

European Train the Trainer Programme for Responders



Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)
Grant Agreement Number 875089

Deliverable

European Emergency Response Guide
Guida Europea alla Risposta alle Emergenze

Autore principale: ENSOSP (Laurent LECOMTE)

Autori: ENSOSP (Franck VERRIEST e Wilfried STÉFIC)

Versione: 1

Data di consegna per la revisione interna: 30 MAGGIO 2021

Data di consegna: 30 GIUGNO 2021

Livello di disseminazione: Pubblico



Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente vuota.

Nota: la prima edizione di questo documento è stata sviluppata nell'ambito del progetto HyResponse (V1-V10). Questa è stata ulteriormente sviluppata all'interno di HyResponder (V11-V15). La cronologia del documento copre l'intero processo di sviluppo del documento in lingua inglese.

Document history

Revision	Date	Modifications made	Author(s)
V1	29/04/2015	Elaboration of this document (ToC)	
V2	26/11/2015	Comments on the ToC (Basics of hydrogen are added based on Description of Work)	Li Zhiyong; Tretsiakova-McNally Svetlana; Molkov Vladimir; Makarov Dmitriy
V3	08/12/2015	Draft of UU contributions (draft of hydrogen basics of emergency respond guide for fuel cell vehicles)	Li Zhiyong; Tretsiakova-McNally Svetlana
V4	16/12/2015	Revision of UU contributions (add terms and definitions in a form of glossary)	Li Zhiyong; Tretsiakova-McNally Svetlana; Molkov Vladimir
V5	22/12/2015	Revision of UU contributions (reorganize the emergency response guide for fuel cell vehicles)	Li Zhiyong; Molkov Vladimir
V6	18/02/2016	Revision of UU contributions (more emergency response info from credible sources is added)	Li Zhiyong
V7	26/02/2016	Revision of UU contributions (revision based on the UU team discussion of both scientific and technical issues)	Li Zhiyong; Tretsiakova-McNally Svetlana; Molkov Vladimir; Makarov Dmitriy
V8	27/02/2016	Revision of UU contribution	Molkov Vladimir
V9	29/02/2016	Revision of UU contribution	Svetlana Tretsiakova-McNally, Li Zhiyong
V10	31/10/2016	ENSOSP Contribution	Sebastien BERTAU
V11	2020/2021	ENSOSP Revisions	Laurent LECOMTE
V12	30/05/2021	Revision and consortium partners' contributions	Laurent LECOMTE, Sébastien BERTAU, Lukasz FARALISZ, Gerhard SCHÖPF, Tom VAN ESBROECK, Julien ROUSSEL, Gustaaf COOLS, Petter FRANZ, Renaud DE BURON BRUN, Hugo TOSELLO
V13	09/06/2021	Revision of partners' contributions	Laurent LECOMTE, Iraia OEYEN, Gustaaf COOLS, Hugo TOSELLO
V14	15/06/2021	Formatting / Phrasing	Sile Brennan
V15	25/06/2021	Tactical Sheets addition	ENSOSP

DISCLAIMER – Il progetto HyResponder fornisce strategie e tattiche di risposta alle emergenze per veicoli e applicazioni a celle a combustibile idrogeno (FCH). Le strategie e le tattiche presentate in questo documento hanno lo scopo di condividere informazioni sulla risposta a incidenti che coinvolgono auto, autobus e applicazioni FCH. Questo documento è reso disponibile "così com'è" solo per "scopi informativi". Le informazioni qui contenute possono cambiare senza preavviso. Il progetto HyResponder e i suoi partner, collettivamente e individualmente, declinano ogni responsabilità per lesioni derivanti da azioni espresse o implicite in questo documento.

DISCLAIMER – The HyResponder project provides emergency response strategies and tactics for Fuel Cell Hydrogen (FCH) vehicles and applications. The strategies and tactics presented in this document are for the purpose of sharing information about responding to incidents/accidents involving FCH cars, buses, and applications. This document is made available on an "as is" basis for "informational purposes" only. The information contained herein may change without notice. The HyResponder project and its partners, collectively and individually, disclaim any liability for injuries resulting from actions expressed or implied in this document.

Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente vuota.

INDICE

Introduzione	1
PARTE 1 IDROGENO, APPLICAZIONI E RISCHI ASSOCIATI	3
1. IDROGENO GASSOSO	4
2. IDROGENO LIQUIDO	14
3. PERICOLI DELL’IDROGENO	22
4. STRUMENTI SPECIFICI	26
5. FUEL CELLS	29
6. ELETTROLIZZATORI	31
7. VEICOLI FUEL CELL	34
8. STAZIONI DI RIFORNIMENTO	43
PARTE 2 INTERVENTO D’EMERGENZA	60
9. NOMOGRAMMI	61
10 DANNO ALL’UOMO DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO	63
11. DANNO ALL’UOMO da ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO	64
12. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO	65
13. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO	66
14. DURATA DEL BLOWDOWN	67
15. STRATEGIA	68
16. TATTICHE	68
17. GESTIONE DELLA CHIAMATA DI EMERGENZA	71
18. SEQUENZA DELLE OPERAZIONI ANTINCENDIO E DI SOCCORSO	72
19. TEAM HYRESPONDERS DI VIGILI DEL FUOCO ED ATTREZZATURA	80
20. VEICOLI FUEL CELL	82
21. AUTOBUS FC, AUTOCARRI FC, TRENI FC	100
22. TRAILER H2	111
23. ATTREZZATURE DI CONNESSIONI E CONDUTTURE	125
24. STAZIONE DI RIFORNIMENTO	135
25. UNITÀ STAZIONARIE DI GENERAZIONE DI POTENZA	145
Appendice (UU)	164
GLOSSARIO	170
BIBLIOGRAFIA	173

TABELLA DELLE ILLUSTRAZIONI.....	174
INDICE	177

Introduzione

Questa Guida alla risposta alle emergenze sulle applicazioni dell'idrogeno e delle celle a combustibile per i Vigili del Fuoco e Primi Soccorritori è stata prodotta per la prima volta nell'ambito del progetto HyResponse¹ ed è stata rivista nell'ambito di HyResponder².

Questa guida è destinata all'uso da parte del personale di pronto intervento, sia dalla prima linea che dai comandanti, dal momento in cui hanno ricevuto una chiamata di emergenza fino all'ISPEZIONE FINALE. Si prevede che questa guida supporterà il personale decisionale, che già conosce le operazioni e le procedure di risposta alle emergenze.

Questa versione rivista include gli eventi relativi all'idrogeno liquefatto (LH₂). Sono stati aggiunti nuovi vettori di mobilità e trasporto come autobus, autocarri e treni. Inoltre, sono state inserite due nuove serie di schede tattiche operative e la precedente versione è stata arricchita di molteplici contributi.

In caso di commenti e/o domande su questa Guida alla risposta alle emergenze, inviare un'e-mail a: formations.specialisees@ensosp.fr

Come usare questa guida?

È un documento in due parti con appendici di supporto che intrecciano conoscenze accademiche e tattiche operative.

La prima parte è dedicata all'applicazione dell'idrogeno e i rischi associati per definire in maniera esaustiva questo elemento, dalle sue proprietà fisiche (stato gassoso e liquido) alle sue applicazioni contemporanee e ai pericoli ad esso collegati. Questa parte fornisce le basi teoriche per eseguire correttamente la fase di intervento che è dettagliata nella seconda parte della guida. Il lettore è rimandato alle lezioni educative disponibili sulla piattaforma elettronica HyResponder se sono necessari ulteriori dettagli su un argomento specifico. <https://hyresponder.eu/>

Le tattiche revisionate descritte nella seconda sezione derivano da uno sforzo collettivo per aggiornare le strategie proposte in HyResponse. All'inizio vengono presentati dei diagrammi per definire le distanze di sicurezza in base alla pressione e al volume di un serbatoio di idrogeno. Inoltre, sono incluse le due principali tattiche di intervento (offensiva e difensiva) e i loro vantaggi e svantaggi. Quindi, viene dettagliata la procedura completa di risposta alle emergenze (riconoscimento, salvataggio, preparazione, risoluzione degli incidenti, protezione, sgombero) insieme alle molteplici minacce che i soccorritori potrebbero incontrare (fuga di idrogeno e incendio). Infine, le schede tattiche istruiscono in modo sintetico su come operare in queste situazioni a seconda del tipo di veicolo o unità.

Questo documento deve essere considerato come un compendio di informazioni. Le linee guida contenute dovrebbero essere interpretate tenendo presenti le specificità nazionali e regionali. Questa guida costituisce una delle basi della formazione realizzata durante il progetto HyResponder verso i trainer europei per diffondere la conoscenza sul rischio da idrogeno in tutta Europa. Questa sessione di formazione combina conoscenze accademiche e operative e acquisisce le informazioni essenziali raccolte nella Guida Europea di risposta alle emergenze sull'idrogeno.

¹ <http://www.hyresponse.eu/>

² <https://hyresponder.eu/>

Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente vuota.

PARTE 1 IDROGENO, APPLICAZIONI E RISCHI ASSOCIATI



IDROGENO GASSOSO



1. IDROGENO GASSOSO

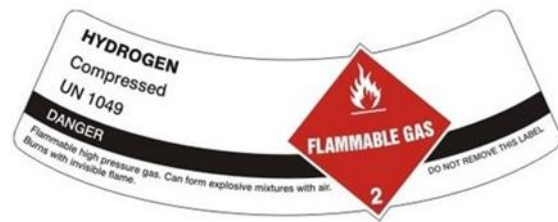
1.1. Identificazione



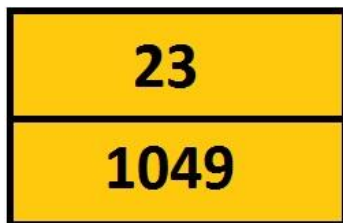
Figura 1: Fascio V18.



Figura 2: Bombola 50 litri.



1.2. ADR, IMDG, IATA



NOME: Hydrogen (En); Hydrogène (Fr); Dihydrogène (Fr) ; Wasserstoff (D); Hidrógeno (Sp); Idrogeno (It)

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



IDROGENO GASSOSO



Chemical Abstracts Service (CAS) No:	1333-74-0
Numero EC:	215-605-7
Numero EC indice:	001-001-00-9
Formula chimica:	H ₂ ; H—H
Massa Molare:	2 g.mol ⁻¹
NUMERO SDS:	SDS-067A-CLP (air liquide)

1.3. Classificazione, Etichettatura e Imballaggio (CLP)

H220 - Gas estremamente infiammabile.

H280 - Contiene gas pressurizzato; può esplodere se riscaldato.

P210 - Tenere lontano da fonti di calore, superfici calde, scintille, fiamme libere e altre sorgenti di innesco. Vietato fumare.

P377 - Fiamma da perdita di gas: non estinguere, a meno che la perdita possa essere fermata in sicurezza.

P381 - Eliminare tutte le sorgenti di innesco se possibile in sicurezza.

P403 - Stoccare in un ambiente ben ventilato.

P410+P403 - Proteggere dall'esposizione solare. Stoccare in un ambiente ben ventilato.



IDROGENO GASSOSO



1.4. Caratteristiche operative rilevanti:

Colore:	Incolore
Odore:	Inodore
Punto di fusione:	-259 °C (solido a liquido)
Punto di ebollizione:	-253 °C (liquido a gas)
Temperatura di auto-ignizione:	560 °C
Range di infiammabilità:	4 - 77 vol % in aria
Range di detonabilità:	11 - 59 vol. % ³ in aria
Densità relativa, idrogeno/aria:	0.07/1
Densità relativa, aria/idrogeno:	14.28/1
Solubilità in acqua:	1.6 mg/l
Energia di ignizione:	0.017 mJ

A condizioni standard di temperatura e pressione STP (273.15 K-0 °C/101.325 kPa -1bar), l'Idrogeno:

- È GASSOSO
- Tende a salire verso l'alto a causa della sua densità relativa molto bassa rispetto all'aria
- Si miscela molto rapidamente con l'atmosfera in cui viene rilasciato
- Ha un ampio intervallo di infiammabilità
- Può essere innescato da una delle energie di accensione del gas più basse (ad es. elettricità statica, sfregamento, urti, calore...)
- Possibile accensione spontanea di un rilascio improvviso

Se il rilascio è il risultato di una perdita di idrogeno liquido, la temperatura estremamente fredda del gas può portare la nube di idrogeno a fluire orizzontalmente o verso il basso dopo il rilascio immediato. La condensazione dell'umidità atmosferica può rendere visibile la nube anche se l'idrogeno stesso è invisibile.

³(Alcock et al., 2001)

1.5. Fenomeni pericolosi (Veicoli FC H₂)

I veicoli elettrici Fuel Cell (FC) possono essere di due tipologie:

- Un veicolo alimentato solo ad idrogeno in una cella a combustibile con un serbatoio di stoccaggio di H₂ a 700 bar
- Un veicolo elettrico ibrido con batteria e range extender con serbatoio di accumulo H₂ da 350 bar

I serbatoi di carburante a bordo hanno un volume di circa 80 L (2 serbatoi) o 140 L. Ciò consente una scorta da 5 a 7 kg di H₂.

Per un veicolo elettrico a Fuel Cell, i principali eventi temuti sono:

- Rilascio dal dispositivo di limitazione della pressione ad attivazione termica (*Thermally activated pressure relief device*, TPRD) o da altre apparecchiature (ad es., rottura totale delle tubazioni, perdita di tenuta dei collegamenti) e le conseguenze sono:
 - Rilascio dal serbatoio senza ignizione/accensione
 - Rilascio innescato:
 - accensione immediata con conseguente *jet fire* (fiamma a getto),
 - accensione ritardata di una nube infiammabile con potenziale esplosione di nubi di vapore non confinata (*unconfined vapor cloud explosion*).
- Rottura meccanica del tank con conseguente onda d'urto.

1.5.1. Potenziali conseguenze

1.5.1.1. Rilascio senza accensione

In caso di rilascio senza accensione, la Tabella 6 di seguito fornisce la durata del rilascio per diversi volumi di serbatoio e diversi diametri di rilascio.

I rilasci da diametri di 0,1 e 1 mm sono rappresentativi di una perdita accidentale da connessioni o altre apparecchiature. I rilasci con diametro di 2 e 4 mm sono più rappresentativi di un rilascio da TPRD.

Questi valori sono interessanti per valutare il tempo necessario per svuotare completamente il serbatoio e valutare il rischio di esplosione del serbatoio in caso di incendio, e la durata minima

necessaria per proteggere il serbatoio per evitarne la rottura. Questi valori sono stati calcolati utilizzando uno strumento convalidato (e-Laboratory⁴) per una temperatura ambiente di 15°C.

Tabella 6: Durata del rilascio dal serbatoio (*blowdown duration*) per differenti volumi (*tank volume*) e pressioni del serbatoio (*storage pressure*), e diametri di rilascio.

Tank volume	Storage pressure	Blowdown duration			
		0.1 mm	1 mm	2 mm	4 mm
80 L	350 bar	25 h	13 min 20 s	3 min 40 s	52 s
150 L	350 bar	47 h	28 min 10 s	7 min	1 min 40 s
80 L	700 bar	29 h	17 min 10 s	4 min 10 s	56 s
150 L	700 bar	54 h	32 min 20 s	8 min	1 min 50 s

1.5.1.2. Rilascio con accensione immediata

Nel caso di rilascio con ignizione immediata, viene prodotto un jet fire con conseguenti effetti termici pericolosi.

Gli esempi della portata in massa per i jet fire orizzontali, e le conseguenze risultanti sono state calcolate utilizzando uno strumento convalidato (e-laboratory⁵) e sono mostrate in Tabella 7. Il blowdown del serbatoio non è considerato, ma viene usata la pressione massima. Quindi, le distanze di sicurezza sono conservative.

Tabella 7: Effetti termici (*Thermal effects*) da jet fires per differenti pressioni del serbatoio (*tank pressure*) e diametri del rilascio (*release diameter*).

Release diameter	Storage pressure	Release flowrate	Thermal effects			
			Flame length	3 kw.m ⁻²	5 kw.m ⁻²	8 kw.m ⁻²
0.1 mm	350 bar	1.5·10 ⁻⁴ kg.s ⁻¹	0.2 m	0.2 m	< 0.2 m	< 0.2 m
1 mm	350 bar	1.5·10 ⁻² kg.s ⁻¹	2.3 m	2.9 m	2.6 m	< 2.3 m

⁴ <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/>

⁵ <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/>



IDROGENO LIQUIDO



2 mm	350 bar	$6.0 \cdot 10^{-2} \text{ kg.s}^{-1}$	4.5 m	6.4 m	5.6 m	5 m
4 mm	350 bar	$2.4 \cdot 10^{-1} \text{ kg.s}^{-1}$	9.1 m	14 m	12 m	11 m
0.1 mm	700 bar	$2.7 \cdot 10^{-4} \text{ kg.s}^{-1}$	0.3 m	0.3 m	< 0.3 m	< 0.3 m
1 mm	700 bar	$2.7 \cdot 10^{-2} \text{ kg.s}^{-1}$	3 m	4 m	3.5 m	3.2 m
2 mm	700 bar	$1.1 \cdot 10^{-1} \text{ kg.s}^{-1}$	6.1 m	9 m	8 m	7 m
4 mm	700 bar	$4.3 \cdot 10^{-1} \text{ kg.s}^{-1}$	12 m	19 m	17 m	15 m

Un altro approccio potrebbe essere quello di usare i “criteri di danno” per l’uomo descritti da LaChance (2010). I valori corrispondenti sono forniti nella Tabella 8 di seguito.

Tabella 8: Distanze di separazione da jet fires considerando diverse pressioni del serbatoio (*storage pressure*) e diametri del rilascio (*release diameter*). Effetti termici (*thermal effects*): lunghezza di fiamma (*flame length*), nessun danno (*no harm*), soglia del dolore (*pain threshold*), ustioni di 3° grado (*3rd degree burns*).

Release diameter	Storage pressure	Thermal effects			
		Flame length	No harm	Pain threshold	3 rd degree burns
0.1 mm	350 bar	0.2 m	0.7 m	0.6 m	0.4 m
1 mm	350 bar	2.3 m	8 m	7 m	4.6 m
2 mm	350 bar	4.5 m	16 m	14 m	9 m
4 mm	350 bar	9.1 m	32 m	27 m	18 m
0.1 mm	700 bar	0.3 m	1 m	0.9 m	0.6 m
1 mm	700 bar	3 m	11 m	9 m	6 m
2 mm	700 bar	6.1 m	21 m	18 m	12 m
4 mm	700 bar	12.1 m	42 m	36 m	14 m

1.5.1.3. Rilascio con accensione ritardata

Per un rilascio con accensione ritardata, viene considerata un'esplosione di nube di vapore non confinata (UVCE). Si forma una nube infiammabile ed il suo innesco induce un'onda d'urto con effetti di sovrappressione come conseguenze pericolose, decrescenti con la distanza dal punto di accensione.

Le distanze di sovrappressione sono state calcolate con l'approccio TNO Multi-Energy, considerando un livello 5; viene utilizzata la portata di idrogeno e viene considerato lo scenario in un ambiente aperto senza o con limitata congestione.

Il rilascio è considerato orizzontale e il punto di accensione è assunto al 10%-H₂ nell'asse del rilascio.

Tabella 9: Effetti della sovrappressione (*overpressure effects*) per UVCE considerando diverse pressioni del serbatoio (*storage pressure*), diametri del rilascio (*release diameter*) e masse di idrogeno (*hydrogen mass*).

Release diameter	Storage pressure	Hydrogen mass	Overpressure effects			
			20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
0.1 mm	350 bar	$6.6 \cdot 10^{-7}$ kg	0.8 m	0.4 m	0.3 m	< 0.3 m
1 mm	350 bar	$6.6 \cdot 10^{-4}$ kg	7.9 m	4.5 m	3 m	2.7 m
2 mm	350 bar	$5.3 \cdot 10^{-3}$ kg	16 m	8.8 m	5.9 m	5.3 m
4 mm	350 bar	$4.2 \cdot 10^{-2}$ kg	31 m	18 m	12 m	11 m
0.1 mm	700 bar	$1.9 \cdot 10^{-6}$ kg	1.1 m	0.7 m	0.4 m	< 0.4 m
1 mm	700 bar	$1.9 \cdot 10^{-3}$ kg	11 m	6.2 m	4.2 m	3.7 m
2 mm	700 bar	$1.5 \cdot 10^{-2}$ kg	22 m	13 m	8.4 m	7.5 m
4 mm	700 bar	$1.2 \cdot 10^{-1}$ kg	44 m	25 m	17 m	15 m

1.5.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio

Per valutare le massime distanze di sicurezza, viene considerato lo scenario di un tank composito (tipo IV) alla massima pressione operativa coinvolto in un incendio.

La pressione di rottura è 1.9 volte la massima pressione operativa. La Tabella 10 indica le conseguenti sovrappressioni caratteristiche.

Tabella 10: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti alla rottura di un serbatoio considerando diverse pressioni (*storage pressure*) e volumi del serbatoio (*tank volume*).

Tank volume	Storage pressure	Overpressure effects			
		20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
80 L	350 bar	53 m	27 m	11 m	8 m
150 L	350 bar	66 m	33 m	14 m	10 m
80 L	700 bar	67 m	34 m	14 m	10 m
150 L	700 bar	83 m	41 m	18 m	13 m

Nota: Le distanze per i livelli di sovrappressione indicati sono molto simili per un tank di tipo-III.

1.6. Fenomeni pericolosi (FC H₂ Gassoso BUS, TRENI e AUTOCARRI)

In questa sezione gli autobus, treni e autocarri vengono trattati insieme in quanto molto simili in termini di design (ad es. pressione e volume di stoccaggio, dimensioni e posizione del TPRD). Attualmente, gli autobus e treni Fuel Cell esistenti presentano a bordo serbatoi di stoccaggio di idrogeno gassoso (non LH₂).

Come per i FCEV, i principali eventi temuti sono:

Rilascio da TPRD o altre attrezzature (ad es., rottura totale delle tubazioni, perdita di tenuta dei collegamenti) e le conseguenze sono:

- Rilascio dal serbatoio senza ignizione
- Rilascio con ignizione:
 - accensione immediata con conseguente jet fire (fiamma a getto),
 - accensione ritardata di una nube infiammabile con potenziale esplosione di nubi di vapore non confinata (*unconfined vapor cloud explosion*).
- Rottura meccanica del tank con conseguente onda d'urto.

Per i FCEV lo sfiato del TPRD è molto vicino al suolo in confronto ai treni e autobus in cui lo sfiato del TPRD è (attualmente) posizionato sul tetto del veicolo. La posizione del TPRD è variabile per gli autocarri FC ad idrogeno gassoso e dipende dall'OEM.



IDROGENO LIQUIDO



I serbatoi di accumulo sono posizionati sul tetto degli autobus e dei treni, mentre sono posizionati in basso per gli autocarri.

La pressione di stoccaggio è tipicamente 350 bar con volumi di stoccaggio maggiori rispetto alle auto FC. Tuttavia, ci si aspetta che in futuro la pressione venga aumentata a 700 bar per aumentare l'autonomia dei veicoli.

I volumi di stoccaggio sono circa 170 L (autobus, autocarri) o 240 L (treni). Il numero di serbatoi a bordo dipende dal target d'autonomia. Si possono avere da 5 a 10 cilindri per autobus o carrozza di un treno.

La scorta di H₂ a bordo varia da 30 a 45 kg per gli autobus e può raggiungere 180 kg per i treni.

1.6.1. Potenziali conseguenze

1.6.1.1. Rilascio senza accensione

La Tabella 11 presenta la durata del blowdown (tempo di svuotamento) per diversi volumi del serbatoio e diametri del rilascio.

Questi valori sono utili per valutare il tempo necessario per svuotare completamente il serbatoio e valutare il rischio di rottura del serbatoio in caso di incendio. I valori sono stati calcolati utilizzando uno strumento convalidato (e-laboratory⁶) e si basano sullo sfiato a pressione atmosferica, considerando un modello adiabatico e la temperatura ambiente a 15°C. Va notato l'aumento del tempo di blowdown rispetto ad un'auto, dovuto all'aumento della capacità di idrogeno.

Tabella 11: Durata del rilascio dal serbatoio (*blowdown duration*) per differenti volumi (*tank volume*) e pressioni del serbatoio (*storage pressure*), e diametri di rilascio.

Tank volume	Storage pressure	Blowdown duration			
		0.1 mm	1 mm	2 mm	4 mm
170 L	350 bar	53 h	32 min	7 min 45 s	1 min 45 s
240 L	350 bar	71 h	45 min	11 min	2 min 40 s
170 L	700 bar	61 h	36 min 30 s	9 min	2 min
240 L	700 bar	> 74 h	51 min 40 s	12 min 45 s	3 min

⁶ <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/>



IDROGENO LIQUIDO



1.6.1.2. Rilascio con accensione immediata

In caso di rilascio con accensione immediata, si produce un jet fire, che ha effetti termici come conseguenze pericolose. Le pressioni ed i diametri coinvolti sono gli stessi delle vetture FC. Pertanto, sono applicabili le distanze corrispondenti agli effetti termici per jet fire fornite nelle Tabelle 7 e 8.

1.6.1.3. Rilascio con accensione ritardata

Per un rilascio con accensione ritardata, viene considerata un'esplosione di nube di vapore non confinata (UVCE). Si forma una nube infiammabile e la sua accensione induce un'onda d'urto con effetti di sovrappressione come conseguenze pericolose. La sovrappressione decresce con la distanza dal punto di accensione.

Le distanze di sovrappressione sono state calcolate con l'approccio TNO Multi-Energy, considerando un livello 5; viene utilizzata la portata di idrogeno e viene considerato lo scenario di un ambiente aperto senza o con limitata congestione.

Per gli autobus, treni e autocarri le distanze sono le stesse delle auto FC presentate nella Tabella 9.

1.6.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio

Per valutare le massime distanze di sicurezza, viene considerato lo scenario di un tank composito (tipo IV) alla massima pressione operativa coinvolto in un incendio. Le distanze alle quali si raggiungono quattro livelli di sovrappressione rilevanti sono date in Tabella 12.

La pressione di rottura è 1.9 volte la massima pressione operativa.

Tabella 12: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti alla rottura di un serbatoio considerando diverse pressioni (*storage pressure*) e volumi del serbatoio (*tank volume*).

Tank volume	Storage pressure	Overpressure effects			
		20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
170 L	350 bar	68 m	34 m	15 m	11 m
240 L	350 bar	77 m	38 m	17 m	12 m
170 L	700 bar	86 m	43 m	19 m	13 m
240 L	700 bar	97 m	48 m	21 m	15 m

Si noti che le distanze per i livelli di sovrappressione indicati per un tank tipo IV sono molto simili per un tank di tipo-III.

2. IDROGENO LIQUIDO

2.1. Identificazione:



Figura 3: Autocarro ad idrogeno criogenico. Fonte Air Liquide Image Bank.

2.2. Pericolo



2.3. ADR, IMDG, IATA



EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

IDROGENO LIQUIDO





IDROGENO LIQUIDO



NOME:	Liquid Hydrogen (En); Idrogeno liquido (It)
Chemical Abstracts Service (CAS) No:	1333-74-0
Numero EC:	215-605-7
Numero EC indice:	001-001-00-9
Formula chimica:	H ₂ ; H—H
Massa Molare:	2 g.mol ⁻¹
NUMERO SDS:	SDS-067R-CLP (air liquide)

2.4. Classificazione, Etichettatura e Imballaggio (CLP)

H220 - Gas estremamente infiammabile.

H281 - Contiene gas refrigerato; può causare ustioni criogeniche o lesioni.

P210 - Tenere lontano da fonti di calore, superfici calde, scintille, fiamme libere e altre sorgenti di innesco. Vietato fumare.

P377 - Fiamma da perdita di gas: Non estinguere, a meno che la perdita possa essere fermata in sicurezza.

P381 - Eliminare tutte le sorgenti di innesco se possibile in sicurezza.

P336 - Disgelare le parti congelate con acqua tiepida. Non strofinare l'area interessata.

P315 - Consultare immediatamente un medico.

P403 - Stoccare in un ambiente ben-ventilato.

P410 - Proteggere dall'esposizione solare.



IDROGENO LIQUIDO



2.5. Caratteristiche operative rilevanti:

Colore:	Incolore
Odore:	Inodore
Punto di fusione:	-259 °C (solido a liquido)
Punto di ebollizione:	-253 °C (liquido a gas)
Temperatura di auto-ignizione:	560 °C
Range di infiammabilità:	4 - 77 vol. % in aria
Range di detonabilità:	11 - 59 vol. % ⁷ in aria
Densità relativa, idrogeno/aria (gas):	0.07/1
Densità relativa, aria/idrogeno (gas):	14.28/1
Rapporto volumetrico di LH₂ a GH₂	1: 848
Densità LH ₂ (NBP)	70.78 kg/m ³
Solubilità in acqua:	1.6 mg/l
Energia di ignizione:	0.017 mJ

A condizioni standard di temperatura e pressione STP (273.15 K-0 °C/101.325 kPa -1bar), l'Idrogeno:

- È GASSOSO,
- Tende a salire verso l'alto a causa della sua densità relativa molto bassa rispetto all'aria,
- Si miscela molto rapidamente con l'atmosfera in cui viene rilasciato,
- Ha un ampio intervallo di infiammabilità,
- Può essere innescato da una delle energie di accensione del gas più basse (ad es. elettricità statica, sfregamento, urti, calore...),
- Possibile accensione spontanea di un rilascio improvviso.

Se il rilascio è il risultato di una perdita di idrogeno liquido, la temperatura estremamente fredda del gas può portare la nube di idrogeno a fluire orizzontalmente o verso il basso dopo il rilascio immediato.

⁷(Alcock et al., 2001)

La condensazione dell'umidità atmosferica può rendere visibile la nube anche se l'idrogeno stesso è invisibile. Dato il rapporto volumetrico di LH₂ su GH₂ (1:848), la vaporizzazione di LH₂ in un vessel chiuso porterà ad un forte aumento di pressione.

2.6. Fenomeni pericolosi

Per un serbatoio a bordo con idrogeno liquido, i principali eventi temuti sono:

- Rilascio di liquido criogenico
 - Rilascio non innescato:
 - Con ustioni criogeniche e/o insufficiente ossigeno (anossia) in ambienti confinati
 - Rilascio innescato:
 - Con accensione immediata con conseguente jet fire
 - Con accensione ritardata di una nube infiammabile fredda con potenziale esplosione di nubi di vapore non confinata o una pozza di liquido criogenico seguita da una nube infiammabile dovute alla evaporazione dell'idrogeno
- Rottura meccanica del tank con conseguente onda d'urto.

2.6.1. Potenziali conseguenze

2.6.1.1. Rilascio senza accensione

Come detto in precedenza, in caso di rilascio senza accensione i maggiori rischi per i vigili del fuoco sono le ustioni criogeniche e/o insufficienza di ossigeno (anossia).

Protezioni individuali appropriate possono essere utilizzate per proteggere i vigili del fuoco contro questi pericoli.

2.6.1.2. Rilascio con accensione immediata

Nel caso di rilascio con ignizione immediata, viene prodotto un jet fire con conseguenti effetti termici pericolosi.

Le portate dei rilasci e le conseguenze sono state calcolate utilizzando uno strumento convalidato (e-laboratory⁸).

Tabella 13: Effetti termici (*Thermal effects*) da jet fires per differenti pressioni del serbatoio (*tank pressure*) e diametri del rilascio (*release diameter*).

Release diameter	Storage pressure	Liquid release flowrate	Thermal effects			
			Flame length	3 kw.m ⁻²	5 kw.m ⁻²	8 kw.m ⁻²
0.1 mm	1 bar	8.7·10 ⁻⁶ kg.s ⁻¹	0.1 m	< 0.1 m	< 0.1 m	< 0.1 m
1 mm	1 bar	8.7·10 ⁻⁴ kg.s ⁻¹	0.8 m	0.9 m	0.8 m	0.7 m
2 mm	1 bar	3.5·10 ⁻³ kg.s ⁻¹	1.5 m	1.7 m	1.5 m	1.4 m
4 mm	1 bar	1.4·10 ⁻² kg.s ⁻¹	3.1 m	3.8 m	3.3 m	3 m

Tabella 14: Distanze di separazione da jet fires considerando diverse pressioni del serbatoio (*storage pressure*) e diametri del rilascio (*release diameter*). Effetti termici (*thermal effects*): lunghezza di fiamma (*flame length*), nessun danno (*no harm*), soglia del dolore (*pain threshold*), ustioni di 3° grado (*3rd degree burns*).

Release diameter	Storage pressure	Thermal effects			
		Flame length	No harm	Pain threshold	3 rd degree burns
0.1 mm	1 bar	0.1 m	0.4 m	0.3 m	0.2 m
1 mm	1 bar	0.8 m	2.8 m	2.4 m	1.6 m
2 mm	1 bar	1.5 m	5.3 m	4.5 m	3 m
4 mm	1 bar	3.1 m	10.9 m	9.3 m	6.2 m

2.6.1.3. Rilascio con accensione ritardata

Per un rilascio con accensione ritardata, viene considerata un'esplosione di nube di vapore non confinata (UVCE). Si forma una nube infiammabile e la sua accensione induce un'onda d'urto con effetti

⁸ <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/> applying Helmholtz free energy-based equation of state, and Schefer approach.

di sovrappressione come conseguenze pericolose. La sovrappressione decresce con la distanza dal punto di accensione.

Le distanze di sovrappressione sono state calcolate con l'approccio TNO Multi-Energy, considerando un livello 5; viene utilizzata la portata di idrogeno e viene considerato lo scenario di un ambiente aperto senza o con limitata congestione. Il rilascio è considerato orizzontale e il punto di accensione è assunto al 10%-H₂ nell'asse del rilascio.

Tabella 15: Effetti della sovrappressione (*overpressure effects*) per UVCE considerando diverse pressioni del serbatoio (*storage pressure*), diametri del rilascio (*release diameter*) e masse di idrogeno (*hydrogen mass*).

Release diameter	Storage pressure	Hydrogen mass	Overpressure effects			
			20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
0.1 mm	1 bar	2.5·10 ⁻⁸ kg	0.3 m	0.2 m	< 0.2 m	< 0.2 m
1 mm	1 bar	2.5·10 ⁻⁵ kg	2.6 m	1.5 m	1 m	0.9 m
2 mm	1 bar	2.0·10 ⁻⁴ kg	5.3 m	3 m	2 m	1.8 m
4 mm	1 bar	1.6·10 ⁻³ kg	10.5 m	6 m	4 m	3.6 m

2.6.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio

Per valutare le massime distanze di sicurezza, viene considerato un tank composito (tipo IV) alla massima pressione operativa coinvolto in un incendio. Le distanze corrispondenti a quattro sovrappressioni rilevanti sono mostrate in Tabella 16.

La pressione di rottura è 1.9 volte la massima pressione del liquido.

Tabella 16: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti alla rottura di un serbatoio considerando diverse pressioni massime del liquido (*maximum liquid pressure*) e volumi del serbatoio (*tank volume*).

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

IDROGENO LIQUIDO



Tank volume	Maximum liquid pressure	Overpressure effects			
		20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
0.5 m ³	13 bar	32 m	16 m	7 m	5 m
1 m ³	13 bar	41 m	20 m	9 m	6 m
15 m ³	13 bar	100 m	50 m	22 m	15 m



PERICOLI DELL'IDROGENO



3. PERICOLI DELL'IDROGENO

L'idrogeno è un gas inodore, incolore, insapore, non tossico, non corrosivo, ma altamente infiammabile. Può essere immagazzinato in fase gassosa a temperatura ambiente, per compressione ad alta pressione o in fase liquida per liquefazione criogenica. I pericoli dell'idrogeno sono associati alle sue proprietà chimiche e fisiche.

3.1. Asfissia

L'idrogeno, quando rilasciato in aree chiuse/confinate, può sostituire l'ossigeno nell'atmosfera e quindi causare asfissia per esaurimento dell'ossigeno (anossia). Gli effetti iniziano a presentarsi se il contenuto di ossigeno nell'aria è inferiore al 18%. (Il livello normale di ossigeno nell'aria è del 20-21%).

3.2. Pressione

L'idrogeno gassoso viene immagazzinato in serbatoi pressurizzati fino a 700 bar. La rottura di serbatoi o tubi flessibili in pressione può causare gravi lesioni.

Il cambiamento di fase da liquido a gas fa aumentare il volume occupato da 1 a 845. Di conseguenza, la pressione in uno spazio confinato aumenterà molto rapidamente.

3.3. Rumore

A causa dell'elevata pressione necessaria per lo stoccaggio (350-700 bar), una fuga di idrogeno gassoso produce un rumore che può raggiungere i 130-140dB (il danno all'udito può verificarsi sopra i 90 dB e il dolore può essere avvertito a partire da 120 dB).

3.4. Infragilimento

L'idrogeno è la molecola più piccola di tutti gli elementi conosciuti. L'interazione dell'idrogeno con il reticolo del materiale di contenimento può causare una perdita di resistenza strutturale e portare all'infragilimento di serbatoi e tubazioni causandone l'eventuale rottura.

3.5. Criogenia

A pressione ambiente, l'idrogeno liquido deve essere mantenuto a 20,3°K (-252,85°C/-423,13°F). Questa è una temperatura estremamente bassa. Il contatto diretto della pelle con idrogeno liquido o gassoso freddo provoca ustioni da freddo istantanee.

3.6. Combustione

L'idrogeno è altamente infiammabile ed esplosivo. L'intervallo di infiammabilità in aria è 4-75% [% v/v] e l'energia di accensione minima è 0,02 mJ. L'idrogeno ha un intervallo di detonabilità più ampio rispetto ad altri combustibili. L'intervallo di detonabilità più ampio dell'idrogeno nell'aria è 11-59 vol. %⁹. L'idrogeno brucia con fiamme azzurre e non emette né luce visibile durante il giorno né fumo a meno che alcuni materiali o particelle non vengano trascinati e bruciati insieme alla miscela combustibile. In aria, una fiamma di idrogeno è visibile solo per il 30% della sua lunghezza. Rispetto agli idrocarburi, le fiamme dell'idrogeno irradiano molto meno calore. Pertanto, un essere umano

⁹ Alcock et al., 2001

potrebbe non sentire fisicamente questo calore fino a quando non avviene il contatto diretto con la fiamma. Un incendio di idrogeno può rimanere inosservato e si propagherà nonostante qualsiasi monitoraggio diretto da parte di persone nelle aree in cui l'idrogeno può fuoriuscire, versarsi o accumularsi e formare miscele potenzialmente combustibili.

3.7. Eventi temuti e riepilogo dei fenomeni

BLEVE → Overpressure and Radiative fluxes Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

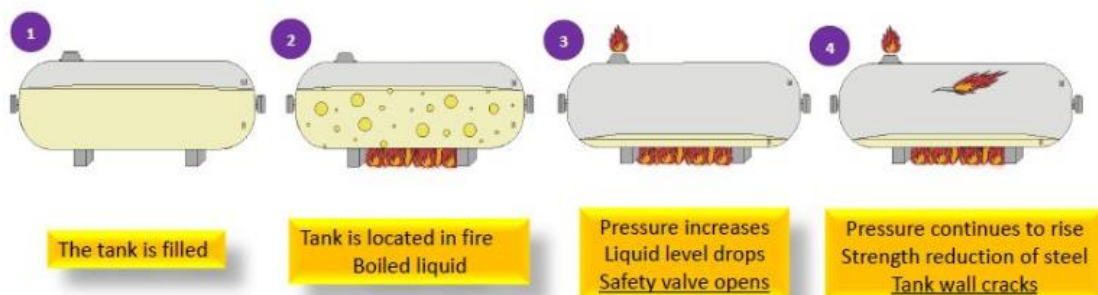


Figura 4: Rappresentazione dell'effetto BLEVE - Fonte Air Liquide Image Bank.

Trad. Figura 4 - BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) → Sovrapressione e flussi radiativi
1 - Il serbatoio è pieno; 2 - Il serbatoio è coinvolto in un incendio. Liquido in ebollizione; 3 - La pressione aumenta. Il livello del liquido si abbassa. La valvola di sicurezza si apre; 4 - La pressione continua ad aumentare. Riduzione della resistenza dell'acciaio. Le pareti del serbatoio si fratturano.

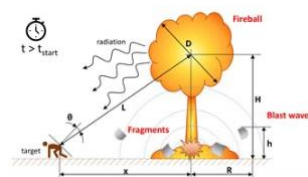
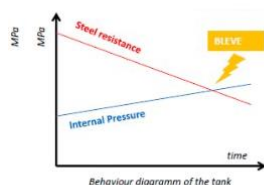


Figura 4.2: Rappresentazione dell'effetto BLEVE - Fonte Air Liquide Image Bank.

Massive spillage → **Overpressure**
Vaporization / Dispersion / Flammable cloud
/ Ignition / Deflagration

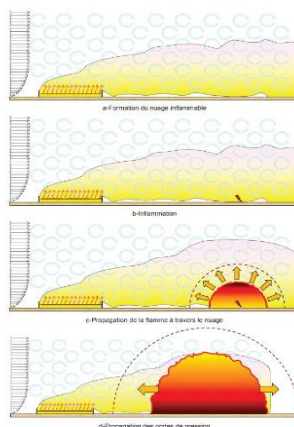


Figura 4.3: Rappresentazione di un rilascio su larga scala - Fonte Air Liquide Image Bank.

Trad. Figura 4.3 - Rilascio su larga scala → Sovrapressione. Evaporazione / dispersione / nube infiammabile / innesco / deflagrazione.

RPT → **Overpressure**
Rapid Phase Transition

Liquid hydrogen at cryogenic temperature into contact with water → quick heating and violent vaporization → cold explosion, flameless (very low probability for LH₂)



Figura 5: Rappresentazione della Rapida Transizione di Fase (Rapid Phase Transition). Fonte Air Liquide Image Bank.

Trad. Figura 5 - RPT (Rapid Phase Transition) → Sovrapressione.

L'idrogeno liquido a temperatura criogenica in contatto con acqua → Rapido riscaldamento e violenta evaporazione → esplosione fredda, senza fiamma (probabilità molto bassa per LH₂).

LH₂ release - unignited → Flammable cloud



Figura 6: Rilascio LH₂ - senza accensione → Nube infiammabile - Fonte Air Liquide Image Bank.

LH₂ release - ignited → Radiative heat fluxes



Figura 7: Rilascio LH₂ - con accensione → Flussi di calore radiativo - Fonte Air Liquide Image Bank.

4. STRUMENTI SPECIFICI

4.1. Termocamere

I vigili del fuoco possono utilizzare apparecchiature con termocamere per visualizzare la fiamma di idrogeno in aria come mostrato nelle Figure 8 - 10.

Un termometro laser può anche essere utilizzato per identificare gli oggetti ad alta o bassa temperatura.



Figura 8: Incendio di un serbatoio H2 (700b) (ENSOSP 2014).




STRUMENTI SPECIFICI



Figura 9: Fiamma di idrogeno sotto un modello di auto H2 (ENSOSP 2016).



Figura 10: Fiamma H2 orizzontale nella piattaforma operativa ENSOSP visibile unicamente attraverso una termocamera.

EERG – V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	STRUMENTI SPECIFICI	

4.2. Rilevatore mono-gas

I rilevatori mono-gas o multi-gas visualizzano continuamente le concentrazioni di gas nell'atmosfera. Possono essere utilizzati per monitorare i livelli di O2 e H2. Tale attrezzatura è utile ai vigili del fuoco per valutare la zona a rischio e creare o perfezionare l'area di pericolo.

Si noti che un rilevatore catalitico per altri gas infiammabili può rilevare la presenza di idrogeno, ma la concentrazione visualizzata non sarà affidabile.

--	--	--

5. FUEL CELLS

5.1. Principio di funzionamento

La cella a combustibile è un generatore elettrochimico che produce elettricità, calore e acqua (pura), da un combustibile (idrogeno) e da un gas combustibile (ossigeno che può essere puro o derivante dall'aria ambiente).

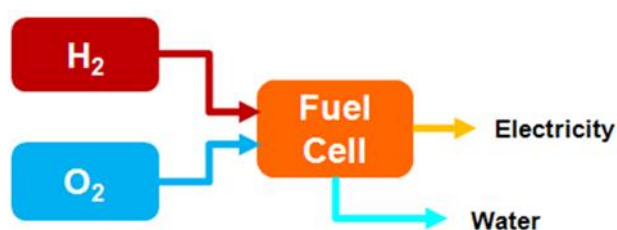


Figura 11: Principio di funzionamento di una Fuel Cell.

Esistono diversi tipi di celle a combustibile a idrogeno. La più comune è una cella a combustibile con membrana a scambio protonico (PEM)

5.1.1. Cella a combustibile con membrana a scambio protonico

All'anodo le molecole H₂ sono dissociate in protoni H⁺ ed elettroni e⁻ sotto l'effetto di un catalizzatore:
 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$,

Questi protoni sono portati al catodo attraverso le membrane e gli elettroni passano attraverso il circuito elettrico.

Al catodo le molecole O₂ sono ricombinate con i protoni e gli elettroni producendo acqua: $\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$.

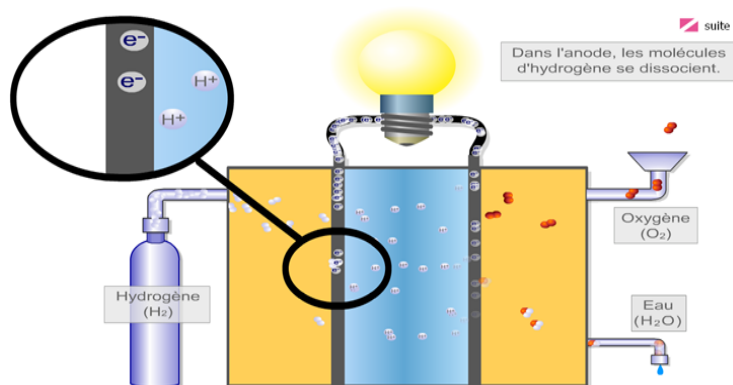


Figura 12: Principio schematico di funzionamento della Fuel Cell.

Gli elettrodi (anodo e catodo) e la membrana sono collegati a formare l'assemblaggio MEA (Membrane Electrode Assembly).

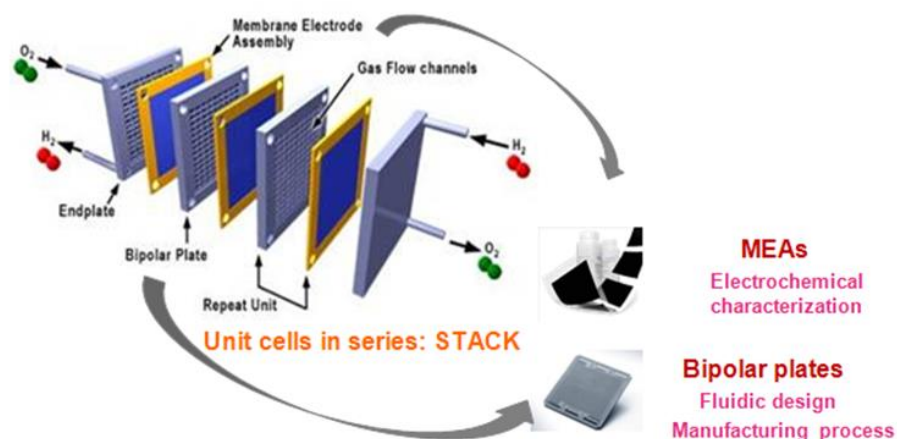


Figura 13: Membrane Electrode Assembly (MEA).



Figura 14: Fuel Cell per potenza di backup presso l'IP Energy data center.

5.2. Principali rischi associati alle Fuel Cells

- Attrezzatura ad alto voltaggio
- Gas infiammabile (idrogeno) sotto pressione
- Attrezzatura sotto pressione
- Possibile accumulo di gas in ambienti chiusi/confinati

6. ELETTROLIZZATORI

6.1. Principio di funzionamento

Un elettrolizzatore produce idrogeno e ossigeno da acqua ed elettricità.



Figura 15: Principio di funzionamento di un elettrolizzatore.

6.2. Elettrolizzatore con membrana a scambio protonico

Un elettrolizzatore PEM converte l'energia elettrica in energia chimica e può essere visto come l'opposto della cella a combustibile. La conversione avviene in due vani separati da una membrana a scambio protonico (PEM). Applicando una tensione continua, l'acqua viene dissociata in idrogeno (H_2) al polo negativo e ossigeno (O_2) al polo positivo.

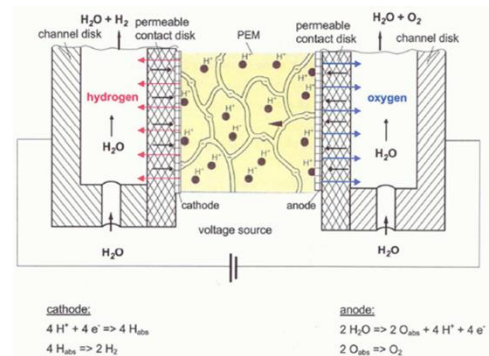


Figura 16: Principio della PEM.

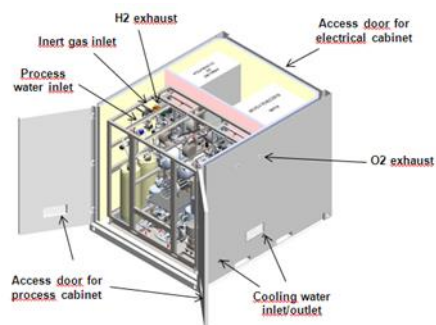


Figura 17: Specifiche tecniche e fotografia di uno stack PEMFC per l'accumulo di energia di AREVA.

6.3. Elettrolizzatore alcalino

Gli elettrolizzatori alcalini sono caratterizzati dalla presenza di 2 elettrodi immersi in un elettrolita liquido alcalino composto da una soluzione di potassa caustica (idrossido di potassio o KOH) ad un livello del 25% a 80°C fino al 40% a 160°C. I 2 elettrodi sono separati da un diaframma. Questo diaframma ha 2 funzioni: in primo luogo mantenere i gas prodotti (cioè idrogeno e ossigeno) separati e in secondo luogo essere permeabile agli ioni idrossido (OH⁻) e alle molecole d'acqua.

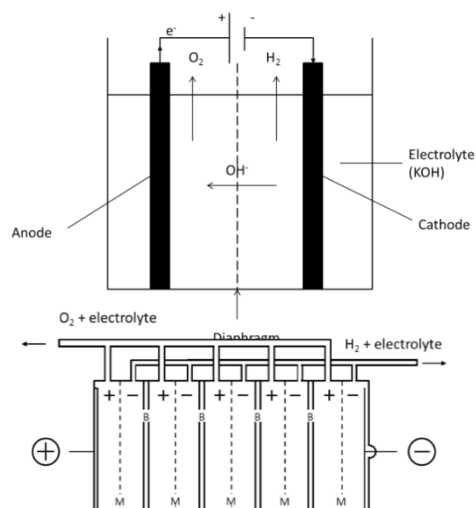
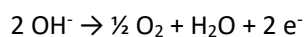
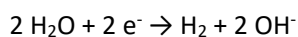


Figura 18: Principio di funzionamento di un elettrolizzatore alcalino.

All'anodo:



Al catodo:



Reazione totale:

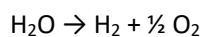




Figura 19: Elettrolizzatore alcalino IHT tipo S-556, 760 Nm³/h e 30 bars.

EERG – V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	ELETTROLIZZATORI	

6.4. Principali rischi associati agli elettrolizzatori:

- Attrezzatura ad alto voltaggio
- Gas infiammabile (idrogeno) sotto pressione
- Combustibile/gas comburente (ossigeno) sotto pressione
- Soluzione alcalina ad alta temperatura
- Attrezzatura sotto pressione
- Possibile accumulo di gas in ambienti chiusi/confinati

--	--	--



VEICOLI FUEL CELL

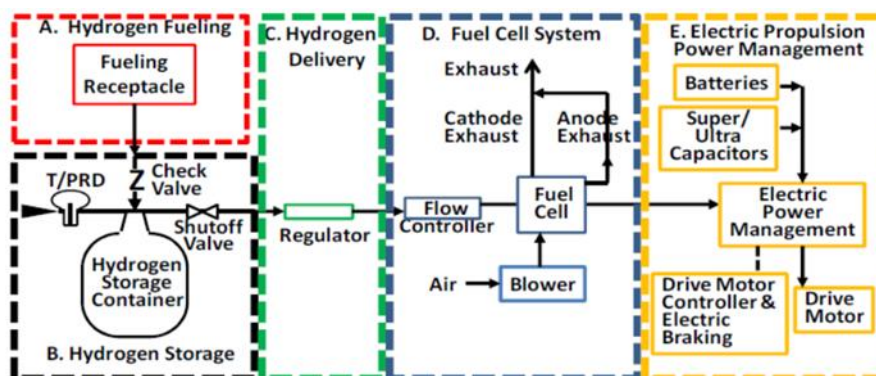


7. VEICOLI FUEL CELL

7.1. Principio di funzionamento

Un veicolo a idrogeno è un veicolo elettrico (E) combinato con un sistema di celle a combustibile a idrogeno (A-B-C-D).

La cella a combustibile è alimentata con idrogeno e ossigeno (dall'aria ambiente) e produce l'elettricità necessaria per caricare le batterie e azionare i motori elettrici.



7.2. Tipi di veicoli FUEL CELL

Diversi tipi di veicoli possono essere alimentati a idrogeno. I più comuni sono automobili, autobus e carrelli elevatori. Esistono prototipi per bici e moto.

7.2.1. Auto

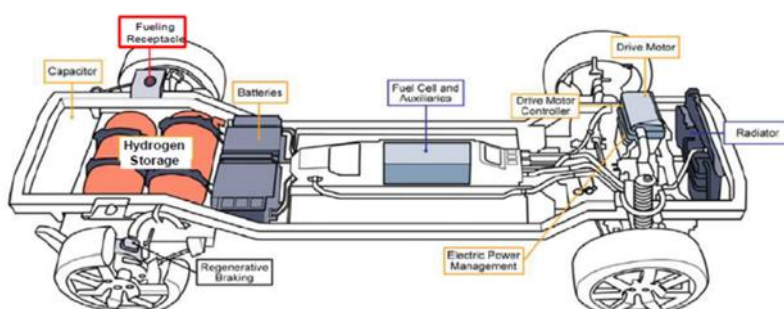


Figura 20: Principio di funzionamento di un'auto Fuel cell (GTR, Hydrogen Fuelled vehicle UNE-ECE 2012).

7.2.2. Carrelli elevatori



Figura 21: Carrello elevatore alimentato ad idrogeno. Fonte: Air Liquide (2018).

Le applicazioni e l'infrastruttura dei carrelli elevatori utilizza idrogeno gassoso:

- a 200 bar per lo stoccaggio
- fino a 1000 bar per l'accumulo intermedio nei buffers
- a 350 bar nello stoccaggio a bordo del Carrello elevatore

7.2.3. Bus

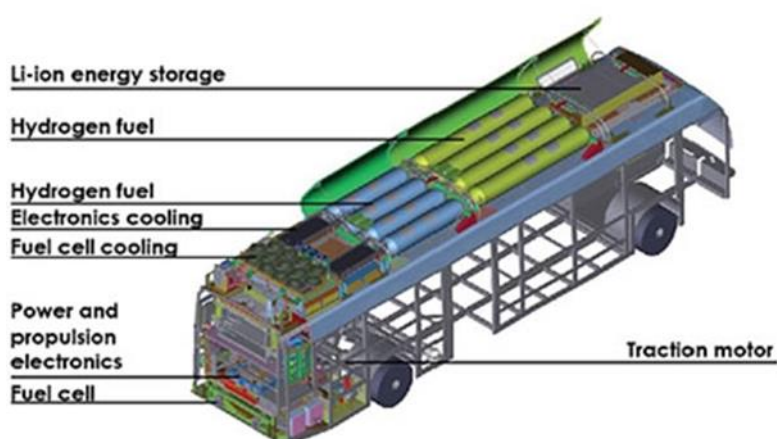


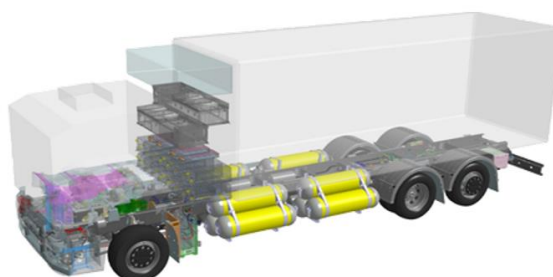
Figura 22: Principio di funzionamento di un bus Fuel Cell.

Trad. Figura 22 - terminologia in senso antiorario: accumulo energia Li-ion; combustibile idrogeno; combustibile idrogeno; raffreddamento dispositivi elettronici; raffreddamento Fuel Cell; Elettronica per la potenza e propulsione; Cella a combustibile.

7.2.4. Autocarri

Information for *HyResponder* : user case *Hydrogen Truck* by *GreenGT*

Porteur/Rigid Truck (26 tons) + trailer (18 tons)	
Hydrogen Pressure	350 bars (next version 700 bars 2022)
Number of Tanks	12
Physical shielding	Lateral Metal skirts
Piping rupture mitigation	Excess flow valve
Number of TPRD	24 (2 per tank)
Total Weight	45 kg
Certification	EC79
Safety concept	Auto shut off



For training purposes only
Do not diffuse outside EERG scope

Figura 23: Elementi principali di un autocarro ad idrogeno (44 tons). Solo per scopi di addestramento. Non diffondere al di fuori dell'ambito EERG.

7.2.5. Treni

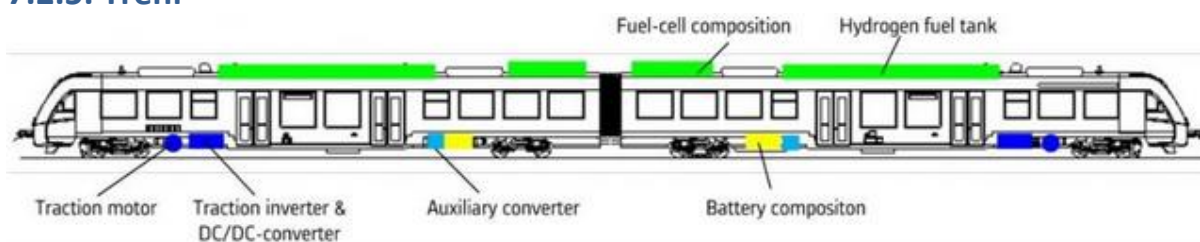


Figura 24: Presentazione del treno ad idrogeno (iLint) fonte: Alstom

Trad. Figura 24 – elementi da sinistra verso destra: motore a trazione; inverter trazione & convertitore DC/DC; convertitore ausiliario; gruppo Fuel Cell; gruppo batterie; serbatoio di idrogeno.

7.3. Idrogeno a bordo dei veicoli Fuel Cell

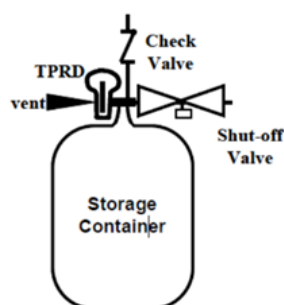
7.3.1. Stoccaggio di idrogeno

L'idrogeno è tipicamente immagazzinato come gas sotto pressione nei serbatoi a bordo del veicolo. La pressione nei serbatoi può andare da 350 bar per gli autobus a 700 bar per le auto.

Il pericolo principale con i serbatoi è la loro rottura derivante da un aumento della pressione conseguente all'aumento della temperatura.

Per prevenire la rottura del serbatoio a causa di un aumento di pressione, ogni serbatoio è dotato di un dispositivo ad attivazione termica per la riduzione della pressione (TPRD). Tale TPRD è progettato per aprirsi quando la temperatura circostante raggiunge i 110°C (230°F) e sfiata l'idrogeno nell'atmosfera.

La linea di sfiato è sul tetto per gli autobus, di lato per i carrelli elevatori, e può essere sul tetto per le auto ma più frequentemente si trova tra gli pneumatici posteriori orientato verso la parte posteriore del veicolo.



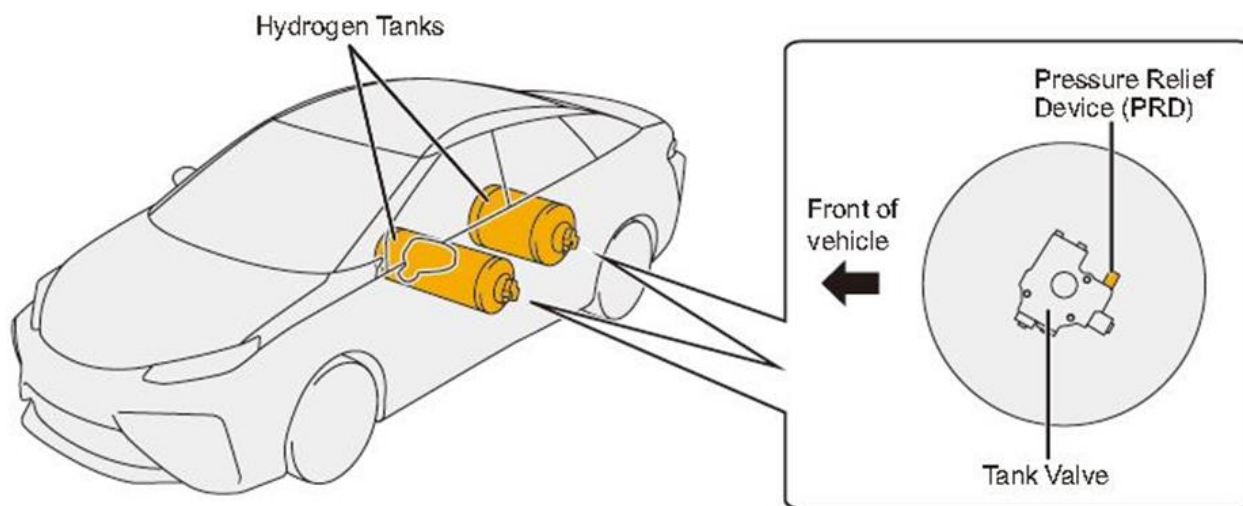


Figura 25: Posizione TPRD rispetto al fronte del veicolo (Toyota Emergency)

7.3.2. Rifornimento

I serbatoi di idrogeno vengono riempiti nelle stazioni di rifornimento attraverso un apposito foro di riempimento.



Figura 26: Foro per il rifornimento nella Toyota Mirai.



VEICOLI FUEL CELL



7.4. Rischi associati ai veicoli Fuel Cell

I veicoli Fuel Cell sono anche elettrici. I rischi associati sono:

In caso di malfunzionamento, incendio a/o incidenti nel traffico, attività di soccorso ed estrazione dal veicolo:

Rischio	Origine	Situazione
Elettrocuzione	Batterie Super-capacitori	Shock elettrico dovuto a malfunzionamento, incendio, operazioni di apertura ed estrazione
Ustioni	Combustione lega metallica	Proiezione di metallo fuso dovuto all'utilizzo di un agente estinguente (acqua) non adeguato a tale incendio
Violento incendio non estinguibile	Batterie	Runaway batterie quando coinvolte in un incendio
Avvelenamento	Tossicità delle perdite di elettroliti delle batterie	Incendio o guasto del contenimento (incidente)

Ma la specificità dell'utilizzare l'idrogeno aggiunge ulteriori rischi:

Rischio	Origine	Situazione
Asfissia	Idrogeno (asfissiante)	Perdita di idrogeno senza accensione in uno spazio confinato
Ustioni	Fiamma H2 invisibile	Incendio del veicolo E attivazione TPRD
Onda d'urto	Esplosione del serbatoio H2	Incendio del veicolo E mancata attivazione TPRD/rottura contenimento
Onda d'urto & di calore	Esplosione della nube H2 (UVCE)	Perdita di H2 e sorgente di innesco

7.5. Identificazione dei Veicoli Fuel Cell



Figura 28: Etichettatura H2.

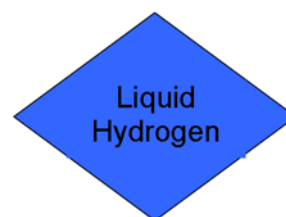
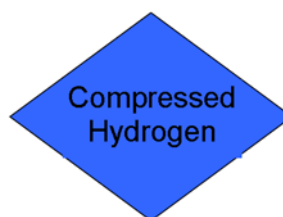


Figura 27: Blue diamonds (US).



Figura 29: Marchio di riconoscimento sul veicolo (Ix35 Toyota emergency response guide).



Figura 30: Etichettatura proposta dal CTIF all'ISO (progetto).

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

VEICOLI FUEL CELL



EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

VEICOLI FUEL CELL



Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente bianca.

8. STAZIONI DI RIFORNIMENTO

8.1. Principio di funzionamento

La funzione principale di una stazione di rifornimento di idrogeno (HRS) è quella di riempire con idrogeno i serbatoi dei veicoli (carrelli elevatori, autobus, auto) alimentati da celle a combustibile. La maggior parte delle stazioni di rifornimento fornisce idrogeno gassoso. L'idrogeno gassoso, contenuto inizialmente nello stoccaggio alla pressione di 200 bar, viene compresso nello stoccaggio ad alta pressione (HP). Durante il rifornimento, il serbatoio viene riempito da un bilanciamento della pressione.

La pressione nello stoccaggio HP è compresa tra 450 bar per carrelli elevatori, autocarri e autobus, e 1000 bar per le auto.

La pressione nel serbatoio di un veicolo è compresa tra 350 bar per carrelli elevatori, autocarri e autobus, e 700 bar per le auto.

Per rifornire un'auto il più rapidamente possibile, l'idrogeno può essere raffreddato durante il riempimento utilizzando lo stoccaggio criogenico di azoto liquido o un'unità fredda.

Il distributore può essere posizionato in un edificio dedicato o all'aperto.

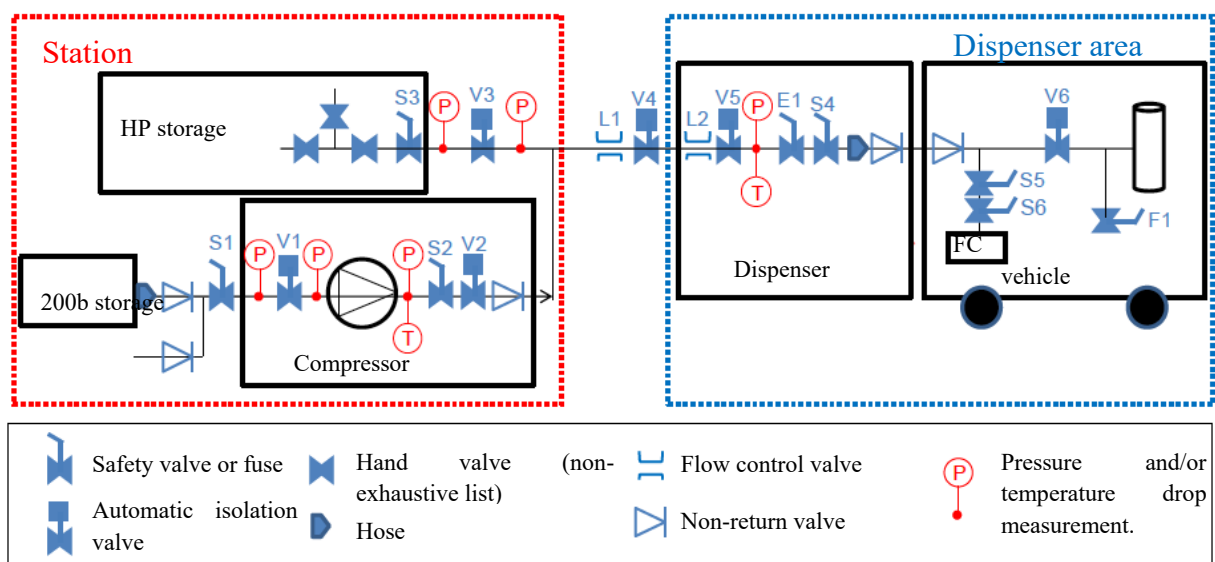


Figura 31: Diagramma di un'installazione HRS.



8.2. Esempi di stazioni di rifornimento



Figura 32: Stazione di rifornimento (Air Liquide Germany).



Figura 33: Stazione di rifornimento (Vattenfall Hamburg).

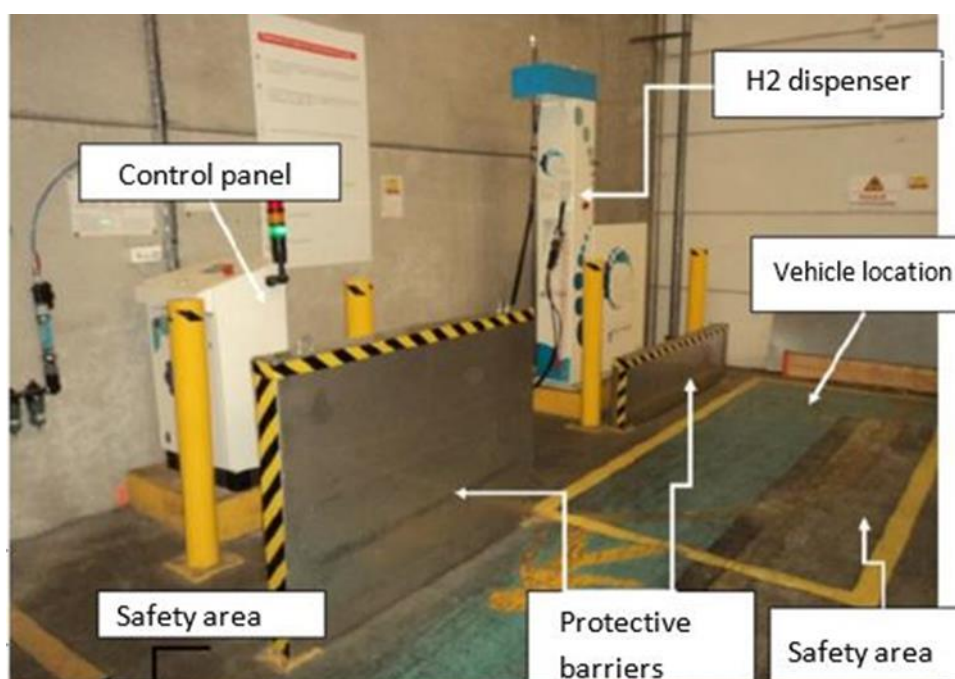


Figura 34: Distributore per carrelli elevatori (Air Liquide).

Trad. Figura 34 - terminologia in senso orario: pannello di controllo, erogatore di H₂, posizione del veicolo, area di sicurezza, barriere protettive, are di sicurezza.



Figura 35: Distributore 700 bar (Vattenfall-Hamburg).

*Figura 36: Distributore 350 bar
(Vattenfall Hamburg).*



Figura 37: Stazione di rifornimento interna per carrelli elevatori (dispenser).



Figura 38: Stazione di rifornimento con stoccaggio a bassa pressione 200 bar.



Figura 39: Stazione di rifornimento con stoccaggio ad alta pressione 1000 bar.



8.3. *Figura 40: Stazione di rifornimento ESD a distanza dal distributore (Hamburg airport).*

Rischi associati alle stazioni di rifornimento

- Attrezzatura elettrica
- Gas infiammabile (idrogeno) sotto pressione
- Attrezzatura sotto pressione
- Possibile accumulo di gas in ambienti chiusi

8.4. Fenomeni pericolosi (trailer e stazioni di rifornimento di idrogeno gassoso)

I trailer e le stazioni di rifornimento sono molto simili per dimensioni ed eventi temuti. Questo è il motivo per cui sono trattati nella stessa sezione.

Per le stazioni di rifornimento basate sullo stoccaggio di idrogeno gassoso, nella maggior parte dei casi viene utilizzato un trailer come stoccaggio presso la stazione. Viene gestito un sistema di sostituzione, ovvero scambio "pieno o vuoto". La maggior parte dei trailer è composta da tubi d'acciaio da 200 bar (cioè vessel di tipo I) da 2 m³ ciascuno.

Per aumentare la capacità, sono stati progettati nuovi trailer con vessel di tipo IV, con una capacità di 350 litri ciascuno, che consentono di raggiungere una pressione di stoccaggio fino a 700 bar.

Le immagini nelle sezioni seguenti presentano i principali eventi temuti per i trailer e le stazioni di rifornimento di idrogeno gassoso. Le traduzioni sono riportate di seguito ad ogni immagine.

Gaseous H₂

Feared events on storage or high pressure capacities



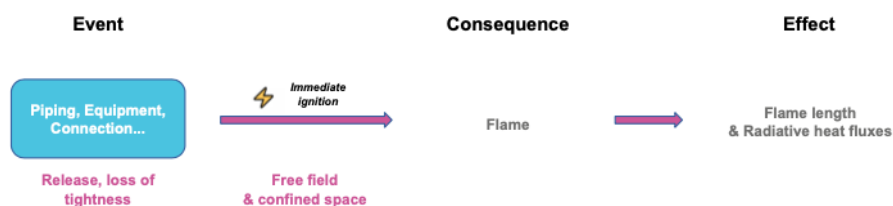
Trad. H₂ gassoso: eventi temuti per lo stoccaggio ad alta pressione.

Evento: rottura meccanica del serbatoio a causa di un incendio, rottura per invecchiamento, incremento della pressione... → Conseguenza: esplosione con onda d'urto (+ frammenti) → Effetto: sovrappressione.

Gaseous H₂

Feared events on connections or other releasing equipment

Release with immediate ignition



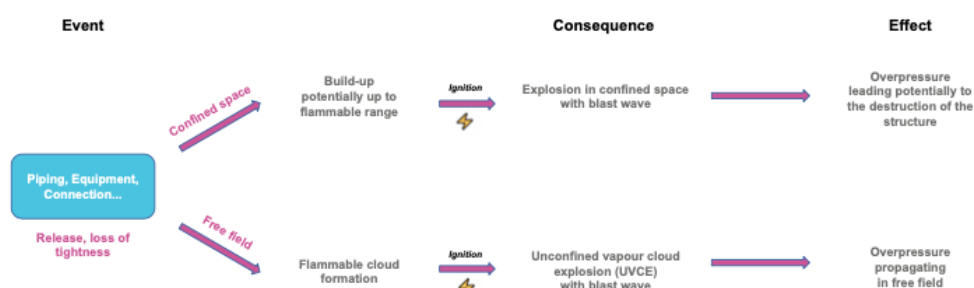
Trad. H₂ gassoso: eventi temuti per rilasci da connessioni o altra attrezzatura.

Evento: rilascio con accensione immediata, perdita di contenimento da tubazioni, attrezzature, connessioni, etc... Innesco immediato in un ambiente aperto & spazio confinato → Conseguenza: fiamma → Effetto: lunghezza di fiamma e flussi di calore radiativo.

Gaseous H₂

Feared events on connections or other releasing equipment

Release with delayed ignition



Trad. H₂ gassoso: eventi temuti per le connessioni o altri rilasci dall'attrezzatura.

Evento: rilascio con accensione ritardata, a seguito di perdita di contenimento da tubazioni, attrezzature, connessioni, etc.

a) Spazio confinato → Potenziale accumulo di idrogeno nel range di infiammabilità → Innesco → conseguenza: esplosione nello spazio confinato con onda d'urto → effetto: sovrappressione che potrebbe portare alla distruzione della struttura.

b) Spazio aperto → Formazione di nube infiammabile → Innesco → Conseguenza: esplosione non confinata della nube di vapori infiammabile (UVCE) → Effetto: propagazione sovrappressione nello spazio aperto.

8.4.1. Potenziali conseguenze

8.4.1.1. Rilascio senza accensione

In caso di rilascio senza accensione, la Tabella 17 fornisce la durata del blowdown per i serbatoi di stoccaggio e la corrispondente massima pressione operativa potenzialmente disponibile nelle stazioni di rifornimento.

Uno strumento convalidato (e-laboratory)¹⁰ è stato utilizzato per stimare i tempi di blowdown dalla pressione di stoccaggio a quella atmosferica¹¹.

Tabella 17: Durata del rilascio dal serbatoio (*blowdown duration*) per differenti volumi (*tank volume*) e pressioni del serbatoio (*storage pressure*).

¹⁰ <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/>

¹¹ Considerando un modello adiabatico e la temperatura ambiente di 15°C

Tank volume	Storage pressure	Blowdown duration			
		1 mm	2 mm	4 mm	6 mm
2 m ³	200 bar	5 h 30 min	1 h	16 min 40 s	9 min 10 s
350 L	700 bar	1 h	16 min 40 s	4 min 20 s	1 min 50 s

Un rilascio dal diametro di 1 mm è caratteristico per una perdita accidentale dalla tenuta di connessioni o altre apparecchiature. I diametri di 2, 4 e 6 mm sono più rappresentativi per un rilascio da TPRD.

8.4.1.2. Rilascio con accensione immediata

Le distanze per due scenari rappresentativi sono presentate in Tabella 18. Tali distanze sono calcolate per gli effetti termici da un jet fire. Le portate considerate per i calcoli sono 60 g.s⁻¹ per una stazione di rifornimento di auto e 120 g.s⁻¹ per una stazione di rifornimento per autobus.

Per ogni portata sono analizzati due scenari:

- Rottura totale del flessibile: sezione intera limitata a 60 g.s⁻¹ per le auto e 120 g.s⁻¹ per gli autobus,
- 3% della sezione.

Tabella 18: Effetti termici per i jet fires considerando diverse portate di rilascio (*flow rate*) e lunghezza della fiamma (*flame length*).

Effects	60 g.s ⁻¹		120 g.s ⁻¹	
	100%-section	3%-section	100%-section	3%-section
Flowrate	60 g.s ⁻¹	1.8 kg.s ⁻¹	120 g.s ⁻¹	3.6 g.s ⁻¹
Flame length	4.7 m	0.8 m	6.7 m	1.1 m
3 kW.m ⁻²	6.6 m	0.8 m	9.8 m	1.5 m
5 kW.m ⁻²	5.8 m	< 0.8 m	8.5 m	1.2 m
8 kW.m ⁻²	5.2 m	< 0.8 m	7.6 m	1.1 m

8.4.1.3. Rilascio con accensione ritardata

Le distanze per l'accensione ritardata per due scenari rappresentativi sono presentate in Tabella 19. Queste distanze sono calcolate per la sovrappressione. Le portate di rilascio considerate per i calcoli sono 60 g.s^{-1} per le stazioni di rifornimento e dei veicoli e 120 g.s^{-1} per quelle dei bus.

Per ogni portata sono analizzati due scenari:

- Rottura totale del flessibile: sezione intera limitata a 60 g.s^{-1} per le auto e 120 g.s^{-1} per gli autobus,
- e 3% della sezione.

Le distanze ai livelli di sovrappressione sono calcolate con l'approccio TNO Multi-Energy, considerando un livello 5.

Tabella 19: Effetti della sovrappressione (*overpressure effects*) per UVCE considerando diverse portate di rilascio (*flow rate*) e masse infiammabili (*flammable mass*).

Effects	60 g.s^{-1}		120 g.s^{-1}	
	100%-section	3%-section	100%-section	3%-section
Flowrate	60 g.s^{-1}	1.8 kg.s^{-1}	120 g.s^{-1}	3.6 g.s^{-1}
Flammable mass	$5.4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	$2.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$	$1.5 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$	$7.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
20 mbar	16 m	3 m	22 m	4 m
50 mbar	9 m	2 m	13 m	2 m
140 mbar	6 m	1 m	8.5 m	1.4 m
200 mbar	5 m	< 1 m	7.5 m	1.2 m

8.4.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio

Le distanze di sicurezza per due scenari rappresentativi sono presentate nella Tabella 20. Le distanze sono calcolate per la sovrappressione risultate dalla rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio.

Sono analizzati due casi:

- vessel di tipo I con pressione operativa 200 bar,
- e vessel di tipo IV con pressione operativa 700 bar,

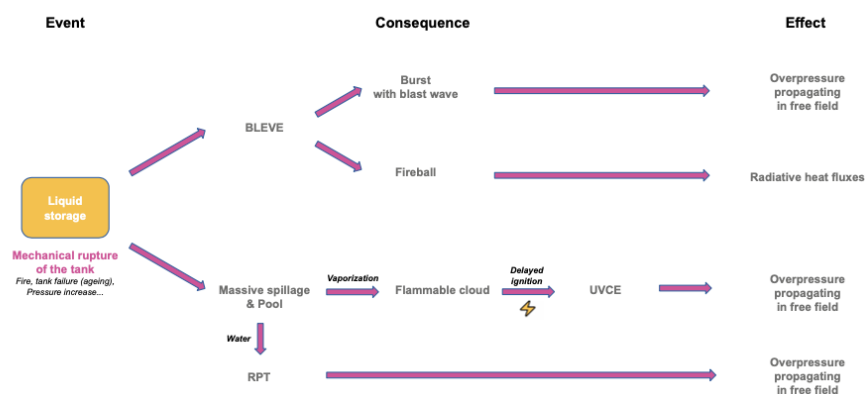
Tabella 20: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti alla rottura di un serbatoio considerando per differenti volumi del serbatoio (*tank volume*) e pressione operativa (*working pressure*).

Tank volume	Working pressure	Overpressure effects			
		20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
2 m ³ (type I)	200 bar	129 m	65 m	28 m	20 m
0.35 m ³ (type IV)	700 bar	91 m	46 m	20 m	14 m

8.5. Fenomeni pericolosi (trailer di idrogeno liquido e stazioni di rifornimento)

Le immagini nelle seguenti sezioni presentano i maggiori eventi temuti per trailer di idrogeno liquido e stazioni di rifornimento. Le traduzioni sono riportate di seguito alle immagini.

Liquid H₂ Feared events on storage or high pressure capacities



Trad. H₂ liquido: eventi temuti per lo stoccaggio o componenti ad alta pressione. Evento: rottura meccanica del serbatoio a causa di incendio, rottura per invecchiamento, aumento della pressione...

a) BLEVE → Conseguenza: esplosione con onda d'urto (+ frammenti) → Effetto: propagazione di sovrappressione nell'ambiente aperto; Fireball → Effetto: flussi di calore radiativo.

b) Rilascio su larga scala e pozza: Evaporazione → Nube infiammabile → Accensione ritardata → UVCE → Effetto: propagazione di sovrappressione nell'ambiente aperto; Acqua → RPT → Effetto: propagazione sovrappressione nell'ambiente aperto.

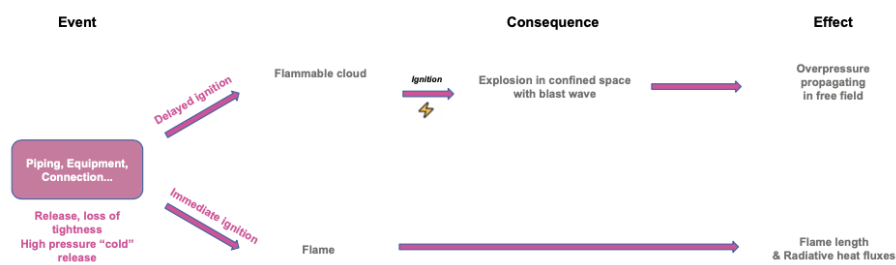


Liquid H₂

Feared events on connections or other releasing equipment

Release with delayed or immediate ignition

No liquid hydrogen in confined space



Trad. H₂ liquido: eventi temuti per le connessioni ed altra attrezzatura. Evento: rilascio criogenico ad alta pressione a seguito di perdita di contenimento da tubazioni, attrezzature, connessioni, etc. No idrogeno liquido negli spazi confinati.

a) Accensione ritardata → Nube infiammabile → Innesco → Conseguenza: esplosione nello spazio confinato con onda d'urto → Effetto: propagazione di sovrappressione in ambiente aperto.

b) Accensione immediata → Fiamma → Effetto: lunghezza di fiamma e radiazione termica.

8.5.1. Potenziali conseguenze

8.5.1.1. Rilascio senza accensione

I trailer e i serbatoi di accumulo delle stazioni di riferimento con idrogeno liquido hanno un volume di circa 20 m³ (1t- H₂).

La rottura del serbatoio dovuta ad un maggiore impatto esterno e caduta del serbatoio (ad es. collisione, sisma, decadimento) può provocare un rilascio considerevole di idrogeno liquido.

Una pozza criogenica di idrogeno verrà formata sul suolo che evaporerà e formerà una nube infiammabile.

Per un serbatoio di 20-m³, si potrebbe formare una pozza con dimensioni 17 m x 17 m e spessore di 5 cm secondo i calcoli con un modello di simulazione convalidato. La Tabella 21 presenta le dimensioni e le caratteristiche potenziali di una nube infiammabile associate ad un tipico serbatoio di stoccaggio criogenico.

Tabella 21: Le caratteristiche della nube infiammabile (*flammable cloud*) a seguito di un considerevole rilascio di idrogeno liquido: volume infiammabile (*flammable volume*), massa esplosiva (*explosive mass*), lunghezza orizzontale (*horizontal length*) e massima altezza (*maximum height*).

Flammable cloud characteristics	Values
Flammable volume	26700 m ³
Explosive mass	650 kg
4%-H ₂ horizontal length	263 m
8%-H ₂ horizontal length	146 m
10%-H ₂ horizontal length	116 m
4%-H ₂ maximum height	36 m
8%-H ₂ maximum height	30 m
10%-H ₂ maximum height	29 m

Va notato che i valori presentati nella Tabella 21 sono solo indicativi e possono variare con le condizioni meteorologiche (temperatura, vento) e l'ambiente (ostacoli, congestioni, natura del terreno, edificio ecc.). La dispersione di questa nube infiammabile è relativamente rapida ed è stata stimata essere inferiore a 2 min, ma sono necessari ulteriori studi di ricerca per fornire stime più accurate.

8.5.1.2. Rilascio con accensione immediata

Le distanze associate agli effetti termici di un jet fire con un diametro di riferimento di 45 mm e pressione di 10 bar sono presentate in Tabella 22. Le portate di rilascio sono calcolate utilizzando uno strumento convalidato (e-laboratory¹²) e gli effetti termici sono calcolati in base all'approccio convalidato da Schefer.

Sono stati analizzati tre casi:

- Rottura completa: sezione completa = 45 mm diametro,
- 3% della sezione,
- e 1% della sezione (studio NFPA in corso).

Tabella 22: Effetti termici (*thermal effects*) da jet fires considerando differenti diametri di rilascio, portata di rilascio (*flowrate*) e lunghezza di fiamma (*flame length*).

Effects	100%-section	3%-section	1%-section
Flowrate	6.2 kg.s ⁻¹	0.19 kg.s ⁻¹	0.06 kg.s ⁻¹
Flame length	46 m	8 m	5 m
3 kW.m ⁻²	84 m	14 m	8 m
5 kW.m ⁻²	72 m	12 m	4 m
8 kW.m ⁻²	63 m	10 m	3 m

8.5.1.3. Rilascio con accensione ritardata

Qui sono presentate le distanze di pericolo per le sovrappressioni prodotte da un'accensione ritardata. Vengono considerati due scenari: un rilascio caratteristico dallo stoccaggio e un rilascio tipico da tubazioni o apparecchiature.

¹² <https://hyresponder.eu/e-platform/e-laboratory/>

Stoccaggio

Per il caso di un rilascio considerevole, le caratteristiche di una nube infiammabile sono state fornite nella sezione precedente. Le distanze di sovrappressione sono state calcolate con l'approccio TNO Multi-Energy, considerando un livello 5; si utilizza la portata di idrogeno e si considera lo scenario dell'aperta atmosfera senza o con piccola congestione. Le distanze di pericolo associate all'accensione di questa nube infiammabile sono riportate nella Tabella 23.

Tabella 23: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti all'ignizione di una nube infiammabile prodotta da un considerevole rilascio di 1-t di idrogeno liquido.

Overpressure thresholds	Hazardous distances
50 mbar	284 m
140 mbar	139 m
200 mbar	108 m

Tubazioni / connessioni / guasti dell'attrezzatura

Il diametro di riferimento considerato è 45 mm, ed una pressione iniziale di 10 bar.

Sono analizzati tre casi:

- Rottura completa: sezione completa = 45 mm diametro,
- 3% della sezione,
- e 1% della sezione (studio NFPA in corso).

Le distanze di pericolo a seguito di un UVCE sono presentate in Tabella 24. Le distanze di sovrappressione sono state calcolate tramite il modello TNO Multi-Energy, considerando un livello 5.

Tabella 24: Effetti della sovrappressione (*overpressure effects*) per UVCE considerando diverse portate di rilascio (*flow rate*) e masse infiammabili (*flammable mass*).

Effects	100%-section	3%-section	1%-section
Flowrate	6.2 kg.s ⁻¹	0.19 kg.s ⁻¹	0.06 kg.s ⁻¹
Flammable mass	6.7 kg	0.04 kg	0.007 kg
20 mbar	146 m	26 m	15 m
50 mbar	72 m	13 m	7.4 m
140 mbar	41 m	7 m	4.2 m
200 mbar	34 m	6 m	3.5 m

8.5.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio

Sono stati analizzati due casi:

1. Stoccaggio di 100%-idrogeno gassoso in cui un evento esterno provoca la rottura del tank a seguito di un aumento della pressione, con effetti di sovrappressione.
2. Il serbatoio di stoccaggio contiene principalmente idrogeno liquido, ed un evento esterno provoca un aumento di temperatura e vaporizzazione del liquido, con effetti termici dominanti rispetto agli effetti da sovrappressione.

Le distanze di pericolo per i due scenari sono date in Tabella 25 (caso 1) and Tabella 26 (caso 2).

Tabella 25: Effetti da sovrappressione (*overpressure effects*) dovuti alla rottura del serbatoio considerando un contenuto 100% idrogeno gassoso.

Tank volume	Working pressure	Overpressure effects			
		20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
20 m ³	10 bar	141 m	70 m	30 m	22 m

Tabella 26: Effetti termici (*thermal effects*) dovuti alla rottura di un serbatoio considerando principalmente idrogeno liquido. Caratteristiche della fireball: diametro, diametro emisferico e durata.

Tank volume	Working pressure	Fireball characteristics			Thermal effects		
		Diameter	Hemispherical diameter	Duration	3 kW.m ⁻²	5 kW.m ⁻²	8 kW.m ⁻²
20 m ³	10 bar	75 m	94 m	7 s	52 m	47 m	< 47 m

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

STAZIONI DI RIFORNIMENTO



Questa pagina è stata intenzionalmente lasciata in bianco.

PARTE 2 INTERVENTO D'EMERGENZA



COME UTILIZZARE I NOMOGRAMMI



9. NOMOGRAMMI

9.1. Come utilizzare i nomogrammi

Lo scopo di questi nomogrammi è di calcolare le distanze di sicurezza in funzione di

- Pressione del serbatoio di idrogeno
- Volume del serbatoio

Riferire all'Appendice 3 per le istruzioni complete in Italiano su come utilizzare questi nomogrammi.

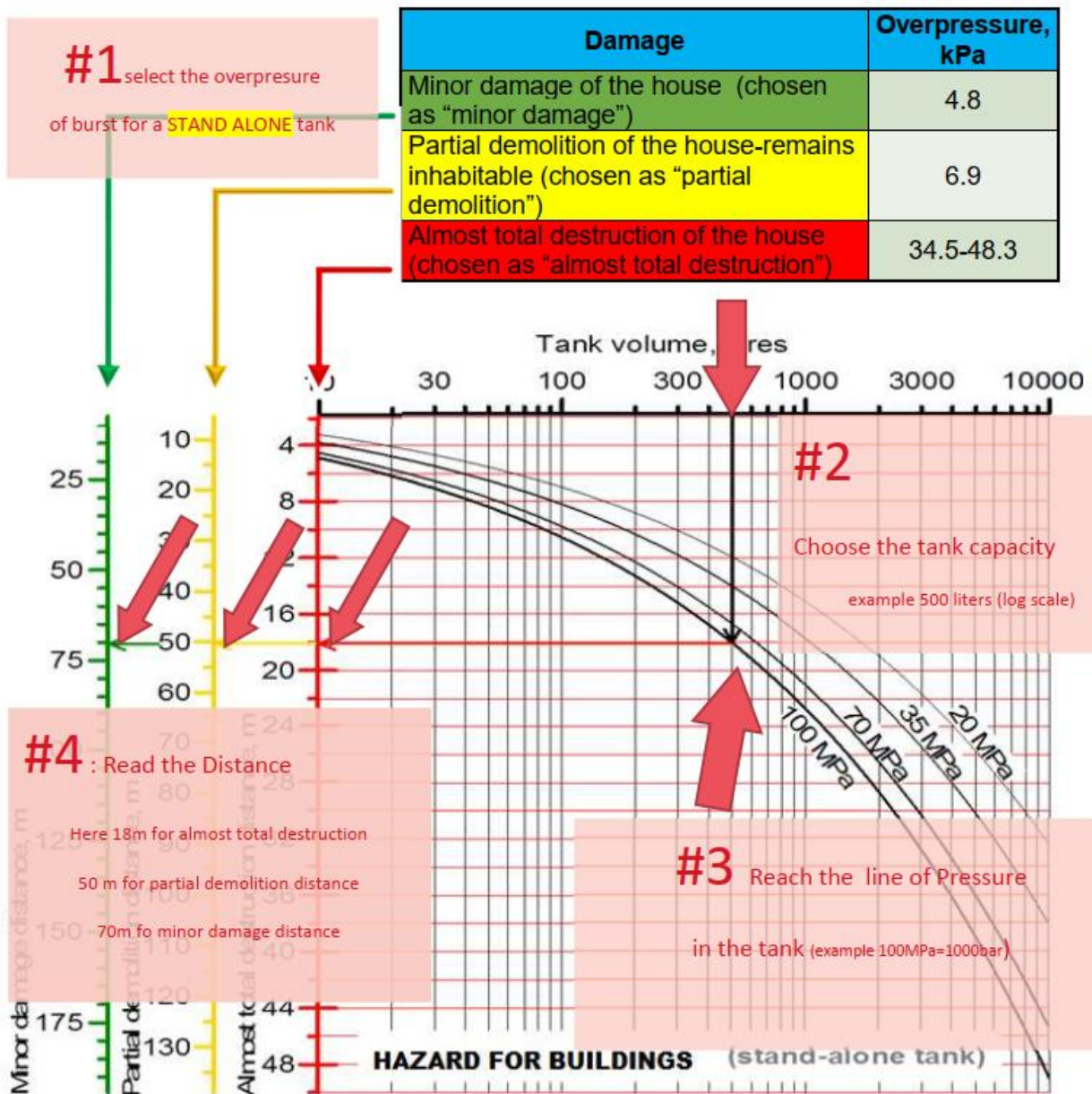


Co-funded by the European Union

COME UTILIZZARE I NOMOGRAMMI



9.2. Danno all'uomo da rottura di un serbatoio stand-alone in un incendio



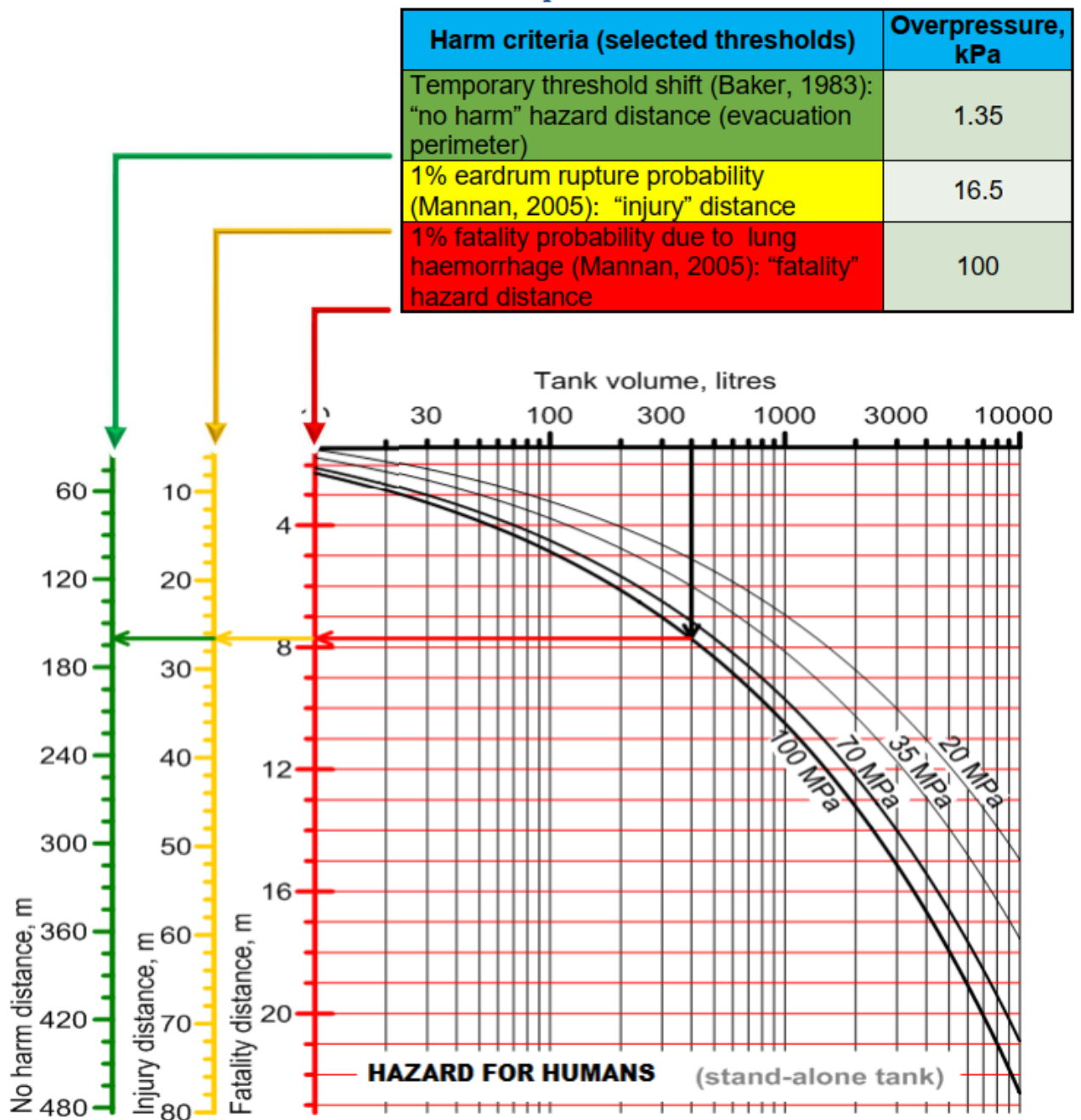


Co-funded by the European Union

CALCOLO DELLE DISTANZE DI SICUREZZA (Onda d'urto/UOMO)



10 DANNO ALL'UOMO DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO

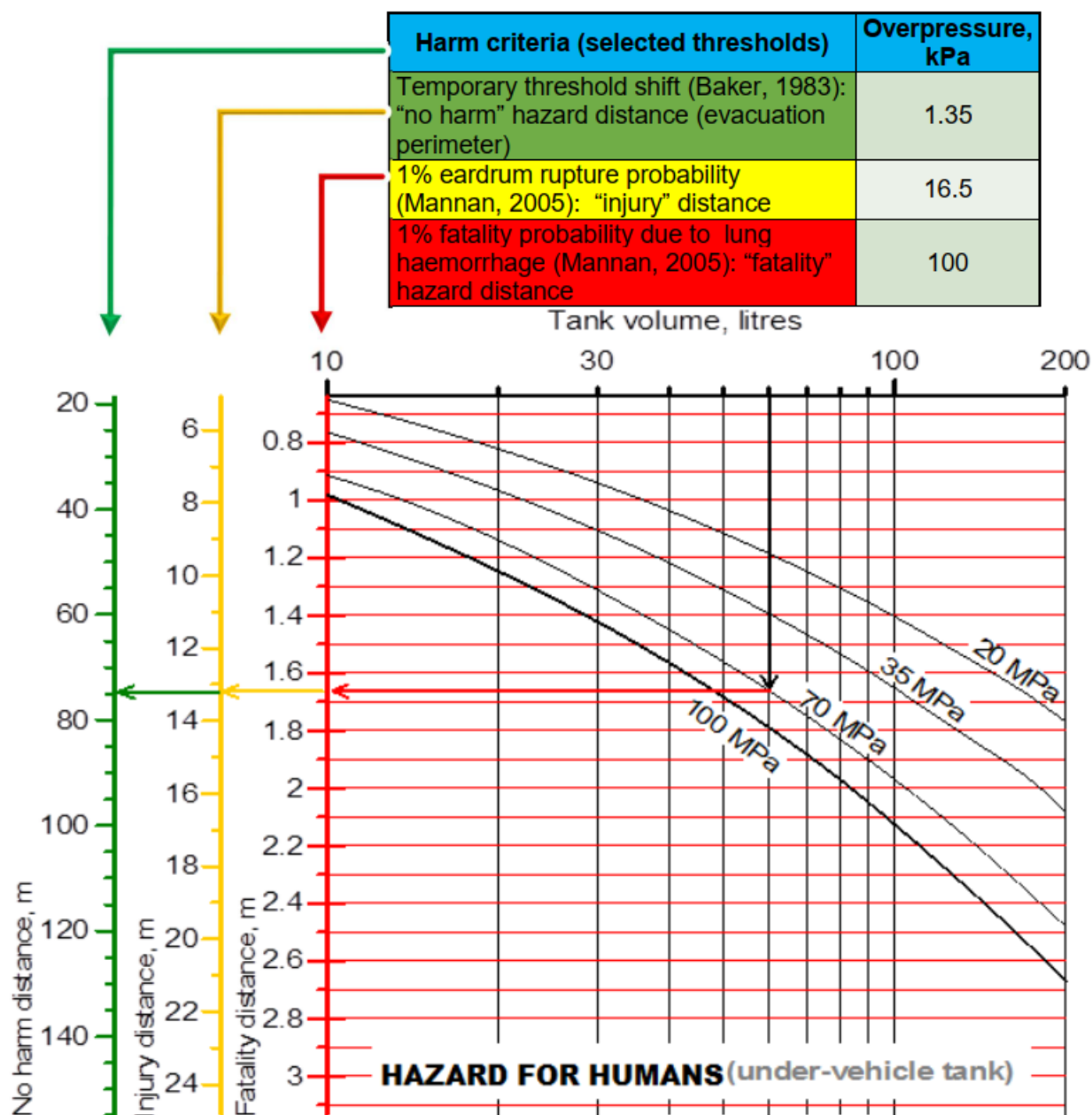




CALCOLO DELLE DISTANZE DI SICUREZZA (Onda d'urto/UOMO)



11. DANNO ALL'UOMO DA ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO



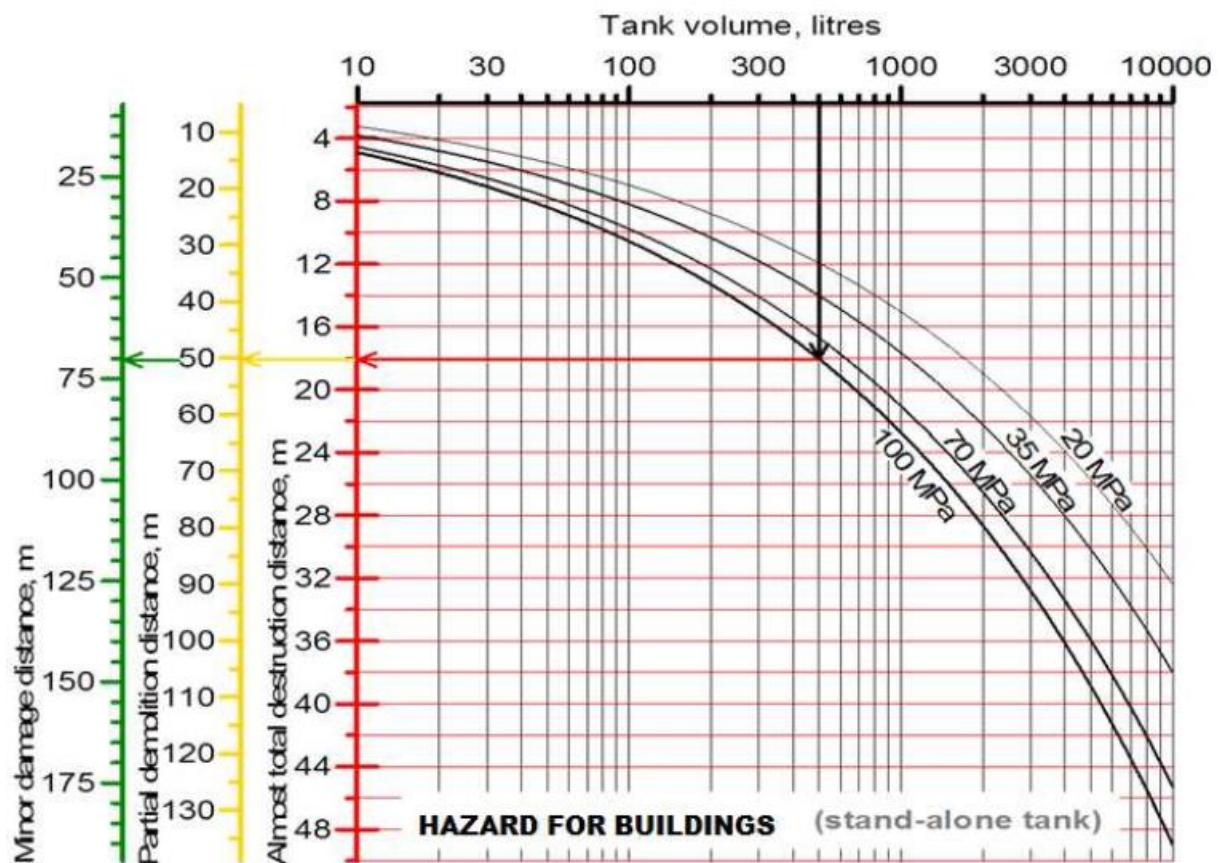


CALCOLO DELLE DISTANZE DI SICUREZZA (Onda d'urto/EDIFICI)



12. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO

Damage	Overpressure, kPa
Minor damage of the house (chosen as "minor damage")	4.8
Partial demolition of the house-remains inhabitable (chosen as "partial demolition")	6.9
Almost total destruction of the house (chosen as "almost total destruction")	34.5-48.3

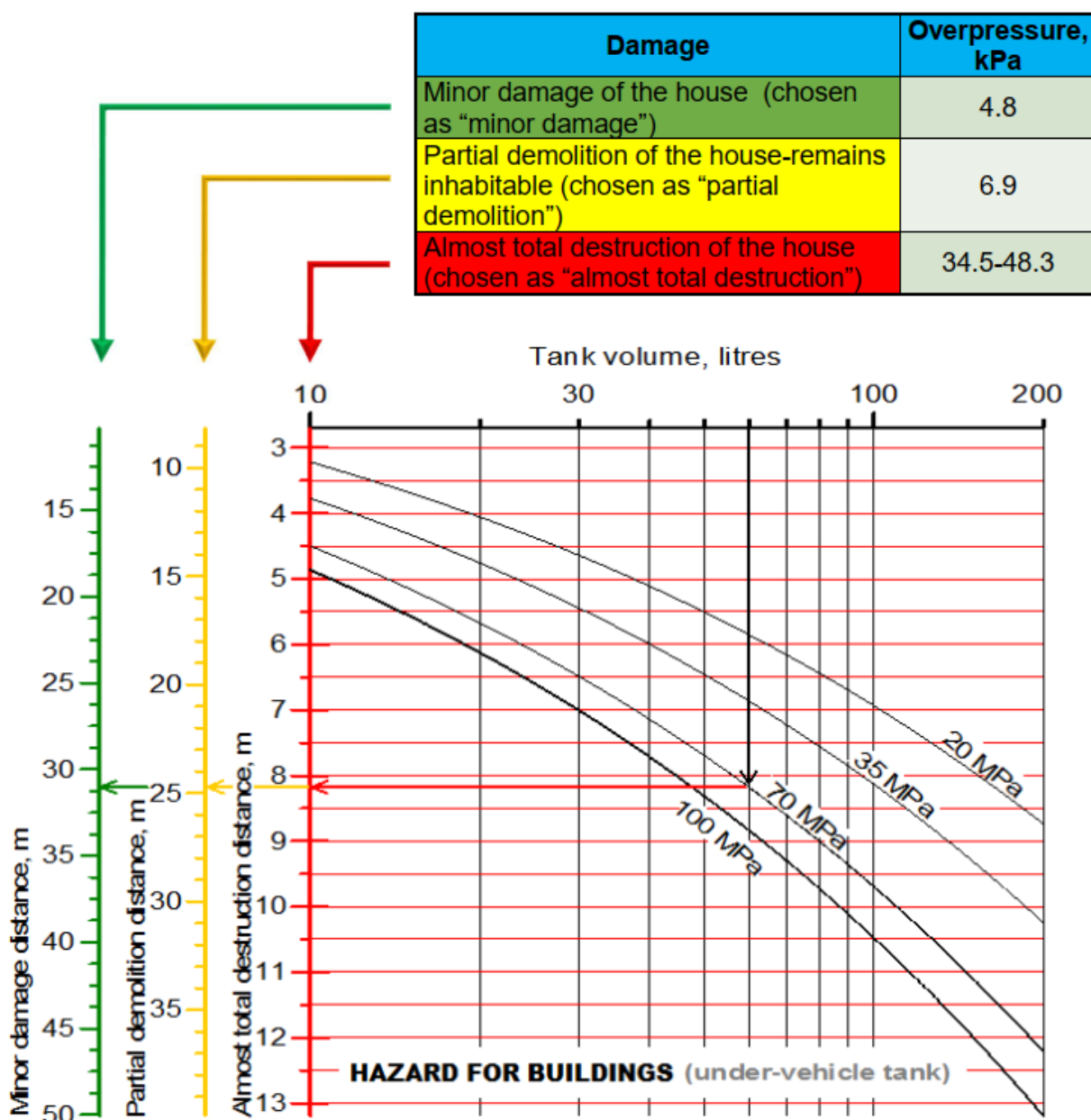




CALCOLO DELLE DISTANZE DI SICUREZZA (Onda d'urto/EDIFICI)



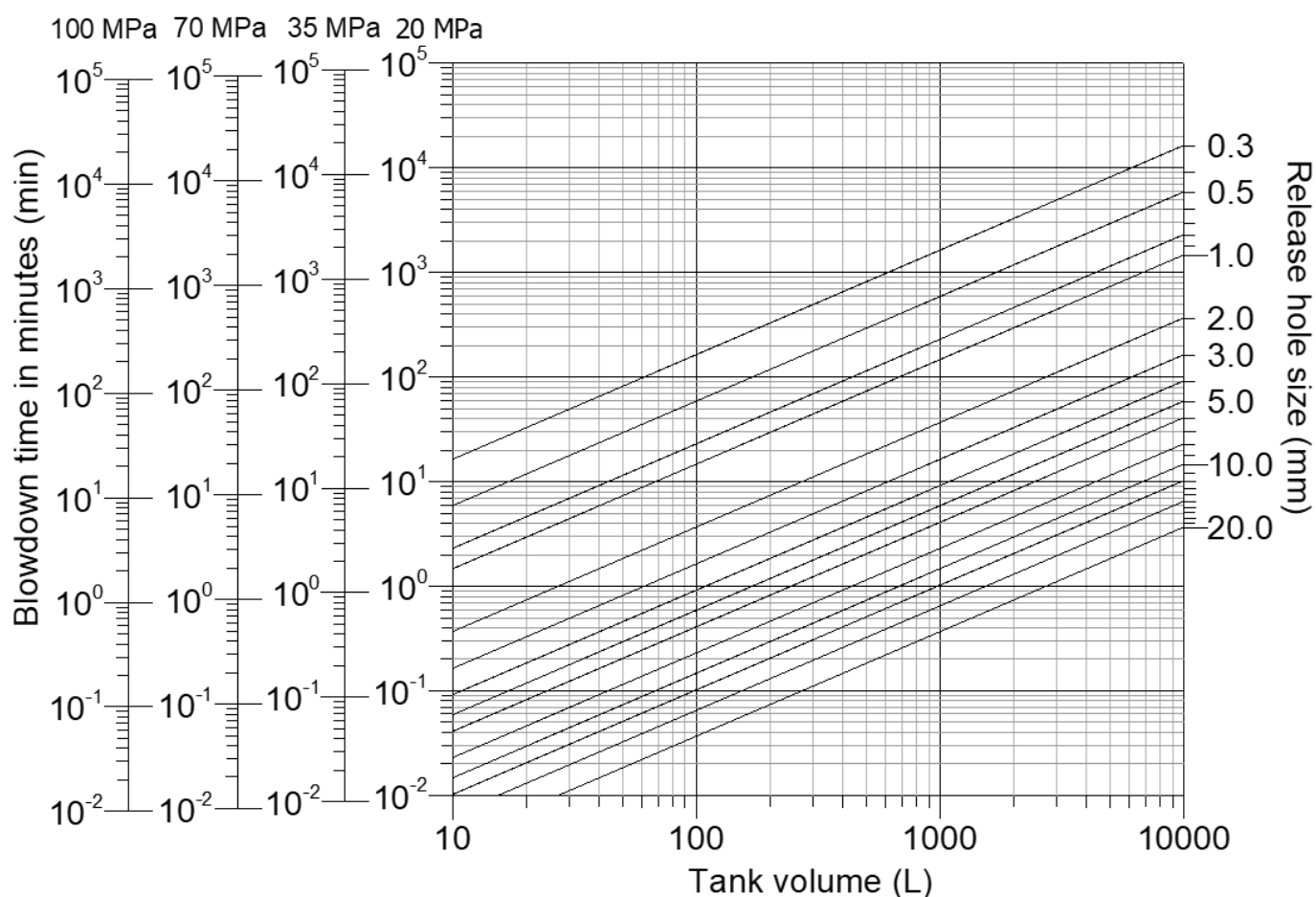
13. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO



14. DURATA DEL BLOWDOWN

Questo nomogramma fornisce il calcolo della durata del blowdown in minuti, cioè il tempo di svuotamento del serbatoio, in funzione del volume, la pressione e le dimensioni del rilascio (*release hole size*).

Nomogram for hydrogen tank blowdown to 0.2 MPa





STRATEGIE & TATTICHE



15. STRATEGIA

15.1. Definizione di strategia

Stabilire una strategia di risoluzione degli incidenti è rispondere alla domanda:

“Quale obiettivo vuole raggiungere l'organizzazione?”

Rispondere a questa domanda definisce l'obiettivo generale delle operazioni antincendio e di soccorso.

I tre obiettivi principali sono sempre gli stessi in tutto il mondo:

N°1: Proteggere la vita umana.

N°2: Proteggere la proprietà.

N°3: Proteggere l'ambiente.

Nella società, la Strategia è una nozione stabile decisa a livello politico, secondo l'accettazione sociologica del rischio. La scelta di una strategia per affrontare un tipo di incidente è strettamente legata alla nozione di "valutazione della posta in gioco".

15.2. Valutazione della posta in gioco

I tre obiettivi principali (protezione della vita, della proprietà e dell'ambiente) devono essere perseguiti nel modo più sicuro consentito dalla valutazione della posta in gioco di ogni singola situazione di incidente. L'autorità incaricata deve assumersi solo i rischi appropriati tenendo conto delle vite salvabili, dei beni salvabili e della situazione ambientale bilanciati con le forze di soccorso disponibili nel momento in cui prende le sue decisioni operative.

Tuttavia, il salvataggio di vite umane prevale su tutte le altre considerazioni.

Quindi, le strategie possono essere suddivise in due orientamenti principali:

Situazioni con elevata posta in gioco: Se non si interviene, l'incidente porterà in breve tempo alla morte certa di persone, a gravi distruzioni di infrastrutture e/o a effetti ambientali irreversibili.

Situazioni con bassa posta in gioco: L'incidente porterà entro un lasso di tempo più lungo a effetti minori sull'uomo, sulle infrastrutture e/o effetti reversibili sull'ambiente.

16. TATTICHE

16.1. Definizione di tattica

Usare una tattica definita è la diretta conseguenza della strategia scelta. Poiché la strategia è la risposta alla domanda "Quale obiettivo voglio raggiungere?" una tattica è la risposta alla domanda:

“Come raggiungerò questo obiettivo (nel modo più sicuro)?”

La tattica è un concetto variabile deciso a livello operativo, a seconda della situazione nel momento presente e in un prossimo futuro.

Per un tipo di situazione definito, è possibile pianificare la tattica come una procedura passo dopo passo che descrive le azioni di una squadra di vigili del fuoco. Tuttavia, dalle regole generali, il funzionario di guardia ha sempre l'opportunità e il dovere di utilizzare la condotta appropriata per ogni incidente perché ogni incidente è unico.

16.2. La teoria del processo di pericolo

La teoria del processo di pericolo (Perilhon, 2007) è stata sviluppata per descrivere i modi in cui una sorgente di pericolo interessa un target attraverso un flusso di pericolo.

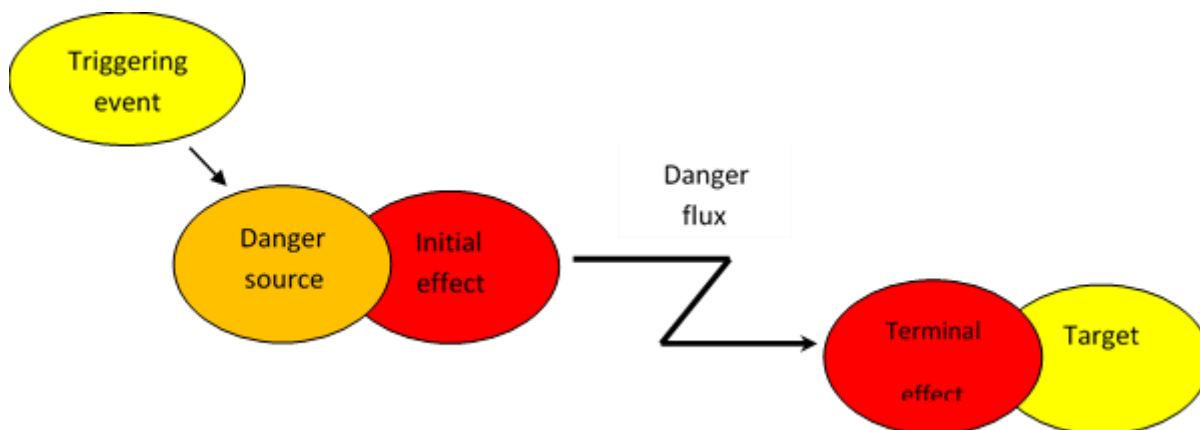


Figura 41: Processo di pericolo.

Durante un incidente e quando vengono chiamati i vigili del fuoco, l'evento scatenante (*triggering event*) si è già verificato. Quindi, per sopprimere l'effetto sugli eventuali target, i vigili del fuoco possono agire:

- Sulle sorgenti del pericolo (*danger source*), quindi prevenendo che possano avvenire gli effetti iniziali (*initial effect*),
- Sul flusso di pericolo (*danger flux*), prevenendo l'accadimento degli effetti terminali (*terminal effect*),
- Sui target, per prevenire che gli effetti raggiungano i target.



STRATEGIE & TATTICHE



16.3. Tattiche offensive e difensive

Di solito vengono utilizzati due tipi principali di tattiche: offensiva e difensiva.

Tattica offensiva: (o agendo su fonti di pericolo)

Questa tattica mira ad agire molto rapidamente sull'origine dell'incidente per evitare che produca i suoi effetti.

Vantaggi: rapida risoluzione dell'incidente, interessa una piccola area; la quantità richiesta di personale e attrezzature è limitata

Svantaggi: rischioso per i vigili del fuoco, è disponibile un tentativo

Tattica difensiva: (o agire sul flusso di pericolo e sui target)

Questa tattica mira ad agire sull'area più vicina all'incidente impedendo che i suoi effetti raggiungano un'area che non era stata interessata in precedenza.

Vantaggi: più sicura per le squadre di soccorso

Svantaggi: necessita di maggiore preparazione, la risoluzione dell'incidente richiede molto tempo e l'area interessata dall'incidente è infine più ampia. Specificità dell'idrogeno in situazioni di emergenza



STRATEGIE & TATTICHE



17. GESTIONE DELLA CHIAMATA DI EMERGENZA

L'incidente inizia quando la chiamata di emergenza arriva alla sala di controllo. Le persone che chiamano i servizi di emergenza sono solitamente sovraeccitate o terrorizzate. Nonostante ciò, devono essere raccolte delle informazioni essenziali:

- Tipo di incidente (guasto elettrico, fuga di gas, esplosione, incendio, ecc.).
- Luogo dell'incidente.
- Numero di persone decedute, ferite o minacciate dall'incidente.
- Con tali informazioni, il servizio di risposta alle emergenze può selezionare l'attrezzatura di emergenza disponibile più vicina e fornire consigli utili alla persona che ha chiamato.

A titolo di esempio, se la chiamata di emergenza riguarda un veicolo FC coinvolto in un incendio in strada si devono considerare i seguenti passaggi:

- Cercare la grafica identificativa posta all'esterno o all'interno del veicolo per stabilire se è coinvolto un veicolo FC o idrogeno.
- Assicurarsi che tutti i passeggeri possano fuggire dal veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione.
- Fornire il primo soccorso alle vittime in un'area sicura.
- Cercare di spegnere l'incendio con un estintore se l'incendio è di piccole dimensioni.
- Tenere i membri del pubblico lontano dal veicolo in fiamme prima che arrivino i vigili del fuoco.

Prima di lasciare la caserma dei pompieri, il funzionario di guardia deve scegliere un percorso sicuro per arrivare al luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile e assicurarsi di arrivare in direzione sopra vento.



STRATEGIE & TATTICHE



18. SEQUENZA DELLE OPERAZIONI ANTINCENDIO E DI SOCCORSO

Ogni operazione antincendio e di soccorso segue la stessa sequenza "passo dopo passo" sul campo dell'incidente. Si prega di notare che questi passaggi possono essere realizzati contemporaneamente, a seconda della situazione reale.

1. RICOGNIZIONE
2. SALVATAGGIO
3. PREPARAZIONE
4. RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE
5. PROTEZIONE
6. SGOMBERO
7. ISPEZIONE FINALE

18.1. Ricognizione

Questo passaggio mira a raccogliere tutte le informazioni disponibili sul campo dell'incidente per valutare la scena. Il funzionario di guardia cercherà le seguenti informazioni:

- Cosa è successo e cosa sta succedendo?
- Ci sono vittime o persone minacciate dalla situazione?
- È stato visto un dardo di fuoco? Si è sentito un forte sibilo?
- Quali sono le risorse del luogo?

Per fare ciò, imposterà una grande area circolare attorno alla scena. Se la scena si svolge in un edificio, la ricognizione comprende anche i piani sotto e sopra l'area dell'incidente.

Durante la ricognizione viene definita un'area di pericolo, tenendo conto della realtà dei rischi noti. Il funzionario di guardia è in questo momento in grado di decidere il modo più sicuro per affrontare la situazione, enunciare gli obiettivi e scegliere gli angoli di attacco.

18.2. Salvataggio

Se una vittima viene identificata e localizzata, le operazioni di soccorso vengono avviate immediatamente anche se la ricognizione non è completa. Le vittime vengono portate fuori dall'area di pericolo e portate alle squadre di pronto soccorso. Come detto prima, il salvataggio di vite umane prevale su tutte le altre considerazioni.

18.3. Preparazione

Durante questa fase, la squadra preparerà gli strumenti e gli accessori necessari per affrontare la situazione (ad esempio, tubi flessibili, idranti, dispositivi di imaging termico, rilevatori di gas, ecc.). Gli strumenti e gli accessori utilizzati dipendono dalla situazione dell'incidente.

18.4. Risoluzione dell'incidente

Considerando le informazioni disponibili, il funzionario di guardia deciderà, in questa fase, se utilizzare una tattica **offensiva** o **difensiva**.

1° esempio:



STRATEGIE & TATTICHE



Un'auto FCH sta bruciando su una piccola strada di campagna. Il conducente è al sicuro e fuori dall'area di pericolo. Con il dispositivo di imaging termico è visibile una grande fiamma e si sente un forte sibilo.

Analisi: il TPRD del serbatoio H2 è aperto e in brevissimo tempo la perdita innescata si bloccherà. Niente è minacciato dalla fiamma.

Scelta tattica:

Usare una tattica difensiva: chiudere la strada in entrambe le direzioni, attendere lo scarico del serbatoio durante la preparazione delle manichette e poi estinguere l'incendio dell'auto, usando le procedure antincendio delle auto elettriche.

2° esempio:

Un'auto FCH sta bruciando in una strada affollata, vicino a un edificio di 10 piani, non si sente alcun rumore e l'incendio è divampato 2 minuti fa.

Scelta tattica:

Usare una tattica offensiva: chiudere la strada in entrambe le direzioni, impedire a chiunque di avvicinarsi a meno di 100 metri dall'auto, allungare due manichette e attaccare immediatamente l'incendio dell'auto contemporaneamente con due squadre, da angolazioni sicure (vedi sotto) prima che il TPRD si apra. Continuare a raffreddare i serbatoi, dopo che l'incendio è stato spento.

18.5. Protezione

La fase della "protezione" mira ad evitare distruzioni causate dall'incidente (l'incendio) o da ciò che è stato utilizzato per estinguerlo (l'acqua).

Ad esempio, se l'incendio si verifica in un parcheggio di autobus, gli autobus più vicini all'incendio sono protetti mediante getti d'acqua e quelli un po' più lontani possono essere semplicemente allontanati dall'area dell'incidente.

Negli edifici e negli impianti industriali, anche gli effetti dei getti d'acqua o di schiuma possono essere distruttivi. Il funzionario di guardia deve utilizzare la sola quantità necessaria di acqua o schiuma. Durante questa fase può essere necessario anche puntellare.

18.6. Sgombero



Alla fine di un incendio, è importante ripulire la scena dell'incidente, rimuovere e cospargere tutti i pezzi di materiale bruciato per assicurarsi che non rimangano materiali ancora accesi al di sotto.

18.7. Ispezione finale

Dopo la fine delle operazioni di estinzione e risoluzione dell'incidente, i primi soccorritori non devono abbandonare il luogo dell'incendio troppo presto.

La diminuzione della temperatura del serbatoio bruciato deve essere controllata regolarmente.

Un'ispezione finale del luogo dell'incendio deve essere eseguita costantemente, fino a quando non sussistono ulteriori rischi.

EERG – V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	<h2>STRATEGIE & TATTICHE</h2>	

18.8. Tattiche per incidenti con applicazioni FCH

18.8.1. Tipi di situazioni di incidenti

Le possibili situazioni con applicazioni FCH sono varie. Queste possono essere classificate in 5 situazioni principali:

- 1 SOCCORSO su un'applicazione FCH
- 2 PERDITA DI IDROGENO INnescata
- 3 PERDITA DI IDROGENO NON INnescata
- 4 INCENDIO di un'applicazione FCH
- 5 INCENDIO MINACCIANTE un'applicazione FCH

Le 5 tabelle seguenti (estratte e tradotte dalle linee guida francesi) spiegano le sequenze operative su come affrontare le relative situazioni.

--	--	--



STRATEGIE & TATTICHE



18.9. Soccorso

Le situazioni coperte da questa sequenza sono:

- Persone ferite in un'applicazione FCH.
- Asfissia causata da una perdita di idrogeno in uno spazio confinato.
- Elettrocuzione.
- Ustioni causate da una perdita di idrogeno gassoso o liquido.

La sequenza indicativa passo dopo passo è indicata di seguito.

Tabella 1. Sequenza operativa per il SOCCORSO su un'applicazione FCH.

Passi	Azioni	Obiettivi
RICOGNIZIONE	Identificare	- Contattare il responsabile della sicurezza dell'impianto per i dettagli dell'incidente; - Tenere in considerazione il rischio di esplosione dell'idrogeno in spazi confinati; - Tenere in considerazione il rischio di carenza di ossigeno (anossia) negli spazi confinati.
	Vietare	- Proibire l'avanzamento sottovento. È imperativo stabilire una zona di esclusione di 50 m; - Vietare l'uso di dispositivi elettrici o elettronici nella zona di esclusione non ATEX (cellulari, radio, ecc.).
	Ispezionare	- Azionare le interruzioni di corrente esterne dell'edificio.
SOCCORSO	Agire Isolare	<u>In caso di fuga di idrogeno gassoso o liquefatto in spazi confinati:</u> - Indossare un autorespiratore; - Rimuovere la vittima colpita al di fuori della zona di esclusione. <u>In caso di rischio di vittima elettrificata o fulminata</u> - Utilizzare l'attrezzatura di elettroscorso per rimuovere la vittima; - Evitare il contatto dei vigili del fuoco con elementi elettrici.
PREPARAZIONE/ RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE		- Confermare o perfezionare la zona di esclusione (50 m); - Effettuare rilievi utilizzando un esplosimetro (dall'alto verso il basso dell'impianto o dell'impianto di stoccaggio).
PROTEZIONE		<u>Azioni per prevenire il rischio di anossia:</u> • Chiudere le valvole di alimentazione dell'idrogeno; • Aerare l'ambiente favorendo il prelievo naturale (non utilizzare ventilatori elettrici e termici). <u>Azione sul rischio elettrico:</u> Premere il pulsante di arresto di emergenza dell'impianto (ritardo di 20 minuti con presenza di corrente differenziale).
SGOMBERO ISPEZIONE FINALE		La fase di monitoraggio cessa non appena il livello di ossigeno nella stanza è normale (circa 20,9 vol. %); Controllare ripetutamente: <ul style="list-style-type: none"> • presenza di idrogeno nell'atmosfera; • l'impianto elettrico è messo in sicurezza e assistito da un tecnico.



STRATEGIE & TATTICHE



18.10. Incendio Elettrico

La situazione trattata da questa sequenza è quella di un incendio delle componenti elettriche delle applicazioni FCH.

Tabella 2. Sequenza operativa per l'INCENDIO delle componenti elettriche di un'applicazione FCH.

Passi	Azioni	Obiettivi
RICOGNIZIONE	Identificare	- Contattare il responsabile della sicurezza dell'impianto per i dettagli dell'incidente; - Tenere in considerazione i rischi di "bassa tensione".
	Vietare	- Vietare la progressione sottovento e stabilire imperativamente una zona di esclusione di 50 m; - Vietare l'uso di dispositivi elettrici o elettronici non ATEX nella zona di esclusione (cellulari, radio, ecc.).
	Ispezionare	- Operare le interruzioni di corrente esterne dell'edificio.
SOCCORSO	Agire Isolare	- In caso di idrogeno in spazi confinati: <ul style="list-style-type: none"> • Indossare un autorespiratore; • Rimuovere la vittima colpita al di fuori della zona di esclusione.
PREPARAZIONE/ RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE		- In caso di rischio di vittima elettrificata o fulminata: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare l'attrezzatura di elettroscorso per rimuovere la vittima; • Evitare il contatto dei vigili del fuoco con elementi elettrici.
		- Confermare o perfezionare la zona di esclusione (50 m) (basata sul rumore di una perdita in pressione, letture dell'esplosimetro, ecc.); - Procedere all'estinzione della fiamma in base alla sua virulenza: <ul style="list-style-type: none"> • Con estintore a polvere o CO₂ a una distanza superiore a > 1 m; • Con ugelli degli idranti a portata variabile in ingresso, impulso del getto spray ad una distanza superiore a 3m.
PROTEZIONE		- Premere il pulsante di arresto di emergenza dell'impianto (20 minuti dal momento con la presenza di una corrente differenziale); - Tenere conto del flusso d'acqua durante la fase di spegnimento timeout dell'impianto (rischio elettrico); - Chiudere le valvole di alimentazione dell'idrogeno; - Aerare i locali facilitando il prelievo naturale (aperture di aerazione esistenti).
SGOMBERO ISPEZIONE FINALE		- Cercare punti ad alta temperatura sullo stoccaggio dell'idrogeno utilizzando un dispositivo di imaging termico; - La fase di monitoraggio termina quando si rileva l'efficacia delle azioni volte all'estinzione.



STRATEGIE & TATTICHE



18.11. Incendio esterno

La situazione trattata riguarda un incendio che potrebbe minacciare un'applicazione FCH con sistema di stoccaggio H2/LH2.

Tabella 3. Sequenza operativa per un INCENDIO che potrebbe COMPROMETTERE un'applicazione FCH o stoccaggio H2/LH2.

Passi	Azioni	Obiettivi
RICOGNIZIONE	Identificare	<ul style="list-style-type: none"> - Contattare il responsabile della sicurezza dell'impianto per i dettagli dell'incidente; - Considerare il rischio di esplosione di un serbatoio di idrogeno in un incendio, con proiettili che percorrono diverse decine di metri per le bombole e diverse centinaia per i trailer.
	Vietare	<ul style="list-style-type: none"> - Vietare l'avanzamento sottovento e stabilire imperativamente una zona di esclusione di 50 m; - Vietare l'uso di dispositivi elettrici o elettronici non ATEX nella zona di esclusione (cellulari, radio, ecc.).
	Ispezionare	<ul style="list-style-type: none"> - Operare le interruzioni di corrente esterne dell'edificio.
SOCCORSO		<ul style="list-style-type: none"> - In caso di idrogeno in spazi confinati: <ul style="list-style-type: none"> • Indossare un autorespiratore; • Rimuovere la vittima colpita al di fuori della zona di esclusione. - In caso di rischio di vittima elettrificata o fulminata: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare l'attrezzatura di elettroscorso per rimuovere la vittima; • Evitare il contatto con gli oggetti interessati all'energia elettrica.
PREPARAZIONE/ RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE	Agire Isolare	<ul style="list-style-type: none"> - Confermare o perfezionare la zona di esclusione (serbatoi o impianti direttamente minacciati dalle fiamme); - Procedere con l'estinzione degli incendi; - Fornire il raffreddamento preventivo degli impianti e lo stoccaggio dell'idrogeno nei seguenti modi: <ul style="list-style-type: none"> • Installazione di un ugello tipo "coda di pavone"; • Attacco diretto con getto d'acqua diffuso sui serbatoi di idrogeno mediante una lancia con ugelli a portata variabile di minimo 250 l/min (evitare di dirigere i getti sulle tubazioni); • Stabilire un getto d'acqua diffuso per la protezione del punto sensibile (Power Bay ...).
PROTEZIONE		<ul style="list-style-type: none"> - Premere il pulsante di arresto di emergenza dell'impianto (20 minuti di momento della presenza di una corrente differenziale); - Chiudere le valvole di alimentazione dell'idrogeno; - Aerare i locali facilitando il prelievo naturale (aperture di aerazione esistenti).
SGOMBERO ISPEZIONE FINALE		<ul style="list-style-type: none"> - Cercare punti ad alta temperatura sullo stoccaggio dell'idrogeno utilizzando un dispositivo di imaging termico; -La fase di monitoraggio termina quando si rileva che: <ul style="list-style-type: none"> • Le azioni volte all'estinzione si sono rivelate efficaci; • L'acqua sparsa sui serbatoi di idrogeno non evapora a contatto con le superfici.



STRATEGIE & TATTICHE



18.12. Rilascio di H2 con ignizione

Lo scenario trattato in questa sequenza riguarda una perdita di H2 con ignizione.

Tabella 4. Sequenza operativa per un RILASCIO DI IDROGENO CON IGNIZIONE .

Passi	Azioni	Obiettivi
RICOGNIZIONE	Identificare	- Contattare il responsabile della sicurezza dell'impianto per i dettagli dell'incidente; - Tenere in considerazione la dispersione di H ₂ nelle vicinanze prima dell'innesco (possibilità di UVCE, cioè esplosione di nubi di vapore non confinata).
	Vietare	- Vietare l'avanzamento sottovento e stabilire imperativamente una zona di esclusione di 50 m; - Vietare l'uso di dispositivi elettrici o elettronici non ATEX nella zona di esclusione (cellulari, radio, ecc.); - Proibire l'estinzione delle fiamme da idrogeno; - Vietare gli interventi sull'impianto elettrico dell'impianto in caso di fuga di idrogeno.
	Ispezionare	- Operare le interruzioni di corrente esterne dell'edificio; - Confermare la presenza di una perdita innescata e la sua lunghezza mediante una termocamera (fiamma quasi completamente invisibile alla luce del giorno); - Prestare attenzione al rumore molto forte di una fuga di gas con ignizione.
SOCCORSO	Agire Isolare	- In caso di idrogeno in spazi confinati: <ul style="list-style-type: none"> • Indossare un autorespiratore; • Rimuovere la vittima colpita al di fuori della zona di esclusione.
PREPARAZIONE/ RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE		- In caso di rischio di vittima elettrificata o fulminata: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare l'attrezzatura di elettrosoccorso per rimuovere la vittima; • Evitare il contatto con gli oggetti interessati all'energia elettrica.
PROTEZIONE		- Perfezionare l'area di esclusione (rilevamenti da esplosimetro, informazioni sulla natura dell'incidente...); - Realizzare cortine d'acqua per prevenire la propagazione del fuoco; - Se necessario, fornire un raffreddamento preventivo sullo stoccaggio dell'idrogeno e sulle strutture vicine.
SGOMBERO ISPEZIONE FINALE		- Chiudere le valvole di alimentazione dell'idrogeno; - Aerare i locali facilitando il prelievo naturale (aperture di aerazione esistenti). - Cerca i punti ad alta temperatura sul serbatoio dell'idrogeno utilizzando un dispositivo di imaging termico; - Condurre rilevazioni con esplosimetro in spazi confinati dando priorità ai punti in alto; - Premere il pulsante di arresto di emergenza dell'impianto (ritardo di 20 minuti in presenza di un differenziale).

18.13. Rilascio di H₂/LH₂ senza ignizione

Lo scenario trattato dalla sequenza riguarda un rilascio di H₂ senza ignizione.

Tabella 5. Sequenza operativa per un RILASCIO DI IDROGENO SENZA IGNIZIONE.

Passi	Azioni	Obiettivi
RICOGNIZIONE	Identificare	<ul style="list-style-type: none"> - Contattare il responsabile della sicurezza dell'impianto per i dettagli dell'incidente. - Tenere in considerazione il rischio di esplosione
	Vietare	<ul style="list-style-type: none"> - Vietare l'avanzamento sottovento e stabilire imperativamente una zona di esclusione di 50 m; - Vietare l'uso di dispositivi elettrici o elettronici non ATEX nella zona di esclusione (cellulari, radio, ecc.); - Vietare le azioni sul sistema elettrico dell'impianto in caso di perdita di idrogeno.
	Ispezionare	<ul style="list-style-type: none"> - Operare le interruzioni di corrente esterne dell'edificio.
SOCCORSO	Agire Isolare	<ul style="list-style-type: none"> - In caso di idrogeno in spazi confinati: <ul style="list-style-type: none"> • Indossare un autorespiratore; • Rimuovere la vittima colpita al di fuori della zona di esclusione. - In caso di rischio di vittima elettrificata o fulminata: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare l'attrezzatura di elettroscorso per rimuovere la vittima; • Evitare il contatto con gli oggetti interessati all'energia elettrica.
PREPARAZIONE/ RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE		<ul style="list-style-type: none"> - Perfezionare l'area di sicurezza in base alle misurazioni dell'esplosimetro (dall'alto al basso dell'istallazione); - Chiudere le valvole di alimentazione dell'idrogeno; - Aerare i locali facilitando il prelievo naturale (aperture di aerazione esistenti).
PROTEZIONE		
SGOMBERO ISPEZIONE FINALE		<ul style="list-style-type: none"> - La fase di monitoraggio finisce quando non c'è più il rischio di esplosione nell'area messa in sicurezza (svuotamento completo del serbatoio o scarico in aria aperta in un'area di sicurezza monitorata dagli operatori, ventilazione efficiente del luogo). <p>Premere il pulsante di arresto di emergenza dell'impianto (ritardo di 20 minuti in presenza di una corrente residua).</p>

Nota: l'azione sul pulsante di arresto di emergenza durante la fase di Ispezione finale azzerà le fonti di innesco elettriche intrinseche all'impianto.



STRATEGIE & TATTICHE



19. TEAM HYRESPONDERS DI VIGILI DEL FUOCO ED ATTREZZATURA

Tutte le attrezzature antincendio utilizzate nel programma HyResponder devono essere conformi al seguente documento:

“Catalogue des Normes Applicables aux Sapeurs-Pompiers et à la Sécurité civile Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises Sous-direction des ressources, des compétences et de la doctrine d'emploi Bureau de la Formation, des Techniques et des Équipements, Version Éditée le 27 août 2014» e successivi.

19.1. Il team

La tipica attrezzatura antincendio utilizzata nel training di HyResponder richiede la seguente squadra:

- Capo dell'equipaggiamento (primo funzionario di guardia)
- Autista/operator della pompa
- Team leader 1
- Vigile del fuoco 1
- Team leader 2
- Vigile del fuoco 2

Ciascun vigile del fuoco deve indossare un completo equipaggiamento antincendio composto in particolare dai seguenti elementi:

Casco con visiera, cappuccio, giacca antifiama, pantaloni antifiama e stivali e guanti da pompiere. Tutti gli indumenti protettivi devono essere indossati come un set completo.

È obbligatorio anche l'uso di un autorespiratore.



19.2. L'attrezzatura per l'incendio

Il veicolo utilizzato in HyResponder è la Pompa Francese (fourgon pompe tonne). Presenta le caratteristiche specificate dalla norma europea EN 1846-1/2/3 e dalla norma francese NFS 61-515. Per contrastare gli incendi da H₂, sono necessari i seguenti strumenti aggiuntivi:

- Rilevatore di gas infiammabile polivalente
- Rilevatore di H₂
- Termocamera
- Rilevatore di O₂

19.3. Schede tattiche specifiche proposte per le applicazioni selezionate

Considerando le conoscenze esistenti sugli incendi delle applicazioni dell'idrogeno, il progetto HyResponder propone le seguenti “Schede tattiche”.

EERG – V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	<h2>STRATEGIE & TATTICHE</h2>	

Per ogni applicazione selezionata (auto, autobus, carrello elevatore, trailer, stazione di rifornimento, unità di generazione di energia stazionaria (SPGS), sistema di accumulo di energia a base di idrogeno (H2ESS)), proponiamo un approccio tattico per 4 incidenti:

- No perdita, no incendio
- Perdita di H₂,
- Incendio
- Incendio esterno che potrebbe mettere a rischio l'applicazione

Per ogni situazione proponiamo una sequenza passo dopo passo, informazioni sui punti di sicurezza e distanze di sicurezza indicative **in caso di guasto dei dispositivi di rilascio della pressione e per proteggere la popolazione dagli effetti dell'esplosione dei serbatoi.**

Avviso importante: tenere presente che le distanze specificate sono INDICATIVE. Il funzionario di guardia deve allargare o ridurre il perimetro di sicurezza considerando la situazione reale e soprattutto le capacità dei serbatoi di H₂ (o O₂) coinvolti.

Fare riferimento alla sezione "come utilizzare i nomogrammi".

--	--	--

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell No perdita no incendio



20. VEICOLI FUEL CELL

20.1. No perdita, no incendio

AUTO FC / CARRELLO ELEVATORE FC

Tattica n° 1

NO PERDITA, NO INCENDIO
(allarme tecnico, incidente sul lavoro, incidente nel traffico su strada)

ALLA CASERMA DEI POMPIERI

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di veicolo interessato.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.



Veicoli Fuel Cell No perdita no incendio



ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 50 metri (55 iarde).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso? Intrappolato all'interno?
- Quale tipo di veicoli è interessato?
- Cos'è successo?
- Si è verificata una perdita? Si verifica ancora una perdita? (se si verifica ancora una perdita fare riferimento alla Tattica n°2: perdita senza incendio).
- Una parte del veicolo è danneggiata?

Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.)

- Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Identificazione del veicolo:

Il veicolo FC può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV (Figura 3). Oppure controllare il foglio di soccorso (*rescue sheet*) del veicolo.

Azionare il rilevatore di H₂.

SOCCORSO

Eeguire il soccorso come un incidente convenzionale (in questa situazione di assenza di incendio potrebbe essere utilizzati getti d'acqua nebulizzati).

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Aprire porte e cofani (se presenti).
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Spegner la chiave di accensione.

EERG – V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell No perdita no incendio



- Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile (per autobus e carrelli elevatori). Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
- Se non è possibile raggiungere la chiave di avviamento, rimuovere tutti i fusibili nelle scatole dei fusibili e quindi tagliare il cavo negativo della batteria a bassa tensione (12 o 24V), facendo attenzione a non creare una scintilla di accensione (spegnendo l'impianto elettrico generale di alimentazione del veicolo). Prestare attenzione ai cavi e alle batterie ad alta tensione.
- Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera. Se viene rilevato H₂, applicare la tattica per la perdita di H₂.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).
- Allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione delle squadre.
- Ascoltare se si sente un getto di perdita di idrogeno.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non si rilevano perdite di H₂ e segni di incendio:

- Coinvolgere la risoluzione degli incidenti seguendo le Emergency Response Guides dei produttori e i relativi rescue sheets (fogli di soccorso).

NON:

- Tagliare o pressare le linee H₂.
- Tagliare o pressare le linee di alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di idrogeno.
- Danneggiare lo Stack di batterie per la trazione.

Se viene rilevata una perdita di H₂, applicare la tattica n°2 "RILASCIO DI H₂ SENZA INCENDIO".

ISPEZIONE FINALE

- Dopo un ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso da personale autorizzato (idealmente dal costruttore del veicolo).



Veicoli Fuel Cell Rilascio senza incendio



20.2. Rilascio senza ignizione

AUTO FC / CARRELLO ELEVATORE FC

Tattica n° 2

RILASCIO DI H2 SENZA INCENDIO

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Tipo di veicolo interessato.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO

scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 iarde).
- Per un BUS: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri (220 iarde).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA



Veicoli Fuel Cell Rilascio senza incendio



SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO (condurre le operazioni di soccorso con il back up di una linea di acqua carica).

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

Rispondere alle seguenti domande:

- Quale tipo di veicoli è interessato?
- Cos'è successo?
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?

IDENTIFICAZIONE DEL VEICOLO:

Il veicolo FC può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV (Figura 3).

Confermare l'area di sicurezza con un rilevatore di H₂.

- Se si rileva H₂, ridefinire l'area di sicurezza.
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F). Controllare la presenza di possibili sorgenti di innesco.

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni (in questa situazione di rilascio senza incendio potrebbe essere utilizzata anche una nebulizzazione d'acqua).

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile (strumento di estrazione: utilizzare il metodo implementato nella nazione). Un sistema a pompa potrebbe essere più sicuro di uno a batteria, tuttavia la pompa dovrebbe essere in una zona sicura e rispettare la distanza con l'auto.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube.

Evacuare i passeggeri nella direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile nella direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Se il veicolo è all'interno di un edificio, prevenire l'accumulo di H₂ tramite un'ampia ventilazione dell'edificio.
- Aprire porte e cofani (se presenti).
- Azionare il freno a mano.



Veicoli Fuel Cell Rilascio senza incendio



- Bloccare il veicolo.
- Spegner la chiave di accensione.
Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile o del sistema idrogeno in generale (per autobus e carrelli elevatori). Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
- Non azionare nessun altro interruttore elettrico per evitare la creazione di scintille elettriche (durante l'estrazione prestare attenzione all'alta tensione).
- Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera.
- Ridefinire l'area di sicurezza.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

- Se la perdita di H₂ continua dopo la fase di protezione, chiudere la valvola H₂ il più vicino possibile al serbatoio H₂.
- Se non è possibile raggiungere una valvola H₂, lasciare che l'H₂ fuoriesca in sicurezza finché il serbatoio non è vuoto.
- Distribuire una cortina d'acqua con il monitor.

ISPEZIONE FINALE

- Dopo un ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso da personale autorizzato (idealmente dal costruttore del veicolo).



Veicoli Fuel Cell Incendio



20.3. Incendio

AUTO FC/ CARRELLO ELEVATORE FC

Tattica n° 3

INCENDIO

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Tipo di veicolo interessato.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO

scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 iarde).
- Per un BUS: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri (220 iarde).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:



Veicoli Fuel Cell Incendio



INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

Rispondere alle seguenti domande:

- Qualcuno è minacciato dall'incendio? Dove?
- Quanti veicoli sono coinvolti nell'incendio?
- Quanti di questi veicoli sono alimentati da H2 o da un altro gas infiammabile compresso?
- Si è sentito un forte sibilo prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?
- Dove può essere localizzata la valvola di sovrappressione H2 nel veicolo?
- Il TPRD si è attivato? Si è verificata la fiamma?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Identificazione del veicolo:

Il veicolo FC può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV (Figura 3).

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile (Figura 10). Essere equipaggiati con PBE.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1 nell'evacuazione dei passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire che le fiamme si propaghino ad altri veicoli o edifici.
- Spostare i veicoli adiacenti non coinvolti in qualsiasi maniera possibile (guidando, trainando, spingendo, ecc.).
- Se il veicolo è in un edificio, prevenire che i gas combustibili o l'idrogeno si accumulino operando un'ampia ventilazione dell'edificio.
- Se possibile e sicuro:
 - Aprire porte e cofani (se presenti).
 - Azionare il freno a mano.
 - Bloccare il veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione (durante l'estinzione stare attenti all'alto voltaggio).
- Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile (per autobus e carrelli elevatori). Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
- Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera (misura preventiva).
- Ridefinire l'area di sicurezza.



Veicoli Fuel Cell Incendio



- Verificare ripetutamente la temperatura del serbatoio tramite una termocamera.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Nel caso di alta posta in gioco:

Eseguire un attacco dell'incendio offensivo.

Ciascuna Squadra predisporre 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio (Figura 4).
Essere dotato di PBE.

- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio H₂. Ciò impedisce il funzionamento del dispositivo di rilascio della pressione termica.
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio del veicolo.

Le squadre evitano di passare attraverso angoli pericolosi (Figure 5-6-7).

- Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.
- Appena possibile, bloccare il veicolo.
- Tenere presente che l'acqua verrà inquinata durante l'estinzione (soprattutto se la batteria è danneggiata).
- Operare il suo contenimento con attrezzature adeguate.

Se non c'è una posta in gioco identificata:

Valutare l'opportunità di far bruciare il veicolo in sicurezza.

ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame fin quando il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Dopo l'ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso da personale autorizzato (idealmente dal costruttore).



Veicoli Fuel Cell Incendio esterno



20.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC

AUTO FC / CARRELLO ELEVATORE FC

Tattica n° 4

INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA L'APPLICAZIONE FC

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente .
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di veicolo interessato.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 iarde).
- Per un BUS: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri (220 iarde).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA



Veicoli Fuel Cell Incendio esterno



Rispondere alle seguenti domande:

- Qualcuno è ferito? Compromesso? Intrappolato all'interno?
- Cosa sta bruciando?
- Qual è l'intensità/forza dell'incendio?
- Quale distanza tra l'incendio e il veicolo FC?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1.
- Evacuazione dei passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto d'acqua tra l'incendio ed il veicolo FCH.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Eseguire un attacco dell'incendio difensivo:

Ciascuna Squadra predisporre 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto d'acqua tra l'incendio ed il veicolo FCH.
- Squadra 2: Estinguere l'incendio con acqua, schiuma o polvere in funzione di ciò che sta bruciando.

Se non è possibile spegnere l'incendio, o se non è disponibile personale sufficiente, tentare di spostare il veicolo FCH in ogni modo possibile (guidando, trainando, spingendo) lontano dall'effetto radiante dell'incendio.

ISPEZIONE FINALE



Veicoli Fuel Cell Illustrazioni & tabelle



Figura 42: Preparazione all'attacco offensivo dell'incendio (connessioni all'idrante se disponibile). ©crise-2015



Figura 43: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH su ruote in un incendio. ©crise-2015

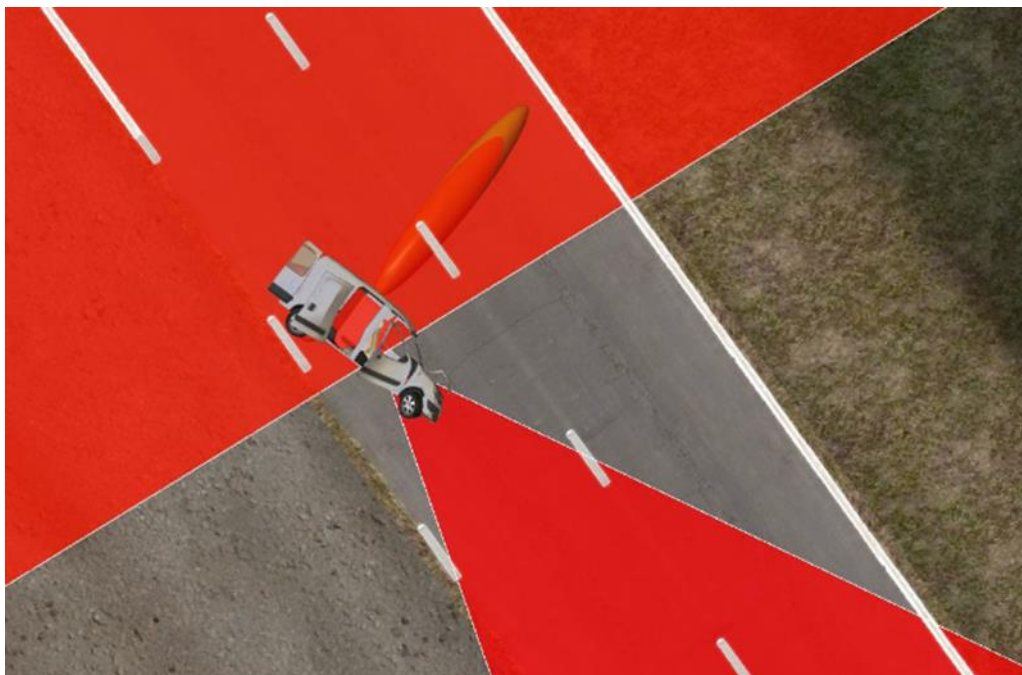


Figura 44: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH posizionato su un lato (TPRD posizionata sul tetto). ©crise-2015



Figura 45: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH posizionato su un lato (TPRD posizionata tra le ruote posteriori con un angolo di 45°). ©crise-2015

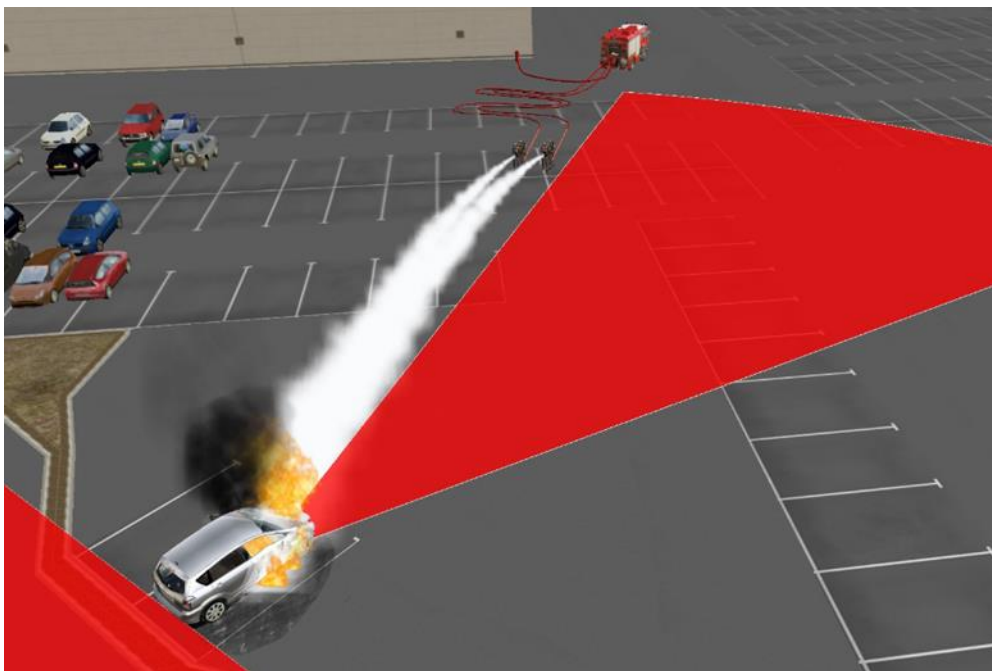


Figura 46: Attacco dell'incendio offensivo con due squadre (prima fase). ©crise-2015



Figura 47: Attacco dell'incendio offensivo con due squadre (seconda fase). ©crise-2015



Veicoli Fuel Cell Illustrazioni & tabelle



Figura 48: Soccorso vicino ad un veicolo FCH in fiamme. ©crise-2015



Figura 49: Sfiato di rilascio H2 di un carrello elevatore (su ciascun lato).
©Air Liquide-2014



Veicoli Fuel Cell Illustrazioni & tabelle

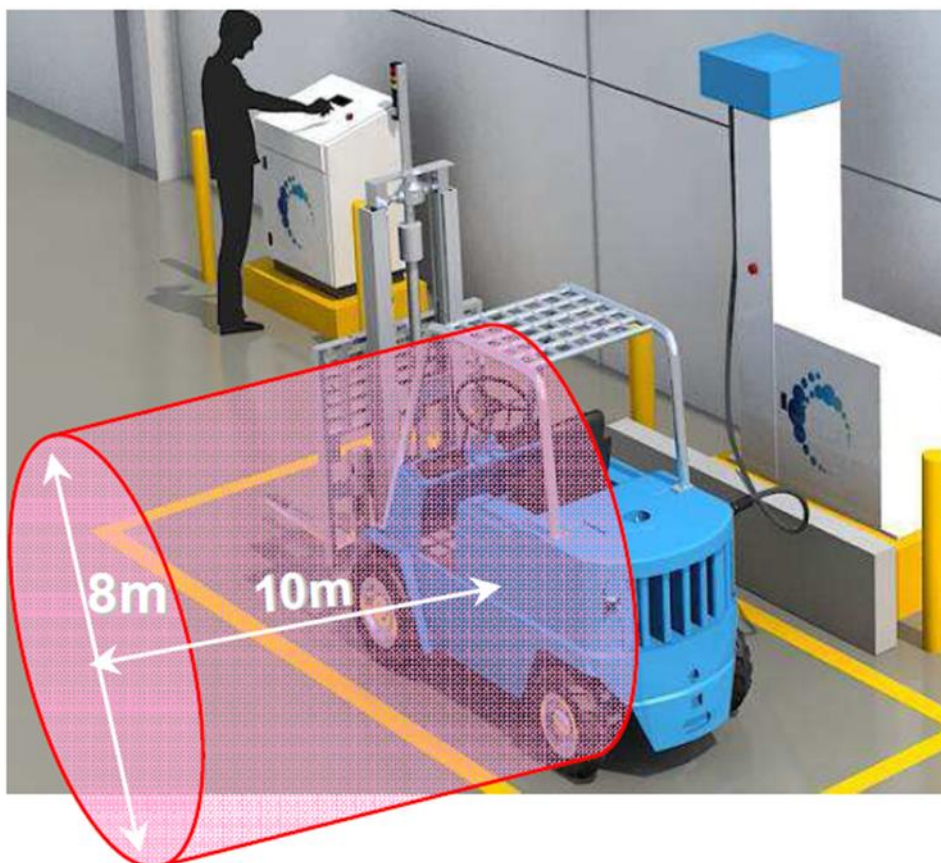


Figura 50: Area di pericolo per un carrello elevatore durante il rilascio di H₂ da TPRD (su ciascun lato per 1 minuto). ©Air Liquide-2014



Veicoli Fuel Cell Illustrazioni & tabelle



Figura 51: Incendio in prossimità di carrelli elevatori. ©crise-2015

Pressione nel serbatoio di idrogeno, MPa	Diametro TPRD, mm	Distanze a 4 vol %, m	Distanze a 8 vol %, m
35	2	15	7
35	3	23	11
35	4	31	15
35	5	38	18
35	6	46	22
70	2	20	10
70	3	30	14
70	4	40	19
70	5	50	24

Tabella 6. Concentrazioni di idrogeno in aria in funzione della distanza dalla perdita (m).



Veicoli Fuel Cell Illustrazioni & tabelle



Pressione nel serbatoio, MPa	Diametro TPRD, mm	Lunghezza di fiamma, m	SD (nessun danno), m	SD (soglia del dolore), m	SD (ustioni di 3 rd grado), m
35	2	5	18	16	10
35	3	8	27	23	16
35	4	10	36	26	18
35	5	13	46	39	26
35	6	16	55	47	31
70	2	7	23	20	13
70	3	10	35	30	20
70	4	13	46	40	27
70	5	17	58	50	33
70	6	20	70	60	40

Tabella 7. Lunghezze di fiamma e distanze di separazione (SD) per jet fires da serbatoi di idrogeno a bordo.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



**Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni
No perdita, No incendio**



21. AUTOBUS FC, AUTOCARRI FC, TRENI FC

21.1. No perdita, no incendio

	AUTOBUS FC/AUTOCARRI FC/TRENI FC	
Tattica n° 5	<p>NO PERDITA, NO INCENDIO (allarme tecnico, incidente sul lavoro, incidente nel traffico su strada)</p> <p>The image shows three hydrogen-powered vehicles: a blue bus with 'Wasserstoff - Der Energieträger der Zukunft im ÖPNV' and 'NULL Emission' on its side, a white hydrogen truck, and a red and white hydrogen train.</p>	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente (potrebbe includere utilizzare il tracciamento del veicolo).
- Puoi usare GIS: <https://www.google.com/earth/> o il QR code per comprendere velocemente le circostanze:



- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Puoi controllare i social media (Facebook/Twitter) per raccogliere informazioni prima dell'arrivo sulla scena.
- Tipo di veicolo interessato tramite la *emergency response guidance* del produttore.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.
- App Meteo: <https://www.weather-forecast.com> (controlla la sezione meteo-drone se consideri l'utilizzo di un drone).

ITINERARIO scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni No perdita, No incendio



PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.

Connessione ai dispositivi di misurazione disponibili alla tua squadra di vigili del fuoco.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Senti una perdita?
- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio da 50 metri a 100 metri.
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso? Intrappolato all'interno?
- Quale tipo di veicolo è interessato?
- Cos'è successo?
- Dimensioni del serbatoio di gas nel veicolo e contenuto in litri.
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita? Hai sentito un fischio?
- Una parte del veicolo è danneggiata?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.).

Identificazione del veicolo: FCHV può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV.

Azionare il rilevatore di H₂ sopra ed intorno al veicolo.

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale con materiale pericoloso.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni No perdita, No incendio



PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Utilizzare solo il personale necessario.

Aprire porte e cofani (se presenti).

Azionare il freno a mano.

Bloccare il veicolo.

Spegnere la chiave di accensione.

Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile.

- Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
- Per gli autocarri, treni e navi: *safety data sheets* o *rescue sheet* a bordo.

Se non è possibile raggiungere la chiave di avviamento, rimuovere tutti i fusibili nelle scatole dei fusibili e quindi tagliare il cavo negativo della batteria a bassa tensione (12 o 24V), facendo attenzione a non creare una scintilla di accensione.

Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera. Se viene rilevato H₂, applicare la tattica per la perdita di H₂.

Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).

Allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione delle squadre.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non si rilevano perdite di H₂ e segni di incendio:

- Coinvolgere la risoluzione degli incidenti seguendo le *Emergency Response Guides* dei produttori.

NON:

- Tagliare o pressare le linee H₂.
- Tagliare o pressare le linee di alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di idrogeno.
- Danneggiare lo Stack di batterie per la trazione.

Se viene rilevata una perdita di H₂, applicare la tattica n°2 "RILASCIO DI H₂ SENZA INCENDIO".

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso da personale autorizzato (idealmente dal costruttore del veicolo). Per evitare il rischio di fiamme dalle batterie, eseguire una verifica con camera termica.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Perdita di H2, No incendio



21.2. Perdita di H2 senza incendio

AUTOBUS FC/AUTOCARRI FC/TRENI FC



Tattica n° 6

PERDITA DI H2 SENZA INCENDIO

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente (potrebbe includere utilizzare il tracciamento del veicolo).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di veicolo interessato con la *emergency response guidance* del produttore.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri.
- **Per un bus, autocarro, treno, nave: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri.**
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA: INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Perdita di H₂, No incendio



SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA, rispondere alle seguenti domande:

- Quale tipo di veicoli è interessato?
- Cos'è successo?
- Dimensioni del serbatoio di gas del veicolo e contenuto in litri.
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Identificazione del veicolo: il veicolo FC può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV.

Confermare l'area di sicurezza con un rilevatore di H₂.

Se si rileva H₂, ridefinire l'area di sicurezza.

Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale con materiale pericoloso, se un umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube.

Adattare il piano di azione coinvolgendo ulteriori squadre in base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato.

Evacuare i passeggeri nella direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile nella direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Se il veicolo è all'interno di un edificio, prevenire l'accumulo di H₂ tramite un'ampia ventilazione dell'edificio. Se possibile con un ventilatore ATEX.
- Aprire porte e cofani (se presenti).
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione.
- Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile.
Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
For gli autocarri, i treni e le navi: *safety data sheets* o *rescue sheet* a bordo.
- Non azionare nessun altro interruttore elettrico per evitare la creazione di scintille elettriche.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Perdita di H₂, No incendio



- Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera.
- Ridefinire l'area di sicurezza.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F.)

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se la perdita di H₂ continua dopo la fase di protezione, chiudere la valvola H₂ il più vicino possibile al serbatoio H₂.

Se non è possibile raggiungere una valvola H₂, lasciare che l'H₂ fuoriesca in sicurezza finché il serbatoio non è vuoto.

Nelle aree urbane, verificare il livello di idrogeno negli edifici circostanti.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso dal personale autorizzato (idealmente dal costruttore del veicolo).

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Incendio



21.3. Incendio

AUTOBUS FC/AUTOCARRI FC/TRENI FC



Tattica n° 7

INCENDIO

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente (potrebbe includere utilizzare il tracciamento del veicolo).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di veicolo interessato con la *emergency response guidance* del produttore.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri.
- **Per un bus, autocarro, treno, nave: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri.**
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA, INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO poi rispondere alle seguenti domande:

- Qualcuno è minacciato dall'incendio? Dove?

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Incendio



- Quanti veicoli sono coinvolti nell'incendio?
- Quanti di questi veicoli sono alimentati da H2 o da un altro gas infiammabile compresso?
- Si è sentito un forte sibilo prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Identificazione del veicolo: il veicolo FC può essere riconosciuto dalla grafica del veicolo ibrido a celle a combustibile FCHV

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale con materiale pericoloso, se un umano è minacciato o interessato dall'incendio. Essere equipaggiati con PBE.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile. Il percorso deve essere identificato tramite termocamera a seguito delle possibili direzioni della TPRD o presenza di ostacoli che potrebbero deviare la direzione naturale della fiamma.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1.

Adattare il piano di azione coinvolgendo ulteriori squadre in base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato. Ricorda: mantenere la strategia per il coinvolgimento di due squadre.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire che le fiamme propaghino ad altri veicoli o edifici.
- Spostare i veicoli adiacenti non coinvolti in qualsiasi maniera possibile (guidando, trainando, spingendo, ecc.).
- Se il veicolo è in un edificio, prevenire che i gas combustibili o l'idrogeno si accumulino operando un'ampia ventilazione dell'edificio.
- Se possibile e sicuro:
- Aprire porte e cofani (se presenti).
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Premere il dispositivo di arresto di emergenza delle celle a combustibile.
 - Per gli autobus, il dispositivo di arresto di emergenza è generalmente situato vicino al sedile del conducente, sul lato sinistro e un altro è su una cella a combustibile nel vano "motore", situata nella parte posteriore dell'autobus.
 - Per gli autocarri, i treni e le navi: *safety data sheets* e *rescue sheet* a bordo.
- Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera.
- Ridefinire l'area di sicurezza.
- Verificare ripetutamente la temperatura del serbatoio tramite una termocamera.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Incendio



Nel caso di situazione con alta posta in gioco, eseguire un attacco dell'incendio offensivo. Ciascuna Squadra predisporre 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio H₂ e ciò impedisce il funzionamento del dispositivo di rilascio della pressione termica.
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio del veicolo.

Adattare il piano di azione coinvolgendo ulteriori squadre in base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato. Ricorda: mantenere la strategia per il coinvolgimento di due squadre.

Le squadre dovrebbero evitare di avvicinarsi al veicolo da angolazioni pericolose (vicino la zona dello stoccaggio del veicolo: sul tetto per bus e treni / lo stesso delle auto per gli autocarri).



Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme. Appena possibile, bloccare il veicolo.

Tenere presente che l'acqua verrà inquinata durante l'estinzione (soprattutto se la batteria è danneggiata), operare il suo contenimento.


Se non c'è una posta in gioco identificata, valutare l'opportunità di far bruciare il veicolo in sicurezza. Tenere presente che un FCH può bruciare per un lungo periodo.

ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame fin quando il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Dopo l'ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso dal personale autorizzato (idealmente dal costruttore).

EERG - V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Incendio esterno	

21.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC

	AUTOBUS FC/AUTOCARRI FC/TRENI FC	
Tattica n° 8	INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA L'APPLICAZIONE FC (stabilimento, stazione H2, impianto di stoccaggio/produzione H2)	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente (potrebbe includere utilizzare il tracciamento del veicolo).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di veicolo interessato con la *emergency response guidance* del produttore.
- Cosa è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Per un'AUTO o CARRELLO ELEVATORE: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri.
- **Per un bus, autocarro, treno, nave: allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 200 metri.**

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

Rispondere alle seguenti domande:

--	--	--

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Veicoli Fuel Cell di grandi dimensioni Incendio esterno



- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cosa sta bruciando?
- Qual è l'intensità/forza dell'incendio?
- Quale distanza tra l'incendio e il veicolo FCH?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale con materiale pericoloso. Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato da un incendio:

- Squadra 1: estrarre la/vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione della Squadra 1.

Adattare il piano di azione coinvolgendo ulteriori squadre in base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato. Ricorda: mantenere la strategia per il coinvolgimento di due squadre.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto/cortina d'acqua tra l'incendio ed il veicolo FCH.

In base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato, ulteriori squadre possono essere coinvolte in questa procedura.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Eseguire un attacco dell'incendio difensivo, ciascuna Squadra predisporre 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite una cortina d'acqua tra l'incendio ed il veicolo FCH.
- Squadra 2: Estinguere l'incendio con acqua, schiuma o polvere in funzione di ciò che sta bruciando.

Adattare il piano di azione coinvolgendo ulteriori squadre in base alle dimensioni dell'evento e del veicolo interessato. Ricorda: mantenere la strategia per il coinvolgimento di due squadre.

Se non è possibile spegnere l'incendio, o se non è disponibile personale sufficiente, tentare di spostare il veicolo FCH in ogni modo possibile (guidando, trainando, spingendo) lontano dall'effetto radiante dell'incendio.

ISPEZIONE FINALE

Verificare la temperatura del veicolo FCH mediante una termocamera.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 No perdita, No incendio



22. TRAILER H2

22.1. No perdita, no incendio

Trailer H2

NO PERDITA, NO INCENDIO
(allarme tecnico, incidente sul lavoro,
incidente nel traffico su strada)

Tattica n°9



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente (potrebbe includere utilizzare il tracciamento del veicolo).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Che tipo di trailer è coinvolto? Dimensione, carico? È pieno o vuoto? Cercare la *emergency response guidance* del produttore.
- Il carico è smantellato?
- Controllare Twitter, Facebook o altri canali di informazioni per trovare una foto in tempo reale.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.
- App Meteo: <https://www.weather-forecast.com>

ITINERARIO scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.
- Verificare la presenza di webcam nelle vicinanze .

Risorse aggiuntive: Controllare ISO 17840 / ERG 2020 (Guide 115).

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 No perdita, No incendio



ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H2.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.
- Solo personale assolutamente necessario in loco. Esplora i dintorni: ad es. serbatoi, stazione d'idrogeno ecc. per valutare un eventuale effetto domino.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio da 50 metri a 100 metri (55-110 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.
- Verificare la presenza di possibili sorgenti di innesco, considerare l'elettricità statica.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Quale tipo di veicolo è interessato? Se disponibile e non eccessivamente dispendioso in termini di tempo utilizzare google lens per un aiuto nell'identificazione.
- Cos'è successo?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- Una parte dell'autocarro è danneggiata?
- Il trailer è smantellato? C'è una perdita di carico?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.
- Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.).
- Esiste una perdita di liquido infiammabile?
- Azionare il rilevatore di H2.
- Visualizzare i *safety data sheet* (se disponibile e non eccessivamente dispendioso in termini di tempo).

SOCCORSO

Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale. Adattare ed eseguire il soccorso seguendo le tattiche convenzionali nazionali ed europei.

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 No perdita, No incendio



- Verificare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera. Se viene rilevato H2, applicare la tattica per la perdita di H2.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).
- Allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione delle altre squadre.
- Se disponibili, dare priorità all'uso di strumenti anti-scintilla.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

- Controllare e chiudere ogni valvola H2 sul trailer con la protezione di tubi flessibili carichi.
- Se non ci sono rilevazioni di perdite di H2 o segni di incendio:
- Procedere e agire come generalmente fatto per un incidente nel traffico su strada e con le corrispondenti guide di estrazione. In tutti i momenti mantenere la misurazione di H2 attiva.

NON:

- Tagliare o pressare le linee H2.
- Danneggiare il serbatoio di idrogeno.

Se c'è una perdita di carico o se il rimorchio è danneggiato, ispezionare singolarmente ogni cilindro. Contattare l'azienda di trasporto per evacuare in sicurezza le bombole.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico dell'H2, assicurarsi che il veicolo o il rottame, e il carico vengano rimossi da personale autorizzato (idealmente compagnia di trasporti).

Mettere in sicurezza l'ambiente: se possibile, spostare i serbatoi e gli altri veicoli cisterna fuori dall'area di attività.

Considerare e organizzare le precauzioni di sicurezza necessarie durante il salvataggio e il traino.

EERG - V13


EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 Perdita di H2 senza incendio



22.2. Perdita di H2 senza incendio

	Trailer H2	
Tattica n° 10	PERDITA DI H2 SENZA INCENDIO	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Cos'è successo?
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Che tipo di trailer è coinvolto? Dimensione, carico? È pieno o vuoto?
- Il carico è smantellato? O c'è una perdita di carico?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H2.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.
- Solo personale assolutamente necessario in loco. Esplora i dintorni: ad es. serbatoi, stazione d'idrogeno ecc. per valutare un eventuale effetto domino.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 yd).

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 Perdita di H2 senza incendio



- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.
- Verificare la presenza di possibili sorgenti di innesco, considerare l'elettricità statica.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI (L'AUTISTA) E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Quale tipo di veicolo è coinvolto? (Figura 22).
- Cos'è successo?
- Il trailer è smantellato? C'è una perdita di carico?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?
- Controllare la possibile presenza di H2 negli spazi confinati.
- Confermare l'area di sicurezza con un rilevatore di H2. Se si rileva H2, ridefinire l'area di sicurezza.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F).

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube con una linea flessibile carica.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo (più di 150°C/302°F).
- Mantenere sempre presidiata la linea del tubo.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Rimanere in ascolto per rumori anormali.

Verificare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera (misura preventiva).

Controllare e chiudere ogni valvola H2 sul trailer con la protezione di un tubo flessibile carico. Considerare se è sicuro permettere il rilascio di H2 nell'ambiente, prendere le precauzioni necessarie.

ISPEZIONE FINALE

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Trailer H2 Perdita di H2 senza incendio



- Dopo un ultimo controllo atmosferico dell'H2, assicurarsi che il veicolo o il rottame, e il carico vengano rimossi da personale autorizzato (idealmente compagnia di trasporti).
- Considerare e organizzare le precauzioni di sicurezza necessarie durante il salvataggio e il traino.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 INCENDIO



22.3. Incendio

Trailer H2

Tattica n° 11

INCENDIO



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Che tipo di trailer è coinvolto? Dimensione, carico? È pieno o vuoto?
- Il carico è smantellato? O c'è una perdita di carico?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio da 50 metri a 100 metri (55-110 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 INCENDIO



VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI (L'AUTISTA) E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Quale tipo di veicolo è coinvolto?
- Cos'è successo?
- Il trailer è smantellato? C'è una perdita di carico?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.
- Il cilindro è coinvolto in un incendio?
- Controllare la scena dell'incendio con una termocamera:
- Il cilindro è la causa della perdita con ignizione della perdita di H2?
- Il cilindro è irradiato dalle fiamme?

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere le azioni della Squadra 1 con un tubo flessibile carico.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire che le fiamme propaghino ad altri veicoli o edifici.
- Spostare i veicoli adiacenti non coinvolti in qualsiasi maniera possibile (guidando, trainando, spingendo, ecc.).

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

In caso di situazione di alto livello di posta in gioco:

Eseguire un attacco offensivo dell'incendio:

Ogni Squadra predisporre da 80 a 100 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio di H2 per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi (se disponibile, considerare l'utilizzo di monitor dell'acqua non presidiati per raffreddare i serbatoi).
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio del veicolo. Ricordare che la schiuma può essere utilizzata per spegnere il camion (traino) mentre l'acqua viene utilizzata per raffreddare i serbatoi del rimorchio. Assicurarsi di non sciacquare la schiuma con l'acqua.

IL FUNZIONARIO DI GUARDIA VALUTERÀ LA POSSIBILITÀ E L'ORDINE DELLA SEQUENZA PER CHIUDERE I SERBATOI CHE PERDONO NON APPENA NON SIANO PIU' SOTTOPOSTI AD UN AUMENTO DI PRESSIONE.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Trailer H2 INCENDIO



- Se l'incendio riguarda una perdita di H2 innescata, l'unico modo sicuro per spegnere l'incendio è chiudere l'apposita valvola.
- Spegnere il fuoco solo quando è possibile chiudere la perdita, altrimenti lasciare che l'H2 bruci in circostanze controllate.
- In precedenza, il funzionario di guardia dovrebbe aver intrapreso le azioni appropriate per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi e averne verificato l'efficienza.
- Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.
- Appena possibile, bloccare il veicolo.
- Cercare di contenere l'acqua inquinata.
- Operare il suo contenimento.
- Considerare se è sicuro lasciare che il veicolo bruci, prendere le precauzioni necessarie. Tenere presente che un FCH può bruciare per un lungo periodo.
- Tenere presente che una bombola o una bottiglia non è dotata di dispositivo di rilascio della pressione e esploderà se sottoposta a un aumento di pressione.

ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame non appena il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Dopo l'ultimo controllo atmosferico di H2, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso da personale autorizzato (idealmente dal costruttore).
- Considerare e organizzare le precauzioni di sicurezza necessarie durante il salvataggio e il traino.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 Incendio esterno



22.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC

H2 trailer

Tattica n° 12

INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA
L'APPLICAZIONE FC



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Che tipo di trailer è coinvolto? Dimensione, carico? È pieno o vuoto?
- Il carico è smantellato? O c'è una perdita di carico?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente (dovuto a possibili effetti da BLEVE), lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Approcciare gli oggetti prendendo in considerazione la possibile ignizione di H2.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Trailer H2 Incendio esterno



AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

Rispondere alle seguenti domande:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cosa sta bruciando?
- Qual è l'intensità/forza dell'incendio?
- Quale distanza tra l'incendio e il veicolo FCH?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere le azioni della Squadra 1 con un tubo flessibile armato.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Squadra 1: Attenuare l'irradiazione tramite una cortina d'acqua tra l'incendio ed il trailer H2.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Eseguire un attacco dell'incendio difensivo.

Ciascuna Squadra predispone 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto d'acqua tra l'incendio ed il trailer H2.
- Squadra 2: Estinguere l'incendio con acqua, schiuma o polvere in funzione di ciò che sta bruciando.

Se non è possibile spegnere l'incendio, spostare il trailer H2 in ogni modo possibile (guidando, trainando, spingendo) lontano dall'effetto radiante dell'incendio.

Tenere presente che una bombola o una bottiglia non è dotata di dispositivo di rilascio della pressione ed esploderà se sottoposta a un aumento di pressione.

ISPEZIONE FINALE

- Verificare la temperatura del trailer H2 mediante una termocamera.
- Dopo l'ultimo controllo atmosferico di H2, assicurarsi che il veicolo o il rottame venga rimosso dal personale autorizzato (idealmente dal costruttore).

Trailer H2 Incendio esterno

- Considerare e organizzare le precauzioni di sicurezza necessarie durante il salvataggio e il traino.



Figura 52: Trailer H2. ©Air Liquide-2014



Figura 53: Valvola individuale del cilindro su un trailer H2. ©Air Liquide-2014

Trailer H2 Incendio esterno



Figura 54: Trailer H2 con supporti per bottiglie verticali. © Areva/ENSOSP 2015



Figura 55: Rack di bottiglie H2. © Areva/ENSOSP 2015



Figura 56: Valvola H2 principale del trailer (vista esterna). © Areva/ENSOSP 2015





Trailer H2 Incendio esterno



Figura 57: Valvola H2 principale del trailer (vista esterna). ©
Areva/ENSOSP 2015




Figura 58: Valvole su bottiglie H2 in un Rack. © Areva/ENSOSP 2015

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture No Perdita, no incendio	

23. ATTREZZATURE DI CONNESSIONI E CONDUTTURE

23.1. No perdita, no incendio

	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture (valvola, flangia, pipeline)	
Tattica n° 13	NO PERDITA NO INCENDIO (allarme tecnico)	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente e l'energia interessata.
- Questo sistema di connessioni è noto ai vigili del fuoco?
- Esiste un piano antincendio? Portarlo con l'equipaggiamento antincendio e leggerlo per strada.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Verificare la presenza di idranti all'interno e intorno l'unità.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.



ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

<p>EERG - V15</p>	<p>EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS</p>	
 <p>Co-funded by the European Union</p>	<p>H₂ / LH₂ Connessioni e condutture No Perdita, no incendio</p>	

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55-110 yd) prima dell'incidente.
- Se è interessata una turbina eolica, fermarsi ad una distanza pari a due volte la sua altezza, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato (distanza di sicurezza).
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H₂.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

Se è interessato lo stoccaggio di H₂/O₂/LH₂:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).

Se è interessata una turbina eolica:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio pari a due volte l'altezza della turbina eolica.

Se è interessata una Fuel Cell o dispositivi elettrici:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio dai 50 ai 100 metri (55-110 yd).

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA



INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA SPGU/H₂ESS E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'attrezzatura di collegamento è interessata dall'incidente? (Cella a combustibile, stoccaggio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbina eolica...)
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita? Quale perdita?
- Il sistema fornisce elettricità? Se sì, qual è la potenza prodotta?
- È presente un tecnico nell'area dell'impianto?
- Verificare la possibilità di H₂ in spazi confinati.
- Cercare il piano di emergenza antincendio e di soccorso.
- Individuare aree pericolose, dispositivi di arresto di emergenza e valvole.
- Valutare la quantità di gas compressi presenti nei serbatoi.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

- Eseguire le operazioni di soccorso come per un incidente convenzionale.

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST REpondERS	
 Co-funded by the European Union	H ₂ / LH ₂ Connessioni e condutture No Perdita, no incendio	

- Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.
- Per raggiungere in sicurezza un ferito è necessario verificare che non sia sottoposto a corrente elettrica.
- Azionare i dispositivi di arresto di emergenza, rimuovere i cavi caduti con attrezzature elettriche ad alta tensione appropriate (guanti e stivali).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Azionare i dispositivi di arresto di emergenza dell'area interessata.
- Isolare (pressione, alimentazione gas, elettricità) l'unità di produzione di energia, la cella a combustibile e i serbatoi di stoccaggio (uno dall'altro).
- Controllare e annotare ogni ESD o valvola disattivata sul piano di emergenza.
- Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera. Se viene rilevato H₂, applicare la tattica per la perdita di H₂.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non si rilevano perdite di H₂ e segni di incendio:

- Finalizzare e risolvere l'incidente.

NON:



- Tagliare o pressare le linee H₂/O₂/LH₂.
- Tagliare o pressare le linee ad alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di H₂/O₂/LH₂.

Se viene rilevata una perdita H₂/LH₂, applicare la tattica n°14 "H₂/LH₂ PERDITA SENZA INCENDIO".


Tenere presente che i pannelli fotovoltaici producono ancora elettricità ad alta tensione se esposti a diversi tipi di luce.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che l'unità venga controllata dal personale autorizzato prima del riavvio.

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 <small>Co-funded by the European Union</small>	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Perdita senza incendio	

23.2. Perdita senza incendio

	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture (valvole, flange, pipeline)	
Tattica n° 14	H2 PERDITA SENZA INCENDIO	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Cos'è successo?
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di attrezzature di connessione coinvolte?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.



PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H₂
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 <small>Co-funded by the European Union</small>	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Perdita senza incendio	

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.
- Verificare la presenza di possibili sorgenti di innesco, considerare l'elettricità statica.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Quale tipo di veicolo è coinvolto?
- Cos'è successo?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?
- Controllare la possibilità di H₂ negli spazi confinati.
- Confermare l'area di sicurezza con un rilevatore di H₂. Se si rileva H₂, ridefinire l'area di sicurezza.

Verificare la presenza di punti ad alta temperatura sul veicolo utilizzando una termocamera (più di 150°C/302°F)

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube con una linea flessibile carica.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE



- Utilizzare solo il personale necessario.
- Azionare il freno a mano.
- Bloccare il veicolo.
- Spegnerne la chiave di accensione.
- Verificare la presenza di punti di alta temperatura sul veicolo (più di 150°C/302°F).
- Mantenere sempre presidiata la linea del tubo.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE


- Rimanere in ascolto per rumori anormali.
- Verificare ripetutamente la presenza di H₂/LH₂ nell'atmosfera (misura preventiva).
- Controllare e chiudere ogni valvola H₂/LH₂ sulle trailer con la protezione di un tubo flessibile armato. Considerare se è sicuro permettere il rilascio di H₂/LH₂ nell'ambiente, prendere le precauzioni necessarie.



ISPEZIONE FINALE

Ultimo controllo H₂ / LH₂.

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST REpondERS	
 <small>Co-funded by the European Union</small>	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Incendio	

23.3 Incendio

H₂ / LH₂ Connessioni e condutture (valvole, flange, pipeline)		
Tattica n° 15	INCENDIO	
ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO		
<p>RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assicurare l'esatta posizione dell'incidente. • Cos'è successo? • Ci sono persone coinvolte nell'incidente? • Tipo di attrezzature di connessione coinvolte? <p>CONDIZIONI METEO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Direzione del vento. • Velocità del vento. <p>ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva. • Non raggiungere la scena dal basso. • Anticipare la necessità di un idrante. <p>PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rilevatore di idrocarburi gassosi. • Rilevatore di H₂. • Rilevatore di O₂. • Termocamera. • Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione. 		
ARRIVO SULLA SCENA		
<p>ARRIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento. • Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato. • Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante. • Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario. 		

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 <small>Co-funded by the European Union</small>	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Incendio	

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Quale tipo di attrezzatura di connessione è coinvolto?
- Cos'è successo?
- Richiedere ulteriore supporto se necessario.
- Controllare la scena dell'incendio con una termocamera:
- L'attrezzatura di connessione è la causa della perdita con ignizione della perdita di H₂?
- L'attrezzatura di connessione è irradiata dalle fiamme?

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere le azioni della Squadra 1 con un tubo flessibile carico.

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire che le fiamme propagino ad altri veicoli o edifici.
- Spostare i veicoli adiacenti non coinvolti in qualsiasi maniera possibile (guidando, trainando, spingendo, ecc.).

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE


In caso di situazione di alto livello di posta in gioco:

Eseguire un attacco offensivo all'incendio:

Ogni Squadra predispone da 80 a 100 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

L'operazione completa si realizza con getto spray protettivo, e prestare attenzione a non attaccare la fiamma frontalmente, scegliere preferibilmente un avvicinamento dai lati (posizione di tre quarti). Il getto protettivo protegge solo dall'irraggiamento termico ma non può proteggere dalla fiamma considerando l'alta pressione della perdita.

Contemporaneamente, Squadra 1 e Squadra 2:

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 <p>Co-funded by the European Union</p>	<p>H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Incendio</p>	



- Eseguire un attacco delle fiamme offensivo (verificare se i tubi sono alimentati con acqua). Il comandante si trova al centro dell'operazione, tra le due squadre, ed è dotato di una termocamera.
- Sotto il controllo del comandante, le due squadre usano le manichette e prendono insieme la direzione della perdita che produce le fiamme. L'obiettivo è avvicinarsi alla valvola o al dispositivo di arresto e chiuderlo mentre si è protetti sotto il getto nebulizzato.
- Il comandante dà l'ordine di fermarsi una volta giunti alla distanza di sicurezza tra la fiamma e le squadre (controllando continuamente la temperatura e l'ubicazione della fiamma mediante una termocamera).
- Quindi il comandante dà l'ordine a uno dei primi soccorritori di chiudere la valvola.
- Il vigile del fuoco deve fermare la perdita chiudendo la valvola o la flangia (dispositivo di sicurezza). Successivamente, indica al comandante che ha ripreso la sua posizione con la squadra.
- Contemporaneamente, le due squadre tornano nella posizione iniziale, con protezione continua dell'acqua.

IL FUNZIONARIO DI GUARDIA VALUTERÀ LA POSSIBILITÀ E L'ORDINE DELLA SEQUENZA PER CHIUDERE LA VALVOLA.


- Se l'incendio riguarda una perdita di H₂ innescata, l'unico modo sicuro per spegnere l'incendio è chiudere l'apposita valvola.
- Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.
- Cercare di contenere l'acqua inquinata.
- Operare il suo contenimento.

ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame fin quando il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Ultimo controllo atmosferico di H₂.

EERG - V15	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST REpondERS	
 Co-funded by the European Union	H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Incendio	

23.4 Incendio esterno che minaccia l'applicazione

H₂ / LH₂ Connessioni e condutture (valvole, flange, pipeline)		
Tattica n° 16	INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA L'APPLICAZIONE	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Cos'è successo?
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Tipo di attrezzature di connessione coinvolte?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente (dovuto a possibili effetti da BLEVE), lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Approcciare gli oggetti prendendo in considerazione la possibile ignizione di H₂/LH₂.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

EERG - V15

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



H₂ / LH₂ Connessioni e condutture Incendio



- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

Rispondere alle seguenti domande:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cosa sta bruciando?
- Qual è l'intensità/forza dell'incendio?
- Quale distanza tra l'incendio e le attrezzature di connessione?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere le azioni della Squadra 1 con una linea flessibile carica.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Squadra 1: Attenuare l'irradiazione tramite un getto d'acqua tra l'incendio ed il trailer H₂.

INCIDENT TREATMENT

Eeguire un attacco dell'incendio difensivo.

Ciascuna Squadra predisporre 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto d'acqua tra l'incendio e le attrezzature di connessione.
- Squadra 2: Estinguere l'incendio con acqua, schiuma o polvere in funzione di ciò che sta bruciando

ISPEZIONE FINALE

- Verificare la temperatura del trailer H₂ mediante una termocamera.
- Ultimo controllo atmosferico di H₂.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento Perdita H2 senza incendio



24. STAZIONE DI RIFORNIMENTO

24.1. No perdita, no incendio

STAZIONE DI RIFORNIMENTO		
Tattica n° 17	NO PERDITA NO INCENDIO (allarme tecnico, incidente sul lavoro, incidente nel traffico su strada)	
ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO		
RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE: <ul style="list-style-type: none">• Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.• Ci sono persone coinvolte nell'incidente?• Ci sono veicoli coinvolti nell'incidente?• Cos'è successo?		
CONDIZIONI METEO <ul style="list-style-type: none">• Direzione del vento.• Velocità del vento.		
ITINERARIO scegliere un itinerario sicuro: <ul style="list-style-type: none">• Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.• Non raggiungere la scena dal basso.• Anticipare la necessità di un idrante.		
PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX) <ul style="list-style-type: none">• Rilevatore di idrocarburi gassosi.• Rilevatore di H2.• Rilevatore di O2.• Termocamera.		
ARRIVO SULLA SCENA		
ARRIVO: <ul style="list-style-type: none">• Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.• Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.• Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.		
AREA DI SICUREZZA: <ul style="list-style-type: none">• Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 50 metri (55 yd).• Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.		
VALUTAZIONE DELLA SCENA		

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento Perdita H2 senza incendio



INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA STAZIONE DI RIFORNIMENTO E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- È presente un veicolo connesso alla stazione di rifornimento? (Se sì, usare la tattica relativa al veicolo FCH).
- Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.).
- Azionare il rilevatore di H2.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Sono stati azionati i dispositivi per lo spegnimento di emergenza della stazione di rifornimento?

SOCCORSO

- Prestare soccorso come per un veicolo convenzionale.
- Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.
- Se necessario, trasportare i feriti alle cliniche specialistiche (per ustioni da fiamma, ustioni chimiche).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Verificare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera. Se viene rilevato H2, applicare la tattica per la perdita di H2.
- Allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione delle altre squadre.
- Azionare i dispositivi per lo spegnimento di emergenza.
- Se l'erogatore è danneggiato, chiudere le valvole tra il serbatoio di accumulo e l'erogatore.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non ci sono rilevazioni di perdite di H2 o segni di incendio:

- Eseguire la risoluzione dell'incidente con le tecniche convenzionali.

Se un veicolo FCH è connesso alla stazione di rifornimento, disconnetterlo ed allontanarlo.

Se un trailer H2 è connesso allo stoccaggio della stazione di rifornimento, chiudere le valvole tra il trailer e lo stoccaggio e contemporaneamente utilizzare la tattica relativa ai trailer.



Inoltre, determinare la presenza se necessaria di:

- Consulenti specialisti / esperti.
- Compagnie, mittente delle merci e organizzazioni con attrezzature speciali (container di raccoglimento, autocisterne).

NON:


- Tagliare o pressare le linee H2.
- Tagliare o pressare le linee ad alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di idrogeno.

ISPEZIONE FINALE

EERG - V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	<h2>Stazione di rifornimento Perdita H2 senza incendio</h2>	

Dopo un ultimo controllo atmosferico dell'H2, assicurarsi che la stazione di rifornimento venga controllata dal personale autorizzato prima del riavvio. `

24.2. Perdita H2 senza incendio

	STAZIONE DI RIFORNIMENTO	
Tattica n° 18	PERDITA H2 SENZA INCENDIO	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Ci sono veicoli coinvolti nell'incidente?
- Cos'è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 100 metri (110 yd).



Stazione di rifornimento Perdita H2 senza incendio



- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA STAZIONE DI RIFORNIMENTO E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?
- È presente un veicolo connesso alla stazione di rifornimento? (Se sì, applicare la relativa tattica).
- Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.).
- Azionare il rilevatore di H2.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Sono stati azionati i dispositivi per lo spegnimento di emergenza della stazione di rifornimento?

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta per proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube.

Evacuare le persone in direzione opposta al vento (o nel caso peggiore il più lontano possibile in direzione del vento).

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

- Utilizzare solo il personale necessario.
- Verificare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera. Se viene rilevato H2, applicare la tattica per la perdita di H2.
- Allungare una manichetta antincendio per proteggere l'azione delle squadre.
- Azionare i dispositivi per lo spegnimento di emergenza.
- Se l'erogatore è danneggiato, chiudere le valvole tra il serbatoio di accumulo e l'erogatore.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Chiudere le valvole tra il dispenser e lo stoccaggio H2.

Se un veicolo FCH è connesso alla stazione di rifornimento, disconnetterlo ed allontanarlo.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento Perdita H2 senza incendio



Se un trailer H2 è connesso allo stoccaggio della stazione di rifornimento, chiudere le valvole tra il trailer e lo stoccaggio e contemporaneamente utilizzare la tattica relativa ai trailer.

Prevenire l'accumulo di H2 in ambienti confinati.

NON:

- Tagliare o pressare le linee H2.
- Tagliare o pressare le linee ad alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di idrogeno.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico dell'H2, assicurarsi che la stazione di rifornimento venga controllata dal personale autorizzato prima del riavvio.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento INCENDIO



24.3. Incendio

	STAZIONE DI RIFORNIMENTO	
Tattica n° 19	INCENDIO	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Ci sono veicoli coinvolti nell'incidente?
- Cos'è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

SE UNA PERSONA È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento INCENDIO



INIZIARE LE OPERAZIONI DI SOCCORSO.

SE NESSUNO È ALL'INTERNO DELL'AREA PERICOLOSA:

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA STAZIONE DI RIFORNIMENTO E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- È stato sentito un sibilo rumoroso prima dell'arrivo dei vigili del fuoco?
- È presente un veicolo connesso alla stazione di rifornimento? (Se sì, applicare la relativa tattica).
- Verificare le energie presenti nel veicolo coinvolto (tipo di serbatoio, pressioni, capacità, tipo di foro di rifornimento, carte di circolazione, ecc.).
- Azionare il rilevatore di H₂.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

Sono stati azionati i dispositivi per lo spegnimento di emergenza della stazione di rifornimento?

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta per proteggere l'azione della Squadra.

Evacuare le persone in direzione opposta al vento (o nel caso peggiore il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire che le fiamme si propaghino ad altri veicoli o edifici.
- Spostare i veicoli adiacenti non coinvolti in qualsiasi maniera possibile (guidando, trainando, spingendo, ecc.).
- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza sul dispenser e sul sistema di stoccaggio.
- Chiudere le valvole tra il sistema di stoccaggio e il dispenser.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Sono possibili due casi:

L'incendio coinvolge l'area dell'erogatore.

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti della stazione di rifornimento non precedentemente coinvolte con getti nebulizzati di acqua.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento INCENDIO



- Estinguere l'incendio.

L'incendio coinvolge l'area del sistema di stoccaggio (alto livello di posta in gioco).

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti della stazione di rifornimento non precedentemente coinvolte con getti nebulizzati di acqua.
- Estinguere l'incendio.

Se l'incendio riguarda una perdita di H₂ innescata, l'unico modo sicuro per spegnere l'incendio è chiudere l'apposita valvola.

In precedenza, il funzionario di guardia dovrebbe aver intrapreso le azioni appropriate per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi e averne verificato l'efficienza.

Eseguire un attacco offensivo all'incendio.

Ogni Squadra predispone da 80 a 100 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio di H₂ per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi.
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio.

Tenere presente che i serbatoi di H₂ sono equipaggiati con dispositivi di sfiato della pressione che potrebbero aprirsi e chiudersi diverse volte in funzione della pressione nel tank.



Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.

Tenere presente che l'acqua verrà contaminata durante l'estinzione.


Operare il suo contenimento.

ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame fin quando il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Controllare ripetutamente la presenza di H₂ in atmosfera.

EERG - V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	Stazione di rifornimento Incendio esterno	

24.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC

	STAZIONE DI RIFORNIMENTO	
Tattica n° 20	INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA L'APPLICAZIONE FC	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente.
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Ci sono veicoli coinvolti nell'incidente?
- Cos'è successo?

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente (dovuto a possibili effetti da BLEVE), lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.

AREA DI SICUREZZA:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).
- Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Stazione di rifornimento Incendio esterno



INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA STAZIONE DI RIFORNIMENTO E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'applicazione è interessata dall'incidente? (erogatore, stoccaggio, attrezzatura elettrica...)
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- Cosa sta bruciando?
- Qual è l'intensità/forza dell'incendio?
- Quale distanza tra l'incendio e la stazione di rifornimento?
- Il gestore della stazione potrebbe fornire informazioni dettagliate.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: allungare una manichetta per proteggere le azioni della Squadra 1.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Squadra 1: Attenuare l'irradiazione tramite una cortina d'acqua tra l'incendio e la stazione di rifornimento.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Eseguire un attacco dell'incendio difensivo.



Ciascuna Squadra predispone 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.

- Squadra 1: Attenuare il calore radiante tramite un getto d'acqua nebulizzato tra l'incendio e la stazione di rifornimento.
- Squadra 2: Estinguere l'incendio con acqua, schiuma o polvere in funzione di ciò che sta bruciando.

Tenere presente che il serbatoio di stoccaggio di una stazione di rifornimento potrebbe essere equipaggiato con un dispositivo di sfiato della pressione. Se il serbatoio venisse esposto ad un flusso ad alta temperatura, potrebbe avvenire una perdita di H₂.


ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare il rottame fin quando il dispositivo di imaging termico non rileva alcun punto di calore.
- Controllare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera.

EERG - V13	EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS	
 Co-funded by the European Union	Unità stazionarie di generazione di potenza No Perdita, no incendio	

25. UNITÀ STAZIONARIE DI GENERAZIONE DI POTENZA

25.1. No perdita, no incendio

	Unità stazionarie di generazione di potenza (SPGU) Sistemi di accumulo dell'energia basati sull'idrogeno (H2ESS)	
Tattica n° 21	NO PERDITA NO INCENDIO (allarme tecnico)	

ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente e l'energia interessata.
- Questa unità stazionaria di generazione di potenza è nota ai vigili del fuoco?
- Esiste un piano antincendio? Portarlo con l'equipaggiamento antincendio e leggerlo per strada.
- Quale parte dell'installazione è coinvolta nell'incidente? (Fuel Cell, serbatoio H2/O2, pannelli fotovoltaici, turbine eoliche...)
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Verificare la presenza di idranti all'interno e intorno l'unità.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza No Perdita, no incendio



ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55-110 yd) prima dell'incidente.
- Se è interessata una turbina eolica, fermarsi ad una distanza pari a due volte la sua altezza.
- lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato (distanza di sicurezza).
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H₂
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

Se è interessato lo stoccaggio di H₂/O₂:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).

Se è interessata una turbina eolica:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio pari a due volte l'altezza della turbina eolica.

Se è interessata una Fuel Cell o dispositivi elettrici:

Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio dai 50 ai 100 metri (55-110 yd).

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA SPGU/H₂ESS E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'applicazione è interessata dall'incidente? (Cella a combustibile, stoccaggio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbina eolica...).
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita? Quale perdita?
- Il sistema fornisce elettricità? Se sì, qual è la potenza prodotta?
- È presente un tecnico nell'area dell'impianto?
- Verificare la possibilità H₂ in spazi confinati.
- Cercare il piano di emergenza antincendio e di soccorso.
- Individuare aree pericolose, dispositivi di arresto di emergenza e valvole.
- Valutare la quantità di gas compressi presenti nei serbatoi.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza No Perdita, no incendio



SOCCORSO

- Eseguire le operazioni di soccorso come per un incidente convenzionale.
- Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.
- Per raggiungere in sicurezza un ferito è necessario verificare che non sia sottoposto a corrente elettrica.
- Azionare i dispositivi di arresto di emergenza, rimuovere i cavi caduti con attrezzature elettriche ad alta tensione appropriate (guanti e stivali).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Azionare i dispositivi di arresto di emergenza dell'area interessata.
- Isolare (pressione, alimentazione gas, elettricità) l'unità di produzione di energia, la cella a combustibile e i serbatoi di stoccaggio (uno dall'altro).
- Controllare e annotare ogni ESD o valvola disattivata sul piano di emergenza.
- Verificare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera. Se viene rilevato H₂, applicare la tattica per la perdita di H₂.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non si rilevano perdite di H₂ e segni di incendio:

- Finalizzare e risolvere l'incidente.

NON:

- Tagliare o pressare le linee H₂/O₂.
- Tagliare o pressare le linee ad alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di H₂/O₂.

Se viene rilevata una perdita H₂/LH₂, applicare la tattica n°2 "PERDITA H₂ SENZA INCENDIO".

Tenere presente che i pannelli fotovoltaici producono ancora elettricità ad alta tensione se esposti a diversi tipi di luce.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico di H₂, assicurarsi che l'unità venga controllata dal personale autorizzato prima del riavvio.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza Perdita H2 senza incendio



25.2. Perdita H2 senza incendio

Unità stazionarie di generazione di potenza (SPGU) Sistemi di accumulo dell'energia basati sull'idrogeno (H2ESS)

Tattica n° 22

PERDITA H2 SENZA INCENDIO



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente e l'energia interessata.
- Questa unità stazionaria di generazione di potenza è nota ai vigili del fuoco?
- Esiste un piano antincendio? Portarlo con l'equipaggiamento antincendio e leggerlo per strada.
- Quale parte dell'installazione è coinvolta nell'incidente? (Fuel Cell, serbatoio H2/O2, pannelli fotovoltaici, turbine eoliche...).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Verificare la presenza di idranti all'interno e intorno l'unità.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H2.
- Rilevatore di O2.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55-110 yd) prima dell'incidente.
- Se è interessata una turbina eolica, fermarsi ad una distanza pari a due volte la sua altezza.
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H2.



Unità stazionarie di generazione di potenza

Perdita H2 senza incendio



- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

Se è interessato lo stoccaggio di H2/O2:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).

Se è interessata una turbina eolica:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio pari a due volte l'altezza della turbina eolica.

Se è interessata una Fuel Cell o dispositivi elettrici:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio dai 50 ai 100 metri (55-110 yd).

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA SPGU/H2ESS E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'installazione è interessata dall'incidente? (Cella a combustibile, stoccaggio H2/O2, ...).
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- Il sistema fornisce elettricità?
- È presente un tecnico nell'area dell'impianto?
- Verificare la possibilità di H2 in spazi confinati.
- Cercare il piano di emergenza antincendio e di soccorso.
- Individuare aree pericolose, dispositivi di arresto di emergenza e valvole.
- Valutare la quantità di gas compressi presenti nei serbatoi.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Se un essere umano è minacciato o interessato dalla fuga di gas.

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube con un tubo flessibile carico.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza Perdita H2 senza incendio



PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

Si noti che una SPGU dovrebbe produrre elettricità non appena non è più alimentata dalla rete elettrica. Pertanto, è necessario arrestare la produzione elettrica dell'SPGU prima di qualsiasi altra azione azionando i dispositivi di arresto di emergenza.

- Isolare (pressione, fornitura gas, energia elettrica) l'unità di produzione di energia, cella a combustibile e stoccaggio (uno dall'altro).
- Controllare e annotare ogni ESD o valvola disattivata sul piano di emergenza.
- Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Se non si rilevano perdite di H2 e segni di incendio:

- Finalizzare e risolvere l'incidente.

NON:

- Tagliare o pressare le linee H2/O2.
- Tagliare o pressare le linee ad alta tensione (colore arancione).
- Danneggiare il serbatoio di H2/O2.

I vigili del fuoco non devono aprire il compartimento della Fuel Cell.

Localizzare precisamente la perdita di H2.

- Se localizzata all'interno di un edificio, operare un'ampia ventilazione in tutti gli spazi interessati.
- In base alle informazioni fornite dai piani di emergenza o con la conferma dei tecnici (se disponibile), chiudere le valvole appropriate, ESD.
- Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera.
- Tenere presente che i pannelli fotovoltaici producono ancora elettricità ad alta tensione se esposti alla luce del sole.
- Tenere presente che i serbatoi H2 e O2 sono equipaggiati con dispositivi di sfiato della pressione che potrebbero aprirsi e chiudersi diverse volte in funzione della pressione all'interno del serbatoio.

ISPEZIONE FINALE

Dopo un ultimo controllo atmosferico di H2, assicurarsi che l'unità venga controllata dal personale autorizzato prima del riavvio.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza INCENDIO



25.3. Incendio

Unità stazionarie di generazione di potenza (SPGU) Sistemi di accumulo dell'energia basati sull'idrogeno (H2ESS)

Tattica n° 23

INCENDIO



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente e l'energia interessata.
- Questa unità stazionaria di generazione di potenza è nota ai vigili del fuoco?
- Esiste un piano antincendio? Portarlo con l'equipaggiamento antincendio e leggerlo per strada.
- Quale parte dell'installazione è coinvolta nell'incidente? (Fuel Cell, serbatoio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbine eoliche...).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Verificare la presenza di idranti all'interno e intorno l'unità.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Se è interessata una turbina eolica, fermarsi ad una distanza pari a due volte la sua altezza.
- Effettuare un controllo completo dell'ambiente con una termocamera.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza INCENDIO



- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H₂.
- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

Se è interessato lo stoccaggio di H₂/O₂:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).

Se è interessata una turbina eolica:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio pari a due volte l'altezza della turbina eolica.

Se è interessata una Fuel Cell o dispositivi elettrici:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio dai 50 ai 100 metri (55-110 yd).

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA SPGU/H₂ESS E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'installazione è interessata dall'incidente? (Cella a combustibile, stoccaggio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbina eolica...).
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita? Quale perdita?
- Il sistema fornisce elettricità?
- È presente un tecnico nell'area dell'impianto?
- Verificare la possibilità di H₂ in spazi confinati.
- Cercare il piano di emergenza antincendio e di soccorso.
- Individuare aree pericolose, dispositivi di arresto di emergenza e valvole.
- Valutare la quantità di gas compressi presenti nei serbatoi.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il soccorso umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere l'azione della Squadra 1 in caso di accensione della nube con un tubo flessibile carico.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza INCENDIO



Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).

PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso edifici non precedentemente coinvolti.

Si noti che una SPGU dovrebbe produrre elettricità non appena non è più alimentata dalla rete elettrica.

Pertanto, è necessario arrestare la produzione elettrica dell'SPGU prima di qualsiasi altra azione azionando i dispositivi di arresto di emergenza.

- Isolare (pressione, fornitura gas, energia elettrica) l'unità di produzione di energia, cella a combustibile e stoccaggio (uno dall'altro).
- Controllare e annotare ogni ESD o valvola disattivata sul piano di emergenza.
- Controllare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Sono identificati tre possibili casi di posta in gioco:

L'incendio coinvolge i pannelli fotovoltaici o la zona delle turbine eoliche:

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti dell'impianto non precedentemente coinvolte con getti di acqua nebulizzati.
- Estinguere l'incendio.

L'incendio coinvolge il compartimento Fuel Cell:

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti dell'impianto non precedentemente coinvolte con getti di acqua nebulizzati.
- Non aprire il compartimento FC.

L'incendio coinvolge l'area del sistema di stoccaggio (alto livello di posta in gioco):

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti dell'impianto non precedentemente coinvolte con getti di acqua nebulizzati.
- Estinguere l'incendio con un attacco offensivo dell'incendio:
Ogni Squadra predispone da 80 a 100 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.
- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio di H₂ per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi.
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio.

Se l'incendio riguarda una perdita di H₂ innescata, l'unico modo sicuro per spegnere l'incendio è chiudere l'apposita valvola.

L'azione primaria del funzionario di guardia è di prevenire l'aumento di pressione nei serbatoi, Egli controlla l'efficienza del raffreddamento.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza INCENDIO



- Tenere presente che i serbatoi di H2 sono equipaggiati con dispositivi di sfiato della pressione che potrebbero aprirsi e chiudersi diverse volte in funzione della pressione nel tank.
- Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.
- Tenere presente che l'acqua verrà contaminata durante l'estinzione.
- Cercare di contenere l'acqua contaminata.

Se non viene identificata una posta in gioco:

Considerare se è sicuro lasciare che l'unità bruci, prendere le precauzioni necessarie.

ISPEZIONE FINALE

Raffreddare l'unità non appena un punto di calore viene rilevato dal dispositivo di imaging termico.

Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera.

Prendere le necessarie precauzioni per prevenire una re-ignizione: stabilire un monitoraggio regolare dell'unità (parafuoco).



Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



25.4. Incendio esterno che minaccia l'unità

Unità stazionarie di generazione di potenza (SPGU) Sistemi di accumulo dell'energia basati sull'idrogeno (H2ESS)

Tattica n° 24

INCENDIO ESTERNO CHE MINACCIA L'UNITA'



ALLA CASERMA DEI VIGILI DEL FUOCO

RACCOGLIERE INFORMAZIONI UTILI SULL'INCIDENTE:

- Assicurare l'esatta posizione dell'incidente e l'energia interessata.
- Questa unità stazionaria di generazione di potenza è nota ai vigili del fuoco?
- Esiste un piano antincendio? Portarlo con l'equipaggiamento antincendio e leggerlo per strada.
- Quale parte dell'installazione è coinvolta nell'incidente? (Fuel Cell, serbatoio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbina eolica...).
- Ci sono persone coinvolte nell'incidente?
- Cos'è successo?
- Verificare la presenza di idranti all'interno e intorno l'unità.

CONDIZIONI METEO

- Direzione del vento.
- Velocità del vento.

ITINERARIO, scegliere un itinerario sicuro:

- Non attraversare un'eventuale nube di gas esplosiva.
- Non raggiungere la scena dal basso.
- Anticipare la necessità di un idrante.

PRENDERE I SEGUENTI STRUMENTI (se disponibile utilizzare drone UAV – utilizzare dispositivo ATEX)

- Rilevatore di idrocarburi gassosi.
- Rilevatore di H₂.
- Rilevatore di O₂.
- Termocamera.
- Indossare l'intero equipaggiamento protettivo, incluso l'apparato per la respirazione.

ARRIVO SULLA SCENA

ARRIVO:

- Scegliere un modo sicuro per raggiungere il luogo dell'incidente, impedendo all'attrezzatura antincendio di attraversare una nube di gas infiammabile, e assicurarsi di arrivare sopravvento.
- Fermare l'attrezzatura antincendio tra 50 e 100 metri (55 - 110 yd) prima dell'incidente, lontano da una possibile perdita di liquido infiammabile innescato.
- Se è interessata una turbina eolica, fermarsi ad una distanza pari a due volte la sua altezza.
- Avvicinarsi agli oggetti tenendo conto della possibile ignizione di perdite di H₂.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



- Attivare la pompa e collegare l'attrezzatura antincendio a un idrante.
- Dispiegare e armare un tubo flessibile per la sicurezza o per un attacco primario.

AREA DI SICUREZZA:

Se è interessato lo stoccaggio di H₂/O₂:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio di 500 metri (550 yd).

Se è interessata una turbina eolica:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio pari a due volte l'altezza della turbina eolica.

Se è interessata una Fuel Cell o dispositivi elettrici:

- Allestire un'area di sicurezza per il pubblico oltre un raggio dai 50 ai 100 metri (55-110 yd).

Assicurarsi che il personale non autorizzato/non addestrato non entri nell'area pericolosa.

VALUTAZIONE DELLA SCENA

INTERROGANDO I TESTIMONI, LO STAFF TECNICO DELLA SPGU/H2ESS E TRAMITE OSSERVAZIONE, RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE:

- Qualcuno è ferito? Compromesso?
- Cos'è successo?
- Quale parte dell'installazione è interessata dall'incidente? (Cella a combustibile, stoccaggio H₂/O₂, pannelli fotovoltaici, turbina eolica...),
- Si è verificata una perdita? Si sta ancora verificando una perdita?
- Il sistema fornisce elettricità?
- È presente un tecnico nell'area dell'impianto?
- Verificare la possibilità di H₂ in spazi confinati.
- Cercare il piano di emergenza antincendio e di soccorso.
- Individuare aree pericolose, dispositivi di arresto di emergenza e valvole.
- Valutare la quantità di gas compressi presenti nei serbatoi.

Richiedere ulteriore supporto se necessario.

SOCCORSO

Il salvataggio umano prevale su tutte le altre considerazioni.

Essere equipaggiati con PBE.

Se un essere umano è minacciato o interessato dall'incendio:

- Squadra 1: estrarre la/le vittima/e dalla zona di pericolo con ogni mezzo possibile.
- Squadra 2: proteggere le azioni della Squadra 1 con un tubo flessibile armato.

Evacuare i passeggeri in direzione opposta al vento (o nel peggiore dei casi, il più lontano possibile in direzione del vento).



Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE

- Evacuare gli edifici adiacenti.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso edifici non precedentemente coinvolti.

Si noti che una SPGU dovrebbe produrre elettricità non appena non è più alimentata dalla rete elettrica. Pertanto, è necessario arrestare la produzione elettrica dell'SPGU prima di qualsiasi altra azione azionando i dispositivi di arresto di emergenza.

- Isolare (pressione, fornitura gas, energia elettrica) l'unità di produzione di energia, cella a combustibile e stoccaggio (uno dall'altro).
- Controllare e annotare ogni ESD o valvola disattivata sul piano di emergenza.
- Controllare ripetutamente la presenza di H₂ nell'atmosfera.

RISOLUZIONE DELL'INCIDENTE

Sono possibili due casi:

L'incendio minaccia il compartimento Fuel Cell, i pannelli fotovoltaici o la zona delle turbine eoliche:

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti dell'impianto non precedentemente coinvolte con getti di acqua nebulizzati.
- Estinguere l'incendio.
- Non aprire il compartimento FC.

L'incendio coinvolge l'area del sistema di stoccaggio (alto livello di posta in gioco):

- Azionare i dispositivi di spegnimento d'emergenza.
- Prevenire la propagazione delle fiamme verso le parti dell'impianto non precedentemente coinvolte con getti di acqua nebulizzati.
- Estinguere l'incendio con un attacco offensivo dell'incendio:
- Ogni Squadra predispone 80 m di tubazioni direttamente collegate alla pompa antincendio.
- Squadra 1: mira a raffreddare il serbatoio di H₂ per prevenire l'aumento della pressione nei serbatoi.
- Squadra 2: mira a spegnere l'incendio.

Se l'incendio riguarda una perdita di H₂ innescata, l'unico modo sicuro per spegnere l'incendio è chiudere l'apposita valvola.

L'azione primaria del funzionario di guardia è di prevenire l'aumento di pressione nei serbatoi, Egli controlla l'efficienza del raffreddamento.

- Tenere presente che i serbatoi di H₂ sono equipaggiati con dispositivi di sfiato della pressione che potrebbero aprirsi e chiudersi diverse volte in funzione della pressione nel tank.
- Tenere presente che sono possibili reazioni violente tra l'acqua e i materiali in fiamme.
- Tenere presente che l'acqua verrà contaminata durante l'estinzione.
- Cercare di contenere l'acqua contaminata.

Se non viene identificata una posta in gioco:

Considerare se è sicuro lasciare che l'unità bruci, prendere le precauzioni necessarie.

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



ISPEZIONE FINALE

- Raffreddare l'unità non appena un punto di calore viene rilevato dal dispositivo di imaging termico.
- Controllare ripetutamente la presenza di H2 nell'atmosfera.
- Prendere le necessarie precauzioni per prevenire una re-ignizione: stabilire un monitoraggio regolare dell'unità (parafuoco).

Figura 59: Spegnimento di emergenza elettrico principale. ©
Areva/ENSOSP 2015

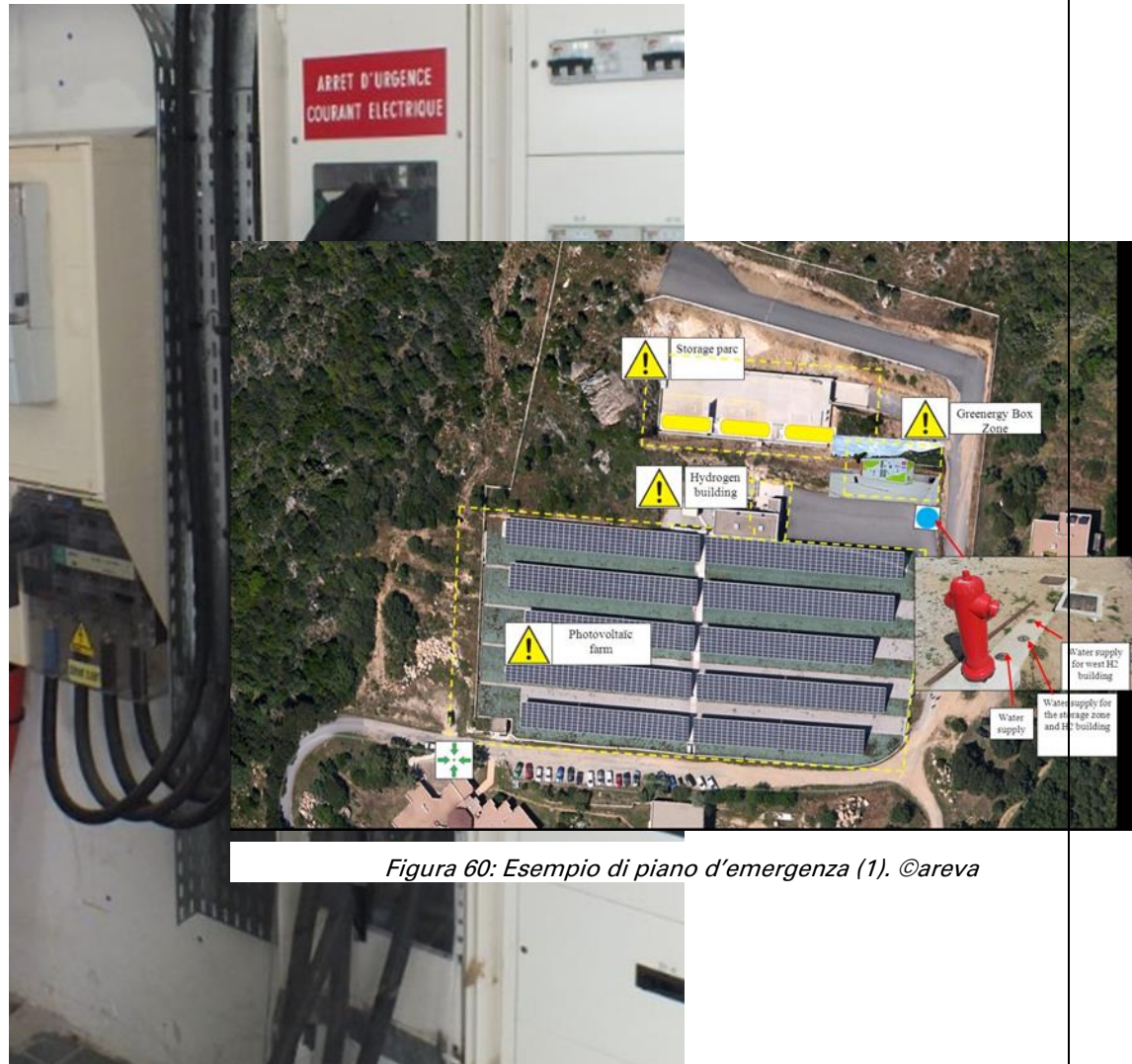


Figura 60: Esempio di piano d'emergenza (1). ©areva



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno

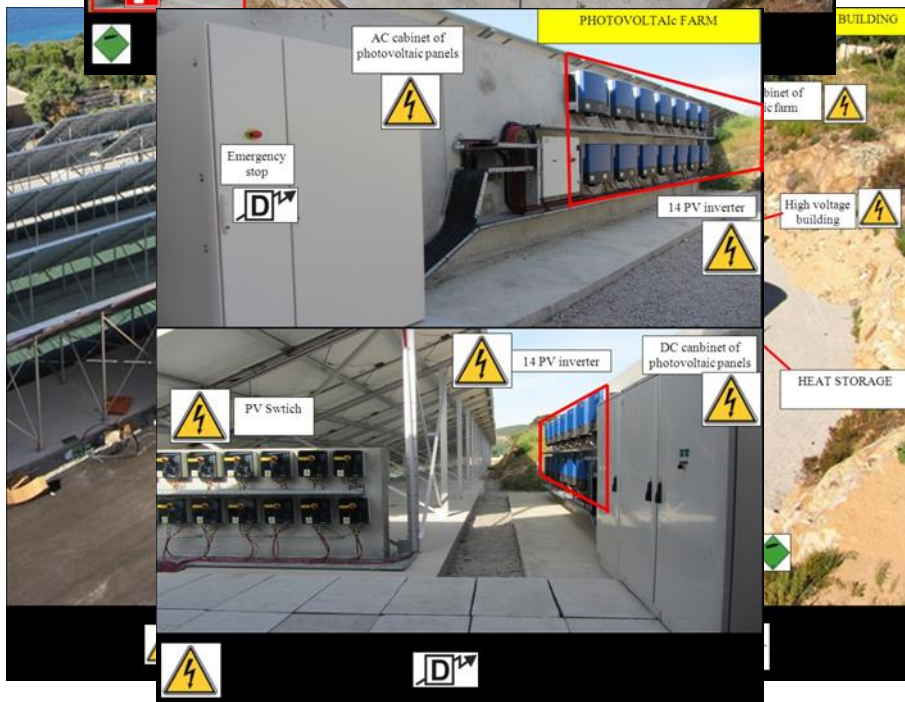
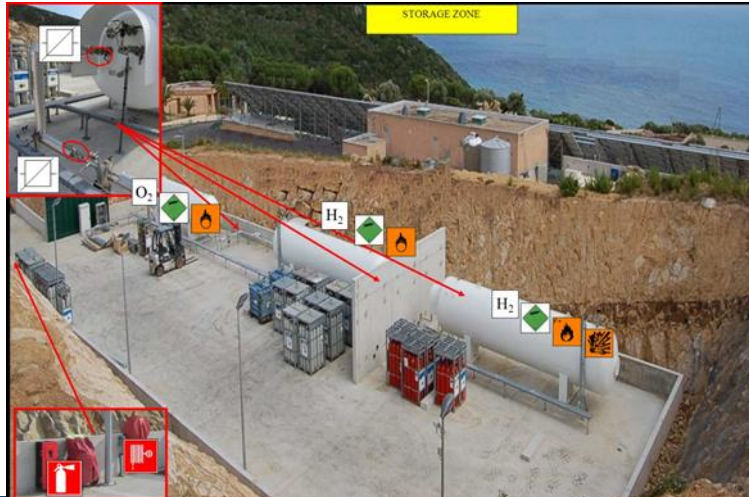


Figura 61: Esempio di piano d'emergenza (2). © areva

Figura 63: Esempio di piano d'emergenza (4). © areva

Figure 62: Esempio di piano d'emergenza (3). © areva

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



Figura 64: Sistema di backup Areva vista globale. ©AREVA/ENSOSP 2015



Figura 65: Sistema di backup Areva (container fuel cell). ©AREVA/ENSOSP 2015

EERG - V13

EMERGENCY RESPONSE GUIDE FOR FIRST RESPONDERS



Co-funded by
the European Union

Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno

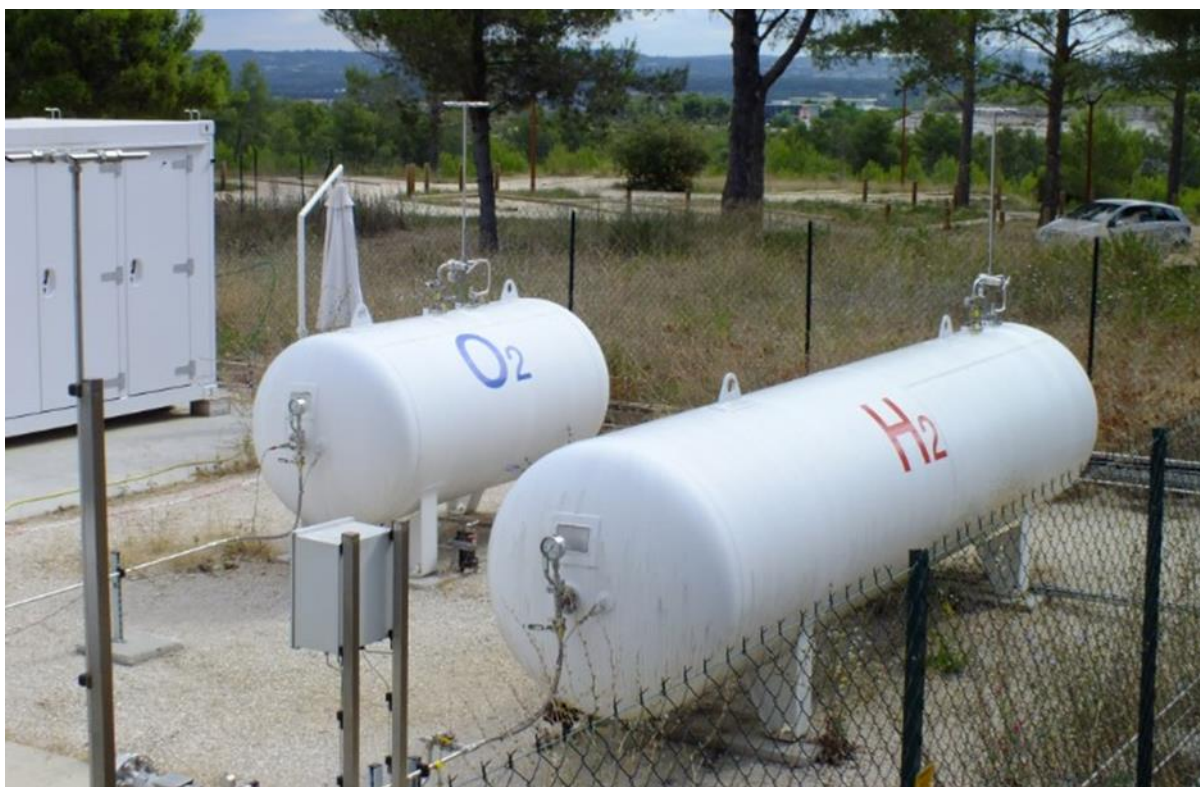


Figura 66: Sistema di backup Areva (stoccaggio H2 e O2). ©AREVA/ENSOSP 2015



Unità stazionarie di generazione di potenza Incendio esterno



Figura 67: Sistema di backup Areva (dispositivo per il rilascio della pressione). ©AREVA/ENSOSP 2015



Figura 68: Sistema di backup Areva (dettaglio del dispositivo per il rilascio di pressione). ©AREVA/ENSOSP 2015



Figura 69: Sistema di backup Areva (dettaglio della rete H2 and O2 con valvole). ©AREVA/ENSOSP 2015



*Figura 70: Spegnimento di emergenza e delle valvole H2/O2 sulla green box AREVA.
©AREVA/ENSOSP 2015*

APPENDICE (UU)

Appendice 1. Distanze di pericolo informative per getti di idrogeno non reattivi

Il nomogramma per la valutazione grafica del decadimento della concentrazione di idrogeno in un getto di idrogeno dominato dalla quantità di moto basato sulla legge di similarità (*similarity law*) e sulla teoria del getto sotto-espanso senza perdite è mostrato in Figura A1.1 [5]. Il nomogramma è costituito da quattro grafici principali intitolati: "Frazione volumetrica-massa" (*Volumetric to mass fraction*), "La legge di similarità" (*similarity law*), "Scegli il diametro della perdita" (*Choose leak diameter*), e "Scegli la densità all'uscita dell'ugello" (*Choose density in the nozzle exit*), e un grafico aggiuntivo "Calcola la densità all'uscita dell'ugello tramite la pressione e temperatura del serbatoio di accumulo" (*Calculate density in the nozzle exit by storage tank pressure and temperature*) - basato sui calcoli della teoria del getto sotto-espanso senza perdite).

L'utilizzo del nomogramma per il calcolo della distanza dalla sorgente del rilascio (ad esempio 1 mm di diametro) ai 4 vol. % di idrogeno nell'aria (linea tratteggiata di colore blu) lungo l'asse del rilascio da un serbatoio di stoccaggio ad una pressione di 70 MPa e una temperatura di 300 K è mostrata di seguito.

1. Tracciare la linea verticale verso il basso dal punto sull'asse orizzontale "Frazione volumetrica di idrogeno" (*hydrogen volumetric fraction*), corrispondente alla concentrazione di interesse (4 vol. % o 0,04), fino all'intersezione con la linea del grafico "Frazione volumetrica a massa" (*Volumetric to mass fraction*) nel grafico nell'angolo in alto a sinistra nella Figura A1.1.
2. Tracciare la linea orizzontale da questo punto di intersezione all'intersezione con la linea della legge di similarità sul grafico nell'angolo in alto a destra "La legge di similarità" in Figura A1.1.
3. Tracciare la linea verticale verso il basso dal punto di intersezione ottenuto sul grafico "La legge di similarità" fino all'intersezione con la linea corrispondente a 1 mm di diametro sul grafico "Scegli il diametro della perdita" (*choose leak diameter*) in Figura A1.1. Si prega di notare che ci sono otto linee su tale grafico, corrispondenti ai seguenti diametri di perdita (dall'alto verso il basso): 15 mm, 10 mm, 5 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,1mm. Queste cifre sono mostrate sul lato destro del grafico.
4. Calcolare la densità utilizzando il grafico aggiuntivo "Calcola densità all'uscita dell'ugello per la data pressione e temperatura del serbatoio di stoccaggio" (*Calculate density in the nozzle exit by storage tank pressure and temperature*) posto nella parte inferiore del nomogramma utilizzando la pressione data (70 MPa) sull'asse delle ordinate e una linea corrispondente alla temperatura scelta (300K). Ciò è indicato da due frecce grigie spesse sul grafico "Calcola densità all'uscita dell'ugello in base alla pressione e alla temperatura del serbatoio di stoccaggio". La densità calcolata graficamente all'uscita dell'ugello per 70 MPa e 300 K è di circa 23 kg/m³.
5. Tracciare la linea orizzontale dal punto di intersezione sulla retta "1 mm" ottenuta dal grafico "Scegli diametro della perdita" al grafico di sinistra intitolato "Scegli densità all'uscita dell'ugello" fino all'intersezione con una linea immaginaria corrispondente a 23 kg/m³ (situata tra due linee, 20 kg/m³ e 50 kg/m³, mostrate nel grafico). Si noti che nel grafico sono presenti cinque linee corrispondenti alle densità di 1 kg/m³, 3 kg/m³, 10 kg/m³, 20 kg/m³, and 50 kg/m³ dall'alto verso il basso, rispettivamente. Questi valori sono mostrati sul lato sinistro del grafico.
6. Tracciare la linea verticale verso il basso dal punto di intersezione con la linea immaginaria corrispondente a 23 kg/m³ all'intersezione con l'asse delle ascisse "Distanza dalla concentrazione

di interesse" (*distance to concentration of interest*) nel grafico "Scegli densità in uscita dell'ugello" (*choose density in the nozzle exit*). Pertanto, la distanza calcolata graficamente dall'uscita dell'ugello alla concentrazione di idrogeno del 4% in volume è di circa 7,7 m.

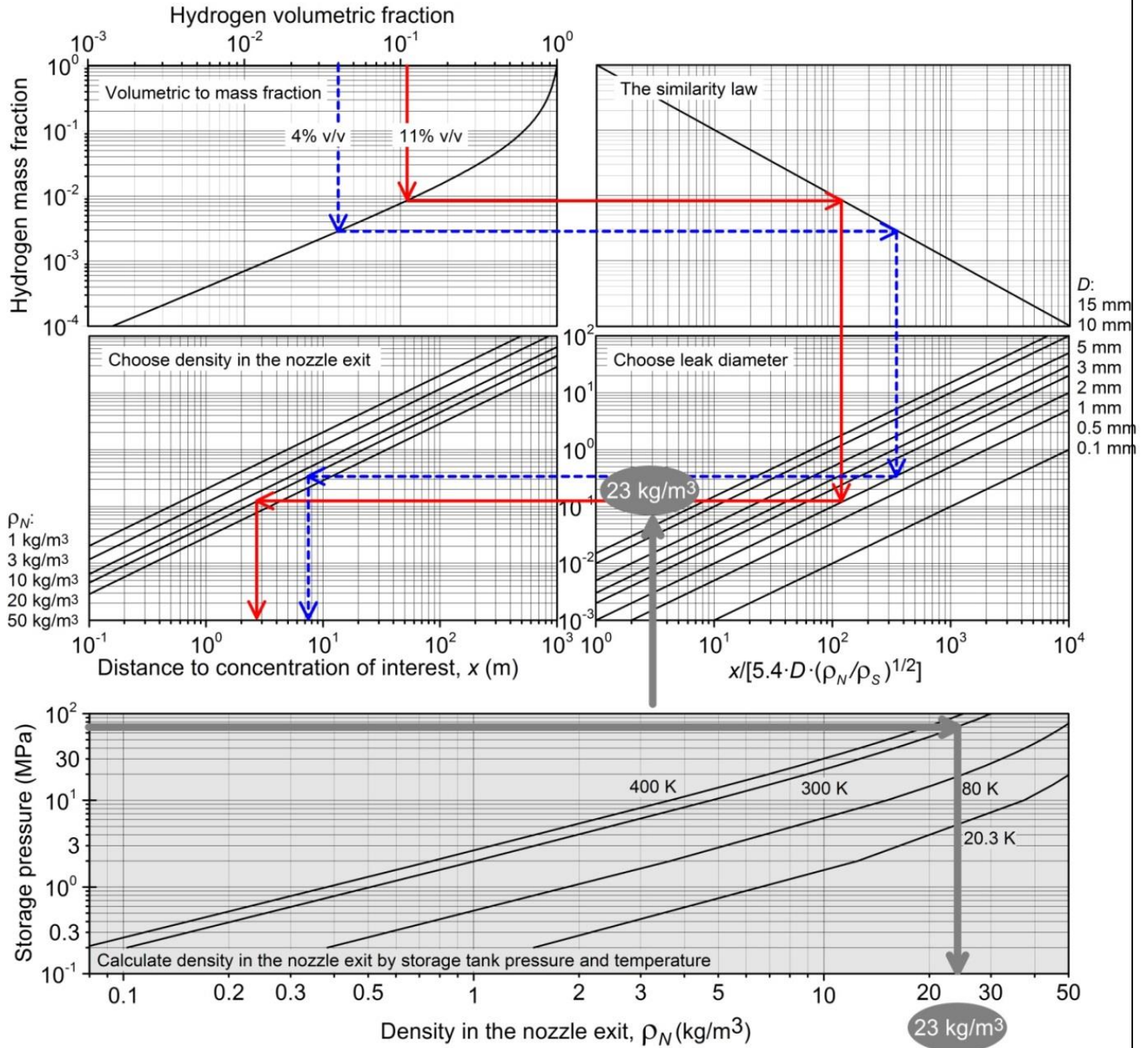


Figura A1.1. Il nomogramma per il calcolo della concentrazione lungo l'asse di getti di idrogeno non-reattivi (senza ignizione) [5].

L'uso dell'equazione (2) per la legge di similarità con un valore più accurato della densità dell'idrogeno all'ugello calcolata dalla teoria del getto sotto-espanso (23,95 kg/m³) e una densità dell'aria di 1,205 kg/m³ (NTP) dà 8,36 m per 4 vol. % di idrogeno nell'aria. L'errore dei calcoli grafici è al livello accettabile e inferiore al 10%.

Appendice 2. Distanze di pericolo informative per jet fire di idrogeno

I parametri necessari per prevedere la lunghezza della fiamma utilizzando il nomogramma in Figura A2.1 [5] sono solo quelli all'uscita effettiva dell'ugello. Ciò significa che non è richiesto il calcolo dei parametri di flusso all'uscita fittizia dell'ugello.

La lunghezza della fiamma adimensionale, L_f/d aumenta per fiamme laminari e in transizione verso il regime turbolento (regime di fiamma a getto controllato dalla galleggiabilità), quindi è praticamente costante per fiamme espanse turbolente in transizione e completamente sviluppate (regime di fiamma a getto dominato dal momento) e infine aumenta nuovamente per i getti sotto-espansi (regime di fiamma a getto sotto-espanso dominato dal momento). Per utilizzare l'ultima parte della curva è necessaria l'applicazione del modello dei getti sotto-espansi.

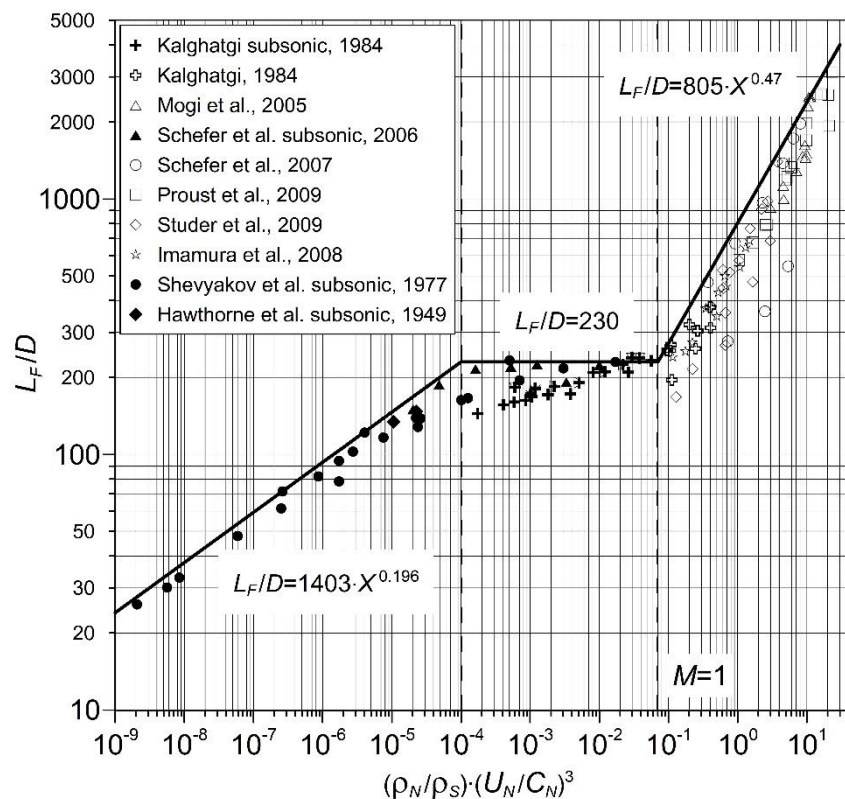


Figura A2.1. La correlazione adimensionale per la lunghezza di fiamma [5].

In Figura A2.1:

Y-asse: L_f/d_n dove L_f - lunghezza di fiamma, m; d_n - diametro reale dell'ugello di rilascio, m.

X-asse: $(\rho_N/\rho_S)(U_N/C_N)^3$ dove

- ρ_N - densità all'uscita dell'ugello, per i getti sotto-espansi può essere calcolata utilizzando la teoria del getto sotto-espanso [5] o il grafico inferiore del nomogramma in Figura A1.1; per i getti espansi è uguale a 0.0838 kg/m^3 a NTP,
- ρ_S - densità dell'aria circostante, uguale a 1.205 kg/m^3 per l'aria a NTP,
- C_N - velocità del suono in idrogeno all'uscita dell'ugello, U_N - velocità dell'idrogeno all'uscita dell'ugello, $U_N = C_N$ per i getti sonici e supersonici. Per i getti subsonici:

$$U_N = \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}}$$

Le tre distanze di pericolo per i jet fire sono definite come di seguito:

- “nessun danno”: 70 °C per qualsiasi durata (questa distanza è uguale a 3.5 volte la lunghezza di fiamma $x=3.5 L_f$);
- Soglia del “dolore”: 115 °C per un’esposizione di 5 min (questa distanza è uguale a 3 volte la lunghezza di fiamma; $x=3L_f$);
- Soglia di “letalità”: 309 °C, ustioni di terzo grado per 20 secondi di esposizione (questa distanza è uguale a 2 volte la lunghezza di fiamma $x=2L_f$).

Appendice 3. Distanze di sicurezza informative per la rottura catastrofica di un serbatoio di idrogeno in un incendio

La metodologia¹³ consente di determinare le distanze di pericolo per le persone e gli edifici dalla rottura di un serbatoio di idrogeno ad alta pressione in un incendio (serbatoio autonomo o serbatoio a bordo). La metodologia è stata applicata per costruire i nomogrammi per trovare graficamente le distanze dalla rottura del serbatoio autonomo (Figura A3.1) e sotto il veicolo (Figura A3.2) in un incendio.

La perdita temporanea dell'udito descritta da Baker et Al.¹⁴ che si verifica a sovrappressioni superiori a 1,35 kPa e impulsi superiori a 1 Pa·s sarà considerata come soglia di "Nessun danno" per l'uomo. Le soglie per "lesioni" e "mortalità" per l'uomo e le soglie per gli edifici sono state adottate da Mannan¹⁵ e sono rappresentate nelle Tabella 6 and 7.

Tabella 6. Soglie di sovrappressione per il danno all'uomo (ambiente esterno).

Effetto	Sovrapressione, kPa
1% probabilità di rottura del timpano (scelto come "lesione")	16.5
1% probabilità di mortalità - emorragia ai polmoni (scelto come "fatalità")	100

Tabella 7. Soglie di sovrappressione per il danno a edifici.

Danno	Sovrapressione, kPa
Danno minore all'edificio [3] (scelto come "danno minore")	4.8
Demolizione parziale dell'edificio – resti inabitabili [3](scelto come "parziale demolizione")	6.9
Quasi totale distruzione dell'edificio [3] (scelto come "quasi totale distruzione")	34.5-48.3

I criteri di danno per le persone e gli edifici sopra descritti sono utilizzati ulteriormente nei nomogrammi per la determinazione delle distanze da una rottura di serbatoi di idrogeno ad alta pressione autonomi e sotto i veicoli di volume diverso e con pressione diversa

ROTTURA DI UN SERBATOIO AUTONOMO IN UN INCENDIO

La Figura A3.71 rappresenta due nomogrammi che consentono di trovare le distanze dalla rottura di un serbatoio autonomo in un incendio corrispondenti a diversi livelli di gravità per gli esseri umani - cioè "nessun danno" (*no-harm*), "lesioni" (*injury*) e "mortalità" (*fatality*) - e per gli edifici - ovvero

¹³ V. Molkov and S. Kashkarov, "Blast wave from a high-pressure gas tank rupture in a fire: stand-alone and under-vehicle hydrogen tanks," vol. 40, no. 36, pp. 12581–12603, 2015

¹⁴ W. E. Baker, P. A. Cox, P. S. Westine, J. J. Kulesz, and R. A. Strehlow, Explosion hazards and evaluation. Elsevier Scientific Publishing Company, 1983

¹⁵ S. Mannan, Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 3rd ed., vol. 1. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005

“danno minore” (*minor damage*), “demolizione parziale” (*partial demolition*) e “distruzione quasi totale” (*almost total destruction*).

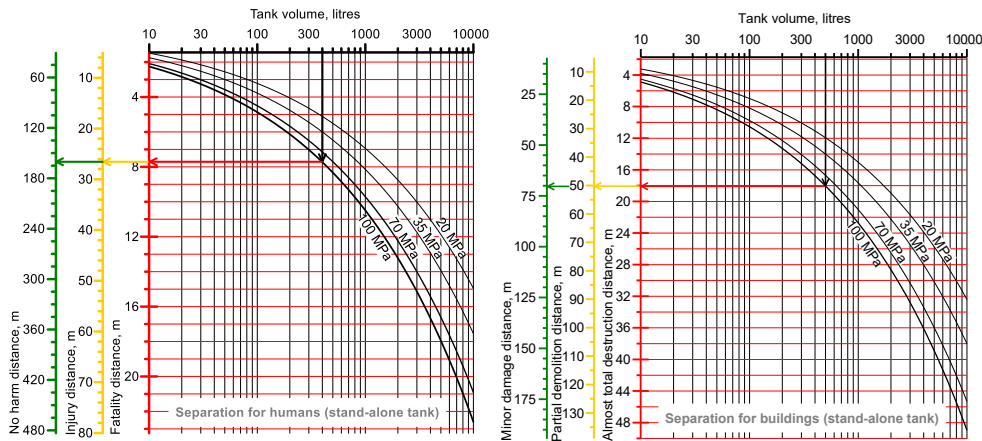


Figura A3.71. Nomogrammi per la determinazione delle distanze dalla rottura del serbatoio autonomo: distanze per l'uomo (a sinistra) e distanze per gli edifici (a destra).

Si può usare il nomogramma come segue. Ad esempio, nella Figura A3.71 (a sinistra) scegliamo il volume del serbatoio di idrogeno di 500 L (*tank volume*) e la pressione interna del serbatoio (vedere le curve) di 100 MPa (mostrata con freccia nera). Quindi, per trovare la distanza di "mortalità", la linea orizzontale viene semplicemente tracciata verso gli assi a sinistra (indicati con la freccia rossa). Il primo asse rosso indica la distanza di "mortalità" (7,7 m). Per trovare le distanze corrispondenti a "lesioni" e "nessun danno", la linea dovrebbe essere semplicemente estesa rispettivamente agli assi giallo e verde. Per il caso in esame la distanza per le lesioni è di 26,5 m e la distanza per non provocare danni è di 160 m.

ROTTURA DI UN SERBATOIO SOTTO IL VEICOLO IN UN INCENDIO

La Figura A3.72 illustra due nomogrammi utilizzati per la determinazione delle distanze di pericolo per la rottura del serbatoio sotto il veicolo in caso di incendio.

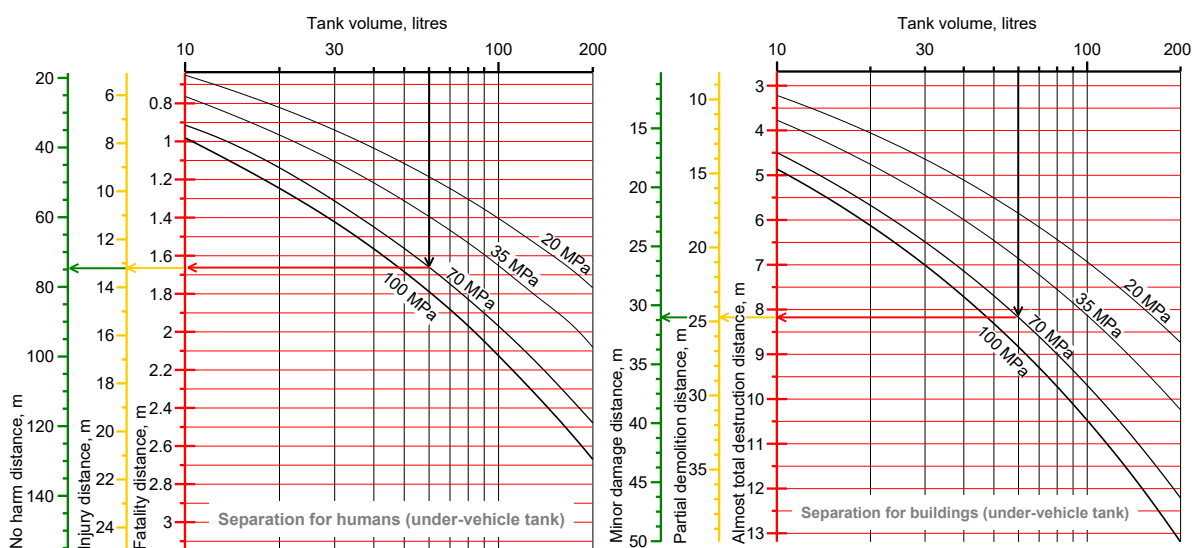


Figura A3.72. Nomogrammi per la determinazione delle distanze dalla rottura del serbatoio sotto il veicolo: distanze per l'uomo (a sinistra) e distanze per gli edifici (a destra).

GLOSSARIO

Blowdown è il processo di riduzione della pressione all'interno del vessel di stoccaggio durante il rilascio.

Cella a combustibile (FC, Fuel Cell) è un generatore elettrochimico che produce elettricità mediante la conversione di energia chimica in elettrica. Nel caso di un FC alimentato a idrogeno, ossigeno e idrogeno vengono combinati per produrre elettricità, calore e acqua. La FC è costituita da due elettrodi (positivo (catodo) e negativo (anodo)) immersi in una soluzione elettrolitica, che fornisce un trasferimento degli ioni in entrambe le direzioni, mentre un corrispondente flusso di elettroni in un circuito esterno fornisce elettricità.

Conseguenze sono gli effetti previsti dalla realizzazione di un pericolo e dalla sua gravità, generalmente misurati in termini di sicurezza per la vita, danno alla proprietà ed impatto ambientale.

Criteri di accettabilità (Acceptance criteria) sono i criteri di riferimento rispetto ai quali viene valutata la prestazione di un design.

Deflagrazione e **detonazione** corrispondono alla propagazione di una zona di combustione alla velocità rispettivamente minore e maggiore della velocità del suono nella miscela incombusta.

Dispositivo di decompressione attivato termicamente (TPRD, Thermally Activated Pressure Relief Device) fornisce un rilascio controllato del GH_2 da un serbatoio di stoccaggio ad alta pressione prima che le sue pareti siano indebolite dalle alte temperature, portando ad una rottura catastrofica.

Dispositivo di sfiato della pressione (PRD, Pressure Relief Device) è un dispositivo di sicurezza che protegge un recipiente di stoccaggio dalla rottura rilasciando parte o l'intero contenuto del serbatoio in caso di alte temperature, alte pressioni o una combinazione di entrambi.

Elettrolisi dell'acqua è un processo in cui l'acqua viene scissa in idrogeno e ossigeno utilizzando energia elettrica¹⁶.

Energia Minima di Accensione (MIE, Minimum Ignition Energy) di gas e vapori infiammabili è il valore minimo dell'energia elettrica, immagazzinata nel circuito di scarica con la minore perdita possibile nei conduttori, che (una volta scaricata attraverso uno spinterometro) innesca la miscela quiescente nella composizione più infiammabile.

Getto sotto-espanso è un getto con una pressione all'uscita dell'ugello superiore alla pressione atmosferica.

“Hazard distance” è una distanza dalla sorgente di un pericolo a un determinato (mediante modellazione fisica o numerica o da un regolamento) valore di effetto fisico (normalmente, termico o pressione) che può portare a una condizione di danno (che va da "nessun danno" a "massimo danno") a persone, apparecchiature o ambiente [ISO19880-1].

¹⁶ HyResponse Deliverable 2.1 Description of selected FCH systems and infrastructure, relevant safety features and concepts, 2015

Incidente è un evento che accade casualmente in relazione a qualcos'altro. In lingua inglese si ha una seconda definizione riferita al termine "accident" per indicare un evento o circostanza imprevedibile e non pianificato.

Intervallo di infiammabilità è l'intervallo di concentrazioni tra i limiti di infiammabilità inferiore e superiore.

Limite inferiore di infiammabilità (LFL) è la concentrazione più bassa e il **limite superiore di infiammabilità (UFL)** è la concentrazione più alta di una sostanza combustibile in un ossidante gassoso che propagherà una fiamma.

Primo soccorritore (first responder) è un dipendente di un servizio di emergenza (ad es. vigili del fuoco, polizia, personale medico), che è probabile arrivi per primo per valutare la scena di un incidente.

Reforming è il processo di produzione di una miscela ricca in idrogeno da un combustibile grezzo per l'eventuale uso in una Fuel Cell¹⁷.

Rischio è la combinazione della probabilità di un evento e le sue conseguenze.

Scenario è l'insieme di circostanze scelte come esempio che definisce lo sviluppo di un incidente.

Spegnimento di emergenza è l'insieme di azioni del sistema di controllo, basate sui parametri del processo, atto all'immediato spegnimento del sistema di generazione di potenza della cella a combustibile e tutte le sue reazioni per evitare il danneggiamento dell'attrezzatura e/o i pericoli per il personale¹⁸.

Strategia è una nozione stabile decisa a livello politico, secondo l'accettazione sociologica del rischio. La scelta di una strategia per affrontare un tipo di incidente è strettamente legata al concetto di "valutazione della posta in gioco"¹⁹.

Studio deterministico è la metodologia, basata su relazioni fisiche derivate da teorie scientifiche o risultati empirici che, per un dato set di condizioni iniziali, produrrà sempre lo stesso risultato.

¹⁷ IEC/TS 62282-1. International Electrotechnical Commission. Technical Specifications. Fuel cell technologies. Part 1: Terminology (2010). Edition 2. Geneva, Switzerland

¹⁸ IEC/TS 62282-1. International Electrotechnical Commission. Technical Specifications. Fuel cell technologies. Part 1: Terminology (2010). Edition 2. Geneva, Switzerland

¹⁹ TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Introduction to FCH applications and hydrogen safety" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen properties relevant to safety" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen fires" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Safety of hydrogen storage" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Harm criteria for people and environment, damage criteria for structures and equipment" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Unignited hydrogen releases, their prevention and mitigation" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hazards of hydrogen use indoors" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Dealing with hydrogen explosions" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Sources of hydrogen ignition and prevention measures" Ulster University Hyresponse Project 2015; A.ZANOTO et al. "Description of selected FCH systems and infrastructure, relevant safety features and concepts" AIR LIQUIDE, Hyresponse Project 2015; F.VERBECKE et al., "Detailed scenarios of typical accident for selected FCH systems and infrastructures" AREVA, Hyresponse Project 2015; S. BERTAU et al., "Operational emergency response strategies and tactic "Emergency Response approach" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; S. BERTAU et al., "Elaboration of multi-level operational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; E. MARANNE et al. "Virtual reality educational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; M. GENTILLEAU et al. "Guide opérationnel départemental de référence d'intervention sur véhicules. " SDIS 86, 2015.

Studio probabilistico è uno sviluppo sistematico di stime numeriche della frequenza prevista e/o delle conseguenze di potenziali incidenti.

Tattica è un concetto variabile deciso a livello operativo, a seconda della situazione disponibile nel momento presente e in un prossimo futuro.

Temperatura e Pressione normale (NTP) condizioni di temperatura di 293.15 K e pressione di 101.325 kPa.

Ventilazione forzata è il movimento dell'aria e il suo ricambio con aria fresca tramite mezzi meccanici.

Ventilazione naturale è il movimento dell'aria e il suo ricambio con aria fresca air dovuto al vento e/o gradienti termici²⁰.

²⁰- IEC/TS 62282-1. International Electrotechnical Commission. Technical Specifications. Fuel cell technologies. Part 1: Terminology (2010). Edition 2. Geneva, Switzerland

BIBLIOGRAFIA

- [1]V. Molkov and S. Kashkarov, "Blast wave from a high-pressure gas tank rupture in a fire: stand-alone and under-vehicle hydrogen tanks," vol. 40, no. 36, pp. 12581–12603, 2015
- [1]W. E. Baker, P. A. Cox, P. S. Westine, J. J. Kulesz, and R. A. Strehlow, *Explosion hazards and evaluation*. Elsevier Scientific Publishing Company, 1983
- [1]S. Mannan, *Lees' Loss Prevention in the Process Industries*, 3rd ed., vol. 1. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005
- [1] IEC/TS 62282-1. International Electrotechnical Commission. Technical Specifications. Fuel cell technologies. Part 1: Terminology (2010). Edition 2. Geneva, Switzerland
- [1] HyResponse Deliverable 2.1 Description of selected FCH systems and infrastructure, relevant safety features and concepts, 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Introduction to FCH applications and hydrogen safety" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen properties relevant to safety" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen fires" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Safety of hydrogen storage" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Harm criteria for people and environment, damage criteria for structures and equipment" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Unignited hydrogen releases, their prevention and mitigation" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hazards of hydrogen use indoors" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Dealing with hydrogen explosions" Ulster University Hyresponse Project 2015; TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Sources of hydrogen ignition and prevention measures" Ulster University Hyresponse Project 2015; A.ZANOTO *et al.* "Description of selected FCH systems and infrastructure, relevant safety features and concepts" AIR LIQUIDE, Hyresponse Project 2015; F.VERBECKE *et al.*, "Detailed scenarios of typical accident for selected FCH systems and infrastructures" AREVA, Hyresponse Project 2015; S. BERTAU *et al.*, "Operational emergency response strategies and tactic "Emergency Response approach" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; S. BERTAU *et al.*, "Elaboration of multi-level operational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; E. MARANNE *et al.* "Virtual reality educational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015; M. GENTILLEAU *et al.* "Guide opérationnel départemental de référence d'intervention sur véhicules. " SDIS 86, 2015.

TABELLA DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Fascio V18.....	4
Figura 2: Bombola 50 litri.....	4
Figura 3: Autocarro ad idrogeno criogenico. Fonte Air Liquide Image Bank.....	14
Figura 4: Rappresentazione dell'effetto BLEVE - Fonte Air Liquide Image Bank.....	23
Figura 5: Rappresentazione della Rapida Transizione di Fase (Rapid Phase Transition). Fonte Air Liquide Image Bank.....	24
Figura 6: Rilascio LH2 - senza accensione → Nube infiammabile - Fonte Air Liquide Image Bank.	25
Figura 7: Rilascio LH2 - con accensione → Flussi di calore radiativo - Fonte Air Liquide Image Bank.	25
Figura 8: Incendio di un serbatoio H2 (700b) (ENSOSP 2014).	26
Figura 9: Fiamma di idrogeno sotto un modello di auto H2 (ENSOSP 2016).....	27
Figura 10: Fiamma H2 orizzontale nella piattaforma operativa ENSOSP visibile unicamente attraverso una termocamera.	27
Figura 11: Principio di funzionamento di una Fuel Cell.....	29
Figura 12: Principio schematico di funzionamento della Fuel Cell.....	29
Figura 13: Membrane Electrode Assembly (MEA).	30
Figura 14: Fuel Cell per potenza di backup presso l'IP Energy data center.	30
Figura 15: Principio di funzionamento di un elettrolizzatore.	31
Figura 16: Principio della PEM.....	31
Figura 17: Specifiche tecniche e fotografia di uno stack PEMFC per l'accumulo di energia di AREVA.....	31
Figura 18: Principio di funzionamento di un elettrolizzatore alcalino.....	32
Figura 19: Elettrolizzatore alcalino IHT tipo S-556, 760 Nm ³ /h e 30 bars.	32
Figura 20: Principio di funzionamento di un'auto Fuel cell (GTR, Hydrogen Fuelled vehicle UNE-ECE 2012).	34
Figura 21: Carrello elevatore alimentato ad idrogeno. Fonte: Air Liquide (2018).....	35
Figura 22: Principio di funzionamento di un bus Fuel Cell.....	35
Figura 23: Elementi principali di un autocarro ad idrogeno (44 tons). Solo per scopi di addestramento. Non diffondere al di fuori dell'ambito EERG.	36
Figura 24: Presentazione del treno ad idrogeno (iLint) fonte: Alstom	36
Figura 25: Posizione TPRD rispetto al fronte del veicolo (Toyota Emergency response guide).	38
Figura 26: Foro per il rifornimento nella Toyota Mirai.....	38
Figura 28: Blue diamonds (US).	40
Figura 27: Etichettatura H2.....	40
Figura 29: Marchio di riconoscimento sul veicolo (Ix35 Toyota emergency response guide).40	
Figura 30: Etichettatura proposta dal CTIF all'ISO (progetto).....	40
Figura 31: Diagramma di un'installazione HRS.....	43
Figura 32: Stazione di rifornimento (Air Liquide Germany).....	44
Figura 33: Stazione di rifornimento (Vattenfall Hamburg).	44
Figura 34: Distributore per carrelli elevatori (Air Liquide).....	45
Figura 35: Distributore 700 bar.....	45

Figura 36: Distributore 350 bar	46
Figura 37: Stazione di rifornimento interna per carrelli elevatori (dispenser).	46
Figura 38: Stazione di rifornimento con stoccaggio a bassa pressione 200 bar.....	47
Figura 39: Stazione di rifornimento con stoccaggio ad alta pressione 1000 bar.....	47
Figura 40: Stazione di rifornimento ESD a distanza dal distributore (Hamburg airport).	48
Figura 41: Processo di pericolo.	69
Figura 42: Preparazione all'attacco offensivo dell'incendio (connessioni all'idrante se disponibile). ©crise-2015	93
Figura 43: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH su ruote in un incendio. ©crise-2015	93
Figura 44: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH posizionato su un lato (TPRD posizionata sul tetto). ©crise-2015	94
Figura 45: (In rosso) angoli vietati per l'avvicinamento al veicolo FCH posizionato su un lato (TPRD posizionata tra le ruote posteriori con un angolo di 45°). ©crise-2015	94
Figura 46: Attacco dell'incendio offensivo con due squadre (prima fase). ©crise-2015	95
Figura 47: Attacco dell'incendio offensivo con due squadre (seconda fase). ©crise-2015	95
Figura 48: Soccorso vicino ad un veicolo FCH in fiamme. ©crise-2015	96
Figura 49: Sfiato di rilascio H2 di un carrello elevatore (su ciascun lato). ©Air Liquide-2014	96
Figura 50: Area di pericolo per un carrello elevatore durante il rilascio di H2 da TPRD (su ciascun lato per 1 minuto). ©Air Liquide-2014	97
Figura 51: Incendio in prossimità di carrelli elevatori. ©crise-2015	98
Figura 52: Trailer H2. ©Air Liquide-2014	122
Figura 53: Valvola individuale del cilindro su un trailer H2. ©Air Liquide-2014	122
Figura 54: Trailer H2 con supporti per bottiglie verticali. © Areva/ENSOSP 2015	123
Figura 55 : Rack di bottiglie H2. © Areva/ENSOSP 2015	123
Figura 56: Valvola H2 principale del trailer (vista esterna). © Areva/ENSOSP 2015	123
Figura 57: Valvola H2 principale del trailer (vista esterna). © Areva/ENSOSP 2015	124
Figura 58: Valvole su bottiglie H2 in un Rack. © Areva/ENSOSP 2015	124
Figura 59: Spegnimento di emergenza elettrico principale. © Areva/ENSOSP 2015	158
Figura 60: Esempio di piano d'emergenza (1). ©areva	158
Figura 61: Esempio di piano d'emergenza (2). ©areva	159
Figure 62: Esempio di piano d'emergenza (3). ©areva	159
Figura 63: Esempio di piano d'emergenza (4). ©areva	159
Figura 64: Sistema di backup Areva vista globale. ©AREVA/ENSOSP 2015	160
Figura 65: Sistema di backup Areva (container fuel cell). ©AREVA/ENSOSP 2015	160
Figura 66: Sistema di backup Areva (stoccaggio H2 e O2). ©AREVA/ENSOSP 2015	161
Figura 67: Sistema di backup Areva (dispositivo per il rilascio della pressione). ©AREVA/ENSOSP 2015	162
Figura 68: Sistema di backup Areva (dettaglio del dispositivo per il rilascio di pressione). ©AREVA/ENSOSP 2015	162
Figura 69: Sistema di backup Areva (dettaglio della rete H2 and O2 con valvole). ©AREVA/ENSOSP 2015	162

Figura 70: Spegnimento di emergenza e delle valvole H ₂ /O ₂ sulla green box AREVA. ©AREVA/ENSOSP 2015	163
Figura A3.71. Nomogrammi per la determinazione delle distanze dalla rottura del serbatoio autonomo: distanze per l'uomo (a sinistra) e distanze per gli edifici (a destra).....	169
Figura A3.72. Nomogrammi per la determinazione delle distanze dalla rottura del serbatoio sotto il veicolo: distanze per l'uomo (a sinistra) e distanze per gli edifici (a destra).....	169

INDICE

Introduzione	1
PARTE 1 IDROGENO, APPLICAZIONI E RISCHI ASSOCIATI	3
1. IDROGENO GASSOSO	4
1.1. Identificazione.....	4
1.2. ADR, IMDG, IATA.....	4
1.3. Classificazione, Etichettatura e Imballaggio (CLP).....	5
1.4. Caratteristiche operative rilevanti:.....	6
1.5. Fenomeni pericolosi (Veicoli FC H ₂)	7
1.5.1. Potenziali conseguenze	7
1.5.1.1. Rilascio senza accensione	7
1.5.1.2. Rilascio con accensione immediata	8
1.5.1.3. Rilascio con accensione ritardata.....	10
1.5.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio.....	10
1.6. Fenomeni pericolosi (FC H ₂ Gassoso BUS, TRENI e AUTOCARRI)	11
1.6.1. Potenziali conseguenze	12
1.6.1.1. Rilascio senza accensione	12
1.6.1.2. Rilascio con accensione immediata	13
1.6.1.3. Rilascio con accensione ritardata.....	13
1.6.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio.....	13
2. IDROGENO LIQUIDO	14
2.1. Identificazione:	14
2.2. Pericolo	14
2.3. ADR, IMDG, IATA.....	14
2.4. Classificazione, Etichettatura e Imballaggio (CLP).....	16
2.5. Caratteristiche operative rilevanti:.....	17
2.6. Fenomeni pericolosi.....	18
2.6.1. Potenziali conseguenze	18
2.6.1.1. Rilascio senza accensione	18
2.6.1.2. Rilascio con accensione immediata	18
2.6.1.3. Rilascio con accensione ritardata.....	19
2.6.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio.....	20
3. PERICOLI DELL'IDROGENO	22
3.1. Asfissia.....	22
3.2. Pressione	22
3.3. Rumore.....	22
3.4. Infragilimento	22
3.5. Criogenia.....	22
3.6. Combustione	22
3.7. Eventi temuti e riepilogo dei fenomeni.....	23
4. STRUMENTI SPECIFICI	26

4.1. Termocamere	26
4.2. Rilevatore mono-gas	28
5. FUEL CELLS	29
5.1. Principio di funzionamento	29
5.1.1. Cella a combustibile con membrana a scambio protonico.....	29
5.2. Principali rischi associati alle Fuel Cells	30
6. ELETTROLIZZATORI	31
6.1. Principio di funzionamento	31
6.2. Elettrolizzatore con membrana a scambio protonico	31
6.3. Elettrolizzatore alcalino	32
6.4. Principali rischi associati agli elettrolizzatori:	33
7. VEICOLI FUEL CELL	34
7.1. Principio di funzionamento	34
7.2. Tipi di veicoli FUEL CELL	34
7.2.1. Auto.....	34
7.2.2. Carrelli elevatori	35
7.2.3. Bus	35
7.2.4. Autocarri	36
7.2.5. Treni.....	36
7.3. Idrogeno a bordo dei veicoli Fuel Cell.....	37
7.3.1. Stoccaggio di idrogeno	37
7.3.2. Rifornimento	38
7.4. Rischi associati ai veicoli Fuel Cell	39
7.5. Identificazione dei Veicoli Fuel Cell	40
8. STAZIONI DI RIFORNIMENTO	43
8.1. Principio di funzionamento	43
8.2. Esempi di stazioni di rifornimento.....	44
8.3. Rischi associati alle stazioni di rifornimento	48
8.4. Fenomeni pericolosi (trailer e stazioni di rifornimento di idrogeno gassoso)	48
8.4.1. Potenziali conseguenze	50
8.4.1.1. Rilascio senza accensione	50
8.4.1.2. Rilascio con accensione immediata	51
8.4.1.3. Rilascio con accensione ritardata.....	52
8.4.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio	52
8.5. Fenomeni pericolosi (trailer di idrogeno liquido e stazioni di rifornimento)	53
8.5.1. Potenziali conseguenze	55
8.5.1.1. Rilascio senza accensione	55
8.5.1.2. Rilascio con accensione immediata	56
8.5.1.3. Rilascio con accensione ritardata.....	56
8.5.1.4. Rottura meccanica del serbatoio di stoccaggio	58
PARTE 2 INTERVENTO D'EMERGENZA	60

9. NOMOGRAMMI	61
9.1. Come utilizzare i nomogrammi	61
9.2. Danno all'uomo da rottura di un serbatoio stand-alone in un incendio	62
10 DANNO ALL'UOMO DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO	63
11. DANNO ALL'UOMO da ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO	64
12. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO STAND-ALONE IN UN INCENDIO	65
13. DANNO ALLE STRUTTURE DA ROTTURA DI UN SERBATOIO INSTALLATO SU VEICOLO IN UN INCENDIO	66
14. DURATA DEL BLOWDOWN.....	67
15. STRATEGIA.....	68
15.1. Definizione di strategia	68
15.2. Valutazione della posta in gioco	68
16. TATTICHE	68
16.1. Definizione di tattica.....	68
16.2. La teoria del processo di pericolo	69
16.3. Tattiche offensive e difensive	70
17. GESTIONE DELLA CHIAMATA DI EMERGENZA	71
18. SEQUENZA DELLE OPERAZIONI ANTINCENDIO E DI SOCCORSO	72
18.1. Riconnoscimento	72
18.2. Salvataggio.....	72
18.3. Preparazione.....	72
18.4. Risoluzione dell'incidente	72
18.5. Protezione	73
18.6. Sgombero	73
18.7. Ispezione finale	73
18.8. Tattiche per incidenti con applicazioni FCH	74
18.8.1. Tipi di situazioni di incidenti	74
18.9. Soccorso.....	75
18.10. Incendio Elettrico.....	76
18.11. Incendio esterno	77
18.12. Rilascio di H2 con ignizione.....	78
18.13. Rilascio di H2/LH2 senza ignizione	79
19. TEAM HYRESPONDERS DI VIGILI DEL FUOCO ED ATTREZZATURA.....	80
19.1. Il team	80
19.2. L'attrezzatura per l'incendio.....	80
19.3. Schede tattiche specifiche proposte per le applicazioni selezionate.....	80
20. VEICOLI FUEL CELL	82
20.1. No perdita, no incendio.....	82

20.2. Rilascio senza ignizione.....	85
20.3. Incendio.....	88
20.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC	91
21. AUTOBUS FC, AUTOCARRI FC, TRENI FC	100
21.1. No perdita, no incendio.....	100
21.2. Perdita di H2 senza incendio.....	103
21.3. Incendio.....	106
21.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC	109
22. TRAILER H2.....	111
22.1. No perdita, no incendio.....	111
22.2. Perdita di H2 senza incendio.....	114
22.3. Incendio.....	117
22.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC	120
23. ATTREZZATURE DI CONNESSIONI E CONDUTTURE	125
23.1. No perdita, no incendio.....	125
23.2. Perdita senza incendio.....	128
23.3. Incendio.....	130
23.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione	133
24. STAZIONE DI RIFORNIMENTO	135
24.1. No perdita, no incendio.....	135
24.2. Perdita H2 senza incendio.....	137
24.3. Incendio.....	140
24.4. Incendio esterno che minaccia l'applicazione FC	143
25. UNITÀ STAZIONARIE DI GENERAZIONE DI POTENZA.....	145
25.1. No perdita, no incendio.....	145
25.2. Perdita H2 senza incendio.....	148
25.3. Incendio.....	151
25.4. Incendio esterno che minaccia l'unità.....	155
Appendice (UU)	164
Appendice 1. Distanze di pericolo informative per getti di idrogeno non reattivi	164
Appendice 2. Distanze di pericolo informative per jet fire di idrogeno	166
Appendice 3. Distanze di sicurezza informative per la rottura catastrofica di un serbatoio di idrogeno in un incendio	168
GLOSSARIO	170
BIBLIOGRAFIA.....	173
TABELLA DELLE ILLUSTRAZIONI.....	174
INDICE	177

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Introduction to FCH applications and hydrogen safety" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen properties relevant to safety" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hydrogen fires" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Safety of hydrogen storage" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Harm criteria for people and environment, damage criteria for structures and equipment" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Unignited hydrogen releases, their prevention and mitigation" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Hazards of hydrogen use indoors" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Dealing with hydrogen explosions" Ulster University Hyresponse Project 2015

TRETSIAKOVA-Mc NALLY, D. MAKAROV "Sources of hydrogen ignition and prevention measures" Ulster University Hyresponse Project 2015

A.ZANOTO *et al.* "Description of selected FCH systems and infrastructure, relevant safety features and concepts" AIR LIQUIDE, Hyresponse Project 2015

F.VERBECKE *et al.*, "Detailed scenarios of typical accident for selected FCH systems and infrastructures" AREVA, Hyresponse Project 2015

S. BERTAU *et al.*, "Operational emergency response strategies and tactic "Emergency Response approach" ENSOSP, Hyresponse Project 2015

S. BERTAU *et al.*, "Elaboration of multi-level operational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015

E. MARANNE *et al.* "Virtual reality educational exercises" ENSOSP, Hyresponse Project 2015

M. GENTILLEAU *et al.* "Guide opérationnel départemental de référence d'intervention sur véhicules. " SDIS 86, 2015.