feed demi water to the degasser WS2-0, possible low level in the degasser and low level in O2 separator O2SEP-0, no demi water flow in the stack resulting in explosive mixture formation, in case of ignition possible explosion with possible operator injuries 1.2.1. see consequences 1.1.1.				1.1.1.1. Operator intervention due to low low level alarm from LT1002-0 to restore nominal conditions 1.1.1.2. PLC intervention due to low low level signal from LT101-0 to normal shut down the system 1.2.1.1. PLC intervention due to low low level signal from LT101-0 to start the normal shut down of the system 1.2.1.2. PLC intervention due to low pressure signal from PT001A-0 to start the emergency shut down of the system		1. Evaluate to define a proper designed restricted area around the system in order to avoid the presence of operators in the area see recommendation 1		During the normal operation presence of the operator in the container is not foreseen risk assessment is done the presence of operator system



Valutazione del rischio di processo

La tecnica HAZOP

Documenti di INPUT per un'analisi HAZOP

- P&Ids
- H&M balance
- Matrice causa/effetto (interlock diagrams)
- Layout



Valutazione del rischio di processo

Selezione eventi critici

L'individuazione degli eventi iniziatori di incidente di processo, quali rotture o cedimenti con conseguente rilascio di sostanze pericolose, è effettuata sulla base di:

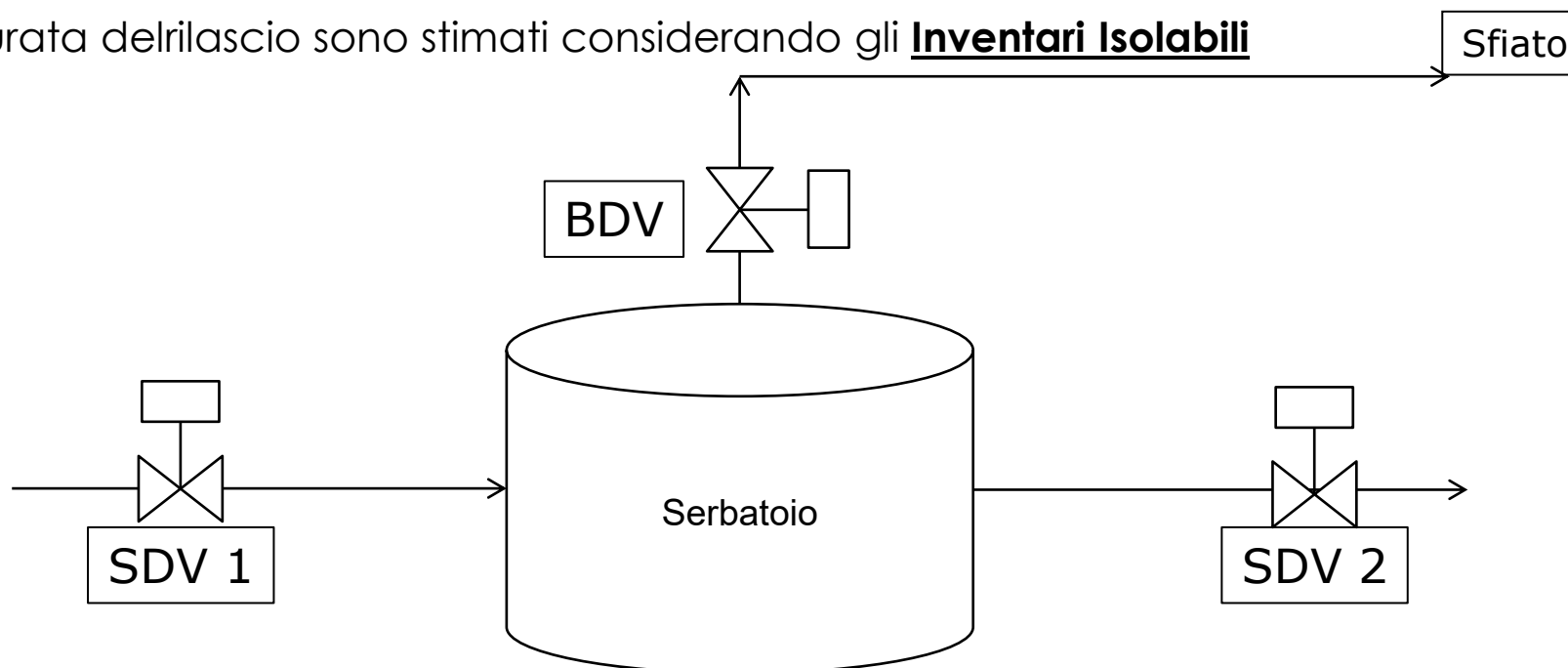
- ☐ **analisi HAZOP**, che permettono di approfondire i potenziali incidenti derivanti da deviazioni dei parametri di processo in tutte le fasi operative di riferimento.
- ☐ considerando la possibilità che si manifestino rotture di tipo **"random"**, ovvero rotture di tipo casuale la cui frequenza è determinata su base statistica e non è causata da variazione dei parametri di processo dell'impianto.
- ☐ da **eventi esterni** quali eventi naturali, mezzi mobili possano essere causa di un incidente rilevante.



Valutazione del rischio di processo

Analisi probabilistica (rotture random)

Frequenza e durata del rilascio sono stimati considerando gli **Inventari Isolabili**



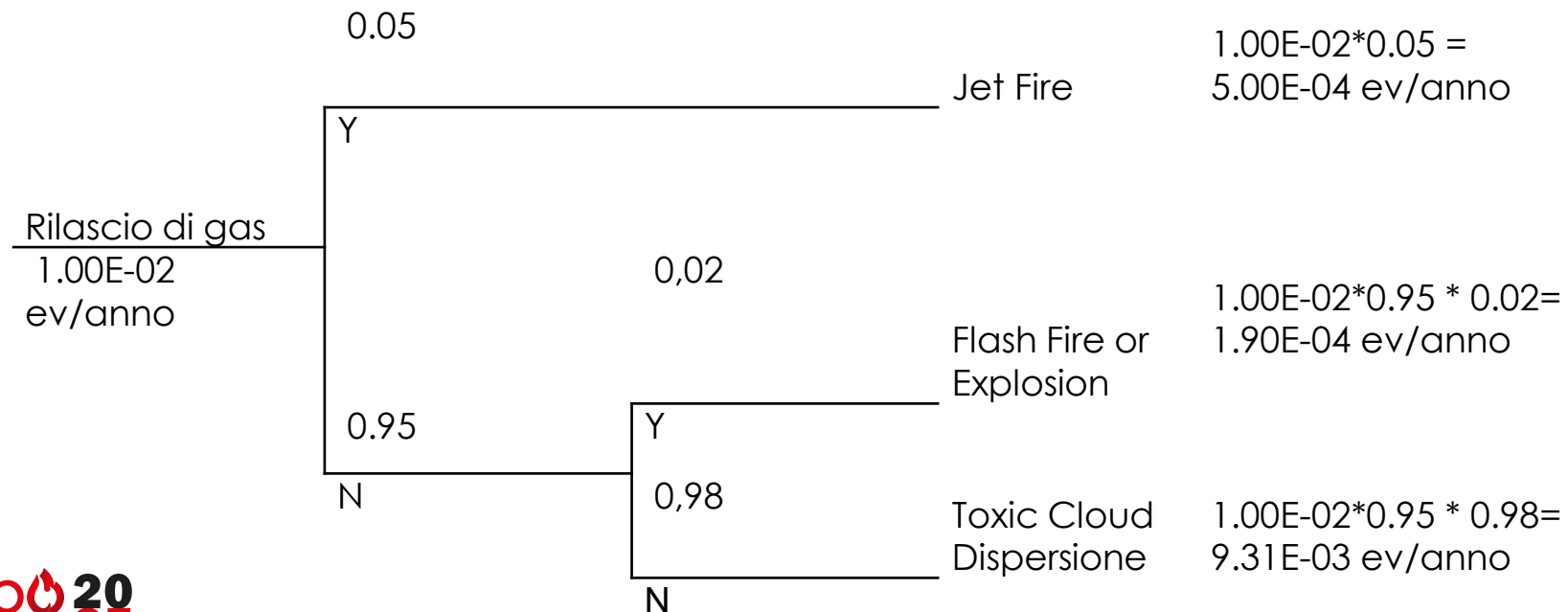
Nel caso in cui l'ESD si attivi, le valvole SDV si chiudono isolando il serbatoio. La valvola BDV si apre per depressurizzare il serbatoio. L' **inventario isolabile** è il serbatoio + le due linee (inlet ed outlet) fino alle valvole SDV



Valutazione del rischio di processo

Studio delle sequenze incidentali

LOC (loss of Containment)	Ignizione immediata Immediate ignition	Ignizione ritardata Delayed ignition	Scenario	Frequenza
---------------------------	---	---	----------	-----------





Valutazione del rischio di processo

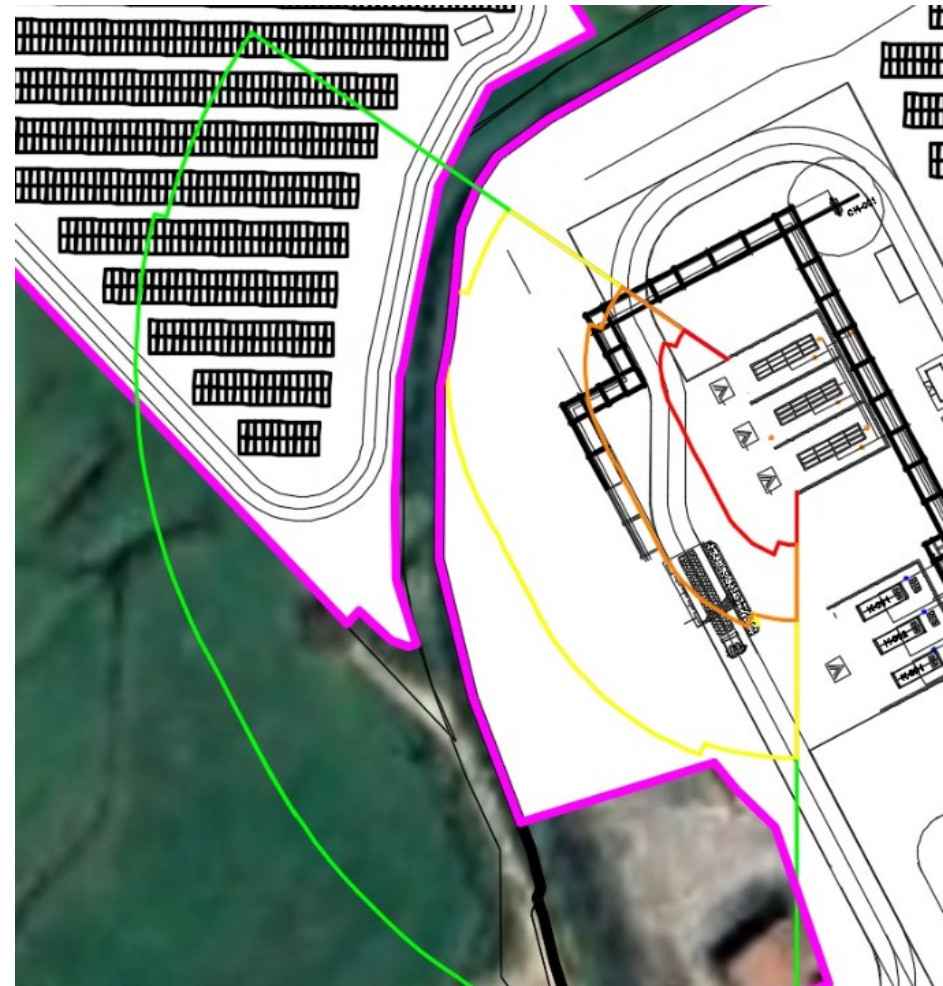
Analisi delle conseguenze

Scenario incidentale	Elevata letalità 1	Inizio letalità 2	Lesioni irreversibili 3	Lesioni reversibili 4	Danni alle strutture/Effetti domino 5
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	12,5 kW/m ²
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²	200-800 m (*)
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	1/2 LFL			
VCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30min,hmn)		IDLH		



Valutazione del rischio di processo

Analisi delle conseguenze





Valutazione del rischio di processo

Analisi delle conseguenze





Grazie per l'attenzione

aifos