



GREEN FACTORY

ANALISI DEL RISCHIO DI INCIDENTE

RELAZIONE TECNICA

**PRODUZIONE – STOCCAGGIO – DISTRIBUZIONE
IDROGENO**

PAESE (TV)

Rev.1 modifica categoria area scuola "Il giuggiolo" su mappe

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
ARTES: L. Antonellolvaldi 	ARTES: F. Antonello 	ASCOPIAVE
DATA: settembre 2024	DATA: settembre 2024	DATA

ARTES Analisi Rischi e Tecnologie di Ecologia e Sicurezza

Indice

1. OGGETTO E SCOPO	5
2. SIGLE E ABBREVIAZIONI	5
3. NORME E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	6
4. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ OGGETTO DI STUDIO	6
4.1 MISURE E ACCORGIMENTI DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	10
5. CRITERI GENERALI E RIFERIMENTI ADOTTATI	11
6. ANALISI DI RISCHIO	15
6.1 STIMA DELLA FREQUENZA ATTESA DI INCIDENTE	15
6.2 SCENARI INCIDENTALI.....	17
6.3 STIMA DEGLI EFFETTI E CONSEGUENZE ATTESE	19
6.3.1 Criteri applicati e parametri di calcolo.....	19
6.3.2 Soglie di danno	20
6.3.3 Risultati delle valutazioni	20
7. COMPATIBILITÀ TERRITORIALE.....	24

APPENDICI

- [A]** Schede di qualificazione redattori
- [B]** Tabulati di calcolo degli effetti
- [C]** Referenze modelli di calcolo
- [D]** Mappatura conseguenze attese

ALLEGATI

- [1]** Planimetria generale con indicazione dell'ubicazione unità e strutture

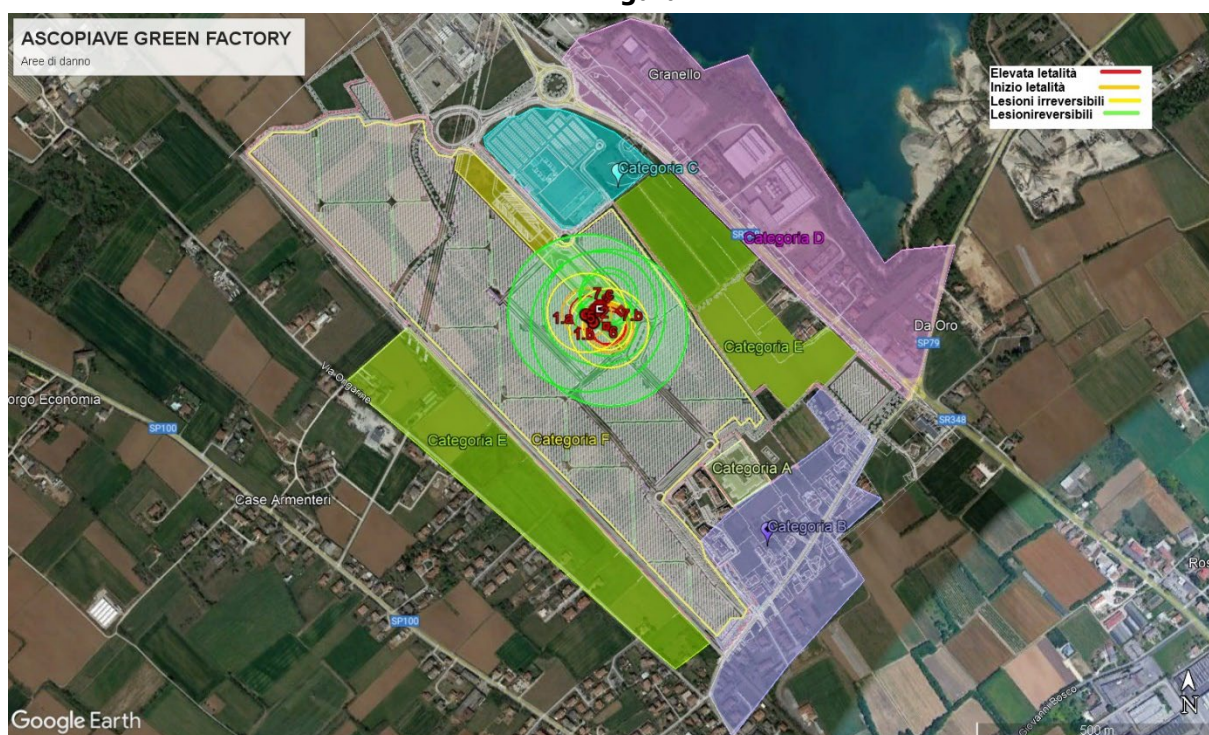
SOMMARIO DELLE CONCLUSIONI

L'impianto per il rifornimento di automezzi con idrogeno prodotto da fonti rinnovabili è stato studiato applicando le comuni tecniche e metodologie utilizzate in Italia per l'analisi dei rischi industriali. Nell'ambito dell'analisi si è tenuto conto delle misure e accorgimenti di prevenzione degli incidenti e di mitigazione degli effetti di fenomeni incidentali, considerando, in particolare, che:

- ⇒ i componenti impiantistici quali compressori, e recipienti di stoccaggio contenenti H2 in pressione saranno posti all'interno di box progettati per contenere frammenti e sovrappressioni significative in caso di scoppio/esplosione e realizzati in conformità ai criteri del Decreto Ministero dell'Interno 7/7/2023 e della normativa ATEX;
- ⇒ le tubazioni di H2 esterne ai box saranno poste in cunicolo interrato (cavedio) coperto da grigliato, con elementi esterni (valvole, connessioni, pertinenze) incamiciati o schermati in modo da intercettare jet orizzontali o con geometria del getto fino a 45° rispetto all'orizzontale;
- ⇒ sono previsti sistemi di blocco automatico tempestivo in caso di anomalie o incidente che permetteranno di intercettare eventuali fuoriuscite in modo da limitarne la durata e minimizzare le quantità rilasciate.

Sulla base di tali elementi, le ipotesi credibili di incidente sono individuate in forature o rotture di dimensioni pressoché corrispondenti alla rottura a ghigliottina di tubazioni, con possibile formazione di jet fire o di uvce in caso di innesco concomitante e particolari condizioni. Si riporta l'involuppo delle aree interessate da conseguenze alle persone e/o alle strutture, illustrate puntualmente nell'Appendice [D] .

Figura 1



1. OGGETTO E SCOPO

Oggetto del presente studio è un impianto per il rifornimento di automezzi con idrogeno costituito dalla stazione di elettrolisi dell'acqua, con relativo serbatoio polmone, da stoccaggi di idrogeno in pressione, effettuati in bombole e carri bombolai, e dalle pertinenze costituite dai compressori, tubazioni e punti di erogazione del gas agli automezzi.

Il progetto rientra nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e sarà realizzato nel Comune di Paese (TV), frazione di Castagnole, su un'area accessibile da Viale Bruxelles tramite la S.R.348 Feltrina.

L'attività non rientra fra quelle soggette agli obblighi del D. Lgs. 105/15 in quanto le quantità massime di idrogeno presenti non superano alcuna delle soglie dell'Allegato 1 al citato Decreto.

Scopo dello studio è la valutazione delle aree interessate in caso di incidente, sia allo scopo di avere riscontri in merito alle distanze di sicurezza previste, sia al fine di verificare la compatibilità territoriale dell'opera. A questo scopo si farà riferimento ai criteri espressi nel D.M. Lavori Pubblici del 9/5/2001, anche se l'applicazione di tale decreto non è cogente, in quanto l'attività non rientra tra quelle contemplate nella normativa sui rischi di incidente rilevante.

2. SIGLE E ABBREVIAZIONI

ADR: Accordo europeo concernente il trasporto internazionale di merci pericolose su strada (Direttiva 2020/1833/UE)

ATEX: (ATmosphères Explosibles) si intende l'insieme delle direttive e norme tecniche che regolamentano il campo delle atmosfere potenzialmente esplosive, o i luoghi in cui è presente il pericolo di incendio ed esplosione.

GPL: gas di petrolio liquefatti

H₂ : idrogeno

HP: High Pressure

Jet impingement: impatto di un getto di gas incendiato su uno schermo o su un apparecchio

MP : Medium Pressure

NFPA: National Fire Protection Association (USA)

TNO: Organizzazione olandese per la ricerca scientifica applicata (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek)

TPED: Direttiva 2010/35/UE sugli apparecchi a pressione trasportabili

Uvce: Unconfined vapor cloud explosion, o esplosione di nubi di gas o vapori in luogo non confinato

Sono inoltre adottate le definizioni del capitolo 1.2 dell'allegato 1 al D.M.I. 7/7/2023.

Nel seguito, dove non diversamente specificato, sarà usata la sigla bar per indicare la pressione in bar assoluti, barg per i bar relativi.

3. NORME E STANDARD DI RIFERIMENTO

La progettazione e realizzazione dell'impianto oggetto del presente studio sarà conforme alle norme di legge vigenti ed applicabili all'attività, in particolare si citano:

- Decreto Ministero dell'Interno 23/10/2018 "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione"
- Decreto Ministero dell'Interno 7/7/2023 "Regola tecnica di prevenzione incendi per l'individuazione delle metodologie per l'analisi del rischio e delle misure di sicurezza antincendio da adottare per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi e relativi sistemi di stoccaggio".

Ove applicabili:

- NFPA 2:2020 "Hydrogen Technologies Code"
- Normativa ATEX (serie CEI EN60079, CEI 31-108, IEC 60079).

4. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ OGGETTO DI STUDIO

Il progetto, nella fase definitiva, prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico che produrrà l'energia necessaria ad alimentare la produzione di idrogeno mediante elettrolisi dell'acqua. La realizzazione del progetto si prevede in due fasi, nella prima delle quali saranno realizzate:

- un'area di distribuzione dell'idrogeno, costituita dai dispenser (punti) di erogazione;
- un'area di stoccaggio, nella quale l'idrogeno, che arriva "via gomma" in carri bombolai con pressione di esercizio variabile da 250 barg a 500 barg, viene compresso e stoccato. L'area di stoccaggio è composta da alcune strutture in cemento armato, quali le baie per i carri bombolai, un locale per il posizionamento del gruppo elettrogeno, un locale per i compressori e relative valvole, un edificio per lo stoccaggio idrogeno in bombole e relative valvole, ed una cabina elettrica con adiacente un locale trasformatori elettrici.

Nella seconda fase saranno realizzate le ulteriori opere, a completamento del progetto. Il presente studio si riferisce al progetto completo e considera le parti impiantistiche in cui sarà presente l'idrogeno (elementi pericolosi¹), costituite dalle seguenti Unità:

- a) produzione di idrogeno per idrolisi dell'acqua e stoccaggio tampone (di seguito anche "buffer");
- b) sistema di compressione (compressori idrogeno);
- c) stoccaggio idrogeno in pressione (valori delle pressioni riportati nella tabella che segue) costituito da:
 - 1) 2 rack di bombole,
 - 2) 2 carri bombolai
- d) stazione di caricamento (rifornimento) veicoli alimentati ad idrogeno;
- e) tubazioni e connessioni.

Le principali condizioni di esercizio delle Unità oggetto di valutazione dei rischi di incidente sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 1

sezione/area	pressione bar
a) elettrolisi acqua con produzione di idrogeno e stoccaggio buffer	31
b) compressori idrogeno	501 per MP / 931 per HP
c.1) stoccaggio idrogeno in rack bombole	551 per MP / 931 per HP
c.2) stoccaggio idrogeno in carri bombolai	251 / 351 / 501
d) stazione di carico/rifornimento veicoli alimentati ad idrogeno	351 per MP / 701 per HP
e) tubazioni (DN20) e pertinenze varie (raccordi, connessioni, valvole)	551 per MP / 931 per HP

L'impianto di produzione sarà costituito sostanzialmente dall'elettrolizzatore (cella di elettrolisi dell'acqua), posto all'interno di un box con appositi sfiati e ventilazione, e dal serbatoio polmone "buffer" (in acciaio con capacità 25 m³, pressione di progetto 40 barg, esercito a 30 barg).

I compressori dell'idrogeno, a pistoni, saranno posti in appositi box e dotati dei prescritti sistemi di sicurezza;

Gli stoccaggi saranno costituiti da due rack di bombole e dai carri bombolai, così composti:

- ☛ 13 bombole di diametro pari a 470 mm e lunghezza pari a circa 9,90 m per l'immagazzinamento del gas ad una pressione massima di 551 bar;

¹ Con riferimento alla definizione del D.M. 7/7/2023.

- ☞ 13 bombole di cui 10 con diametro pari a 360 mm e lunghezza pari a circa 8,70 m per l'immagazzinamento del gas a 931 bar e le restanti 3 del tipo come sopra per l'immagazzinamento del gas a 551 bar.

I rack bombole saranno installati all'interno di appositi box.

Le caratteristiche delle bombole sono:

- pressione di progetto 55 MPa (550 bar) per uso a 501 bar e 103,4 MPa (1034 bar) per uso a 931 bar
 - temperatura di progetto $-40 \div 65^{\circ}\text{C}$
 - costruzione conforme alla Norma 2014/65/EU + AD MERKBLATT B0:2014; B1:2000; B9:2010; S2:2012 (Clause 13.2 for hydrogen environment)
 - Materiale Acciaio 34 CrNiMo6
- ☞ n. 2 carri bombolai con predisposizione ed attacchi per scarico sia a 250 barg che a 350 e a 500 barg, che saranno ospitati, ciascuno all'interno di un tunnel costruito in calcestruzzo armato antiscoppio con aperture di ventilazione e di sfogo dell'eventuale sovrappressione generata dallo scoppio di bombola per impingement da fiamma e con schermature antiproiezione frammenti.

Le caratteristiche principali dei carri a 250 barg con bombole in acciaio del tipo I, tratte dal Manuale del fornitore, sono di seguito riportate.

Semirimorchio Acerbi tipo S06/A allestito con 4 file di selle atte all'appoggio e l'impilaggio di 12 bombole DALMINE per il trasporto di gas compresso (come da relativi mod. MC452, oppure mod. TT 930, oppure certificato cumulativo secondo direttiva 1999/36/CE (TPED), che sono parte integrante della carta di circolazione). Le selle sono rese solidali alle bomboloni attraverso 4 fasce di acciaio fissate al telaio mediante tiranti M22.

Anteriormente al pacco bomboloni è fissata una struttura di contenimento che svolge funzione di protezione per la cabina guida. Posteriormente al pacco stesso è presente una porta a due battenti che consente l'accesso al vano posteriore all'interno del quale è installato l'impianto dedicato alle operazioni di carico/scarico del gas compresso nei/dai bomboloni.

Pacco bombole e vano sono adeguatamente coperti da tetto in alluminio.

Il carro è dotato di sistema di sicurezza, agente sul freno di stazionamento del s/r, il cui azionamento è condizione necessaria al fine di effettuare le operazioni di carico/scarico prodotto.

L'allestimento è comprensivo di: pannelli di sicurezza, estintori e cunei blocca ruote in conformità alle norme ADR, impianto di equipotenzializzazione al valore di terra, luci ingombro semirimorchio, paracigli laterali, segnaletica varia.

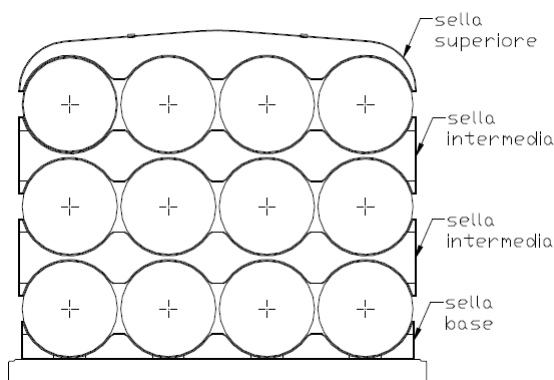
Riguardo al semirimorchio, si tratta di s/r ACERBI tipo S06/A, telaio dotato di n°4 mensole e caratterizzato dai seguenti dati tecnici come riportati da relativo DGM 405:

- Interasse perno 1° asse 4600 mm
- Interasse 1°-2°-3° asse 1310 mm
- Lunghezza totale originale 11150 mm
- Lunghezza totale 11220 mm
- Lunghezza utile pianale d'appoggio originale 10800 mm
- Lunghezza utile pianale d'appoggio 10870 mm

Le 12 bombole del pacco sono appoggiate ed impilate su 4 serie di selle, ciascuna serie costituita da: una sella base d'appoggio del pacco sul pianale, due selle intermedie ed una sella superiore come riportato nella figura che segue. Le selle sono tutte realizzate in acciaio e costituite da un piatto verticale, di spessore 5 e 10mm, a sostegno di piatti di spessore 5mm aventi funzione di superfici d'appoggio delle bombole e delle selle stesse. L'appoggio delle bombole sulle selle avviene con l'interposizione di opportuni spessori in gomma da 5mm.

Il sistema di serraggio è costituito da 4 fasce in acciaio che avvolgendo il pacco bombole le rendendoli solidali alle selle attraverso un'azione di tiro esercitata sulle fasce dal sistema di ancoraggio delle estremità delle stesse al telaio del s/r.

Figura 2



Le principali caratteristiche delle bombole del carro, tutte certificate TPED, sono riportate nella seguente tabella con riferimento al modello PN 500 barg (H2-50-520x2357)².

² <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/hexagonpurus-website/Type-4-Infrastructure-and-Mobility-Hexagon-Purus-Datasheet.pdf>

Tabella 2

Pressione nominale di esercizio (barg)	Diametro esterno (mm)	Lunghezza media (mm)	Peso (kg)	Capacità (L)	Massa di H2 contenuta (kg)
500	541	2,357	177	335	10,6

Le tubazioni dell'idrogeno saranno in acciaio inox AISI 316L senza saldature.

4.1 MISURE E ACCORGIMENTI DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

I principali accorgimenti e misure di prevenzione e protezione previste sono basati sulla normativa nazionale³ e su standards riconosciuti a livello internazionale, quali le norme NFPA⁴; sono inoltre previste:

- ✚ tubazioni di idrogeno poste in cavedio tecnico (cunicolo interrato ventilato superiormente tramite grigliato);
- ✚ schermi resistenti al fuoco e al fenomeno del "jet impingement" per i componenti fuoriterra, quali valvole, apparecchi, linee e accessori, realizzati al fine di intercettare eventuali jet fire;
- ✚ box conformi alle caratteristiche esposte al §1.2.5 dell'Allegato 1 al D.M. 7/7/2023 per le unità compressione e stoccaggio in rack e in carri bombolai;
- ✚ muri o schermi per la separazione delle rampe di rifornimento auto e autobus, realizzati in materiali resistenti al fuoco ed al fenomeno del jet impingement di dimensioni atte ad intercettare eventuali jet gassosi di idrogeno provenienti da perdite innescate nelle baie di carico;
- ✚ sistemi di blocco automatico comandati da gas detector e/o pressostati con attivazione in tempi dell'ordine di 30 secondi o inferiori, basati su una percentuale del LEL (Lower Explosive Limit, per l'idrogeno 4% volume) indicata nel progetto esecutivo (tipicamente 15-20% LEL);
- ✚ al fine di minimizzare le eventualità di errore umano, sarà inoltre implementato un Sistema di Gestione della Sicurezza che prevederà, in particolare, oltre alla formazione e informazione dei lavoratori conformemente alle disposizioni del Testo Unico sulla salute e sicurezza, controlli periodici dello stato delle apparecchiature e componenti impiantistici.

³ In particolare D.M.I 7/7/2023.

⁴ In particolare, dove applicabile NFPA2:2020 Hydrogen Technologies Code.

Tali accorgimenti e le eventuali ulteriori misure di prevenzione permettono di escludere ragionevolmente alcuni particolari scenari, quali il jet fire orizzontale o l'esplosione presso l'unità di compressione e/o stoccaggio.

5. CRITERI GENERALI E RIFERIMENTI ADOTTATI

L'analisi di rischio è condotta secondo lo schema della figura seguente.

Figura 3



I rischi potenziali individuati nell'attività oggetto del presente studio sono connessi alle caratteristiche dell'idrogeno, gas infiammabile presente a pressioni elevate. In particolare, si rilevano la peculiare caratteristica di autoriscaldamento del gas per effetto Joule-Thompson, la bassa energia di ignizione (0,02 mJ) rispetto ad altri combustibili (0,27 mJ per il metano o gas naturale, 0,3 per il propano o GPL, 0,14 mJ per il metanolo), l'ampio campo di infiammabilità in aria (dal 4% al 75% in aria), la bassissima densità del gas (0,09 kg/m³) che comporta una tendenza notevole a spostarsi verso l'alto nell'atmosfera per effetto della differenza di densità rispetto all'aria.

Ne consegue un rischio di incendio significativo, ma anche una predisposizione alla dispersione in atmosfera per effetto della bassa densità a pressione ambiente.

L'individuazione delle ipotesi incidentali è svolta in base all'esperienza storica, alle caratteristiche di pericolo dell'idrogeno e alle indicazioni di standard quali la normativa NFPA già citata.

In considerazione del fatto che l'impianto oggetto di studio è costituito sostanzialmente da recipienti contenenti idrogeno, nei quali si può far rientrare anche l'elettrolizzatore, risultano escluse ipotesi connesse a reazioni chimiche o impianti di processo. Appaiono pertanto ragionevoli solo ipotesi incidentali costituite da perdite di contenimento quali rotture o forature nelle quali possono ricomprendersi fuoriuscite e/o emissioni per mancata tenuta o trafiletti da connessioni o tenute.

Riguardo agli scarichi da valvole di sicurezza, si considera che la conformità alle prescrizioni del D.M. 23/10/2018 (punto 2.8.2 scarico ad almeno 2,5 m dal più vicino piano di calpestio) assicuri la prevenzione di danni minimizzando gli effetti, anche data la bassa emissività della fiamma.

Non sono analizzate eventuali anomalie di processo connesse a guasti di componenti strumentali o errori umani, la cui frequenza attesa, o livello di probabilità, date le misure di prevenzione e gli standards di conformità previsti, appare inferiore a quello stimato per le ipotesi di rottura o foratura. Per l'eventuale valutazione puntuale della frequenza attesa e/o del livello di probabilità associato a tali circostanze si rinvia ad analisi non previste nel presente studio.

Riguardo alla verosimiglianza di ipotesi incidentali, ossia l'identificazione degli scenari ragionevolmente ipotizzabili, si segue l'approccio basato su una soglia discriminante della frequenza attesa degli scenari.

Questo approccio, introdotto ufficialmente in Italia nel 1994 con le *"Linee Guida per la pianificazione di emergenza esterna per impianti industriali a rischio di incidente rilevante"* (Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri), appare ormai una prassi generalizzata in svariati paesi, europei ed extraeuropei, come risulta anche dai documenti pubblicati dall'OECD⁵ dai quali si ricava che la soglia di tollerabilità del rischio è in genere compresa in un campo di frequenze attese da 1E-4 a 1E-6 eventi/anno, in funzione della magnitudo dell'evento che si considera.

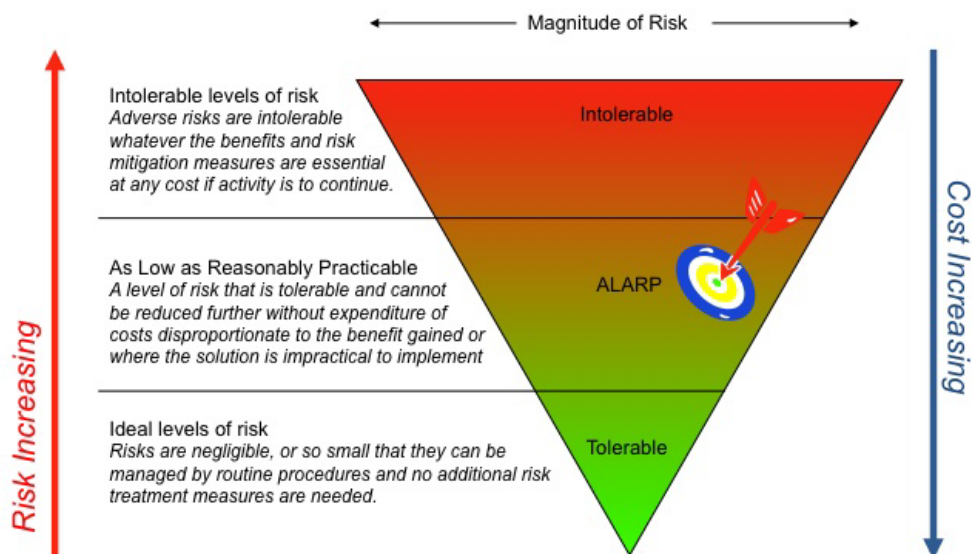
Nel 2007 la corte di giustizia europea ha riconosciuto la validità del criterio denominato SFAIRP⁶ *"So Far As Is Reasonably Practicable"* usato per definire una soglia di tollerabilità del rischio,

⁵ Report of the OECD Workshop on Pipelines – Organization for Economic Co-operation and Development – Paris 1997. Report of the OECD Workshop on Risk Assessment and Risk Communication in the context of chemical accident prevention, preparedness and response – Paris 1997.

⁶ Case C127-05 European Commission vs United Kingdom – 14 June 2007

proposto dall'Ente inglese HSE ed adottato in vari paesi ad origine anglosassone. SFAIRP è considerato sinonimo di "ALARP" cioè "*as low as reasonably practicable*" riferito al livello di rischio ⁷, illustrato nella figura seguente.

Figura 4



In uno studio svolto per definire i rischi connessi al trasporto ⁸ in vari paesi della UE è indicato un campo di tollerabilità per il rischio individuale tra 1E-6 e 1E-7 occ/anno.

In Italia, nel campo dei rischi di incidente rilevante, il D.M.LL.PP. del 9 maggio 2001 "*Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante*" formalizza tale criterio fornendo le indicazioni per la pianificazione territoriale, ossia per la compatibilità di un'attività in relazione al contesto, in funzione di una matrice basata sulla combinazione di classi di frequenza attesa dello scenario incidentale e di estensione delle aree di danno, cioè in base al livello di rischio per le zone con presenza di persone.

Sulla scorta di questo criterio si considerano ragionevolmente ipotizzabili, ossia credibili, e se ne valutano gli effetti al fine di verificare la compatibilità territoriale, gli scenari cui risulta associata una frequenza attesa $\geq 1E-7$ occasioni/anno.

⁷ "ALARP Suite of guidance" www.hse.gov.uk/risk/theory/alarp.htm

⁸ Harmonised Risk Acceptance Criteria for Transport of Dangerous Goods – European Commission DG-MOVE 2014 (report PP070679/4, Rev.2)

Le valutazioni degli effetti e conseguenze sono svolte utilizzando il software "*STAR – Safety Techniques for Assessment of Risk*", contenente svariati modelli matematici di calcolo e simulazione. Il software è diffuso in Italia ed all'estero e riconosciuto da varie istituzioni, oltre che validato attraverso comparazioni con i risultati di esperimenti e con altri modelli; referenze e bibliografia sono riportate in Appendice [C] mentre i tabulati di calcolo sono in Appendice [B].

La sequenza di calcolo applicata si articola nelle seguenti fasi:

- ✂ calcolo della portata di efflusso del gas, svolto mediante l'equazione di Bernoulli adottando un coefficiente di efflusso da fori in parete sottile pari a 0,61⁹. Inoltre, data l'alta pressione del gas, si tiene conto del fattore di comprimibilità Z, calcolato mediante la relazione proposta nel NIST Webbook¹⁰ e confermato anche da NFPA2:2020;
- ✂ calcolo della concentrazione attesa della sostanza, con stima della quantità massima di combustibile presente nel getto di gas in caso di assenza di innesco;
- ✂ calcolo dell'irraggiamento sviluppato dal jet fire in caso di innesco immediato;
- ✂ per quanto riguarda la verosimiglianza di esplosione e l'eventuale valutazione degli effetti, si procede sulla base delle seguenti considerazioni:
 - ✦ all'interno dei box contenenti apparecchi e componenti impiantistici, la realizzazione conforme alla classificazione ATEX minimizza la probabilità di innesco e, in ogni caso, i criteri di realizzazione dei box (con aperture di sfogo dell'eventuale sovrappressione appropriatamente dimensionate per garantire la stabilità delle pareti, evitare la proiezione di frammenti ed eventuali danni a strutture o persone nell'area circostante) assicurano intrinsecamente il contenimento degli effetti minimizzando il rischio di danno alle persone o strutture. La prevista predisposizione di collegamenti equipotenziali e di messa terra, evitando l'accumulo di scariche elettrostatiche, favorirà la riduzione della probabilità di innesco di eventuali perdite di idrogeno;
 - ✦ all'esterno del box la quantità massima di combustibile attesa (Winf) è calcolata con un modello di dispersione che fornisce anche la distanza a cui sono attese le concentrazioni LFL e ½LFL, confrontata con la massa critica (Wcrit) che viene stimata con il criterio proposto dal TNO¹¹ basato sull'energia sviluppata dalla combustione (il valore

⁹ Manuale dell'ingegnere civile e industriale – Colombo - 80ª Edizione §18 pag. 250.

¹⁰ National Institute of Standards and Technology. U.S. Department of Commerce. Chemistry WebBook SRD69 (webbook.nist.gov/chemistry/fluid).

¹¹ "Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material" Report of the Committee for the Prevention of Disasters Published by the Directorate General of Labour Ministry of Social Affairs - Olanda (Yellow Book - 1st ed. 1979, chapter 8 vapour cloud explosion)

discriminante per la verosimiglianza di un'esplosione è 800 MJ). Per l'idrogeno (calore di combustione ≈ 120 MJ/kg), tale criterio permette di stimare in circa 7 kg la massa minima di gas che, in particolari condizioni di concentrazione, temperatura e confinamento, può originare sovrappressioni significative. Lo scenario di esplosione (UVCE) è valutato solo se $W_{inf} > W_{crit}$ e l'ambiente è almeno parzialmente confinato per la presenza di edifici o muri.

6. ANALISI DI RISCHIO

6.1 STIMA DELLA FREQUENZA ATTESA DI INCIDENTE

La presenza dei prescritti dispositivi contro la sovrappressione nel sistema dei compressori e la conformità dei materiali e delle tecniche di costruzione e montaggio alle specifiche previste da norme e standards tecnici, portano a considerare rotture o forature di tipo casuale, la cui frequenza attesa è stimata sulla base di ratei di rottura o foratura che sono in genere raccolti in appositi database. Può non essere superfluo osservare, in proposito, che i dati inseriti in questi database dipendono anche dai luoghi geografici in cui sono registrati (per esempio i dati raccolti nelle piattaforme off-shore del mare del nord sono riferiti a condizioni più critiche rispetto a quelli rilevati presso una raffineria situata in centro Europa o in centro Italia, data la presenza, o diverso tenore, di elementi chimici quali cloruri o umidità e le differenti condizioni meteo.

Considerata, pertanto, la localizzazione del sito oggetto di studio, in pianura e aperta campagna, non soggetto a particolari condizioni critiche meteorologiche, si sono adottati valori medi di ratei di rottura forniti dalle seguenti banche dati:

- ✚ IOGP¹² 434-01: "Process Release Frequencies" 2019, che raccoglie dati rilevati in raffinerie, stabilimenti petrolchimici, piattaforme on-shore e off-shore;
- ✚ HSE: HID CI5 Planning Case Assessment Guide "Failure Rate and Event Data for use within Land Use Planning Risk Assessment" 2017, che presenta una serie di ratei referenziati e riferiti a componenti specifici;
- ✚ HBKC2009: Handbook Failure Frequency for drawing up a Safety Report (2009) - Flemish Government (Belgio) pubblicazione governativa che fornisce ratei di guasto e/o rottura applicabili nelle analisi di rischio di industrie soggette alla normativa sui rischi di incidente rilevante.

¹² IOGP *International Association of Oil&Gas Producers*

I ratei di foratura o rottura su tubazioni sono forniti in funzione del diametro della tubazione in esame e della dimensione del foro ipotizzata. Per serbatoi, apparecchiature, valvole e macchine i ratei di rottura si riferiscono in genere a varie tipologie di foro, rappresentate da definizioni quali "perdita", "rottura minore", "rottura grave"¹³ cui conseguono dimensioni variabili in funzione delle proporzioni dell'apparecchio o item.

La frequenza attesa di forature o rotture su tubazioni o linee dipende sia dalle dimensioni sopra citate (DN tubazioni, grandezza di apparecchiature o macchine, ecc.), ma anche dal tempo e modalità di utilizzo dei vari componenti. In genere sono più frequenti forature o rotture di limitate dimensioni, rispetto a rotture catastrofiche, comunque, nel caso specifico dove il diametro delle tubazioni di idrogeno è prevalentemente 25 mm, massimo 32 mm per un tratto, appare ragionevole, anche se cautelativo, scegliere una dimensione massima di fori o fessurazioni con diametro massimo dell'ordine di quello delle tubazioni. Può non essere superfluo osservare che nello standard NFPA2:2020 citato in nota 3, che è riferito specificatamente ad impianti di stoccaggio e distribuzione idrogeno, si considerano dimensioni massime dei fori fino a $\frac{3}{8}$ di pollice (poco meno di 10 mm) anche per definire le distanze di sicurezza, in considerazione delle limitate dimensioni e delle specifiche di progettazione e costruzione delle tubazioni.

Le ipotesi di rottura o foratura considerate ricomprendono anche perdite minori o trafileamenti, quali la mancata tenuta su valvole o connessioni o macchine, le quali comportano effetti di minore entità, quindi con aree di danno notevolmente inferiori; si ritiene, pertanto, che tali eventualità, anche se possono comportare pericoli nell'area adiacente al punto di origine, non influiscano sul rischio di incidente ai fini della compatibilità territoriale.

Riguardo a forature o rotture su macchine o recipienti contenenti H₂, si considera che tali componenti sono localizzati all'interno dei box (con aperture per lo sfogo di sovrappressioni e schermature antiproiezione frammenti), per cui nel caso di rilascio e concomitante innesco (per altro a remota probabilità data l'esecuzione antideflagrante) non sono attesi effetti significativi connessi a irraggiamento o sovrappressione all'esterno.

Sono inoltre considerati, sia per la stima della frequenza attesa, sia nel seguito per la valutazione degli effetti, alcuni scenari rappresentativi localizzati all'interno dei box allo scopo di indagare sulla emissione del gas dalle aperture del box nel caso di mancato innesco; in particolare, si considerano le eventualità di rottura o foratura su linee, connessioni o su un compressore o un flessibile di collegamento di un carro bombolaio, tutti componenti localizzati all'interno di box, per

¹³ Hole size "small", "medium", "large", ecc.

i quali appare opportuno valutare la distanza attesa di concentrazioni pericolose e l'eventuale sovrappressione in caso di innesco all'esterno del box.

Nel seguito, le ipotesi incidentali individuate sono identificate come "Top event" e associate ad un numero seguendo un principio di localizzazione, cioè riferendosi al luogo e alla sezione di impianto (ad esempio alla sezione produzione si assegna la categoria di Top 1, al carro bombolaio il Top 2, ecc.). Le frequenze attese dei Top event, calcolate cautelativamente tralasciando la minimizzazione assicurata da controlli e ispezioni periodiche e considerando un fattore di servizio unitario (8760 ore/anno), sono riportate nella tabella seguente, con i ratei di rottura adottati, la rispettiva fonte, l'estensione stimata del circuito o il numero di items.

Tabella 3

EVENTO	rateo base	U.M.	n° item o lunghezza m	frequenza occ/y	fonte	Top event
rott. linea fuoriterza in area produz.a 31 bar	1,00E-11	occ/m/h	50	4,4E-06	HBKC2009	1.a
rott. linea in cavedio in area prod.a 31 bar	1,00E-11	occ/m/h	50	4,4E-06	HBKC2009	1.b
forat/rott. su linea fuoriterza serb. buffer 31 bar	1,00E-11	occ/h	20	1,75E-06	HSE	1.c
rottura flex colleg.carro bomb.a 501 bar	5,40E-07	occ/h	2	9,46E-03	HBKC2009	2
rott. linea fuoriterza da box carri b. a 501 bar	7,85E-12	occ/m/h	20	1,38E-06	HBKC2009	3.a
rott. linea in cavedio da box carri b. a 501 bar	7,85E-12	occ/m/h	150	1,03E-05	HBKC2009	3.b
rott. linea fuoriterza (compressori - FT) a 931 bar	1,00E-11	occ/m/h	20	1,75E-06	HBKC2009	4.a
rott. linea in cavedio a 931 bar	1,00E-11	occ/m/h	1100	9,64E-05	HBKC2009	4.b
rott.su linea in cavedio a 871 bar	1,00E-11	occ/m/h	600	5,26E-05	HBKC2009	4.c
rott.su linea in cavedio a 441 bar	1,00E-11	occ/m/h	1200	1,05E-04	HBKC2009	4.d
forat/rott. su stoccaggio rack bombole a 931 bar	3,00E-05	occ/y	2	6,00E-05	HSE	5.a
rott. linea fuoriterza da box rack b. a 551 bar	7,85E-12	occ/m/h	10	6,88E-07	HBKC2009	5.b
rottura grave compressore a 931 bar	6,39E-08	occ/h	2	1,12E-03	IOGP434-01	6
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 701 bar	1,00E-11	occ/m/h	10	8,76E-07	HBKC2009	7.a
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 351 bar	1,00E-11	occ/m/h	10	8,76E-07	HBKC2009	7.b
rottura su flex erogatore 701 bar	5,40E-07	occ/h	1	4,73E-03	HBKC2009	7.c

6.2 SCENARI INCIDENTALI

Nell'eventualità di una fuoriuscita di idrogeno gassoso ad alta pressione si genera un jet turbolento con autoriscaldamento del gas per effetto Joule-Thompson che tuttavia risulta limitato e non è sufficiente a raggiungere le temperatura di autoinnesco (circa 560°C), come dimostrato da vari studi e pubblicazioni.^{14, 15}, ecc.

¹⁴ Handbook of Hydrogen Storage – Manfred Klell §1.3.1 – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. ISBN: 978-3-527-32273-2.

¹⁵ "Thermal analysis of high-pressure hydrogen during the discharging process" Y.Kawano et al. – www.sciencedirect.com

La probabilità di innesco immediato in ambiente aperto (esterno a strutture classificate ATEX) è calcolata con il metodo proposto dall'AICHe¹⁶ che tiene conto sia della pressione di rilascio, che della minima energia di ignizione (MIE), mediante la seguente relazione

$$POII = 0,003 * P^{0,333} * MIE^{-0,6}$$

Dove P = pressione in psig, MIE = minima energia di ignizione in mJ, POII = Probability Of Immediate Ignition.

Con la MIE dell'idrogeno pari a 0,02 mJ, la POII calcolata (arrotondata per eccesso alla seconda decimale) per gli scenari tipici in funzione della pressione di rilascio e la relativa frequenza attesa sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4

evento (rottura o foratura su)	freq.attes a evento occ/anno	pressione bar(a)	pressione psig	POII prob innesco	frequenza scenario occ/anno	Top Ev. n°
rott. su linea fuoriterra in area produzione	4,4E-06	31	435	0,24	1,04E-06	1.a
rott. su linea in cavedio in area produzione	4,4E-06	31	435	0,24	1,04E-06	1.b
forat/rott. su linea fuoriterra serb. Buffer	1,75E-06	31	435	0,24	4,16E-07	1.c
rottura flex collegamento a carro bombolaio	9,46E-03	501	7252	0,61	5,73E-03	2
rott. su linea fuoriterra da box carri bomb.	1,38E-06	501	7252	0,61	8,33E-07	3.a
rott. su linea in cavedio da box carri bomb.	1,03E-05	501	7252	0,61	6,24E-06	3.b
rott. su linea fuoriterra (compressori <-> FT)	1,75E-06	931	13488	0,74	1,30E-06	4.a
rott. su linea in cavedio	9,64E-05	931	13488	0,74	7,17E-05	4.b
rott. su linea in cavedio	5,26E-05	871	12618	0,73	3,83E-05	4.c
rott. su linea in cavedio	1,05E-04	441	6381	0,58	6,10E-05	4.d
forat/rott. su stoccaggio rack bombole	6,00E-05	931	13488	0,74	4,47E-05	5.a
rott. su linea fuoriterra zona box rack bomb.	1,03E-05	551	7977	0,62	6,45E-06	5.b
rottura grave compressore	1,12E-03	931	13488	0,74	8,33E-04	6
forat/rott. su linea fuoriterra erogatore	8,76E-07	701	10152	0,68	5,93E-07	7.a
forat/rott. su linea fuoriterra erogatore	8,76E-07	351	5076	0,54	4,71E-07	7.b
rottura su flex erogatore	4,73E-03	701	10152	0,68	3,20E-03	7.c

L'innesco immediato comporta un flash fire in caso di rilascio perdurante per breve tempo (dell'ordine di un minuto o poco più al massimo), o un jet fire per rilasci perduranti per tempi superiori a qualche minuto. Nei transitori intermedi si può verificare il fenomeno del "transient jet fire" che viene equiparato per cautela a un jetfire (data la brevità del fenomeno, l'entità degli effetti è solitamente inferiore a quella del jet fire).

L'innesco ritardato (PODI = Probability Of Delayed Ignition), quando appare ipotizzabile per presenza di massa sufficiente di combustibile e di possibili inneschi, è stimato (sempre dalla stessa fonte) con la seguente relazione:

$$PODI = 0,15 - 0,25 \log_{10} MIE$$

risultando sempre pari a 0,57, in quanto non dipendente dalla pressione, ma solo dal MIE. È il caso di rilevare che questo valore risulta superiore ad altri indicati da differenti linee guida, ad

¹⁶ "Guidelines for determining the probability of ignition of a released flammable mass" – AICHE CCPS 2014

esempio a quello indicato dalle linee guida del governo delle Fiandre¹⁷ che per gas ad alta reattività, qual è l'idrogeno, e per portate di rilascio da 10 kg/s a 100 kg/s indica un valore di 0,2.

Nel presente studio, al valore $PODI = 0,57$ saranno associate le ipotesi di uvece qualora siano applicabili le ulteriori condizioni di massa in campo di infiammabilità maggiore della massa critica ($Winf > Wcrit$) e presenza di ostacoli (edifici, schermi, impianti) alla libera propagazione del gas.

6.3 STIMA DEGLI EFFETTI E CONSEGUENZE ATTESE

6.3.1 Criteri applicati e parametri di calcolo

Per l'applicazione dei modelli di calcolo sono adottate le seguenti condizioni generali.

Tabella 5

Classe di stabilità		D	F
Velocità del vento	(m/s)	5	2
Temperatura ambiente	(K)	293	293
Umidità relativa	(%)	70	70

I parametri di calcolo di ciascun scenario sono riportati puntualmente nel quadro dell'esposizione dei risultati.

In generale, le simulazioni sono svolte sulla scorta delle seguenti considerazioni:

- a** in caso di rottura all'interno dei box, le pareti e schermature intercettano eventuali jet e l'interruzione della perdita mediante chiusura valvole e fermata macchine che potrà essere effettuata entro tempi che si stimano cautelativamente dell'ordine del minuto; la fuoruscita del gas dalle aperture di ventilazione viene simulata con un modello di dispersione concentrando l'emissione in una sorgente simile a una finestra di dimensioni 1x1 m e tenendo conto della presenza di altri fabbricati o muri o schermi nelle vicinanze;
- b** per rottura su tubi in cavedio o cunicolo, l'origine è sotto al grigliato per cui il getto di gas viene assunto con geometria di 45° rispetto all'orizzontale;
- c** per rottura su montanti (tubi, valvole, filtri, ecc.) esterni a fabbricati si prevedono schermature che intercettano la direzione del flusso di gas fino ad angoli dell'ordine di 30°; fanno eccezione i Top 1.c (foratura su connessioni serbatoio buffer), per il quale si ipotizza un jet con angolo rispetto all'orizzontale di 10°, e il Top 7.c (rottura su flessibile erogatore a 701 bar) per il quale si ipotizza un jet con angolo di 45° considerando che geometria con angoli minori sono schermate dalla presenza dell'automezzo o dei muri di schermo.

¹⁷ Handbook Failure Frequency for drawing up a Safety Report (2009)

6.3.2 Soglie di danno

L'estensione delle aree o distanze di danno, ossia le distanze a cui sono attese conseguenze su persone o strutture, è eseguita sulla base delle soglie di concentrazione (limiti di infiammabilità = LFL o 50% LFL che caratterizzano il pericolo di ustioni in caso di innesco) o di energia (irraggiamento o sovrappressione) tratte dal Decreto M.LL.PP del 9 maggio 2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante" e di seguito riportate.

Tabella 6

	elevata letalità	inizio letalità	lesioni irreversibili	lesioni reversibili	danni a strutture
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	
Incendio stazionario (jet fire) (kW/m ²)	12,5	7	5	3	12,5 ¹⁸
Flash fire	LFL	½ LFL		-	-
Esplosioni (bar)	0,6 (0,3)	0,14	0,07	0,03	0,3

Non essendo presenti sostanze tossiche si tralasciano le relative soglie.

6.3.3 Risultati delle valutazioni

Tabella 7 - parametri adottati e portata di efflusso

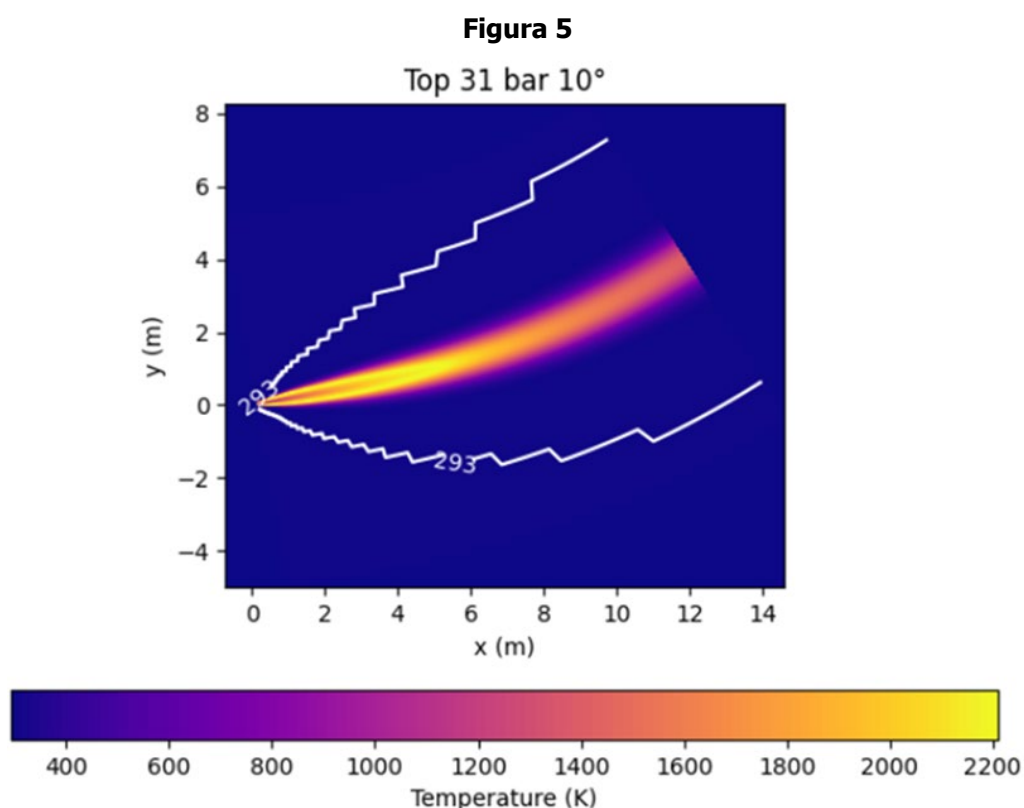
evento (rottura o foratura su)	Top Ev. n°	frequenza scenario occ/anno	Øeq. foro m	coeff. Z	quota efflusso (m)	angolo jet o dispers.	portata kg/s
rott. linea fuoriterza in area produz.a 31 bar	1.a	1,04E-06	0,025	1,00	1,0	30°	0,58
rott. linea in cavedio in area prod.a 31 bar	1.b	1,04E-06	0,025	1,00	0,0	45°	0,58
forat/rott. su linea fuoriterza serb. buffer 31 bar	1.c	4,16E-07	0,025	1,00	4,0	10°	0,58
rottura flex colleg.carro bomb.a 501 bar	2	5,73E-03	0,025	1,32	1,0	box	8,74
rott. linea fuoriterza da box carri b. a 501 bar	3.a	8,33E-07	0,032	1,32	1,0	30°	13,6
rott. linea in cavedio da box carri b. a 501 bar	3.b	6,24E-06	0,032	1,32	0,0	45°	13,6
rott. linea fuoriterza (compressori - FT) a 931 bar	4.a	1,30E-06	0,025	1,60	1,0	30°	14,0
rott. linea in cavedio a 931 bar	4.b	7,17E-05	0,025	1,60	0,0	45°	14,0
rott.su linea in cavedio a 871 bar	4.c	3,83E-05	0,025	1,50	0,0	45°	13,5
rott.su linea in cavedio a 441 bar	4.d	6,10E-05	0,025	1,28	0,0	45°	7,4
forat/rott. su stoccaggio rack bombole a 931 bar	5.a	4,47E-05	0,025	1,60	0,0	box	14,0
rott. linea fuoriterza da box rack b. a 551 bar	5.b	6,45E-06	0,025	1,35	1,0	30°	9,0
rottura grave compressore a 931 bar	6	8,33E-04	0,032	1,60	0,0	box	13,9
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 701 bar	7.a	5,93E-07	0,025	1,45	1,0	30°	11,3
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 351 bar	7.b	4,71E-07	0,025	1,20	1,0	30°	6,2
rottura su flex erogatore 701 bar	7.c	3,20E-03	0,025	1,45	1,0	45°	11,3

Prima di riportare puntualmente le distanze di danno calcolate, si ritiene opportuno esporre alcune considerazioni in merito alla rappresentazione dei risultati. È da rilevare, anzitutto, che la fiamma dell'idrogeno, pur caratterizzata da elevata temperatura, si contraddistingue anche per una

¹⁸ Fonti internazionali (API, AIChE, IchemE, Battelle Institute, ecc.) riportano 37,5 o 38 kW/m²

limitata emissività e per la tendenza a piegare verso l'alto, come si può vedere dai grafici seguenti elaborati tramite il software HyRAM.¹⁹, che è stato anche utilizzato per un confronto dei risultati prodotti dal software S.T.A.R.

La figura seguente illustra sia le temperature previste nella fiamma, sia la geometria della fiamma e si riferisce al Top 1.c localizzato su tubazione fuoriterra o connessioni al serbatoio buffer.

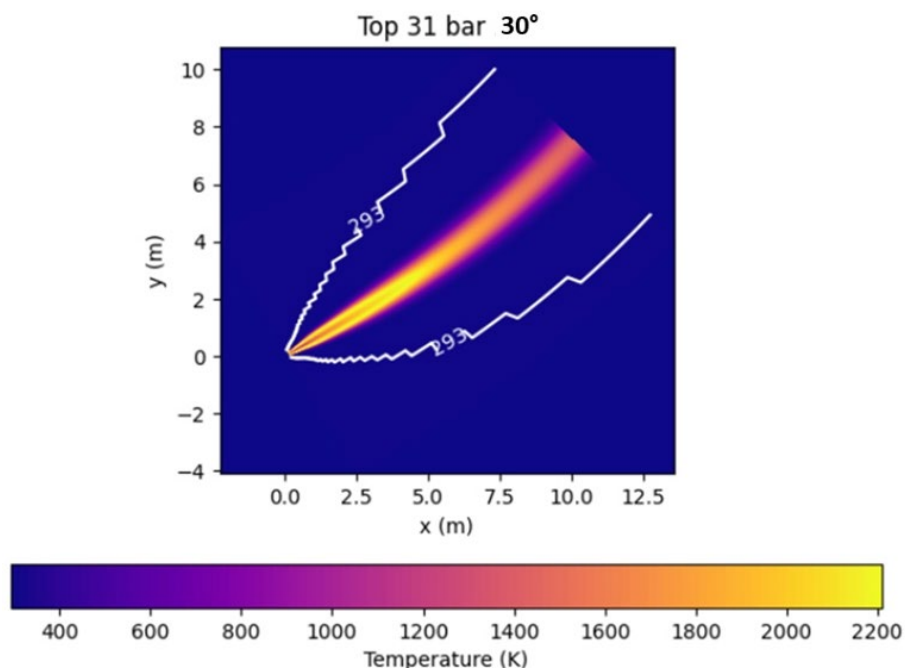


Dato che il calcolo dell'irraggiamento nel modello jetfire adottato non considera il piegamento della fiamma, simulando il jetfire come un tronco di cono con asse orientato secondo l'angolo di efflusso inserito come input, i risultati appaiono ragionevolmente cautelativi per eccesso.

Riferendosi al Top 1.a (foratura o rottura su tubazione fuoriterra in area produzione) con angolo del jet di 30° la geometria della fiamma è rappresentata nella seguente figura.

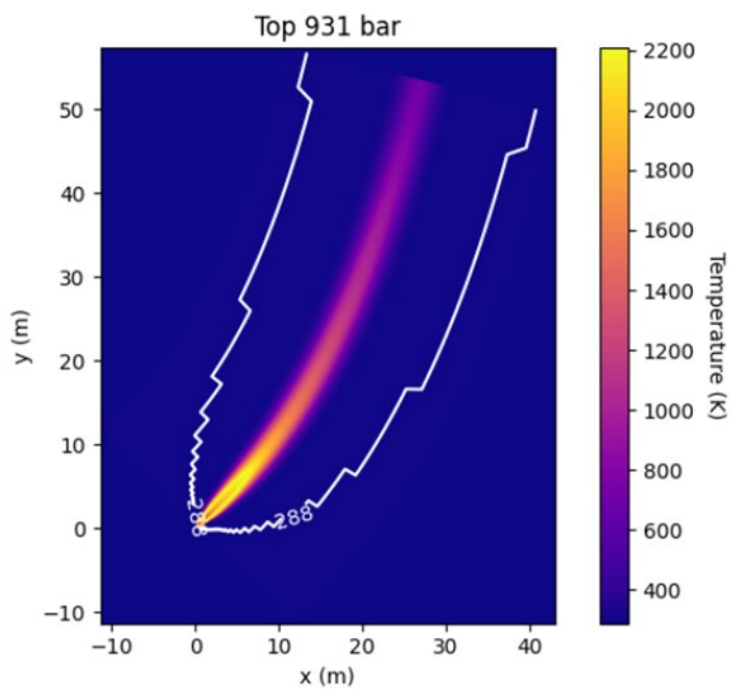
¹⁹ "Hydrogen Plus Other Alternative Fuels Risk Assessment Models (HyRAM+) Versione7c 5.1 – Sandia Report dec. 2023. Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico – Livermore, California

Figura 6



Nella figura che segue è invece rappresentato un jet con angolo di 45° riferito al Top 4.b.

Figura 7



Nella tabella che segue sono riportate le distanze massime a cui è attesa la rispettiva soglia di danno, in base alle quali sono tracciate le mappe di rischio riportate in Appendice [D]. I tabulati di calcolo sono riportati in Appendice [B].

Tabella 8

evento (rottura o foratura su)	Top Ev. n°	frequenza scenario occ/anno	scenario	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4
rott. linea fuoriterza in area produz.a 31 bar	1.a	1,04E-06	jetfire	8	11	12	14
	1.a	"	flashfire	2	3		
rott. linea in cavedio in area prod.a 31 bar	1.b	1,04E-06	jetfire	7	8	10	13
	1.b	"	flashfire	3	5		
forat/rott. su linea fuoriterza serb. buffer 31 bar	1.c	4,16E-07	jetfire	11	13	14	15
	1.c	"	flashfire	5	8		
rottura flex colleg.carro bomb.a 501 bar	2	5,73E-03	flashfire	19	28		
22,4 kg in campo di infiammabilità	2	5,44E-03	uvce	27	38	60	117
rott. linea fuoriterza da box carri b. a 501 bar	3.a	8,33E-07	jetfire	36	42	50	65
	3.a	"	flashfire	2	3		
rott. linea in cavedio da box carri b. a 501 bar	3.b	6,24E-06	jetfire	28	32	42	60
	3.b	"	flashfire	4	6		
rott. linea fuoriterza (compressori - FT) a 931 bar	4.a	1,30E-06	jetfire	38	43	50	63
	4.a	"	flashfire	2	3		
rott. linea in cavedio a 931 bar	4.b	7,17E-05	jetfire	28	32	42	58
	4.b	"	flashfire	3	5		
rott.su linea in cavedio a 871 bar	4.c	3,83E-05	jetfire	28	31	41	58
	4.c	"	flashfire	3	5		
rott.su linea in cavedio a 441 bar	4.d	6,10E-05	jetfire	20	23	31	42
	4.d	"	flashfire	3	6		
forat/rott. su stoccaggio rack bombole a 931 bar	5.a	4,47E-05	flashfire	26	35		
63,7 kg in campo di infiammabilità	5.a	3,45E-05	uvce	34,5	50,5	81,5	162,5
rott. linea fuoriterza zona rack bombole	5.b	6,45E-06	jetfire	30	33	41	51
		"	flashfire	2	3		
rottura grave compressore a 931 bar	6	8,33E-04	flashfire	26	35		
62,8 kg in campo di infiammabilità	6	6,43E-04	uvce	34,5	50,5	81,5	161,5
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 701 bar	7.a	5,93E-07	jetfire	34	38	45	60
	7.a	"	flashfire	2	3		
forat/rott. su linea fuoriterza erogatore 351 bar	7.b	4,71E-07	jetfire	26	28	34	42
	7.b	"	flashfire	2	3		
rottura su flex erogatore 701 bar	7.c	3,20E-03	jetfire	27	29	37	52
	7.c	"	flashfire	2	3		

L'eventualità di scarico da PSV non comporta aree di danno per le persone, né effetti domino, in quanto lo scarico è in quota e in verticale e l'emissività del gas è limitata.

7. COMPATIBILITÀ TERRITORIALE

La valutazione della compatibilità territoriale è svolta con riferimento alla Tabella 3.b del Decreto del 9 maggio 2001, riportata di seguito, fornendo quindi le informazioni relativamente agli scenari che possono interessare, anche marginalmente, l'esterno dello stabilimento con riferimento alle soglie previste dal medesimo Decreto.

Tabella 3.b - Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti				
Classe di probabilità degli eventi	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
$<10^{-6}$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-4} \div 10^{-6}$	F	EF	DEF	CDEF
$10^{-3} \div 10^{-4}$	F	F	EF	DEF
$>10^{-3}$	F	F	F	EF

La compatibilità territoriale, come previsto nel decreto sopra citato, fa riferimento a categorie di destinazione delle aree che sono basate sull'indice di edificazione e/o sulla presenza di specifiche attività o luoghi vulnerabili. In particolare, tali categorie sono definite come segue nella Tabella 1 del D.M.LL.PP. 9/5/2001.

CATEGORIA A
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia superiore a 4,5 m ³ /m ² . 2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (oltre 25 posti letto o 100 persone presenti). 3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (oltre 500 persone presenti).
CATEGORIA B
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 4,5 e 1,5 m ³ /m ² . 2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (fino a 25 posti letto o 100 persone presenti). 3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (fino a 500 persone presenti). 4. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (oltre 500 persone presenti). 5. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (oltre 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, oltre 1.000 al chiuso). 6. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri superiore a 1.000 persone/giorno).
CATEGORIA C
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1,5 e 1 m ³ /m ² . 2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (fino a 500 persone presenti). 3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (fino a 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, fino a 1.000 al chiuso; di qualunque dimensione se la frequentazione è al massimo settimanale). 4. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri fino a 1.000 persone/giorno).

CATEGORIA D
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1 e 0,5 m ³ /m ² . 2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante, con frequentazione al massimo mensile - ad esempio fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri, ecc.
CATEGORIA E
1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia inferiore a 0,5 m ³ /m ² . 2. Insediamenti industriali, artigianali, agricoli, e zootecnici.
CATEGORIA F
1. Area entro i confini dello stabilimento. 2. Area limitrofa allo stabilimento, entro la quale non sono presenti manufatti o strutture in cui sia prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone.

Queste definizioni spesso non coincidono con quelle dei PRG o dei PAT, per i quali sono in genere adottati criteri e sigle che non riportano le definizioni del D.M.LL.PP. 9/5/2001. D'altra parte, il decreto affida al Comune il compito di elaborare l'ERIR (Elaborato Rischi di Incidente Rilevante), per cui le indicazioni del presente documento, pur basate sulle mappe del PAT e sull'osservazione dell'esistente, sono da considerarsi indicazioni di massima riferite al riscontro visivo della situazione attuale, soggette a revisione nell'ambito della redazione del ERIR.

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati e le indicazioni sulla compatibilità territoriale dell'impianto oggetto di studio, basate sulle frequenze attese correlate all'estensione delle aree di danno calcolate per gli eventi che risultano interessare l'area esterna dell'insediamento Green Factory.

Tabella 9

Top5.a rilascio in box bombole 931 bara	Scenario UVCE	Freq. 3,45E-5 occ/anno	sostanza: H2
dispersione tossica	Distanza (m)	Categoria compatibile	Categoria presente
Elevata letalità	35	F	F
Inizio letalità	51	EF	F
Lesioni irreversibili	82	DEF	F
Lesioni reversibili	163	CDEF	DEF

La zona DEF è riferita ad una porzione dell'area stradale della rotonda da cui parte anche la strada di accesso al sito Green Factory, meglio illustrata nella figura riportata nel seguito.

Tabella 10

Top6 rilascio in box compressore a 931 bara	Scenario UVCE	Freq. 6,43E-4 occ/anno	sostanza: H2
dispersione tossica	Distanza (m)	Categoria compatibile	Categoria presente
Elevata letalità	35	F	F
Inizio letalità	51	F	F
Lesioni irreversibili	82	EF	F
Lesioni reversibili	162	DEF	EF

La zona E è riferita ad una porzione del terreno sito a NordEst dell'area di proprietà Green Factory, visibile nella figura seguente, dove sono riportate le aree di danno di maggior estensione riferite ai Top 5 e 6.

Figura 8



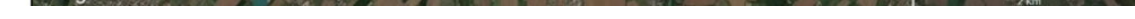
Relativamente alla presenza di infrastrutture o elementi esterni nell'area circostante l'insediamento della Green Factory oggetto del presente studio, si è indagato sull'eventualità di eventuali interazioni in caso di accadimento di uno degli scenari incidentali analizzati. Gli elementi di riferimento individuati sono:

- A. i corridoi di decollo/atterraggio dei velivoli da/a aeroporto civile A.Canova di Treviso,
- B. i corridoi di decollo/atterraggio dei velivoli da/a aeroporto militare di Istrana (TV),
- C. l'elettrodotto a 132 kV "Nervesa-Treviso Ovest" di Terna Rete Italia.

Con riguardo alle voci A e B, le interazioni si riferiscono alla possibilità che in caso di incidente con fuoriuscita di idrogeno, l'area interessata da concentrazioni pericolose, cioè superiori a $\frac{1}{2}$ LFL, possa intersecare o interessare la zona in cui può viaggiare un velivolo. A prescindere dalla remota probabilità di concomitanza di queste due evenienze, si sono determinate le aree in cui sono attese le concentrazioni pericolose di idrogeno ipotizzando che la direzione del getto di gas derivante dalla fuoriuscita possa essere verticale o con geometria di 45° rispetto all'orizzontale, che rappresentano le situazioni nelle quali possono essere attese concentrazioni infiammabili alle maggiori distanze dall'origine.

Data l'alta velocità di efflusso determinata dalle notevoli pressioni del gas nel circuito, la diluizione avviene velocemente per effetto del richiamo d'aria: ne consegue che in tutti gli scenari ipotizzati

L'altezza minima di rispetto prescritta per i corridoi di decollo/atterraggio dagli aeroporti già menzionati è notevolmente maggiore di tale quota, risultando pari a 60 m per il corridoio relativo all'aeroporto militare di Istrana, che è l'unico la cui direzione interessa il sito della Green Factory come si vede dalla Figura seguente.



Infine, riguardo all'elettrodotto Terna, in merito al quale sono rispettate le distanze prescritte dalla normativa vigente, le distanze dal margine delle aree interessate da concentrazioni pericolose risultano di oltre 250 m.

Dai confronti effettuati e come si evince anche dalle mappature riportate in Appendice [D], appare evidente che, con le misure e accorgimenti preventivi e di mitigazione previsti nella progettazione e realizzazione degli impianti, l'insediamento Green Factory di Paese risulta rientrare nei criteri compatibilità territoriale.

SCHEDA DI QUALIFICAZIONE PROFESSIONALE (CV)

Nome	Luca AntonelloIvaldi
Data di nascita	3 agosto 1994
Titolo di studio	Maturità scientifica

CURRICULUM PROFESSIONALE

Inizia l'attività con affiancamento part-time agli analisti di rischio della ditta ARTES S.r.l. svolgendo mansioni secondarie quali compilazione di procedure e relazioni, traduzioni dall'inglese di standard tecnici, revisione di elaborati grafici.

Nel 2014 si iscrive alla facoltà di ingegneria chimica all'Università di Padova proseguendo comunque a svolgere attività lavorativa part-time con i tecnici ARTES, collaborando nell'applicazione di metodologie quali l'indice del DPCM 1989 e quello del report APAT57 per la valutazione della vulnerabilità ambientale, svolgendo anche ricerche presso banche dati internazionali nel quadro dell'analisi storica di incidenti rilevanti.

Per meglio conciliare l'impegno di studio con gli impegni di lavoro, nel 2016 cambia facoltà passando a ingegneria meccanica, proseguendo comunque nella collaborazione con i tecnici ARTES nell'applicazione dei modelli di calcolo S.T.A.R. per la simulazione degli effetti di incendio, esplosione, dispersione di tossici, percolamento e dispersione inquinanti in acqua, ed effettuando comparazioni con altri modelli di calcolo o con osservazioni sperimentali nel quadro delle attività di validazione dei modelli.

Dal 2020 inizia anche la collaborazione nell'attività di analisi del rischio, affiancandosi a tecnici esperti nell'applicazione dei metodi dell'hazop e fault tree analysis.

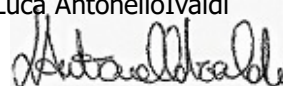
Al contempo inizia a svolgere le valutazioni affidabilistiche relative alla sicurezza funzionale, dopo aver partecipato al corso tenuto da BV Italia.

PRINCIPALI CORSI DI FORMAZIONE SPECIFICA FREQUENTATI

anno	luogo	organizzatori e/o docenti	titolo o tema del corso e durata
2019	Rovigo	ARTES	L'analisi di operabilità – Hazop (4 ore)
2020	Mirano	ARTES	Modelli di calcolo per la simulazione di effetti e conseguenze nell'analisi dei rischi di incidente rilevante (8 ore)
2021	Marano	GreenMethane/ARTES	Analisi di operabilità e sviluppo alberi di guasto dall'Hazop (8 ore)
2021	Webinar mode	Bureau Veritas Italia	Functional Safety Engineer (32 ore)

Autorizzo il trattamento dei dati personali ai sensi del GDPR - Regolamento UE 2016/679.

Luca AntonelloIvaldi



SCHEDA DI QUALIFICAZIONE PROFESSIONALE (CV)

Nome	Franco ANTONELLO
Data di nascita	25 febbraio 1948
Titolo di studio	Geometra

CURRICULUM PROFESSIONALE

Nel 1971 entra nello stabilimento petrolchimico Montedison di Porto Marghera con mansioni di analista / impiantista chimico; nel **1974** inizia ad occuparsi di "**Sicurezza Impianti**" nell'ambito della Funzione "Protezione Ambientale e Sicurezza" svolgendo controlli e verifiche di conformità su impianti e nuovi progetti, tra i quali la costruzione di serbatoi criogenici di cloro ed ammoniaca, impianti di processo (TDI, clorurati, fluorurati, butadiene, ecc.) depositi e pontili di attracco per scarico navi.

Nel 1979-80 segue corsi di formazione specifica sui metodi di analisi del rischio (**Hazop, Fault Tree, affidabilità, modellistica, ecc.**), iniziandone l'applicazione in vari stabilimenti del gruppo Montedison. Partecipa a gruppi di lavoro con vari Enti e Istituti (ISPESL, Federchimica, ecc.) e con altre aziende (Bayer, Basf, Dow, Caffaro, Rhone Poulenc, ecc.) per lo sviluppo di linee guida e metodologie nell'ambito della nuova normativa Seveso della quale segue l'evoluzione coordinando le valutazioni negli stabilimento del gruppo.

Nel **1986** si trasferisce a Milano come coordinatore di sicurezza impianti ed analisi dei rischi di incidente rilevante del Gruppo Montedipe per tutti gli stabilimenti in Italia ed all'estero, svolgendo anche mansioni di auditor. Partecipa al Gruppo di Lavoro del Ministero dell'Interno e Federchimica per lo **sviluppo di modelli di simulazione di incidenti** in collaborazione con il Politecnico di Milano e l'Università di Genova. Coordina la realizzazione del sistema di **modelli computerizzati STAR (Safety Techniques for Assessment of Risk)**, distribuiti poi a numerose aziende, Enti ed Istituti ed inseriti dal 1990 nella lista dei modelli per lo studio del rischio dell'OECD (OCSE), sviluppandone direttamente la maggior parte.

Dal 1988 svolge **seminari di formazione/aggiornamento** sulle tecniche di analisi dei rischi, sulla modellistica e sulle verifiche dei Sistemi di Gestione della Sicurezza, sia per conto di Aziende, sia per Enti o Istituzioni Pubbliche quali: l'**Albo degli Ingegneri di Milano** (1988), la **FLA** con la **Regione Lombardia** (1989-2002), la **Federazione Industriali Veneto** (1990), la **Regione Veneto** (1994), le (1996/2001), la **Regione Emilia Romagna** (2001), le **Direzioni Regionali VVF delle Marche, FVG, Abruzzo, Veneto e Trentino** (1996-2004), l'**ARPA** Veneto ed Emilia Romagna.

Nel 1989 assume l'incarico di responsabile del settore Sicurezza nella società di consulenza S.T.A. (Servizi Tecnologici Ambientali), dove coordina ed esegue la redazione di rapporti di sicurezza e studi di affidabilità, svolgendo anche perizie ed audit nel campo ambientale e della sicurezza, in particolare nel settore dei rischi di incidente rilevante e dell'impatto ambientale.

Nel dicembre **1992** fonda assieme ad altri specialisti la Società **ARTES Srl (Analisi Rischi e Tecnologie di Ecologia e Sicurezza)** che opera nei settori dei rischi di incidente rilevante, impatto ambientale, ingegneria della sicurezza ed igiene del lavoro, assumendo l'incarico di Amministratore Unico che ha ricoperto fino alla fine del 2014, continuando poi a svolgere lavori specialistici nel settore dei rischi di incidente rilevante e della modellistica matematica.

Nel **2000** e **2001** partecipa all'elaborazione del modello di **Sistema di Gestione della Sicurezza** per la prevenzione dei rischi di incidente rilevante nell'ambito delle iniziative dell'istituto **"certisic"** di Milano, collaborando anche con l'associazione "Ambiente e Lavoro" per la messa a punto di un modello di SGSL basato sulla normativa **OHSAS 18000**. Svolge corsi di formazione per analisti di rischio e per auditors di SGS basati sia sul Decreto 9/8/2000 che sulle norme UNI e OHSAS.

Svolge inoltre incarichi di libero professionista per Enti Pubblici ed Aziende private, in particolare nell'ambito di programmi di verifica del livello di sicurezza di aziende a rischio di incidente rilevante (Regione Veneto, Lombardia), di formazione di tecnici specialistici (ARPA Veneto, Emilia Romagna, Regione Veneto, Ministero dell'Interno Direzioni Regionali Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Marche, Abruzzo).

PRINCIPALI CORSI DI FORMAZIONE SPECIFICA FREQUENTATI

anno	luogo	organizzatori e/o docenti	titolo o tema del corso e durata
1979	P.to Marghera	Montedison & ICI	Analisi di affidabilità e sicurezza (due settimane)
1983	Mestre VE	AICQ-Università di Padova	Valutazione dell'affidabilità. Teoria e metodi (5 gg)
1984	Castelgandolfo	Min. Interno e Federchimica	L'analisi del rischio (sette settimane)
1986	Londra	IBC-Technica	Human Error Assessment (quattro giorni)
1986	Roma	EPC	Criteri per la compilazione del Rapporto di Sicurezza (sette giorni)
1988	Cambridge	IBC (HSE-SRD)	Major Hazards. The preparation of Safety Cases (sette giorni)
1989	Boston	AIChE	International Conference and Workshop on Vapor Cloud Modeling (sei giorni)
1990	Chester (UK)	Shell Research & Journal of Loss Prevention	Problem Clouds - modelli dispersione inquinanti aeriformi (quattro giorni)
1990	Bruxelles	Allied Signal & Arthur De Little	Environmental Audit (quattro giorni)
1991	New Orleans	AIChE-HSE-EPA	International Conference and Workshop on Modeling and Mitigating the Consequences of Accidental Releases (cinque giorni)
1991	Parigi	DuPont & Safer	Seminario sulla modellistica di simulazione (3 gg)
1995	Altavilla (VI)	CUOA Consorzio Universitario Organizzazione Aziendale	Corso per la formazione di "formatori" nel campo della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs n° 626/94 (6 gg)
2000	Milano	Certisic - Regione Lombardia	Verificatori sistemi di gestione della sicurezza (3 gg)
2011	Venezia	VVF	Aspetti applicativi del regolamento CLP (un giorno)
2018	Milano	Regione Lombardia-SAmbiente	Il trattamento rifiuti e la direttiva Seveso ter

Certificazione AIAS (Associazione Italiana Addetti alla Sicurezza) per **"Coordinatore delle attività di prevenzione"** e **"Specialista nelle attività di prevenzione"** (prot. 214II n. 1844).

Membro n° **152186** dell'**AIChE (American Institute of Chemical Engineers)**.

PRINCIPALI ESPERIENZE PROFESSIONALI E LAVORI FATTI

lavori effettuati	settore o committenza
Analisi dei rischi di incidente rilevante, con applicazione delle tecniche di HazOp, Fault Tree, FMEA e FMECA, della modellistica di simulazione, dei metodi ad indice e delle liste di controllo su impianti e stabilimenti	Chimica e petrolchimica (cracking, reforming, clorosoda, clorurati, acetati, isocianati, chimica del fluoro, aromatici, resine acriliche, melamminiche, epossidiche, PU, polimeri, ecc. Processi di ossidazione, nitratura, idrogenazione, fotoclorurazione, alchilazione, etossilazione).
Studi di affidabilità su sistemi di allarme/blocco e su impianti	Rigassificatori LNG offshore ed onshore. Acciaierie e fonderie, Depositi GPL, Aziende farmaceutiche, Galvaniche.
Rapporti di Sicurezza ex D.P.R. n° 175/88 e art. 8 D.Lgs. 334/99, Analisi per attività in art. 6 o art. 5 comma 2 D.Lgs. 334/99.	
Relazioni per prevenzione incendi (rapporti di sicurezza ex D.P.R. n° 577/82 e D.M. Interno del 2/8/84, relazioni tecniche e valutazioni per le pratiche di ottenimento NOP e Certificato di Prevenzione Incendi)	
Rapporti di sicurezza e Analisi ex D.Lgs. 105/2015	
Studi valutazione SIL su impianti di processo e termovalorizzatori.	
Elaborazione Piani di Emergenza Interni, installazione sistemi computerizzati per la gestione delle emergenze in stabilimenti industriali	Montedison PortoMarghera - Mantova, Radici Chimica Novara, Ausimont, Dep. GPL
Progettazione e redazione di Piani di Emergenza per Protezione Civile; organizzazione centri operativi, software gestionale, consulenza a prefetture	Porto Marghera, Ferrara, Torviscosa, Bagnaria Arsa, Udine, Bicinico, ecc.
Studi di impatto ambientale, analisi di compatibilità, valutazione rischi ambientali con calcolo ricadute inquinanti e/o percolamento contaminanti	Termovalorizzatori, manifatture e impianti di processo, depositi, discariche.
Analisi dei rischi sul trasporto e movimentazione per ferrovia, scali ferroviari, trasporto stradale, porti ed aree portuali per GPL, HF, cloro, infiammabili	Montedipe, ARPAV, Porto di Venezia, Porto di Livorno, CINIGEO Trieste e Taranto.
Perizie giudiziarie ed extragiudiziarie su problematiche ambientali e di sicurezza, incidenti sul lavoro, valutazioni problematiche ambientali e di sicurezza (due diligence) per acquisizioni stabilimenti	CTU, CTP per Aziende, Studi professionali e aziende chimiche
Safety Audit, verifiche e indagini di sicurezza, studio interventi di miglioramento o risanamento, verifiche stabilimenti e aziende soggette a DPR 175 o D.Lgs. 334, procedure SGS	Petrolchimica, farmaceutica, GPL, magazzini, manifatture, Enti e amministrazioni (Regione, ARPA, Comune)
Studio e redazione di standard di sicurezza, metodologie per analisi del rischio, check list, ecc.	I.P.C.S. – World Health Organization, ISOPA, Federchimica, Università VE
Progettazione del modello di SGS e delle modalità per l'implementazione di SGS ed SGSL con riferimento al D.M.A. 9 agosto 2000, alla Normativa UNI ed OHSAS 18001 e 18002.	Istituto "certisic" Milano, Associazione Ambiente e Lavoro.
Progettazione meccanica ed elettrostrumentale (studio ed elaborazione progettazione di concetto, standard, specifiche e CRS, verifica e dimensionamento) di scarichi di emergenza (con valutazione flusso bifase secondo criteri DIERS), reti antincendio, box antiscoppio, cortine d'acqua. Studio sistemi di rilevazione per emergenza.	Depositi GPL, impianti di processo, stoccaggi Cloro, Acido fluoridrico, distillazione aromatici, magazzini, sintesi farmaceutiche, fitofarmaci, detersivi ed additivi sbiancanti, ecc.
Corsi di informazione ai sensi del DM 16/3/98 sulle risultanze di RdS e analisi del rischio e sulle interazioni e sinergie con i Sistemi di Gestione della Sicurezza e con i Piani di Emergenza	Aziende chimiche, petrolchimiche, farmaceutiche, depositi GPL, società di consulenza sulla sicurezza ed igiene del lavoro.

I lavori sono stati svolti presso stabilimenti e impianti di numerose aziende, tra cui si citano i gruppi MONTEDISON, ENI, DOW, SOLVAY, FIS-Zach, EXXON-ALNG, KEMIRA, FIAT, WARTSILA, BIAZZI, BRILL-Manitoba, RECKITT BENCKISER, BEYFIN, DIPHARMA, ecc.

Ha svolto corsi di formazione sulle metodologie e tecniche per l'analisi del rischio di incidente rilevante, sui sistemi di gestione sicurezza, sull'affidabilità dei sistemi di controllo e di blocco per impianti di processo e

sui modelli matematici di simulazione di fenomeni incidentali presso Federchimica MI, Comandi/Direzioni VVF di PD, UD, AN, AQ, MI, VE, ARPAV E ARPAEMR, Regione Veneto e Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Confindustria VE e VR, Università PD, AIDIC.

Coordina e partecipa allo sviluppo e aggiornamento di software specialistico, in particolare i modelli di calcolo per la valutazione e mitigazione degli effetti di incidenti rilevanti **S.T.A.R. (Safety Techniques for Assessment of Risk)**, il programma **"AlbatrosIII"** per lo sviluppo di HazOp, la costruzione e calcolo di Alberi di Guasto e dei Minimal Cut Set. Provvede inoltre all'aggiornamento del database **BDAtree** nel quale sono inseriti quasi 2000 ratei di guasto e/o rottura e probabilità di errore tratti da banche dati di affidabilità internazionali, e del software **BDEI** (Banca Dati Incidenti Rilevanti) che raccoglie oltre 3000 report di incidenti le cui schede sono stampabili assieme a grafici statistici per l'analisi storica.

PUBBLICAZIONI - PRESENTAZIONI A CONVEGNI

- ✍ **"Hydrocarbons Spreading in Venice Lagoon. Experimental Verification"** - *International Conference of ISEM - Venice - Giugno 1987 (Advances in Env. Modelling vol. 13 – Elsevier ed.)*
- ✍ **"Approach to Identify Potential Sources of Accident. Emergency Plan and Alert System"** - *World Conference on Chemical Accidents - Roma, Luglio 1987*
- ✍ **"Experimental Verification of Models of Calculation"** *Simposio Internazionale 3ASI sull'Analisi del rischio nella valutazione di impatto ambientale - Milano, Novembre 1987*
- ✍ **"Uno studio comparativo su modelli di calcolo della dispersione di gas pesanti"** - *XV ANIMP International Congress - Firenze, Novembre 1988*
- ✍ **"Impianti a rischio: determinazione delle conseguenze di un incidente"** - *Sicurezza e prevenzione n° 6 - Giugno 1989*
- ✍ **"Problemi ed indirizzi nell'ambito dell'applicazione del D.P.R. n° 175/88"** - *Convegno annuale su Energia e Risorse - Università PD - Bressanone, Settembre 1989*
- ✍ **"Protezione da scoppi di piccoli recipienti"** - *9° Congresso Associazione Italiana degli Igienisti Industriali - Merano - Novembre 1989*
- ✍ **"The Implementation of the "Seveso" Directive in Italy: A Practical Experience Related to TDI"** *Polyuretaness World Congress - Nizza - Settembre 1991*
- ✍ **"Strumenti e proposte per l'effettuazione dell'Audit Ambientale"** - *Environmental Audit Conference - Venezia - Dicembre 1991*
- ✍ **"The Release of Heavy Gases - Hydrogen fluoride case"** - *7th Int. Symposium of Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry - EFCE - Taormina, Maggio 1992*
- ✍ **"Indicizzazione del rischio nei magazzini"** - *Ambiente e Sicurezza - Maggio 1993*

- ✍ **"Metodologie per l'analisi del rischio: studio della dinamica di un incidente"**
"Esempi di applicazione del criterio di categorizzazione delle attività a rischio di incidente rilevante" "Analisi comparata di modelli di simulazione" Relazioni presentate al Convegno- VGR '98 – Pisa, Ottobre 1998
- ✍ **"Applicazione comparata di modelli per la simulazione di ricadute di inquinanti"** – AIDII – Bari, Luglio 1999
- ✍ **"Investigation of a LPG accident with application of different mathematical models"** – AIChE-CCPS International Conference on Vapor Cloud Modeling – S. Francisco – USA Ottobre 1999;
Delft – Olanda Novembre 1999.
- ✍ **"Sistemi di Gestione della Sicurezza: considerazioni e confronti"** - VGR 2000 – Pisa, Ottobre 2000.
- ✍ **"Analisi dei rischi su distributore stradale di GPL"** – Ecomobile – Roma, Febbraio 2000.
- ✍ **"Convalida di modelli matematici di simulazione di scoppio mediante sperimentazioni"** - Convegno scientifico nazionale *"Sicurezza nei Sistemi Complessi"* – Bari, Ottobre 2003.
- ✍ **"Rilasci di acido fluoridrico. Comparazioni di modelli per la simulazione della dispersione dei vapori"** Convegno scientifico nazionale *"Sicurezza nei Sistemi Complessi"* – Bari, Ottobre 2005.
- ✍ **"Sviluppo accidentale di NOx – studio di un caso"** Convegno scientifico nazionale *"Sicurezza nei Sistemi Complessi"* – Bari, Ottobre 2005.
- ✍ **"Rischi connessi alla dispersione di polveri radioattive a seguito della fusione di una sorgente orfana"** studio di un caso." – VGR 2006 – Pisa, Ottobre 2006.
- ✍ **"Un caso d'incendio in un'azienda del settore galvanico."** - VGR 2008 Pisa, Ottobre 2008.
- ✍ **"Albatros II – un programma "user-friendly" per HazOp - Fault Tree quantificati e MCS"** Convegno scientifico nazionale *"Sicurezza nei Sistemi Complessi"* – Bari, Ottobre 2009.
- ✍ **"Reliability Analysis and Risk Analysis: integration between Hazop, FMEDA and Fault Tree Analysis for SIL assessment"** – Loss Prevention 2016 -Friburgo (DE)
- ✍ **"A mathematical model for estimating the consequences of a dispersion of pollutants in water following a major accident"** – CET Chemical Engineering Transaction – AIDIC – Vol. 86, 2021 ISBN 978-88-95608-84-6.
- ✍ **"ALBATROS III: an Integrated Software to Obtain the Fault Tree, SIL Level and MCS from the Hazop"** – IcheaP16 – The 16th International Conference on Chemical and Process Engineering – 21-24 May 2023 Napoli (I)

Ai sensi del D.Lgs. 196/03 e s.m.i. si autorizza al trattamento dei dati riportati nella presente scheda CV costituita da n° 5 pagine.



S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata		Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs)	31
Diametro equivalente del foro di uscita	m	0,025
Temperatura della sostanza	K	293
Temperatura ambiente	K	293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K	293
Velocità del vento	m/s	5
Categoria di stabilità atmosferica		D - Neutrale
Parametro di rugosità	m	0,7
Altezza della sorgente	m	1
Portata dell'inquinante	kg/s	0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)		1
Quota di calcolo della concentrazione	m	1
Tempo di riferimento per la media	minuti	5
Concentrazione di fine calcolo	ppm	20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	°	30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m	0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	1,5	122120,6	217,6
2	2,0	63462,7	116,1

Portata di efflusso		kg/s 0,583
Velocità di efflusso	m/s	1192,633
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg	0,1
LFL situato sull'asse a	m	2,03
UFL situato sull'asse a	m	0,13

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	1,6	129878,3	101,7
2	2,1	68540,9	30,6

Portata di efflusso	kg/s 0,583
Velocità di efflusso	m/s 1192,633
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,02
UFL situato sull'asse a	m 0,13

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 0,58
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
9	9,5
10	7,6
12	4,7
13	3,7
14	2,9
15	2,5
20	1,5
25	1,2
30	1,1
35	1,0
40	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 9,1
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 63,5

Top 1.a

Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	$^\circ$	26,5
Lunghezza totale fiamma	m	11,2
Altezza dal suolo del margine jet	m	3,7
Diametro max cono fiamma	m	3,1

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 0,58
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
11	5,7
13	4,0
14	3,4
15	2,9
20	1,7
25	1,3
30	1,1
35	1,0
40	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 11,6
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 61,3
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 28,7
Lunghezza totale fiamma	m 14,4

Top 1.a

Altezza dal suolo del margine jet	m 5,3
Diametro max cono fiamma	m 3,9

Top 1.b

LFL situato sull'asse a	m 2,64
UFL situato sull'asse a	m 0,11

Top 1.b

LFL situato sull'asse a	m 2,94
UFL situato sull'asse a	m 0,11

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 0,58
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
6	11,7
7	9,5
8	7,6
9	6,1
10	5,0
15	2,1
20	1,5
25	1,2
30	1,1
35	1,0
40	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 8,5
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 49,8

Top 1.b

Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	$^\circ$	40,2
Lunghezza totale fiamma	m	10,4
Altezza dal suolo del margine jet	m	5,7
Diametro max cono fiamma	m	2,9

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 0,58
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
8	6,2
9	5,3
10	4,5
15	2,2
20	1,6
25	1,3
30	1,1
35	1,1
40	1,0
45	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 10,8
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 46,9
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 43,1

Top 1.b

Lunghezza totale fiamma	m	13,4
Altezza dal suolo del margine jet	m	7,9
Diametro max cono fiamma	m	3,6

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 4
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 10
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	4,2	144520,8	0,0
2	4,3	80624,4	0,0
3	4,4	56149,1	0,0
4	4,5	43168,7	0,0
5	4,6	35113,9	0,0
6	4,7	29622,2	0,0
7	4,8	25633,9	0,0
8	4,9	22470,4	0,0
9	5,0	20113,7	0,0
10	5,0	18207,9	0,0

Top 1.c

X m	ZCL m	CCL ppm	C ppm
15	5,4	12358,1	0,1
20	5,6	9333,8	0,6
25	5,9	7473,7	2,1
30	6,1	6209,6	4,7
35	6,3	5293,0	8,1
40	6,5	4597,4	12,0
45	6,7	4051,5	16,0
50	6,9	3607,9	20,0
60	7,3	2945,4	27,5
70	7,6	2470,0	33,9
80	8,0	2113,4	39,2
90	8,3	1836,8	43,6
100	8,6	1616,6	47,2
110	8,9	1437,7	50,1
120	9,2	1289,8	52,5
130	9,5	1165,7	54,3
140	9,8	1059,9	55,8
150	10,1	969,6	56,9
160	10,4	891,4	57,8
170	10,6	823,1	58,5
180	10,9	763,0	59,0
190	11,1	709,9	59,3
200	11,4	662,5	59,5
210	11,6	620,2	59,6
220	11,9	582,1	59,6
Portata di efflusso			kg/s 0,583
Velocità di efflusso			m/s 1192,633
Quantità max nel campo di infiammabilità			kg 0,1
LFL situato sull'asse a			m 4,36
UFL situato sull'asse a			m 0,15

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 4
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 10
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	4,2	144605,0	0,0
2	4,3	80675,4	0,0
3	4,5	56069,7	0,0
4	4,6	42473,8	0,0
5	4,8	34490,5	0,0
6	4,9	29015,8	0,0
7	5,1	25023,9	0,0
8	5,2	21981,7	0,0
9	5,4	19477,9	0,0
10	5,5	17558,3	0,1

Top 1.c

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
15	6,2	11617,0	2,8
20	6,8	8585,5	10,0
25	7,5	6711,8	17,8
30	8,2	5450,7	23,7
35	8,9	4546,6	27,1
40	9,6	3869,4	28,7
45	10,2	3345,3	28,9
50	10,9	2929,6	28,3
Portata di efflusso			kg/s 0,583
Velocità di efflusso			m/s 1192,633
Quantità max nel campo di infiammabilità			kg 0,1
LFL situato sull'asse a			m 4,35
UFL situato sull'asse a			m 0,15

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 1.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 31
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 293
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 0,58
Altezza del punto di efflusso jet	m 4
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 10
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
10	19,0
12	11,2
14	3,9
15	2,6
20	1,2
25	1,0
30	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 9,9
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 81,6
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 8,4
Lunghezza totale fiamma	m 12,2
Altezza dal suolo del margine jet	m 0,2
Diametro max cono fiamma	m 3,4

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 2

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Portata di rilascio

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 1
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Caratterizzazione rilascio	- 2 - Tubazione
Configurazione della tubazione	- 2 - Linea in esercizio con flusso
Portata della tubazione	kg/s 1
Lunghezza della tubazione	m 5
Diametro nominale della tubazione	m 0,025
Distanza del foro da inizio tubazione	m 1

PORTATA STAZIONARIA DA TUBAZIONE IN ESERCIZIO

Portata	kg/s 8,743
Pressione iniziale	bar 501
Pressione all'efflusso	bar 459,657
Perdite di carico	bar 41,343
Velocità di efflusso	m/s 1178,357

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 2

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 8,74
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni ppm		Cy3
			pool edge	Cy2	
2	10	846528,700	752606,000	0,000	0,000
3	15	45123,800	44338,300	0,000	0,000
4	20	27202,690	26862,870	0,000	0,000
6	30	12103,230	12014,530	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 15,7

Baricentro della nube di mix infiammabile a 13,5 m sottovento
al margine pozza od al punto di rilascio

LFL situato a m 16,4

0.5LFL situato a m 24,8

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 2

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 8,74
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni ppm		Cy3
			pool edge	Cy2	
6	11	99217,440	94310,510	0,000	0,000
6	12	87486,980	83492,090	0,000	0,000
7	13	77534,870	74256,410	0,000	0,000
7	14	69036,890	66326,380	0,000	0,000
8	15	61737,140	59480,700	0,000	0,000
10	20	37312,670	36327,020	0,000	0,000
15	30	16654,340	16394,190	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 22,4

Baricentro della nube di mix infiammabile a 15,2 m sottovento
al margine pozza od al punto di rilascio

Top 2

LFL situato a	m 19,4
0.5LFL situato a	m 28,4
Altezza iniziale sorgente modificata a	m 1,21

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 2

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Esplosioni/UVCE/TNT

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Tipo di esplosione / modello	1 - Deflagrazione
Massa di combustibile coinvolta	kg 22,4
Velocità di fiamma	m/s 120

ESPLOSIONE DI NUBI DI GAS O POLVERI

distanza m	Side-on press.Pa	Impulso Pa s	Tempo ms	Dynamic press.Pa
6	49918,940	1313,014	71,473	58226,170
7	42787,660	1170,376	71,952	48949,530
8	37439,200	1046,929	72,377	42191,100
9	33279,290	963,224	72,758	37055,180
10	29951,360	891,926	73,104	33023,770
20	14975,680	514,317	75,470	15759,870
30	9983,787	363,091	76,906	10334,770
40	7487,840	281,416	77,940	7685,963
50	5990,272	228,306	78,748	6117,340
60	4991,894	191,321	79,412	5080,260
70	4278,766	164,822	79,976	4343,754
80	3743,920	144,883	80,465	3793,714
90	3327,929	129,326	80,898	3367,296
100	2995,136	116,842	81,285	3027,038
110	2722,851	106,597	81,636	2749,227
120	2495,947	98,035	81,957	2518,117
130	2303,951	90,771	82,253	2322,847
140	2139,383	84,529	82,526	2155,679
150	1996,757	78,907	82,781	2010,956
160	1871,960	73,679	83,020	1884,442
Raggio della nube			m 6,57	
Soglia 0,6 bar a			m 7	

Top 2

Soglia 0,3 bar a	m	12
Soglia 0,14 bar a	m	23
Soglia 0,07 bar a	m	45
Soglia 0,03 bar a	m	102

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 3.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,032
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1 1,5 159203,0 368,5

2 2,0 85024,3 152,4

Portata di efflusso	kg/s 13,589
Velocità di efflusso	m/s 1178,3
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,02
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,32

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 3.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 01/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,032
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1	1,6	167453,4	215,1
2	2,1	90868,6	50,3

Portata di efflusso kg/s 13,589

Velocità di efflusso m/s 1178,3

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 0,1

LFL situato sull'asse a m 2,01

UFL situato sull'asse a m 0,13

Coefficiente di comprimibilità Z 1,32

Top 3.a

Inclinazione fiamma (rif.zenit)	°	60,7
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	°	29,3
Lunghezza totale fiamma	m	45,9
Altezza dal suolo del margine jet	m	16,9
Diametro max cono fiamma	m	12,9

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 3.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,032
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 13,6
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
50	5,1
52	4,8
53	4,7
54	4,6
55	4,4
60	3,8
70	2,8
80	2,2
90	1,8
100	1,5
125	1,2
150	1,1
175	1,0
200	1,0

Top 3.a

Lunghezza fiamma visibile	m	47,6
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	°	60,2
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	°	29,8
Lunghezza totale fiamma	m	59
Altezza dal suolo del margine jet	m	22,5
Diametro max cono fiamma	m	15,8

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 3.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,032
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 0
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 45
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	0,9	132527,5	127582,9
2	1,7	70649,7	8572,7
3	2,4	47333,9	1022,9
4	3,0	34978,6	315,3
5	3,5	27975,5	167,9
6	4,0	23194,2	112,8
7	4,4	19752,0	86,7
Portata di efflusso		kg/s 13,589	
Velocità di efflusso		m/s 1178,3	

Top 3.b

Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 3,56
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,32

Top 3.b

Velocità di efflusso	m/s 1178,3
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 3,92
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,32

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 3.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 501
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,032
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 13,6
Altezza del punto di efflusso jet	m 0
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
30	7,5
32	7,0
34	6,5
36	6,1
38	5,6
40	5,2
42	4,9
43	4,7
44	4,5
45	4,4
50	3,7
75	1,9
100	1,4
125	1,2

Top 3.b

distanza	irraggiamento massimo
m	kW/m ²
150	1,1
175	1,0
200	1,0
Lunghezza fiamma visibile	m 34,9
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 47,1
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 42,9
Lunghezza totale fiamma	m 42,8
Altezza dal suolo del margine jet	m 24,9
Diametro max cono fiamma	m 12

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1 1,5 126404,0 284,5

2 1,9 65704,8 154,3

Portata di efflusso	kg/s 14
Velocità di efflusso	m/s 1132,133
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,04
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,6

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata		Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs)	931
Diametro equivalente del foro di uscita	m	0,025
Temperatura della sostanza	K	286
Temperatura ambiente	K	293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K	293
Velocità del vento	m/s	2
Categoria di stabilità atmosferica		F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m	0,7
Altezza della sorgente	m	1
Portata dell'inquinante	kg/s	0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)		1
Quota di calcolo della concentrazione	m	1
Tempo di riferimento per la media	minuti	5
Concentrazione di fine calcolo	ppm	20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	°	30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m	0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1	1,6	135194,4	122,9
---	-----	----------	-------

2	2,1	71325,2	37,7
---	-----	---------	------

Portata di efflusso	kg/s 14
Velocità di efflusso	m/s 1132,133
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,02
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,6

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 14
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
40	7,6
42	7,1
44	6,5
46	6,0
48	5,6
50	5,1
52	4,7
53	4,5
54	4,3
55	4,1
60	3,4
70	2,4
80	1,9
90	1,6

Top 4.a

distanza	irraggiamento massimo
m	kW/m ²
100	1,4
125	1,2
150	1,1
175	1,0
200	1,0
Lunghezza fiamma visibile	m 38,7
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 60,4
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 29,6
Lunghezza totale fiamma	m 47,3
Altezza dal suolo del margine jet	m 17,6
Diametro max cono fiamma	m 13,4

Top 4.b

LFL situato sull'asse a	m 2,76
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,6

Top 4.b

LFL situato sull'asse a	m 3,06
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,6

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 14
Altezza del punto di efflusso jet	m 0
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
31	7,3
33	6,8
35	6,3
37	5,9
39	5,5
41	5,1
43	4,8
44	4,6
45	4,4
50	3,8
75	2,0
100	1,4
125	1,2
150	1,1

Top 4.b

distanza	irraggiamento massimo
m	kW/m ²
175	1,0
200	1,0
Lunghezza fiamma visibile	m 36,1
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 47
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 43
Lunghezza totale fiamma	m 44,2
Altezza dal suolo del margine jet	m 25,8
Diametro max cono fiamma	m 12,5

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 871
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 0
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 45
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	0,9	107682,3	92141,6
2	1,6	54669,2	10206,7
3	2,2	36426,4	1636,5
4	2,7	26917,4	588,4
5	3,1	21608,5	335,6
6	3,5	17860,6	228,5

Portata di efflusso	kg/s 13,527
Velocità di efflusso	m/s 1169,262
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1

Top 4.c

LFL situato sull'asse a	m 2,79
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,5

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 871
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 0
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 45
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	1,0	114598,7	113810,8
2	1,9	59754,1	1561,3
3	2,8	40170,7	61,2
4	3,7	30126,5	9,9
5	4,6	23648,0	3,1
6	5,4	19414,8	1,6

Portata di efflusso	kg/s 13,527
Velocità di efflusso	m/s 1169,262
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1

Top 4.c

LFL situato sull'asse a	m 3,06
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,5

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 871
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 13,5
Altezza del punto di efflusso jet	m 0
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
30	7,4
32	6,9
34	6,4
36	6,0
38	5,6
40	5,2
42	4,8
43	4,6
44	4,5
45	4,3
50	3,6
75	1,9
100	1,4
125	1,2

Top 4.c

distanza	irraggiamento massimo
m	kW/m ²
150	1,1
175	1,0
200	1,0
Lunghezza fiamma visibile	m 35,3
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 47
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 43
Lunghezza totale fiamma	m 43,2
Altezza dal suolo del margine jet	m 25,2
Diametro max cono fiamma	m 12,2

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.d

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Portata di rilascio

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 441
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Caratterizzazione rilascio	- 2 - Tubazione
Configurazione della tubazione	- 2 - Linea in esercizio con flusso
Portata della tubazione	kg/s 0,5
Lunghezza della tubazione	m 1200
Diametro nominale della tubazione	m 0,025
Distanza del foro da inizio tubazione	m 1

PORTATA STAZIONARIA DA TUBAZIONE IN ESERCIZIO

Portata	kg/s 6,91
Pressione iniziale	bar 441
Pressione all'efflusso	bar 411,027
Perdite di carico	bar 29,973
Velocità di efflusso	m/s 1178,357
Coeff. comprimibilità Z	1,28

Top 4.d

LFL situato sull'asse a	m 2,79
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,28

Top 4.d

LFL situato sull'asse a	m 3,06
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,28

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 4.d

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 441
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 7,4
Altezza del punto di efflusso jet	m 0
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
22	7,5
24	6,8
26	6,2
28	5,6
30	5,1
32	4,7
33	4,4
34	4,2
35	4,0
40	3,2
45	2,7
50	2,2
75	1,4
100	1,1

Top 4.d

distanza	irraggiamento massimo
m	kW/m ²
125	1,0
150	1,0
Lunghezza fiamma visibile	m 26,6
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 47,6
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 42,4
Lunghezza totale fiamma	m 32,6
Altezza dal suolo del margine jet	m 18,8
Diametro max cono fiamma	m 9,2

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Portata di rilascio

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Caratterizzazione rilascio	- 1 - Serbatoio
Geometria serbatoio	- 3 - Cilindrico orizzontale
Quota del foro di efflusso	m 0,5
Diametro del serbatoio	m 0,5
Altezza (o lunghezza) del serbatoio	m 15

tempo min	portata kg/s	pressione bar	temperatura K
0	13,999	931,000	286,0
1	13,999	9,459	286,0
Portata media		kg/s	7,141
nei primi		s	120

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 14
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni ppm		Cy3
			pool edge	Cy2	
2	11	116513,800	113744,500	0,000	0,000
2	12	102648,500	100401,800	0,000	0,000
3	13	90900,020	89062,080	0,000	0,000
3	14	80879,530	79364,250	0,000	0,000
3	15	72280,700	71022,450	0,000	0,000
4	20	43574,100	43029,770	0,000	0,000
6	30	19387,320	19245,240	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 45,2

Baricentro della nube di mix infiammabile a 16,25 m sottovento
al margine pozza od al punto di rilascio

Top 5

LFL situato a	m 21,5
0.5LFL situato a	m 29,7

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 14
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni ppm		Cy3
			pool edge	Cy2	
6	11	158929,500	151069,500	0,000	0,000
6	12	140139,300	133740,200	0,000	0,000
7	13	124197,700	118946,200	0,000	0,000
7	14	110585,400	106243,600	0,000	0,000
8	15	98892,450	95278,000	0,000	0,000
10	20	59768,580	58189,740	0,000	0,000
15	30	26677,430	26260,720	0,000	0,000
20	40	14160,880	14014,850	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 63,7

Baricentro della nube di mix infiammabile a 18,5 m sottovento

Top 5

al margine pozza od al punto di rilascio	
LFL situato a	m 26
0.5LFL situato a	m 35,3
Altezza iniziale sorgente modificata a	m 1,21

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Esplosioni/UVCE/TNT

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Tipo di esplosione / modello	1 - Deflagrazione
Massa di combustibile coinvolta	kg 63,7
Velocità di fiamma	m/s 120

ESPLOSIONE DI NUBI DI GAS O POLVERI

distanza m	Side-on press.Pa	Impulso Pa s	Tempo ms	Dynamic press.Pa
8	53042,470	1944,048	100,997	62382,920
9	47148,860	1783,552	101,509	54587,190
10	42433,970	1647,714	101,976	48497,280
20	21216,990	969,231	105,214	22777,410
30	14144,660	694,449	107,207	14845,050
40	10608,490	542,423	108,650	11004,420
50	8486,795	445,768	109,783	8740,948
60	7072,329	378,808	110,715	7249,177
70	6061,996	329,630	111,507	6192,112
80	5304,247	287,466	112,195	5403,973
90	4714,886	256,487	112,804	4793,748
100	4243,397	231,648	113,350	4307,319
110	3857,634	211,279	113,845	3910,490
120	3536,165	194,266	114,297	3580,599
130	3264,152	179,839	114,714	3302,028
140	3030,998	167,446	115,100	3063,667
150	2828,932	156,682	115,460	2857,398
160	2652,123	147,245	115,797	2677,149
170	2496,116	138,902	116,113	2518,289
180	2357,443	131,472	116,412	2377,225
190	2233,367	124,811	116,695	2251,124
200	2121,699	118,806	116,963	2137,727
225	1885,954	105,212	117,580	1898,623

Top 5

Raggio della nube	m	9,308
Soglia 0,6 bar a	m	9
Soglia 0,3 bar a	m	16
Soglia 0,14 bar a	m	32
Soglia 0,07 bar a	m	63
Soglia 0,03 bar a	m	144

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 20/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 551
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1 1,5 126826,0 273,6

2 2,0 65995,9 146,1

Portata di efflusso	kg/s 9,02
Velocità di efflusso	m/s 1178,3
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,04
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,35

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 20/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 551
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 9
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
32	7,7
34	7,1
36	6,4
38	5,8
40	5,2
42	4,7
43	4,5
44	4,2
45	4,0
50	3,1
75	1,5
100	1,2
125	1,0
150	1,0

Top 5.b

Lunghezza fiamma visibile	m	31,3
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	°	60,9
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	°	29,1
Lunghezza totale fiamma	m	38,3
Altezza dal suolo del margine jet	m	14
Diametro max cono fiamma	m	10,8

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 5.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 20/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 551
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 9
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
41	5,0
43	4,7
44	4,6
45	4,4
50	3,7
75	1,7
100	1,2
125	1,1
150	1,0
175	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 39,8
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 60,3
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 29,7

Top 5.b

Lunghezza totale fiamma	m	49,3
Altezza dal suolo del margine jet	m	18,7
Diametro max cono fiamma	m	13,2

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 6

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Portata di rilascio

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 1
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Caratterizzazione rilascio	- 2 - Tubazione
Configurazione della tubazione	- 2 - Linea in esercizio con flusso
Portata della tubazione	kg/s 0,06
Lunghezza della tubazione	m 0,5
Diametro nominale della tubazione	m 0,025
Distanza del foro da inizio tubazione	m 0,1

PORTATA STAZIONARIA DA TUBAZIONE IN ESERCIZIO

Portata	kg/s 13,914
Pressione iniziale	bar 931
Pressione all'efflusso	bar 925,32
Perdite di carico	bar 5,68
Velocità di efflusso	m/s 1178,357

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 6

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 13,9
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni pool edge	ppm	
				Cy2	Cy3
2	11	115681,500	112932,000	0,000	0,000
2	12	101915,300	99684,660	0,000	0,000
3	13	90250,730	88425,910	0,000	0,000
3	14	80301,820	78797,360	0,000	0,000
3	15	71764,400	70515,150	0,000	0,000
4	20	43262,860	42722,410	0,000	0,000
6	30	19248,840	19107,770	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 44,4

Baricentro della nube di mix infiammabile a 16,2 m sottovento
al margine pozza od al punto di rilascio

Top 6

LFL situato a	m 21,4
0.5LFL situato a	m 29,7

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 6

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Sorgenti lineari quota terra o pozze (rateo <0.05 kg/m2s)

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Larghezza pozza o sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 13,9
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Passo di calcolo sull'asse Y	m 25
Quota di calcolo	m 1
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Distanza fabbricato da sorgente	m 10
Altezza del fabbricato	m 3
Larghezza del fabbricato	m 30

- Rilascio continuo -

tempo s	distanza m	center line	concentrazioni ppm		Cy3
			pool edge	Cy2	
6	11	157794,300	149990,400	0,000	0,000
6	12	139138,300	132784,900	0,000	0,000
7	13	123310,600	118096,600	0,000	0,000
7	14	109795,500	105484,700	0,000	0,000
8	15	98186,080	94597,450	0,000	0,000
10	20	59341,660	57774,100	0,000	0,000
15	30	26486,880	26073,140	0,000	0,000
20	40	14059,730	13914,740	0,000	0,000

Quantità max nel campo di infiammabilità kg 62,8

Baricentro della nube di mix infiammabile a 18,45 m sottovento

Top 6

al margine pozza od al punto di rilascio	
LFL situato a	m 25,9
0.5LFL situato a	m 35,2
Altezza iniziale sorgente modificata a	m 1,21

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 6

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Esplosioni/UVCE/TNT

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 931
Temperatura della sostanza	K 286
Temperatura ambiente	K 293
Tipo di esplosione / modello	1 - Deflagrazione
Massa di combustibile coinvolta	kg 62,8
Velocità di fiamma	m/s 120

ESPLOSIONE DI NUBI DI GAS O POLVERI

distanza m	Side-on press.Pa	Impulso Pa s	Tempo ms	Dynamic press.Pa
8	52791,470	1928,245	100,540	62046,820
9	46925,750	1768,868	101,050	54296,050
10	42233,180	1634,006	101,515	48240,860
20	21116,590	961,006	104,739	22662,490
30	14077,730	688,397	106,723	14771,570
40	10558,290	537,630	108,160	10950,510
50	8446,636	441,796	109,287	8698,404
60	7038,863	375,412	110,215	7214,050
70	6033,311	326,663	111,003	6162,203
80	5279,147	284,794	111,688	5377,936
90	4692,575	254,104	112,295	4770,696
100	4223,318	229,497	112,838	4286,637
110	3839,380	209,319	113,331	3891,739
120	3519,432	192,465	113,781	3563,447
130	3248,706	178,172	114,196	3286,225
140	3016,656	165,894	114,580	3049,017
150	2815,545	155,231	114,938	2843,744
160	2639,574	145,881	115,274	2664,364
170	2484,305	137,615	115,589	2506,269
180	2346,288	130,254	115,886	2365,883
190	2222,799	123,655	116,168	2240,389
200	2111,659	117,706	116,435	2127,536
225	1877,030	104,190	117,049	1889,580

Top 6

Raggio della nube	m	9,264
Soglia 0,6 bar a	m	9
Soglia 0,3 bar a	m	16
Soglia 0,14 bar a	m	32
Soglia 0,07 bar a	m	63
Soglia 0,03 bar a	m	143

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 701
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1 1,4 136856,8 964,4

2 1,8 70608,2 463,1

Portata di efflusso	kg/s 11,272
Velocità di efflusso	m/s 1157,517
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,04
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,45

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata		Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs)	701
Diametro equivalente del foro di uscita	m	0,025
Temperatura della sostanza	K	276
Temperatura ambiente	K	293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K	293
Velocità del vento	m/s	2
Categoria di stabilità atmosferica		F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m	0,7
Altezza della sorgente	m	1
Portata dell'inquinante	kg/s	0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)		1
Quota di calcolo della concentrazione	m	1
Tempo di riferimento per la media	minuti	5
Concentrazione di fine calcolo	ppm	20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	°	30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m	0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1	1,5	142734,2	166,1
---	-----	----------	-------

2	2,1	74232,6	62,6
---	-----	---------	------

Portata di efflusso		kg/s 11,272
Velocità di efflusso	m/s	1157,517
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg	0,1
LFL situato sull'asse a	m	2,04
UFL situato sull'asse a	m	0,13
Coefficiente di comprimibilità Z		1,45

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 701
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 11,3
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
36	7,6
38	7,0
40	6,4
42	5,9
44	5,4
46	4,9
47	4,7
48	4,5
49	4,3
50	4,1
75	1,8
100	1,3
125	1,1
150	1,0

Top 7.a

distanza		irraggiamento massimo	
m		kW/m ²	
175		1,0	
Lunghezza fiamma visibile	m	34,9	
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	°	60,6	
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	°	29,4	
Lunghezza totale fiamma	m	42,8	
Altezza dal suolo del margine jet	m	15,8	
Diametro max cono fiamma	m	12,1	

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.a

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 701
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 11,3
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
46	5,0
48	4,7
49	4,6
50	4,4
75	2,1
100	1,4
125	1,1
150	1,0
175	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 44,5
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 60,2
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	° 29,8
Lunghezza totale fiamma	m 55,1

Top 7.a

Altezza dal suolo del margine jet	m 21
Diametro max cono fiamma	m 14,8

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 351
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione
 ZCL = quota dell'asse del jet
 CCL = concentrazione sull'asse del jet
 C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1	1,4	136856,8	964,4
2	1,8	70608,2	463,1

Portata di efflusso	kg/s 6,204
Velocità di efflusso	m/s 1157,517
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,04
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,2

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 351
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 2
Categoria di stabilità atmosferica	F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 30
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione
 ZCL = quota dell'asse del jet
 CCL = concentrazione sull'asse del jet
 C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm

1	1,5	142734,2	166,1
2	2,1	74232,6	62,6

Portata di efflusso	kg/s 6,204
Velocità di efflusso	m/s 1157,517
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 2,04
UFL situato sull'asse a	m 0,13
Coefficiente di comprimibilità Z	1,2

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.b

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 351
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 6,2
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 30
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
27	7,6
29	6,8
31	6,1
33	5,4
35	4,7
40	3,5
45	2,7
50	2,1
75	1,2
100	1,1
125	1,0

Lunghezza fiamma visibile	m 26,4
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	° 61,3

Top 7.b

Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	$^\circ$	28,7
Lunghezza totale fiamma	m	32,3
Altezza dal suolo del margine jet	m	11,7
Diametro max cono fiamma	m	9,1

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 701
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Altezza della sorgente	m 1
Portata dell'inquinante	kg/s 0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)	1
Quota di calcolo della concentrazione	m 1
Tempo di riferimento per la media	minuti 5
Concentrazione di fine calcolo	ppm 20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	° 45
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m 0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione

ZCL = quota dell'asse del jet

CCL = concentrazione sull'asse del jet

C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	1,8	113767,1	4,7
2	2,4	59249,2	4,9
3	2,8	39726,1	6,8
4	3,2	30042,3	8,9
5	3,5	24136,1	10,8
6	3,8	20187,7	12,6
7	4,0	17370,9	14,2

Portata di efflusso kg/s 11,272

Velocità di efflusso m/s 1157,517

Top 7.c

Quantità max nel campo di infiammabilità	kg 0,1
LFL situato sull'asse a	m 3,02
UFL situato sull'asse a	m 0,11
Coefficiente di comprimibilità Z	1,45

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Jet

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata		Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs)	701
Diametro equivalente del foro di uscita	m	0,025
Temperatura della sostanza	K	276
Temperatura ambiente	K	293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K	293
Velocità del vento	m/s	2
Categoria di stabilità atmosferica		F+G - Stabile
Parametro di rugosità	m	0,7
Altezza della sorgente	m	1
Portata dell'inquinante	kg/s	0
Concentrazione dell'inquinante (frazione peso)		1
Quota di calcolo della concentrazione	m	1
Tempo di riferimento per la media	minuti	5
Concentrazione di fine calcolo	ppm	20000
Angolo del jet rispetto all'orizzontale	°	45
Lunghezza condotto di scarico (solo per PSV)	m	0

X = distanza dal punto di rilascio/emissione
 ZCL = quota dell'asse del jet
 CCL = concentrazione sull'asse del jet
 C = concentrazione alla quota del calcolo

X	ZCL	CCL	C
m	m	ppm	ppm
1	1,9	118150,7	0,2
2	2,8	62737,1	0,1

Portata di efflusso		kg/s 11,272
Velocità di efflusso	m/s	1157,517
Quantità max nel campo di infiammabilità	kg	0,1
LFL situato sull'asse a	m	2,04
UFL situato sull'asse a	m	0,11
Coefficiente di comprimibilità Z		1,45

S T A R

Safety Techniques for Assessment of Risk

Top 7.c

Codice: 034 Sostanza: IDROGENO

Modello: Irraggiamento

Data del calcolo: 02/09/2024

Fase o tipo di sostanza interessata	Gas
Pressione nel recipiente/tubaz.	bar (abs) 701
Diametro equivalente del foro di uscita	m 0,025
Temperatura della sostanza	K 276
Temperatura ambiente	K 293
Temperatura substrato dove avviene il rilascio	K 293
Velocità del vento	m/s 5
Categoria di stabilità atmosferica	D - Neutrale
Parametro di rugosità	m 0,7
Portata del jet	kg/s 11,3
Altezza del punto di efflusso jet	m 1
Angolo di efflusso jet (90° = verticale)	° 45
Quota di calcolo dell'irraggiamento	m 1
Umidità relativa dell'atmosfera	frazione 0,7
Irraggiamento solare	kW/m² 0,9

JET FIRE

distanza m	irraggiamento massimo kW/m²
28	7,2
30	6,6
32	6,1
34	5,7
36	5,3
38	4,9
39	4,7
40	4,5
45	3,7
50	3,1
75	1,7
100	1,3
125	1,1
150	1,0

Top 7.c

distanza		irraggiamento massimo	
m		kW/m ²	
175		1,0	
Lunghezza fiamma visibile	m	32,6	
Inclinazione fiamma (rif.zenit)	°	47,2	
Angolo asse del jet calcolato (0° = orizzontale)	°	42,8	
Lunghezza totale fiamma	m	39,9	
Altezza dal suolo del margine jet	m	23,2	
Diametro max cono fiamma	m	11,3	

Final report Annex 2: Consequence Assessment Methods for Human Health (Task 2)

Development of an assessment methodology under Article 4 of Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances (070307/2013/655473/ENV.C3)



Report for the European Commission (DG Environment)

AMEC Environment & Infrastructure UK Limited

In association with INERIS and EU-VRI

December 2014

Report for

European Commission, DG Environment
Directorate C – Sustainable Resources Management,
Industry and Air
Unit ENV C.3 – Industrial emissions, air quality and noise
Brussels B-1049
Belgium

Main Contributors

Jean-Marc Lacombe (INERIS)
Marion Demeestere (INERIS)
Anabel Lahoz (INERIS)
Christophe Bolvin (INERIS)

Issued by

Victoria Cherrier

Approved by

Caspar Corden

**AMEC Environment & Infrastructure
UK Limited**

17 Angel Gate, City Road, London EC1V 2SH,
United Kingdom
Tel +44 (0) 207 843 1400
Fax +44 (0) 207 843 1410

Doc Reg No. 34075CA012i6

h:\projects\34075 pp seveso article 4 guidance\c client\reports\final
report\34075ca012i6 task 2 final report 20141212.docx

European Commission (DG Environment)

Development of an assessment methodology under Article 4 of Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances

Final report – Annex 2

AMEC Environment & Infrastructure
UK Limited

December 2014

This document has been produced by AMEC Environment
& Infrastructure UK Limited in full compliance with the
management systems, which have been certified to ISO 9001,
ISO 14001 and OHSAS 18001 by LRQA.

In accordance with an environmentally responsible approach,
this document is printed on recycled paper produced from 100%
post-consumer waste, or on ECF (elemental chlorine free) paper

Table 4.1 List of Tools for Consequences Calculation of Hazardous Phenomena (non exhaustive)

Name of the tool	Type of model used by the tool	Developer
ADAM (Accident Damage Assessment Module)	Integral model	Major Accident Hazards Bureau (MAHB) Joint Research Centre (Ispra, Italy)
ALOHA	Integral model	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
ARIA RISK	3D model	Aria Technologies
COLOUR BOOKS ("Yellow Book") -	Documented method	TNO
Database on explosives safety distances	Documented method	http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/5ed2a07393fec5fa002569b300397c5a/fda13fad19c734a200256a62004cf40a/\$FILE/684-1999.doc
DEGADIS	Integral model	US EPA/ US Coast Guard
EFFECTS	Integral model	TNO
FDS	3D model	National Institute of Standards and Technology (USA)
FLACS	3D Model	GEXCON
FLUENT	3D Model	ANSYS
Fluidyn-PANACHE	3D Model	Fluidyn-Transoft
FLUMILOG	Integral model	INERIS - www.ineris.fr/flumilog
FRED	Integral model	SHELL
Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs	Documented method	Center for Chemical Process Safety (2000).
HGSYSTEM	Integral model	Developed by Shell Research Ltd with the support and sponsorship of industry groups (http://www.hgsystem.com/)
MERCURE_SATURNE	3D Model	EDF
ORDER/FROST	Integral model	GL Noble Denton (UK) . Utilisation limited to developer and industrial partners under a specific contract
PHAST	Integral model	DNV
ProNuSs	Integral model	http://www.pronuss.de/
Similinks	Integral model	http://www.simlinks.es/
SLAB	Integral model	Lawrence Livermore National Laboratory
S.T.A.R. - Safety Techniques for Assessment of Risk	Integral model	ARTES S.r.l. Analisi Rischi e Tecnologie di Ecologia e Sicurezza; http://pc-ambiente.como.polimi.it/model../schede/STAR.htm
TRACE	Integral model	Safer System

S.T.A.R. (Safety Techniques for Assessment of Risk)

Software costituito da un insieme di modelli di calcolo per la valutazione degli effetti di fenomeni fisici, quali incendi, esplosioni, rilasci di sostanze tossiche, e per la verifica o il dimensionamento di alcuni sistemi di sicurezza (cortine d'acqua, scarichi funzionali). Concepito per le valutazioni inerenti l'analisi di rischio per incidenti rilevanti e la pianificazione d'emergenza.

Recensito e citato da numerose organizzazioni e istituzioni nazionali e internazionali, dall'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) al Catalogo nazionale del software per l'ambiente e il territorio - SOFTWARE & AMBIENTE realizzato dal Centro di Cultura Scientifica "Alessandro Volta" in collaborazione con la Fondazione Lombardia per l'ambiente e con il CIRITA - Politecnico di Milano. Inserito nella lista degli strumenti informatici da utilizzare per la stima delle conseguenze degli eventi incidentali nella Guida del Ministero dell'Interno – C.N.VV.F. – “Attività a rischio di incidente rilevante – Guida alla lettura, all'analisi ed alla valutazione dei rapporti di sicurezza” e nel BUR Lombardia.

S.T.A.R. è dotato di banca dati con le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche necessarie per l'uso dei modelli di quasi 400 sostanze, di manuali con indicazioni per la valutazione o il reperimento dei dati per sostanze diverse da quelle presenti, di esempi di calcolo per le ipotesi più comuni di incidente e per alcuni casi particolari che possono presentarsi nell'ambito di studi, nonché di grafici e descrizione delle validazioni effettuate.

I risultati possono essere visualizzati e stampati sotto forma di tabulati o di grafici (rappresentazione x-y, visualizzazione delle isoplete o contours di concentrazione, illustrazione delle aree interessate da dosi di danno calcolate mediante equazione probit) o come file ASCII leggibile da software GIS.

I codici di calcolo di cui il sistema *S.T.A.R.* è composto vengono di seguito elencati con l'indicazione della bibliografia di riferimento.

CODICE AFLOW: MODELLO DI CALCOLO DELLA PORTATA DI RILASCIO O DI EFFLUSSO

Fornisce la portata di gas, gas liquefatti o liquidi da aperture o fori su serbatoi o tubazioni, con indicazione del regime (flusso bifase o monofase) e stima delle dimensioni iniziali della nube di spray o aerosol. Si applica a serbatoi sferici, cilindrici orizzontali o verticali, a tubazioni con flusso o a tratti di tubazione intercettati. Permette di tener conto delle perdite di carico localizzate e fornisce anche la durata dello svuotamento.

Fonti teoriche {1} {2} {3} {4} {46} {47} {48} {50} {87} {100}

Validazioni e comparazioni con rif. {1} {4} {86} e altri modelli.

CODICE AEVA: EVAPORAZIONE

Calcola l'evaporazione di liquidi, liquidi surriscaldati e gas liquefatti da pozze su cemento, terreni vari, acqua e ghiaia. Per i gas liquefatti fornisce la frazione di flash e le dimensioni iniziali della nube di vapori.

Fonti teoriche {1} {2} {5} {49} {50} {101}.

Validazioni e comparazioni con rif. {1} {5} {6} e altri modelli.

CODICE OOMS: SIMULAZIONE JET TURBOLENTI

Modello per il calcolo della concentrazione di inquinanti emessi ad alta velocità. Può fornire la portata, la distanza a cui si situano i limiti di infiammabilità e la massa di gas compresa entro tali limiti. È integrato con il modello TeRiele per il calcolo delle concentrazioni di gas pesanti quando il jet tocca il suolo.

Fonti teoriche {15} {16} {17} {18} {19} [31]

Validazioni e comparazioni con rif. {4} {63} {65}.

CODICE ADCM: (Denz – Crunch Modificati) DISPERSIONE DI GAS E VAPORI PESANTI

È un modello di tipo BOX che calcola la concentrazione di inquinanti con densità maggiore dell'aria sviluppati da rilasci istantanei o continui di gas liquefatti a livello del suolo, anche per ambienti con presenza di fabbricati od ostacoli di rilievo situati nella direzione sottovento. Fornisce la distanza relativa ai limiti di infiammabilità, la massa di gas compresa nel campo di infiammabilità e, per rilasci istantanei, la persistenza delle concentrazioni nel tempo.

Fonti teoriche {19} {22} {23} {24} {25} {31} {60} {61} {74} {98}.

Validazioni e comparazioni con rif. {25} {28} {29} {30} {50} {63} {64} {65} {66} {67} {68} {110}.

CODICE AHEGA: (HEavy GAS) DISPERSIONE DI GAS E VAPORI PESANTI

Calcola la concentrazione per rilasci di vapori pesanti sviluppati da pozze di liquidi o gas liquefatti. Fornisce inoltre la distanza relativa ai limiti di infiammabilità e la massa di gas compresa nel campo di infiammabilità.

Fonti teoriche {26} {27} {29} {31}

Validazioni e comparazioni con rif. {28} {30} {50} {63} {64} {65} {66} {67} {68}.

CODICE AHUANG: DISPERSIONE E RICADUTE DI GAS NEUTRI E PESANTI

Basato sulla teoria esposta da Huang, calcola le concentrazioni di inquinanti aeriformi emessi da camini, sorgenti lineari e puntiformi a livello del suolo o in quota, fumi di combustione sviluppati da pozze o serbatoi incendiati.

Fonti teoriche {20} {21} {52} {69} {74}.

Validazioni e comparazioni con rif. {63} {69} {71} {75}.

CODICE AASME: RICADUTE DI INQUINANTI DA CAMINI

Modello per il calcolo di concentrazioni di inquinanti emessi da camini. Fornisce la concentrazione per le sei classi di stabilità, in funzione della distanza, in un punto di coordinate note e la media delle concentrazioni a lungo termine per i settori del quadrante. È anche utilizzato, tramite un'apposita routine, per il calcolo della ricaduta di fumi emessi da incendi di fabbricati (magazzini o capannoni)

Fonti teoriche {70} {72} {75} {76} {96}

Validazioni {63} {73} {75} {77} e comparazioni varie secondo {70}

CODICE ISTNO: RICADUTE DI INQUINANTI DA EMISSIONI BREVI O ISTANTANEE

Ricavato dal TNO olandese, calcola la concentrazione a terra di inquinanti emessi da sfiati brevi o istantanei.

Fonti teoriche {1} {12} {19}

Validazioni con rif. a [1] e comparazioni varie.

CODICE ARAD: IRRAGGIAMENTO DA SORGENTI STAZIONARIE E TRANSITORIE

Calcola l'irraggiamento, le dosi di danno ed i parametri dell'incendio per fenomeni stazionari (incendi di serbatoi o di pozze, jet fire o fiaccole) e transitori (fire ball, artifici pirotecnici), tenendo conto anche della formazione di fumi che schermano la fiamma.

Fonti teoriche {7} {9} {10} {11} {12} {13} {14} {88} {97} {105} {106} {107} {108} {109} {110}

Validazioni con rif. a {7} {8} {51} {56} e comparazioni varie

CODICE ACODE: SOVRAPPRESSIONI DA ESPLOSIONI DI NUBI DI VAPORI

Fornisce la sovrappressione e relativa durata e l'impulso determinati da deflagrazioni o detonazioni di nubi di vapori infiammabili o di polveri in ambienti liberi o semiconfinati.

Fonti teoriche {1} {19} {35} {37} {40} {42} {43} {45}

Validazioni con rif. a {32} {33} {34} {35} {36} {38} {39} {41} {63} e comparazioni varie

CODICE FRAMM: SOVRAPPRESSIONI E FRAMMENTI DA SCOPPI DI RECIPIENTI

Calcola sovrappressione ed impulso, distanza massima ed energia residua dei frammenti generati da esplosioni di recipienti sferici, cilindrici orizzontali o verticali per effetto di BLEVE, deflagrazioni, runaway e detonazioni. Nella versione per progettazione fornisce anche la pressione riflessa e l'impulso per il dimensionamento di box antiscoppio.

Fonti teoriche {1} {19} {53} {54} {55}.

Validazioni con rif. a {40} {53} {54} {56} {83} e comparazioni varie

CODICE PERCOLA: CALCOLO DELLA CONCENTRAZIONE ATTESA NEL SUOLO

Fornisce la concentrazione in funzione della profondità nel terreno e del tempo per scenari di percolamento di liquidi.

Fonti teoriche {112}

Validazioni tramite comparazioni con lavori di terzi e altri modelli.

CODICE DISPW: CALCOLO DILUIZIONE / DISPERSIONE IN ACQUA

Il modello tratta rilasci di liquidi solubili o insolubili e più leggeri dell'acqua che possono essere rilasciati in un corso d'acqua (fiume, canale, rogge e similari) fornendo:

la concentrazione attesa di un liquido solubile,

l'evaporazione e le dimensioni della chiazza di liquido insolubile più leggero dell'acqua.

Fonti teoriche {122} {123} {124} {125}

Validazioni tramite comparazioni con lavori di terzi e altri modelli.

NELLA VERSIONE PER PROGETTAZIONE SONO PRESENTI ANCHE I SEGUENTI CODICI.

CODICE CORTINE: EFFICIENZA DI CORTINE D'ACQUA NELLA DILUIZIONE DI GAS/VAPORI

Calcola la riduzione di concentrazione ottenibile con l'installazione di cortine d'acqua con vari tipi di ugelli e fornisce i dati di base per la progettazione delle stesse.

Fonti teoriche {31} {78} {79} {80} {81} {83} {95}

Validazioni con rif. a {49} {56} {81} {82} {83} {91} {92} {93} {94} e comparazioni varie

CODICI RELIEF-DETAIL: DIMENSIONAMENTO SCARICHI DI EMERGENZA

Determina la sezione di sfiato richiesta per recipienti avvolti da fiamma o nei quali si sviluppino reazioni esotermiche con o senza formazione di schiume, valutando la formazione di flusso bifase, ed indicando anche la sezione dell'eventuale collettore di sfiato.

Fonti teoriche {84} {85} {87}

Validazioni con rif. a {83} {85} {86} {88} e comparazioni varie

BIBLIOGRAFIA

- {1} Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material - "TNO Yellow Book" Report of the Committee for the Prevention of Disasters Published by the Directorate General of Labour Ministry of Social Affairs - Olanda (1st ed. 1979, 2nd ed. 1988).
- {2} Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond Area, A Pilot Study. Report to Public Authority - D. Reidel Editor (1982) (Rapporto Rijnmond).
- {3} Discharge Rate Calculation for Use in Plant Safety Assessment - SRD R352 - UKAEA (1986).
- {4} "Source Term Considerations in Connection with Chemical Accident and Vapor Cloud Modeling" - Fauske & Epstein - International Conference on Vapor Cloud Modeling - Boston (2-4/11/1987).
- {5} Evaporation from Liquid Spills of Hazardous Liquids on Land and Water - SRD R100 - UKAEA (1978).
- {6} A users manual to Spill – SRD R210 – 1981
- {7} Thermal Radiation Hazard Ranges from Large Hydrocarbon Pool Fires - M. Considine - SRD R297 - UKAEA (1984).
- {8} Atmospheric transmissivity – the effect of atmospheric attenuation on thermal radiation – SRD R304 - 1984
- {9} Fire Technology - V. Babrauskas (11/1983).
- {10} Thermal Radiation Hazards from Release of LPG from Pressurised Storage - A.F. Roberts - Fire Safety Journal, 4 (1981/82).
- {11} Hasegawa & Sato - Citato in "Abnormal Release of Hazardous Materials" I° Convegno CISACH - Giornate della Chimica - Milano (21-22/4/1983).
- {12} Il convogliamento degli scarichi di emergenza - L. Verde, S. Moreno - F. Angeli Ed.
- {13} Predicting Radiant Heating from Flares - T.A. Brzustowsky API Preprint n° 64 (1973).
- {14} Practical Design of Flare Stacks - A.R. KENT - Hydrocarbon Processing (8/1964).
- {15} Dispersion of Gases Vented to Atmosphere from Relief Valves - A.L. Cude - Chemical Engineering (10/1974).
- {16} A New Method for the Calculation of the Plume Path of Gases Emitted by a Stack - G. Ooms (1972).
- {17} The Plume Path of Vent Gases Heavier than Air - G. Ooms, A.P. Mathieu, F. Zelis - Loss Prevention and Safety Promotion - Elsevier Ed. (1974).
- {18} Atmospheric Dispersion of Heavy Gases Emitted at or near Ground Level - P.H.M. Te Riele - Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries (Heidelberg sept. 1977) EFCE pubbl. Series n. 1. VI - 347
- {19} Release and Dispersion of Flammable and Toxic Gases - Battelle Institute (1982/83).
- {20} A Theory of Dispersion in Turbulent Shear Flow - C.H. Huang - Atmospheric Environment vol. 13 (1979).
- {21} Transport and Diffusion of Stack Effluents - G.H. Strom - Air Pollution Vol. 1 - A.C. Stern Editor.
- {22} DENZ - A computer program for the calculation of the dispersion of dense toxic or explosive gases in the atmosphere - SRD R152 - UKAEA (1979).

- {23} CRUNCH - A Dispersion Model for Continuous Release of a Denser than Air Vapour into the Atmosphere - SRD R229 - UKAEA (1983).
- {24} Interpretation of the Thorney Island Phase I Trials with the Box Model CIGALE2 - Cabrol, Roux, Lhomme - Journal of Hazardous Materials n° 16 (1987).
- {25} The Application of the Computer Code DENZ - SRD R277 - UKAEA (1985).
- {26} HEGADAS: Heavy Gas Dispersion Program – User's guide – Aug. 1988 – US EPA PB89-164560
- {27} A Mathematical Model for the Transient Behaviour of Dense Vapor Cloud - G.W. Colenbrander - Loss Prevention Symposium - Basle (9/1980).
- {28} Degadis 2.1 (Dense gas dispersion) 1992 – US EPA e G.R.I. (1990) (NTIS-35)
- {29} Modeling the Phase Thorney Island Experiments - T.O. Spicer, J.A. Havens - Journal of Hazardous Materials n° 11 (1985).
- {30} Comparison between data from the Thorney Island heavy gas trials and prediction of simple dispersion models – SRD R355 –1986
- {31} Fog formation of hydrogen fluoride in air – W.Shotte – Industrial Engin. Chemical Research 1987, 26
- {32} Influence of Dispersion Behaviour of Dense Gases on the Possible Strength of Explosion - W. Geiger, R. Synofzik (Battelle Institute) - Heavy Gas and Risk Assessment - S. Hartwig Ed.
- {33} Cloud Experimental Analysis of Unconfined Explosion of Air/Hydrocarbon Mixtures - Characterisation of the Pressure Field - Brossard, Leyer, Desbordes, Garnier, Saint, Hendrickx, Lannoy, Perrot - 4th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion - Harrogate - Ed. EFCE Symposium Series n° 33 (1983).
- {34} Metodi probabilistici e deterministici per la valutazione del rischio industriale applicati alla previsione degli effetti di UVCE - A. Lannoy - Electricité De France - Direction des Etudes et Recherches - Poitiers (5/1983).
- {35} A Shourt Course on Explosion Hazards - Baker, Cox, Kulesz, Strehlow, Westine (SouthWest Research Institute) - San Antonio - Houston, Texas (1978).
- {36} Experimental Investigation into the Blast Effect Produced by Unconfined Vapour Cloud Explosion - J.P. Zeeuwen, C.J.M. Van Wingerden, R.M. Dauwe (Prins Maurits Laboratory TNO) - AA Rijswijk - Olanda.
- {37} Vapour Cloud Explosion Model - B.J. Wiekema (Prins Maurits Laboratory TNO) - Journal of Hazardous Materials (1980).
- {38} Initiation of Spherical Detonation in Hydrocarbon/Air Mixtures - D.C. Bull, J.E. Elsworth, G. Hooper - International Colloquium on Gas Dinamycs of Explosion and Reactive System - Stoccolma (1977).
- {39} Analysis of the Potential Explosion Effects of Flammable Gases During Short Time Release into the Atmosphere - Giesbrecht, Hess, Leuckel, Stoeckel - BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen - Heavy Gas and Risk Assessment S. Hartwig Ed. - D. Reidel Publishing Co. - Dordrecht - Olanda (1979).
- {40} Review of Specific Calculation Methods for the Rijnmond Safety Study - Battelle Institute (1980).
- {41} Industrial Explosion - Prevention and Protection - McGraw Hill Book Co.- New York.
- {42} Know Your Insurer's Expectations - R.W. Nelson - Hydrocarbon Processing (8/1977).
- {43} The Effects of Explosions - V.J. Clancey - Institution of Chem. Eng. Symposium Series n° 71.
- {44} Bergmann, J.P. Riegel - Plant Operation Progress Vol. 2, n° 2 (4/1983) - SouthWest Research Institute - San Antonio - Houston, Texas.
- {45} Vapour Cloud Explosion - An Analysis Based on Accidents - B.J. Wiekema - Journal of Hazardous Materials n° 8 (1984).
- {46} The Properties of Gases and Liquids - Reid, Prausnitz, Poling - McGraw Hill - IV Ed.
- {47} Predict Saturation Temperature as a Function of Vapor Pressure - M.P. Wagle (Shell) - Chemical Engineering (6/1986).

- {48} R.J.Wooley - Chemical Engineering -31/3/1986.
- {49} Loss Prevention in the Process Industries - F.P. Lees – 2ª ediz. 1996 – 3ª ediz. 2005
- {50} Guidelines for Use of Vapor Cloud Dispersion Models - S.R. Hanna, P.J. Drivas - AIChE – CCPS (1st ed. 1987 e 2nd ed. 1996).
- {51} Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs – AIChE / Center for Chemical Process Safety (1994).
- {52} Screen3 User's Guide – EPA 454/B-95-004
- {53} NASA - Workbook for Predicting Pressure Wave and Fragment Effects of Exploding Propellant Tanks and Gas Storage Vessels - Report 134906 (1977).
- {54} NASA - Workbook for Estimating Effects of Accidental Explosions in Propellant Ground Handling and Transport System - Report 3023 (1978).
- {55} Manuale dell'ingegnere civile e industriale – Colombo - 80ª Ed. (1980).
- {56} Analysis of the LPG incident in San Juan Ixhuatepec, Mexico City 19/11/1984 – TNO Div. of technology for society –1985
- {57} SAX - Dangerous Properties of Industrial Materials (1989 - 1993).
- {58} ACGIH - Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment.
- {59} Chemical Engineers' Handbook - Perry, Chilton, Green - McGraw Hill - Fifth & Sixth Ed.
- {60} RAMIC - Un metodo per valutare a medie e grandi distanze l'impatto ambientale di rilasci aeriformi - A. Bottino, P. Cagnetti, P. Ferrara (ENEA) – Antincendio 3/1986.
- {61} Concentration fluctuations and averaging time in vapor clouds – AIChE – CCPS (1995)
- {62} INRS - Fiches Toxicologique - Cahiers de Note Documentaires.
- {63} Workbook of Test Cases for Vapor Cloud Source Dispersion Models - Center for Chemical Process Safety - AIChE – CCPS (1989).
- {64} An evaluation of SLAB and DEGADIS heavy gas dispersion models .. - International Conference on Vapor Cloud .. - Boston 1987.
- {65} A Guidance Manual for Modeling Hypothetical Accidental Release to the atmosphere – API 4628 Health and Environmental Sciences Dept. 1996.
- {66} Uncertainties in hazardous gas model prediction - International Conference & Workshop on modeling - New Orleans 1991
- {67} Evaluation of fourteen hazardous gas models with ammonia and HF field data - J. of Haz. Materials 26(1991)
- {68} HGSYSTEM 3.0 API Publ. 4636 - 1995
- {69} Un modello matematico non gaussiano per il calcolo delle ricadute al suolo di emissioni da sorgenti stazionarie (FISBAT-CNR e Regione Emilia Romagna - 1986)
- {70} US Environmental Protection Agency - Guideline on Air Quality Models – rev. 1996.
- {71} "Modeling the Release and Dispersion of Toxic Combustion Products from Chemical Fires" - Mills - International Conference on Vapor Cloud Modeling - Boston (2–4/11/1987).
- {72} Innalzamento del pennacchio dei fumi prodotti da incendi liberi – D.M.De Faveri – Univ. Venezia 1991. Plume rise of smoke coming from free burning fires – Zonato, Vidili, Pastorino, De Faveri – J. of Hazardous Mat. 34 (1993).
- {73} Dispersion of toxic combustion products from large fires - D.A. Carter – Risk Analysis, SRA – Vol. 11 n° 3 1991
- {74} Workbook of atmospheric dispersion estimates – D.B. Turner – NTIS – USA 1970
- {75} ASME Recommended guide for the prediction of the dispersion of airborne effluent - 1979

- {76} Valutazione della portata di fumi prodotti da incendi di tipo confinato – D.M.De Faveri – Univ. Venezia – 1992. Fire in industrial building – C.Pagella, D.M.De Faveri – IChemE Vol. 71, part B. Aug. 93
- {77} Toxic product from fires – Hartzell, Packam, Switzer – American Ind. Hyg. Assoc. (44) april 1983
- {78} Manuale programma "cortina" per la progettazione di cortine d'acqua – Tecnimont – Nov. 1989
- {79} Workshop on water curtain – von Karman Institute – Bruxelles 1987
- {80} Mixing of gas clouds by water barriers – De Faveri, Pastorino, Fumarola, Ferraiolo – Journal of Occup. Accidents, 5 (1984)
- {81} Mitigation of Vapor Cloud Hazards – R.W. Prugh – Plant/Operation Progress vol. 5 n°3 july 1986
- {82} Effectiveness of water spray mitigation systems for accidental release of hydrogen fluoride – US Dept. of Energy EGG-10617-1035 (1989)
- {83} International Conference and Workshop on Modeling and Mitigating the Consequences of Accidental Releases of Hazardous Materials – AIChE – New Orleans 1995.
- {84} Procedures for checking and designing emergency relief systems – Banerjee Univ. of California – Tecnimont 1989
- {85} A program for calculating two phase discharge rate through segment relief piping – Lam & Banerjee – Tecnimont 1989
- {86} Small/Large scale experimental data and analysis – vol. 1-4 - DIERS & AIChE – 1986
- {87} Emergency Relief System Design Using DIERS Technology – AIChE 1992
- {88} API RP 521 – Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems – 1997
- {89} Hydrocarbon Processing - Physical Properties of Hydrocarbons Data Sheet.
- {90} Chemical Engineering - Physical and Thermodynamical Properties Data Sheet.
- {91} Numerical simulation of the Mitigation of HF Cloud Concentrations by means of Vapor Barriers and Water Spray Curtains - International Conference and Workshop on Modeling and Mitigating the Consequences of Accidental Releases of Hazardous Materials - New Orleans 1991.
- {92} Mitigation of hydrofluoric acid releases: simulation of the performance of water spraying systems – Journal of Loss Prevention in the Process Industry 1993, vol.6, n°4.
- {93} Effectiveness of Water Spray on Mitigating Anhydrous Hydrofluoric Acid Releases - International Conference on Vapor Cloud Modeling - Boston 1987.
- {94} The Mixing of Anhydrous Hydrogen Fluoride with Moist Air - International Conference on Vapor Cloud Modeling - Boston 1987.
- {95} Forced dispersion of gases by water and steam. The confinement and dispersion of gases by water sprays -Institution of Chemical Engineers - Northwestern branch (1981).
- {96} A.Liberti (Università La Sapienza) e G.L.Valenti (Università di Napoli) D.A. 3/1990 (ricadute di nebbie da torri di raffreddamento).
- {97} CPR 16E "Methods for determination of possible damages to people and objects resulting from releases of a hazardous materials" – TNO – ISBN90-5307-052-4
- {98} "Incorporations of the effects of buildings and obstructions on gas cloud consequence analysis" - D.M. Deaves - International Conference on Vapor Cloud Modeling - Boston 1987
- {99} "Basic programs for chemical engineers" – Dennis Wright – Van Nostrand Reinhold – 1986
- {100} "Meccanica dei fluidi e idraulica" - R.V.Giles – collana SCHAUM vol 24
- {101} "Behavior of LPG on water" R.C.Reid – K.A.Smith (MIT) – Fire protection manual for hydrocarbon processing plant – vol. 2 – Vervalin Ed. 1981
- {102} "Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis" EPA 550-B-99-099 (1999).
- {103} "Large LNG Fire Thermal Radiation – Modeling Issues & Hazard Criteria Revisited" Phani K. Raj (Presented at the AIChE Spring Meeting, April 10-14, 2005, Session LNG VI – Risk & Safety).

- {104} "Calculating Impacts for Large Open Hydrocarbon Fires" P.A. Croce & K.S. Mudan – Fire Safety Journal, 11 (1986) 99-112
- {105} "Guideline for Consequence Analysis of Chemical Releases" – AIChE – CCPS 1999
- {106} "Heat Radiation from Flares" - Science and Technology Branch - Environmental Sciences Division University of Alberta (CND) May 2000
- {107} "Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS Model Regulations" Manual of Tests and Criteria – Fourth revised edition – UNITED NATIONS - New York and Geneva, 2003 – punti 16.6.1.4.4 e 5.
- {108} "Quantification and control of the hazard associated with the transport and bulk storage of fireworks – CHAF" – Work Package 9 - European Commission – project
- {109} "DoD ammunition and explosives safety standards" Dipartimento della difesa USA (ottobre 2004)
- {110} CPR 14E "Methods for the calculation of physical effects .." (TNO yellow book) – ed. 2005.
- {111} "Release of anhydrous ammonia from pressurized containers – the importance of denser-than-air mixtures" – G.D.Kaiser and B.C.Walker – UKAEA – Atmospheric Environment, 1978 vol. 12 pp. 2289-2300.
- {112} "Water quality assessment: a screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and ground" EPA (1985)
- {113} Scale effects with fire exposure of pressure-liquefied gas tanks – A.M. Birk – Journal of Loss Prevention in the process industries Vol 8 N. 5 pag 275 (1995)
- {114} AIChE - Fundamentals of Fire and Explosion - n° 10 Vol. 73 (1977)
- {115} ISC3 – Industrial Source Complex Dispersion Model – User's Guide – US EPA 1987-'95 e Vol. 2 1999
- {116} AERMOD – User's Guide, Description of model formulation – US EPA – 2004
- {117} Filmato su rilascio NH₃ a Seward – USA 2007
- {118} Enciclopedia des Gaz - Elsevier, L'Air Liquide (1976)
- {119} Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases – AIChE-CCPS 1999
- {120} "Particle and gas deposition: a review" G.A. Sehmel – Atmospheric Environment, Vol.14 pp.983-1011
- {121} "Improved Formulations for Air-Surface Exchanges Related to National Security Needs: Dry Deposition Model" J.G.Droppo – Pacific Northwest National Laboratory & Battelle (2006) pag. 3.10 (p.32) 3.14 (p.36) 3.24 e seguenti (p.46 ..) (rif. gravitational settling e altri fenomeni)
- {122} "Emergency Response to Chemical Spills" – W.Brock Neely – EnviroSoft, Inc. ISBN 0-87371-733-3
- {123} Water Quality Assessment "EPA – Water Quality Assessment: A screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and ground water - Part I" 1985
- {124} REMM "Riverine Emergency Management Model" (NOAA R&R) sviluppato da U.S. Arms Corps of Engineers
- {125} Enviro Technical Information Problem Spills – Introduction manual 1985 – Technical Services Branch, Environmental Protection Program Directorate & Environmental Protection Service – Ottawa - Canada

I modelli **S.T.A.R.** sono utilizzati da numerosi professionisti e studi specialistici che hanno acquistato la licenza, oltre a molteplici Enti e funzionari di aziende pubbliche (ARPA, VVF, ASL).

I. INTRODUCTION

This Users Guide continues the work on information exchange of the OECD Environment Programme's ad hoc Group of Experts on Accidents Involving Hazardous Substances. Along with the companion Users Guide to Hazardous Substance Data Banks Available in OECD Member Countries, which is being made public at the same time, it focuses (and expands in considerable detail) the work done by the Secretariat for the Group in 1988 and 1989 which resulted in OECD Environment Monograph No. 25, A Survey of Information Systems in OECD Member Countries Covering Accidents Involving Hazardous Substances.

The information systems included in this Guide were selected in 1989 or early 1990 according to the following criteria:

- They should be available or accessible on a worldwide basis;
- They should have been identified by representatives of Member countries or of the several international organisations participating in the ad hoc Group of Experts on Accidents Involving Hazardous Substances; and
- The survey questionnaire should have been returned on time, and complete enough, to be used for the Guide.

Several of the information systems in this Guide have as an integral component, or consist solely of, a self-contained hazardous substance data bank. But apart from this, there is little overlap in the types of systems described in the two Users Guides. Most of the information systems operate on an ordinary personal computer. Most have output reporting functions and formats suitable for producing manual material. Two systems are available in automated or completely manual versions.

Users of this Guide are expected to include national, regional and local government officials (and other interested parties throughout the world) with responsibilities related to accident prevention, preparedness and response. The Guide may help them identify information systems that:

- perform functions the user requires;
- give desired information about hazardous substances;
- are available in the desired language(s);
- use a compatible hardware/software system; and
- are attractive in terms of cost.

The OECD may be able to offer limited assistance to users of this Guide who have difficulty reaching one of the contacts identified. In such case, they should get in touch with the OECD Environment Directorate, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France (Tel. 45 24 97 76; Telex: 620160; Telefax: 45 24 16 75).

TABLE 2

**INFORMATION SYSTEMS USEFUL TO EMERGENCY PLANNERS AND RESPONDERS,
BY AVAILABLE LANGUAGE**

Dutch		French
SAVE II		BATEX MET
English		German
Batch Master Plus+		CAMEO*
BEE-Line Software		CHARM*
Breeze Haz		CHEMSAFE
CAMEO		MET
CHARM		
CHEMSAFE		
CHRIS		Italian
EFFECTS		SIGEM
EIS and EIS/C		STAR
FACTS		
HEGADAS		Japanese
IRIMS		CHARM*
MHIDAS		
MIDAS		Portuguese
PHAST		CHARM
RIB		
RISKCURVES		Spanish
SAFEMODE		CAMEO*
SAFETI**		
SAVE II		Swedish
SEABEL		CAMEO*
TA (Toxic Alert)		RIB
TECJET		
WHAZAN		
ZZB-2		

* To be developed, or in the process of being developed, in this language.

** SAFETI is a custom system. Other available languages will depend on the needs of the client.

1. **SYSTEM NAME**

STAR (Safety Techniques for Risk Assessment)

2. **SYSTEM LANGUAGE**

Italian

3. **SYSTEM DESCRIPTION**

STAR consists of several linked models used to assess the effects of physical phenomena related to major industrial and transportation accidents.

The models are:

- flow rate calculations from a tank or pipe leak, with two-phase flow routine;
- evaporation rate for liquefied gases or liquids on soil, concrete, gravel and water (the model calculates flash fraction and pool evaporation);
- radiation from pool and tank fire, fireball, jet or flare (one or two flares) and flash fires;
- unconfined vapour and dust cloud explosion;
- vessel explosion with calculation of overpressure, impulse, fragment distance and residual energy;
- dispersion of gaseous and dust pollutant from stacks (two models: one Gaussian model developed from ASME, one non-Gaussian model);
- dispersion of dense vapour clouds (instantaneous and continuous release simulated by DENZ and CRUNCH models; continuous release described by Huang and Hegadas models);
- fallout of combustion gases;
- jet dispersion by two models: one simplified model for flammable gases (developed from TNO Yellow Book algorithms) and one complete model (Ooms).

In STAR version 2.0, a model will be inserted to take into account the effect on dilution of released water curtain gases.

The outputs of the system are numerical tabulation, graphical representation of isophlets (concentration, radiation, overpressure) and of rate of decay for the calculated parameters.

The STAR software was developed for the Montedison Group in 1988, and the first version was released in 1989. So far, about 30 STAR systems have been installed. User references were provided.

4. CONTACT

Name of contact: Franco ANTONELLO

Title: Risk Analyst/Safety Manager

Organisation: ARTES Srl

Address:

30035 MIRANO (VE) - Via C. Battisti, 2/A
Tel. e Fax 041/5700402 - Tel. 041/5700405
Portatile 338-481638
P. IVA 02653320271

Telephone:

Telefax:

Office languages: Italian, English

5. GENERAL SYSTEM CHARACTERISTICS

Type: Computerised system, available since 1989.

Targeted usage: Risk assessment and evaluation of the consequences of physical phenomena; useful for planning, response, mitigation, tracking and reporting.

Limitations and restrictions: None if application is properly submitted.

Documentation: Users manual containing original derivations, references and validation. A demo diskette is available.

User interface: The system is user installable and menu driven; there are user help interfaces.

6. DATA BANKSHazardous substances:

Information and physico-chemical properties are contained in a pre-loaded data bank with user entry of up to 100 hazardous substances. Data for each chemical are:

- name;
- physical and chemical properties: molecular weight, density, heat of vapourisation, heat of combustion, critical pressure and temperature, specific heat, emergency exposure indices, etc.;
- fire hazard: LEL and VEL.

The source of data is open literature. Reference information regarding data sources is available. Data updates are made annually. Verification is possible on data source and data entry.

7. SYSTEM FUNCTIONALITIES

The system functionalities are risk assessment and evaluation of the gravity of consequences of physical phenomena. Training and simulation components are allowed.

Modelling:

-- Outflow calculation:

Source: TNO Yellow Book 1979
SRD Report R352

-- Evaporation calculation from liquid spills of hazardous substances on land and water:

Source: TNO Yellow Book 1979
SRD Report R100

Validation: SRD R324
Hydrocarbon spreading in Venice Lagoon
Experimental verification

-- Thermal radiation from pool fire, fireball, stacks:

Sources: SRD R297
Fire Technology, Nov. 1983
TNO Yellow Book
API reprint No. 64/1973

Validation: Literature and experimental comparison

-- Dispersion:

a) Passive and buoyancy gases dispersion (code HUANG):

Source: "A Theory of Dispersion in Turbulent Shear" (Atmospheric Environment, Vol. 13/1979)

Validation: Literature and experimental comparison

b) Dispersion of dense gases (code DCM):

Source: SRD Report 152 (DENZ model) and Report 229 (CRUNCH model) with subroutine to take into account the behaviour of hydrogen fluoride developed by STA and Montefluos

Validation: Literature and comparison with other models

c) Dispersion of passive and dense gases (code HEGA):

Source: HEGADAS, Loss Prevention Symposium, Basle 1980; Journal of Hazardous Materials 11 (1985)

Validation: Literature and experimental comparison

d) Dispersion of buoyancy gases and dusts (code ASME):

Source: ASME, 1980

Validation: Literature

e) The fallout calculation model from combustion fires is based on the theory proposed by M.T. Mills (ERT, Inc.) during the International Conference on Vapour Cloud Modelling, Boston 1987. It uses the dispersion algorithms of model a) above (code HUANG).

Validation: Comparison with other models by means of literature, data and experience

f) Jet dispersion (code OOMS):

Source: Battelle Review, prepared for ENI and Montedison (Project BieV-V-64.889-1) by Battelle Institute E.V., Frankfurt am Main

Validation: Literature

All of these models are linked.

Site description component, atmospheric data and mapping are needed for these models. There is no statistical or graphical presentation.

8. SYSTEM REQUIREMENTS

Hardware: PC IBM PS/2
 EGA-VGA Colour monitor
 HP plotter
 Hard disk software: 2.5 Mb
 data file: 1.0 Mb minimum
 512 K machine memory

Operating systems and software:

DOS 3.3 or higher
 Source code available by request.
 Modelling max run time: 20 mn languages.

Tel valutazione viene effettuata dai fabbricanti impiegando, in generale, differenti strumenti informatici (es. TNO-EFFECT, WAZHAN, STAR, CONCERTO, ecc.).

I risultati ottenuti con i vari metodi in genere non coincidono a causa delle differenze nelle rappresentazioni fisico-matematiche e nei coefficienti impiegati; gli scarti tra i risultati possono a volte essere superiori ad un ordine di grandezza.

Ciò nonostante la valutazione degli effetti si rende necessaria per stimare il tipo e l'entità del danno e per la pianificazione delle emergenze esterne.

Applicando il sistema informatico SIGEM-SIMMA, del quale sono dotati tutti i Comandi Provinciali e gli Ispettorati Regionali, l'esaminatore può disporre di elementi di confronto per la stima del livello di "confidenza" dei risultati in termini di danno contenuti nel R.d.S., ciò anche in relazione alla necessità di definire l'incidente (o degli incidenti) di riferimento da porre a base del piano di emergenza esterna.

Per diversi modelli di cui dispone SIGEM-SIMMA sono riportati i "campi di incertezza" dei risultati e l'esito della "analisi di sensitività" che, come si dirà meglio nel seguito, ha consentito di individuare tra i dati di ingresso quelli che, per la migliore definizione dei risultati, richiedono maggiore precisione nella rispettiva determinazione.

Può attendersi che i risultati forniti dal fabbricante siano compresi nel campo di incertezza di SIGEM-SIMMA, peraltro ciò può non verificarsi particolarmente allorquando i modelli fisico-matematici adottati siano differenti; in tal caso è opportuno disporre degli elementi di conoscenza utili ad identificare il risultato più attendibile (es. impiego di modelli fisico-matematici più aggiornati ed elaborati da organismi di riconosciuta competenza), richiedendo al fabbricante le informazioni necessarie. In assenza di detti ulteriori elementi conoscitivi si farà riferimento ai risultati di SIGEM-SIMMA.

Il SIGEM-SIMMA non può comunque essere preso come standard di riferimento per altri strumenti informatici.

Si fa osservare infine che i campi di incertezza sono particolarmente ampi nel caso del calcolo delle concentrazioni di sostanze in aria: ciò indica la necessità di disporre di dati di ingresso il più possibile attendibili.

2. "ANALISI DI SENSITIVITA'" E VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE

Sono riportati nell'Allegato II i risultati di:

- analisi di sensitività,
- valutazione delle incertezze.

Per analisi di sensitività si intende lo studio dei modelli fisico-matematici (di SIGEM-SIMMA) per valutare l'influenza di ogni singola variabile (o parametro di ingresso) sui risultati.

Si valuta, in altre parole, la relazione che intercorre tra la variazione dei parametri di ingresso ed il risultato della modellistica.

La valutazione delle incertezze comprende lo studio del comportamento di un modello fisico-matematico quando le variabili non sono determinate da un unico valore, ma da una funzione di probabilità.

Questa analisi è importante in tutti quei fenomeni in cui sono presenti parametri fisici di natura non deterministica ma più correttamente rappresentabili mediante funzioni probabilistiche, come ad esempio la velocità del vento, la temperatura dell'aria, ecc.

Il lavoro è stato realizzato nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento di Costruzioni Meccaniche e Nucleari dell'Università di Pisa.

Sono riportati i risultati relativi ai modelli per la rappresentazione di:

- incendi da serbatoi,
- incendi da pozze,
- incendi da jet sonici,
- irraggiamento da torce

ASCOPIAVE GREEN FACTORY

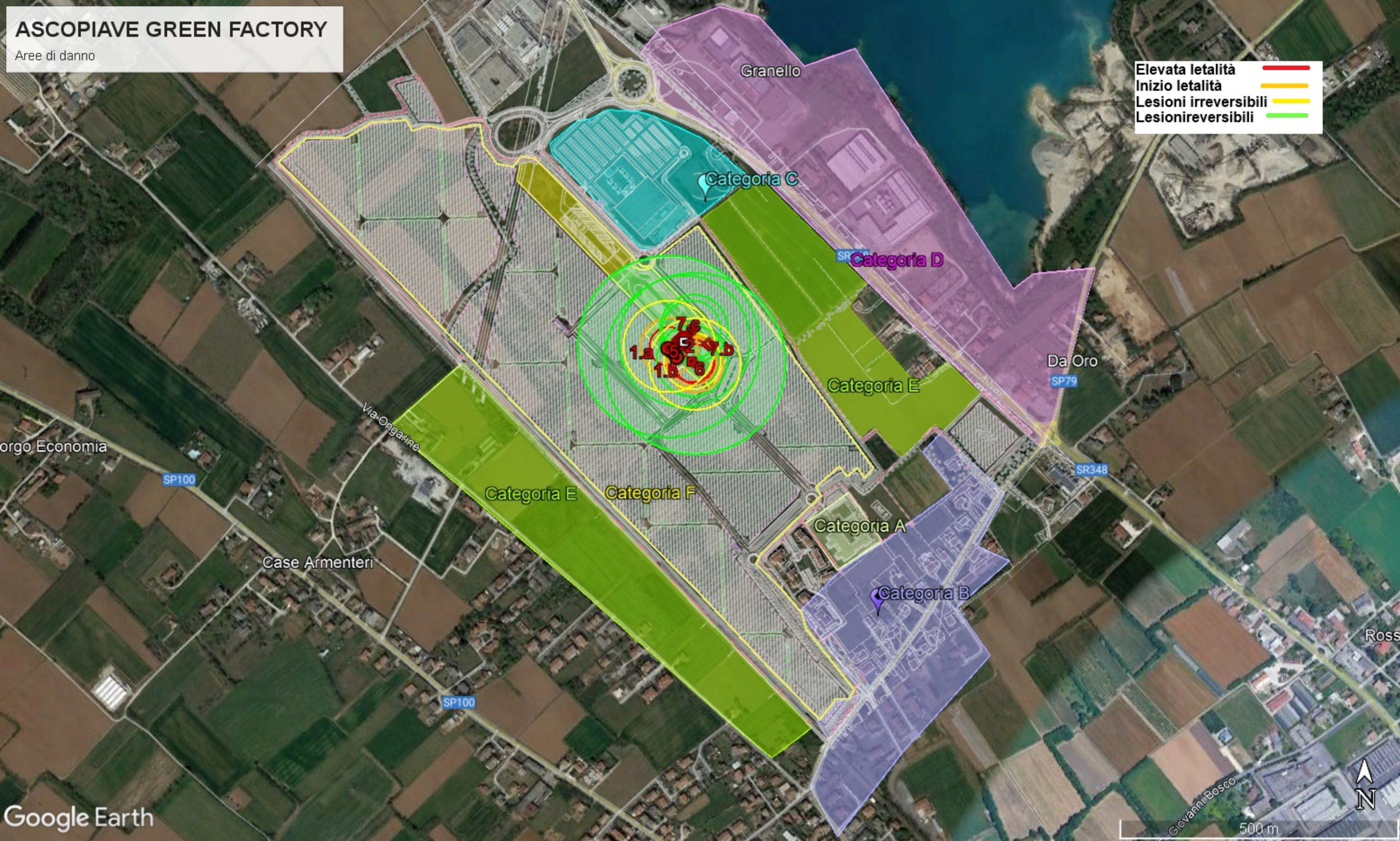
Aree di danno

Elevata letalità

Inizio letalità

Lesioni irreversibili

Lesioni reversibili



500 m

ASCOPIAVE GREEN FACTORY

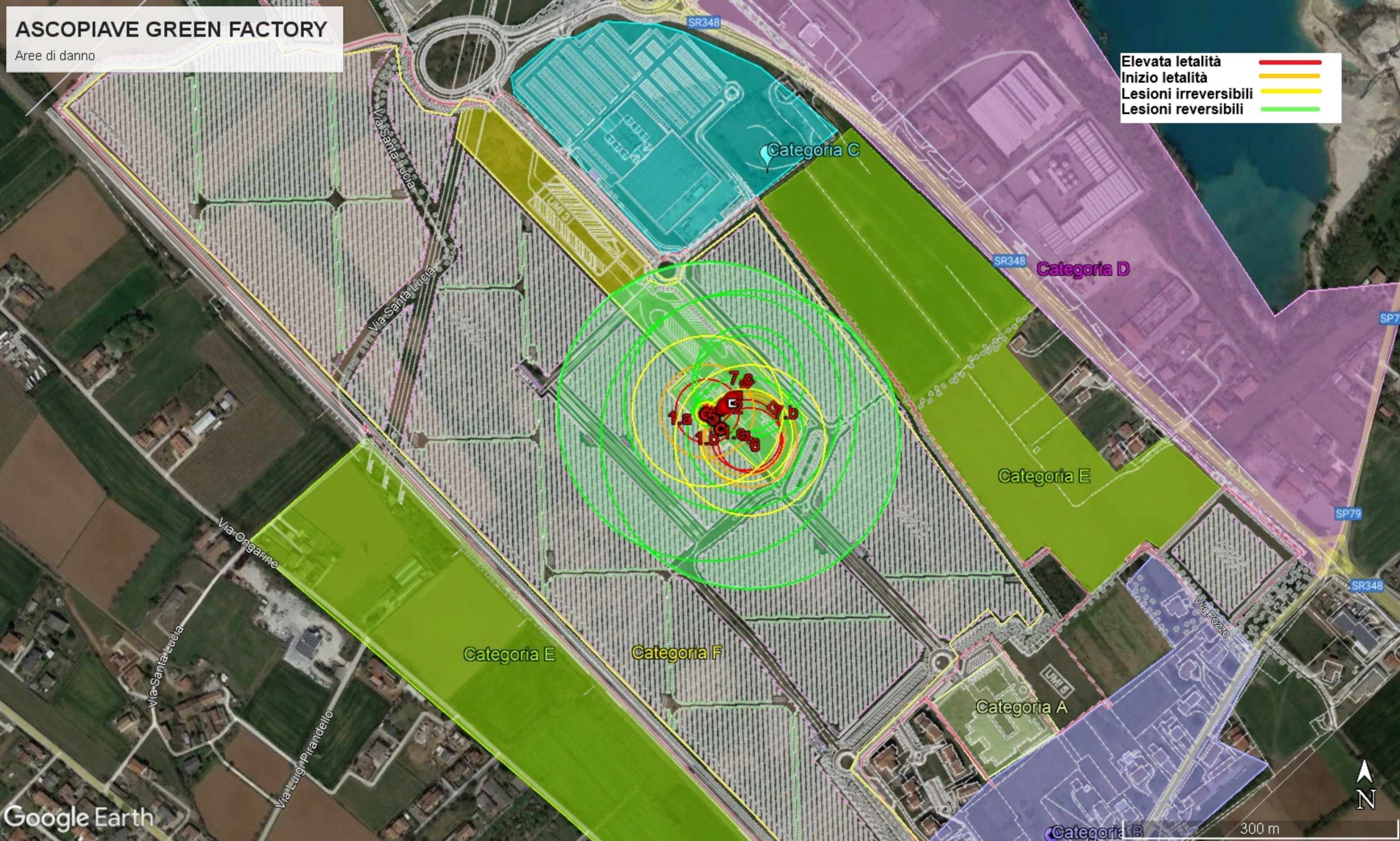
Aree di danno

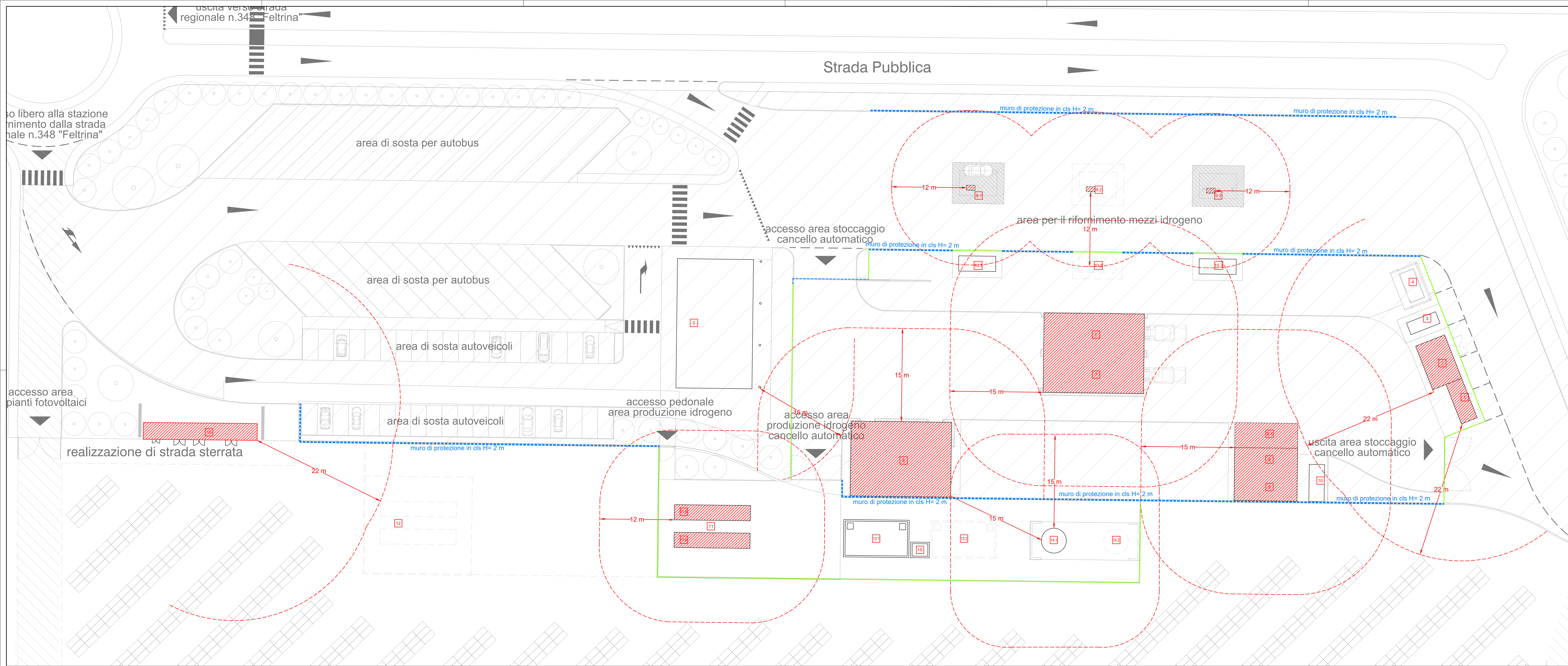
Elevata letalità

Inizio letalità

Lesioni irreversibili

Lesioni reversibili





LEGENDA	
	ELEMENTI PERICOLOSI DELL'IMPIANTO
	RECINZIONE CON RETE METALLICA
	RECINZIONE CON MURO IN CLS H= 2 m

LEGENDA EDIFICI	
** n. 1 Cabina elettrica - Locali Distributore e Misura	* n. 11 Elettrolizzatore
** n. 2 Cabina 1 (cabina di distribuzione)	* n. 11.A Power Module Elettrolizzazione idrogeno
n. 3 Gruppo elettrogeno	* n. 11.B Process Module Elettrolizzazione idrogeno
n. 4 Box gruppo di pompaggio antincendio	* n. 12 Elettrolizzatore per futuro ampliamento
n. 5 Locale di servizio - uffici	n. 13.1 Serbatoio di accumulo acqua 120 m³
n. 6 Stoccaggio con rack idrogeno	n. 13.2 Serbatoio di accumulo acqua per futuro ampliamento
n. 7 Baie carro bombolaio	* n. 14.1 Stoccaggio-buffer idrogeno - 80 Kg 30 bar
n. 8 Locale compressori	* n. 14.2 Stoccaggio-buffer idrogeno per futuro ampliamento
n. 8.1 Locale compressore per futuro ampliamento	* n. 15 Locale autoclave
n. 9.1 Erogatore 1 - 700 bar / 350 bar HF	** n. 16 Cabina 2 (cabina di distribuzione)
n. 9.2 Erogatore per futuro ampliamento	
n. 9.3 Erogatore 2 - 350 bar HF / 350 bar HF	
n. 10 Gruppo frigorifero per compressori	
n. 10.1 Gruppo frigorifero per erogatore 1	
n. 10.2 Area per gruppo frigorifero per futuro erogatore	
n. 10.3 Gruppo frigorifero per erogatore 2	
* elementi pericolosi dell'impianto	** elementi con obbligo di distanza di sicurezza da elementi pericolosi dell'impianto

REGIONE VENETO

COMUNE DI PAESE

PROVINCIA DI TREVISO

Comittente:
GREEN FACTORY
Via Verizzo, 1030 - 31053 Pieve di Soligo (TV) Italia - Tel +39 0438 980098 - Fax +39 0438 89096
C.F. - P.IVA - R.L. (TV-BL) 05322150268 - REA TV 435802
PEC: greenfactory@pec.ascociert.it
Soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Ascopiave S.p.A.Gruppo
ASCOPIAVEProgettazione opere civili
ING. MATTEO MORENO BERGAMO
Progettazione opere idrauliche, meccaniche, elettriche e speciali
ING. S. RICCI PETTONI - ING. A. RUFFOLATitolo documento:
PLANIMETRIA DISTANZE DI SICUREZZA ANTINCENDIO D.M. 23/10/2018N.documento:
S-P02Progettista:
Rif. Proposta/progetto: 0674 P
N. documento: 0674 P-PFTE-G-S-P02-00aScala:
1:200