

Progetto TDI RETE-GNL

Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell'area transfrontaliera

Prodotto T2.4.4 “Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL”

TDI RETE-GNL
Prodotto T2.4.4 “Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL”
Contributo partner di progetto

Sommario

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 1. | FINALITÀ DEL PRODOTTO T2.4.4 | 5 |
| 2. | RISCHI E PERICOLI GENERATI DAGLI IMPIANTI GNL (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP) | 7 |
| 2.1. | Pericoli legati alle caratteristiche del GNL | 7 |
| 2.1.1. | <i>Infiammabilità ed esplosività</i> | 7 |
| 2.1.2. | <i>Ustioni criogeniche e fratture fragili</i> | 8 |
| 2.1.3. | <i>Rapida transizione di fase</i> | 9 |
| 2.1.4. | <i>Fenomeni pericolosi</i> | 9 |
| 2.2. | Rischi connessi allo stoccaggio di GNL e alle attività di bunkeraggio | 10 |
| 2.2.1. | <i>Rischi connessi alle attività di stoccaggio di GNL</i> | 10 |
| 2.2.2. | <i>Rischi di bunkeraggio GNL</i> | 11 |
| 2.3. | Pericoli dall'esterno degli impianti | 12 |
| 2.3.1. | <i>Pericoli naturali</i> | 12 |
| 2.3.2. | <i>Rischi tecnologici</i> | 12 |
| 3. | SITUAZIONE DELLE PRINCIPALI DIRETTIVE, CODICI, NORME E GUIDE SUL BUNKERAGGIO DI GNL (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP) | 13 |
| 3.1. | <i>Direttive europee</i> | 13 |
| 3.2. | <i>Codici internazionali</i> | 13 |
| 3.3. | <i>Norme EN e ISO</i> | 14 |
| 3.4. | <i>Norme API</i> | 21 |
| 3.5. | <i>Norme NFPA – National Fire Protection Association</i> | 22 |
| 3.6. | <i>Guide</i> | 22 |
| 4. | BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI E DEGLI IMPATTI (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP) | 24 |
| 4.1. | <i>Principali principi di attuazione</i> | 24 |
| 4.2. | <i>Principali principi di sicurezza</i> | 27 |
| 4.3. | <i>Disposizioni costruttive e barriere tecniche</i> | 28 |
| 4.4. | <i>Misure organizzative</i> | 30 |
| 5. | RACCOMANDAZIONI DI BUONA PRATICA (CONTRIBUTO CCIVAR/TECHNIP FMC) | 31 |
| 5.1. | Linee di collegamento di stoccaggio a pressione e linee di collegamento per magazzini non pressurizzati | 31 |
| 5.2. | Catena di sicurezza / mmr chiamato strumentato | 32 |
| 5.2.1. | <i>5.2.1 Presentazione generale</i> | 32 |
| 5.2.2. | <i>Proprietà</i> | 32 |
| 5.3. | Rilevazione | 33 |
| 5.3.1. | <i>Generale</i> | 33 |
| 5.3.2. | <i>Rilevamento/misurazione del livello</i> | 33 |
| 5.3.3. | <i>Rilevamento/misurazione della pressione</i> | 34 |
| 5.3.4. | <i>Rilevamento/misurazione della temperatura</i> | 34 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 5.3.5. | <i>Rilevamento/misurazione LTD</i> | 34 |
| 5.3.6. | <i>Rilevamento di perdite e incendi</i> | 35 |
| 5.4. | Trattamento | 35 |
| 5.4.1. | <i>Generale</i> | 35 |
| 5.4.2. | <i>Trattamento degli eventi accidentali delle navi cisterna per GNL</i> | 36 |
| 5.5. | Sistemi di azione d'emergenza | 37 |
| 5.5.1. | <i>Generale</i> | 37 |
| 5.5.2. | <i>Organi di isolamento</i> | 37 |
| 5.5.3. | <i>Dispositivi di controllo in caso di alta pressione e dispositivi di controllo a bassa pressione</i> | 37 |
| 5.6. | Sistemi di raccolta dello sfiato | 38 |
| 5.7. | Sistemi di raccolta delle perdite | 39 |
| 5.7.1. | <i>Funzioni e obiettivi</i> | 39 |
| 5.7.2. | <i>Aree di recupero</i> | 40 |
| 5.7.3. | <i>Capacità di contenimento</i> | 40 |
| 5.8. | Sistema di protezione antincendio | 40 |
| 5.9. | Effetti domino | 41 |
| 6. | ANALISI DEI RISCHI APPLICATA AL CASO DELLA CORSICA (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP) | 43 |
| 6.1. | PERICOLO: Bunkeraggio di GNL | 43 |
| 6.2. | Esempio di zona di sicurezza | 61 |
| | ALLEGATO 1 | 63 |
| | ALLEGATO 2 | 145 |

Indice delle figure

| | |
|--|----|
| Figura 1. Rilascio gnl bifase (craim) | 8 |
| Figura 2. Fenomeno trp del gnl (test di gaz de france, lorient) | 9 |
| Figura 3. Fenomeni pericolosi associati al gnl | 10 |
| Figura 5. Architettura delle catene di sicurezza strumentate o mmr | 32 |

Indice delle tabelle

| | |
|---|----|
| Tabella 1 Proprietà del GNL | 7 |
| Tabella 2. Rischi legati allo stoccaggio di GNL..... | 11 |
| Tabella 3. Rischi di bunkeraggio GNL..... | 11 |
| Tabella 4. Elenco delle direttive europee applicabili al bunkeraggio di GNL | 13 |
| Tabella 5. Elenco dei codici internazionali applicabili al bunkeraggio di GNL | 13 |
| Tabella 6. Elenco delle norme EN e ISO applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 14 |
| Tabella 7. Elenco delle norme API applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 21 |
| Tabella 8. Elenco delle norme NFPA applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 22 |
| Tabella 9. Elenco delle guide applicabili al bunkeraggio di GNL | 22 |
| Tabella 10. Vincoli di attuazione delle attività di GNL | 24 |
| Tabella 11. Disposizioni costruttive per lo stoccaggio di GNL | 28 |
| Tabella 12. Accordi per le attività di bunkeraggio | 29 |
| Tabella 13. Funzioni di protezione antincendio | 41 |
| Tabella 14. Analisi del rischio - Bunkeraggio TTS..... | 44 |
| Tabella 15. Analisi del rischio - Bunkeraggio STS..... | 48 |
| Tabella 16. Analisi del rischio - Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave) | 52 |
| Tabella 17. Modellazione - Distanze di sicurezza..... | 61 |

1. FINALITÀ DEL PRODOTTO T2.4.4

Il prodotto T2.4.4 “Best practices per riduzione rischi e impatti da GNL” prevede la realizzazione di un report di sintesi contenente le best practices in relazione alle procedure da seguire nelle diverse configurazioni di bunkering al fine di ridurre rischi ed impatti.

Nell’ambito delle attività di cui al prodotto T2.4.4 rientra la predisposizione, realizzazione e il fine-tuning di diversi report e documentazione, secondo quanto previsto nel formulario, come di seguito indicato:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): Il ruolo del Capofila è stato quello di collaborare con tutti i partner e in particolare con i Partner P4 e P5 alla definizione dei contenuti e della struttura della versione finale del Prodotto T2.4.4. Il CF ha predisposto il Capitolo “Finalità del Prodotto T2.4.4”, inoltre ha fisicamente predisposto la formattazione del Prodotto finale T2.4.4 il cui contenuto è però da attribuirsi ai diversi partner e relativi consulenti, secondo le modalità di seguito indicate; il CF infine ha predisposto anche la relativa scheda di sintesi.
- P2 (UNIPI): il Partner P2 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi.
- P3 (UNICA-CIREM): il Partner P3 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi.
- P4 (OTC): Per la realizzazione del prodotto il Partner 4 (OTC), con il supporto mediante consulenza esterna di Tractebel, Engie, Elengy e Seeup, ha elaborato un report relativo alle buone pratiche volte a ridurre i rischi e gli impatti del GNL, in allegato al Prodotto T2.4.4. Il Partner P4 ha anche partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del report, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi. Nel dettaglio quindi vanno imputati al Partner P4 e ai relativi consulenti richiamati (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup) i seguenti capitoli/paragrafi della versione conclusiva del prodotto T2.4.4: Capitolo 2 “Rischi e pericoli generati dagli impianti GNL”, Capitolo 3 “Situazione delle principali direttive, codici, norme e guide sul bunkeraggio di GNL”, Capitolo 4 “Buone pratiche per la riduzione dei rischi e degli impatti” e Capitolo 6 “Analisi dei rischi applicata al caso della Corsica”. Per completezza, viene annesso al Prodotto T2.4.4 l’Allegato 1 realizzato dal consulente esterno di OTC, Tractebel, Engie, Elengy e Seeup.
- P5 (CCIVAR): il Partner P5, con il supporto del consulente Technip FMC, ha elaborato un report volto all’identificazione di linee guida e di buone pratiche per la riduzione dei rischi connessi all’impiego del GNL, fornendo inoltre un’interpretazione tecnica delle problematiche in oggetto. Il Partner P5 ha partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del Prodotto T2.4.4 nella sua versione finale, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.2 e la relativa scheda di sintesi. Nel dettaglio, quindi, vanno imputati al Partner P5 e al relativo consulente richiamato i seguenti capitoli/paragrafi della versione conclusiva del prodotto T2.4.4: Capitolo 5 “Raccomandazioni di Buona Pratica”. Per completezza, viene annesso al Prodotto T2.4.4 l’Allegato 2 realizzato dal consulente esterno di CCIVAR, Technip FMC.

Il prodotto T2.4.4 “Best practices per riduzione rischi e impatti da GNL” si colloca all’interno dell’attività T2.4 che è dedicata all’identificazione delle linee guida per la valutazione delle esternalità e dell’impatto

ambientale. Il Prodotto, in particolare si pone l'obiettivo di sviluppare un quadro unitario di conoscenze e competenze funzionali a supportare i diversi soggetti pubblici e privati coinvolti nella supply chain del GNL small scale in ambito marittimo portuale con riferimento alle attività e alle procedure relative alla valutazione dell'impatto ambientale derivante dalle diverse tipologie di configurazioni di bunkering. Il prodotto, in particolare, esamina le buone pratiche riconducibili al contesto dei porti target circa l'assessment dei possibili rischi connessi al GNL, la valutazione delle potenziali esternalità positive/negative degli investimenti previsti nell'ambito di un piano d'azione comune per la diffusione di impianti di rifornimento e stoccaggio di GNL nei porti inclusi nel Progetto e fornisce un primo documento a supporto dei processi decisionali che vedono coinvolti i diversi stakeholder rilevanti della filiera, ovvero i gruppi target previsti a formulario.

2. RISCHI E PERICOLI GENERATI DAGLI IMPIANTI GNL (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP)

2.1. Pericoli legati alle caratteristiche del GNL

Il GNL è un gas naturale costituito principalmente da metano, reso liquido dall'abbassamento della sua temperatura a -160°C. Nella sua forma liquida, il volume del GNL è circa 600 volte più piccolo rispetto alla sua forma gassosa, da cui il suo stoccaggio a temperature criogeniche.

Il metano è un gas incolore e quasi inodore. Quando viene rilasciato nell'ambiente, i vapori freddi si formano e provocano la condensazione del vapore acqueo nell'aria. Così, a basse temperature, il vapore di GNL viene osservato dalla formazione di una nebbia.

I vapori freddi formati dalla vaporizzazione del GNL sono inizialmente più pesanti dell'aria e si disperdono vicino al suolo. Quando vengono miscelati con l'aria ambiente, i vapori si riscaldano gradualmente e alla fine diventano più leggeri dell'aria alle condizioni atmosferiche di pressione e temperatura.

Le proprietà fisico-chimiche del GNL sono riportate nella scheda di sicurezza presentata nell'allegato A. Le caratteristiche principali sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 1 Proprietà del GNL

| Proprietà | Valore |
|----------------------------------|---|
| Condizioni fisiche | Liquido criogenico |
| Temperatura di ebollizione | - 161 °C (da -166 a -157 °C) a 1 bar |
| Densità | 448 kg/m ³ a -160°C, 1 bar (da 420 a 470 kg/m ³) (da 0,54 a 0,66 kg/m ³ a 0°C gas) |
| Punto di infiammabilità | Circa - 175°C |
| Temperatura di autoaccensione | 410 °C |
| Limiti di infiammabilità in aria | In basso: 5% Superiore: 15 % |

Fonte: OTC

I principali pericoli del GNL sono descritti nei paragrafi seguenti. Va inoltre notato che il GNL non è tossico, ma in capacità limitate esiste un rischio di asfissia (asfissia dovuta alla mancanza di ossigeno se la concentrazione di CH₄ nell'aria supera il 15-20%).

2.1.1. *Infiammabilità ed esplosività*



Classificazione ed etichettatura: H224 - Liquido e vapori estremamente infiammabili, Liquido infiammabile di categoria 1 secondo la normativa CLP (punto di infiammabilità < 23°C e punto di ebollizione < 35°C).

Il vapore di GNL è infiammabile entro limiti di concentrazione specifici nell'aria: Dal 5% al 15% circa. I limiti di infiammabilità del metano sono generalmente utilizzati per stimare le dimensioni delle nubi infiammabili che si formano a seguito di un rilascio accidentale di GNL: 4,6% a 16,5%.

Una pozza di fuoco o getto in fiamme formatosi a seguito di un rilascio accidentale di GNL è caratterizzato da una fiamma brillante e da un'elevata intensità di radiazione (da 200 a 300 kW/m²).

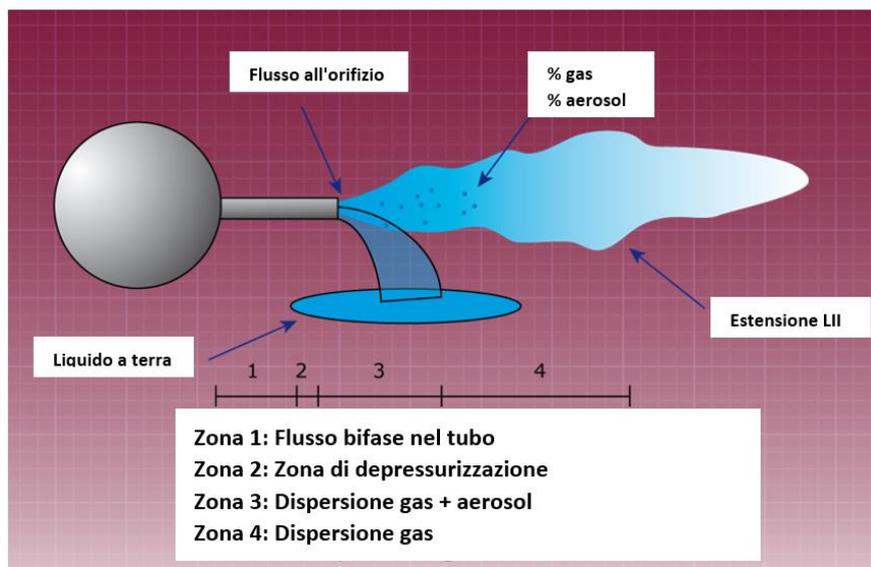
Si possono formare miscele esplosive con l'aria. A causa del basso tasso di combustione delle nubi di gas naturale in campo aperto, le sovrappressioni riscontrate in caso di esplosione sono relativamente basse (< 50 mbarg), tranne che in un ambiente confinato o congestionato.

La formazione di una nube infiammabile segue le seguenti fasi:

- Fuoriuscita di GNL e vaporizzazione parziale prima del contatto con il suolo (la maggior parte della fuoriuscita cade a terra);
- Formazione e vaporizzazione di una chiazza di liquido a contatto con il suolo;
- Formazione di una nube densa e infiammabile di vapori di GNL per miscelazione con l'aria ambiente.

La figura seguente mostra le diverse zone a seguito di uno sgancio GNL bifase:

Figura 1. Rilascio GNL bifase (CRAIM)



Fonte: OTC

2.1.2. *Ustioni criogeniche e fratture fragili*



Classificazione ed etichettatura: H281 - Contiene gas refrigerato; può causare ustioni o lesioni criogeniche

Come liquido criogenico, il GNL può causare gravi lesioni da gelo se entra in contatto diretto.

Anche per i materiali, se il GNL entra in contatto con l'acciaio, diventa fragile a causa della bassa temperatura. Una struttura in acciaio può quindi fallire; l'acciaio inossidabile mantiene la sua duttilità alle basse temperature ed è quindi più resistente al contatto con i liquidi criogenici.

2.1.3. Rapida transizione di fase

Se il GNL viene rilasciato nell'acqua, può verificarsi una transizione di fase rapida (TRP o RPT). Si tratta della rapida transizione fisica di fase dal GNL liquido al vapore di metano, dovuta principalmente all'immersione in acqua.

Il fenomeno non comporta combustione e può essere considerato come una detonazione. Il rischio potenziale di onde d'urto e la proiezione di acqua, GNL e gas può essere significativo, ma rimane molto localizzato nelle immediate vicinanze della zona di fuoriuscita. La probabilità di esplosione dipende dal fatto che si incontri o meno una potenziale area confinata e una fonte di ignizione.

Figura 2. Fenomeno TRP del GNL (test di Gaz de France, Lorient)

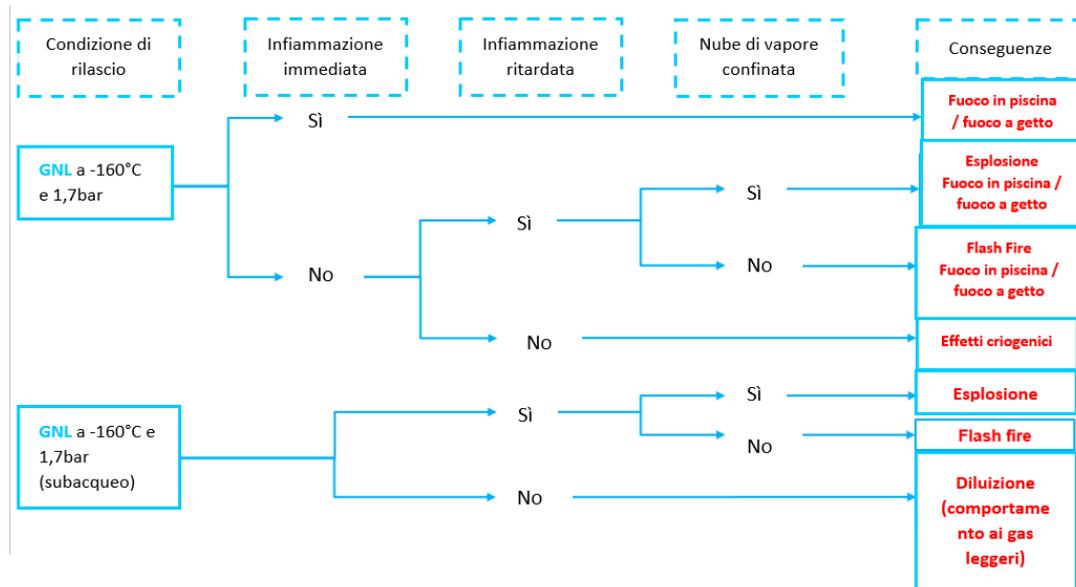


Fonte: OTC

2.1.4. Fenomeni pericolosi

Il seguente diagramma riassume i classici scenari di incidente e i fenomeni pericolosi potenzialmente generati a seguito di un rilascio accidentale di GNL, a seconda del tipo di rilascio, dell'accensione e del livello di congestione.

Figura 3. Fenomeni pericolosi associati al GNL



Fonte: OTC

Gli impianti di GNL non sono generalmente soggetti al rischio di BLEVE (*esplosione di vapore a espansione di liquido bollente*) in quanto non sono dimensionati per resistere ad un accumulo di pressione.

Per piccoli impianti di stoccaggio a terra (o di tipo cisterna), dimensionati per resistere a pressioni interne di circa 8/9 bar, rimane possibile la possibilità di un BLEVE in caso di aumento di pressione e temperatura. Va notato, tuttavia, che il feedback dell'esperienza permette di escludere il rischio di BLEVE su serbatoi rivestiti.

2.2. Rischi connessi allo stoccaggio di GNL e alle attività di bunkeraggio

I processi che riguardano il GNL consistono principalmente in attività di stoccaggio e di bunkeraggio e/o trasferimento.

A partire da novembre 2015, la banca dati ARIA (riferimento per il feedback sugli incidenti tecnologici) elenca 13 incidenti che coinvolgono il GNL.

Tra gli eventi elencati, 3 si sono svolti in Francia. Al di là delle cause primarie degli incidenti (attacchi da parte di macchinari per l'edilizia, guasti alle attrezzature, ecc.), le carenze umane o organizzative nell'applicazione delle procedure sono spesso causa di disastri. Il rapporto dettagliato che analizza gli incidenti, le loro cause e i loro effetti è presentato nell'allegato B.

2.2.1. Rischi connessi alle attività di stoccaggio di GNL

Oltre ai pericoli associati alle caratteristiche del GNL, le attività di stoccaggio di GNL comportano rischi particolari.

Questi sono elencati nella seguente tabella. Le raccomandazioni e le buone pratiche per lo stoccaggio sono associate ad ogni causa identificata:

Tabella 2. Rischi legati allo stoccaggio di GNL

| Rischio | Cause probabili | Raccomandazioni |
|--|---|---|
| Trabocco di capacità | Errore di riempimento o di regolazione (pompe o errore umano) | Misure di livello e allarmi Spazio di testa minimo sopra il liquido Sistema di troppopieno |
| Aspirare il serbatoio | Variazione della pressione atmosferica Guasto alla pompa di aspirazione del liquido Mancata aspirazione del compressore evaporativo Iniezione di GNL nel cielo gassoso | Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Valvole rompivuoto Gas rompivuoto |
| Sovrapressione (serbatoio, tubazioni) | Variazione della pressione atmosferica Evaporazione per aggressione termica (incendio esterno) Spostamento del livello del liquido (guasto di riempimento o ritorno del gas dalla metaniera) Flash durante il riempimento Roll-over: fenomeno di ribaltamento dello strato (aumento improvviso della quantità di gas evaporato) | Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Misurazione della densità sul livello del liquido Prevenzione del ribaltamento o protezione del disco di rottura Protezione della valvola |
| Perdite / Rottura (serbatoio, tubazioni) | Condizioni naturali e ambientali Rischi tecnologici, aggressioni esterne (termiche, sovrappressioni o meccaniche) Difetto hardware Guasto meccanico Errore umano Usura, invecchiamento Perdita di tenuta della flangia Pericoli naturali | Bacini di ritenzione Distanze di separazione tra le apparecchiature Resistenza ai rischi naturali, compresi i terremoti Resistenza agli urti, Protezione contro i rischi di shock, Manutenzione Dimensionamento secondo le norme vigenti |

Fonte: OTC

2.2.2. Rischi di bunkeraggio GNL

Le operazioni di bunkeraggio del GNL comportano rischi specifici oltre a quelli legati alle caratteristiche del prodotto. I rischi associati allo stoccaggio non sono qui inclusi, ma si applicano anche ad attrezzature come serbatoi e tubazioni che possono essere utilizzati per il bunkeraggio, a seconda delle tecniche utilizzate.

I rischi sono individuati nella seguente tabella. Le raccomandazioni e le buone pratiche per lo stoccaggio sono associate ad ogni causa identificata:

Tabella 3. Rischi di bunkeraggio GNL

| Rischio | Cause probabili | Raccomandazioni |
|---------------------------------------|---|--|
| Perdite / Rottura del tubo flessibile | Perdita dell'ormeggio/della deriva della barca Avviare il camion Movimento creato da una nave di passaggio Guasto meccanico Errore operativo Traino Usura, invecchiamento Perdita di tenuta Meteo / Condizioni di marea | Zone di sicurezza Manutenzione Dimensionamento secondo le norme Formazione degli operatori Rilevamento Protezione antincendio Sistema di disconnessione di emergenza |

| Rischio | Cause probabili | Raccomandazioni |
|---|--|---|
| Perdita di contenimento: serbatoio dell'autocarro | Cfr. cause in magazzino + funzionamento errato Collisione di veicoli | Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS |
| Perdita di contenimento: serbatoio della nave | Cfr. cause in deposito + Collisione di navi tra di loro / con il pontile | Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS |

Fonte: OTC

Va notato che nelle operazioni di bunkeraggio, il rischio di rottura del braccio di trasferimento o di rottura del tubo flessibile predomina a causa del potenziale movimento incontrollato di una capacità mobile (nave, camion).

2.3. Pericoli dall'esterno degli impianti

2.3.1. Pericoli naturali

I principali pericoli legati ai rischi naturali da considerare sono i seguenti fenomeni:

- Allagamento, che potrebbe portare all'immersione delle apparecchiature e alla generazione di perdite;
- Fulmine, potenzialmente causa di danni alle apparecchiature ma anche una potenziale fonte di accensione che potrebbe portare ad una perdita di GNL ad uno dei fenomeni pericolosi menzionati in 2.1.4;
- Il terremoto potenzialmente causa di guasti alle apparecchiature

Questi rischi naturali devono essere controllati da specifiche misure costruttive e barriere tecniche: disidratazione delle apparecchiature, protezione contro i fulmini, resistenza sismica, ecc.

Anche altre condizioni climatiche estreme (forti venti, gelo, forte calore) possono influire sull'integrità degli impianti, ma questi rischi sono generalmente presi in considerazione nel dimensionamento degli impianti e nelle regole generali di costruzione.

2.3.2. Rischi tecnologici

I potenziali rischi tecnologici (effetti termici, tossici o di sovrappressione) generati da attività vicine come il trasporto di materiali pericolosi o siti industriali (o apparecchiature vicine all'interno del sito stesso) possono generare effetti domino sugli impianti di GNL e quindi essere la causa di fenomeni pericolosi.

Nella direzione opposta, gli impianti GNL possono generare rischi per le strutture e le popolazioni vicine.

Queste potenzialità di aggressione, in una direzione o nell'altra, devono essere prese in considerazione attraverso il rispetto delle norme vigenti e delle buone pratiche, in particolare per quanto riguarda i principi di localizzazione e di spaziatura.

3. SITUAZIONE DELLE PRINCIPALI DIRETTIVE, CODICI, NORME E GUIDE SUL BUNKERAGGIO DI GNL (CONTRIBUTO OTC/TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP)

Le direttive, i codici, gli standard e le guide elencati di seguito forniscono indicazioni per la progettazione, il funzionamento e la manutenzione degli impianti di bunkeraggio di GNL. Le direttive e i codici internazionali definiscono un quadro ineludibile di regole da seguire. Le norme forniscono una guida all'industria per la progettazione ed il funzionamento degli impianti. Infine, le guide forniscono i criteri a sostegno degli standard.

3.1. Direttive europee

Tabella 4. Elenco delle direttive europee applicabili al bunkeraggio di GNL

| Titolo | Data | Descrizione |
|---------------------------------|------------|--|
| Direttiva n. 2016/802/UE | 11/05/2016 | Riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi |
| Direttiva n. 2016/1629 | 14/09/2016 | Direttiva che stabilisce i requisiti tecnici per le navi adibite alla navigazione interna |
| Direttiva n. 2014/94/UE | 22/10/2014 | Realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi |
| Direttiva n. 2014/68/UE | 15/05/2014 | Attrezzature a pressione |
| Direttiva n. 2014/34/UE | 26/02/2014 | Apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva |
| Direttiva n. 2012/18/UE | 04/07/2012 | Controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose |
| Direttiva n. 2011/92/UE | 13/12/2011 | Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati |
| Direttiva n. 2008/68/CE | 24/09/2008 | Direttiva relativa al trasporto interno di merci pericolose |
| Direttiva n. 2006/42/CE | 17/05/2006 | Direttiva relativa alle macchine |
| Direttiva n. 2003/10/CE | 06/02/2003 | Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) |
| Direttiva n. 1999/92/CE | 16/12/1999 | Prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive |
| Accordo europeo ADR | 01/01/2019 | Accordo europeo relativo al trasporto internazionale su strada delle merci pericolose |
| Accordo europeo ADN | 29/02/2008 | Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di merci pericolose per vie navigabili interne |

Fonte: OTC

3.2. Codici internazionali

Tabella 5. Elenco dei codici internazionali applicabili al bunkeraggio di GNL

| Titolo | Descrizione |
|--|--|
| Convenzione MARPOL (MARitime POLLution) Allegato VI | Stabilisce i limiti di emissione per i principali inquinanti atmosferici provenienti dai gas di scarico delle navi, compresi gli ossidi di zolfo (SOx) e gli ossidi di azoto (NOx), e vieta le emissioni deliberate di sostanze che riducono lo strato di ozono. |
| Convenzione SOLAS (Safety Of Life At Sea) | Specifica le norme minime per la costruzione, l'equipaggiamento e il funzionamento delle navi, compatibili con la loro sicurezza |

| Titolo | Descrizione |
|--|--|
| Codice IGC | Codice internazionale per la costruzione e l'equipaggiamento delle navi che trasportano gas liquefatti alla rinfusa per ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente, tenendo conto della natura dei prodotti interessati. Queste regole riguardano le disposizioni generali, i serbatoi e le relative attrezzature, la propulsione a gas, i materiali da costruzione, i sistemi di rilevamento e protezione antincendio, gli impianti elettrici, ecc., ma anche requisiti operativi e quelli relativi alla formazione del personale navigante. |
| Codice IGF | Codice internazionale per la sicurezza delle navi che utilizzano gas o altri combustibili a basso punto di infiammabilità come carburante, in modo da ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente, tenendo conto del combustibile utilizzato. Queste regole riguardano tutti gli impianti e le attrezzature del sistema di stoccaggio e fornitura di gas combustibile, nonché i requisiti operativi e quelli relativi alla formazione del personale navigante. |
| Convenzione STCW (Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarer) | Convenzione internazionale sugli standard di addestramento, abilitazione e tenuta della guardia per i marittimi |
| Codice ISPS (International Shipping and Port Security) | Codice internazionale per la sicurezza delle navi e degli impianti portuali |
| MLC (Maritime Labour Convention) | Convenzione sul lavoro marittimo |

Fonte: OTC

3.3. Norme EN e ISO

Tabella 6. Elenco delle norme EN e ISO applicabili al bunkeraggio di GNL

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|------------------|--|------------------|--|
| NF EN 3 | Estintori portatili | Aprile 2004 | Specifica le caratteristiche, i requisiti di prestazione e i metodi di prova per gli estintori portatili. |
| NF EN 54 | Sistemi di rilevazione incendi e di allarme | Maggio 2011 | Specifica i requisiti minimi e le prove di laboratorio per garantire un livello di sicurezza per tutti i componenti dei sistemi di allarme antincendio. |
| NF EN 593 | Valvole industriali - Valvole a farfalla metalliche per impieghi generali | Dicembre 2017 | Specifica i requisiti minimi generali per le valvole a farfalla con corpo metallico per l'uso con tutti i tipi di attacchi alle estremità dei tubi e per l'uso in applicazioni di chiusura, controllo o regolazione. |
| NF EN 615 | Protezione antincendio - Mezzi di estinzione - Requisiti per le polveri (diverse dalle polveri di classe D) | Luglio 2009 | Definisce i requisiti per le proprietà fisiche e chimiche e le prestazioni minime, determinate da metodi di prova, delle polveri estinguenti per l'uso nella lotta contro gli incendi di classe A, B e C. |
| NF EN 671 | Impianti fissi antincendio - Sistemi dotati di tubi flessibili | Giugno 2012 | Prescrive i requisiti e i metodi di prova per la fabbricazione e le prestazioni degli idranti rinforzati dotati di manichette semirigide, destinati ad essere installati in edifici collegati in modo permanente ad una rete idrica, per l'uso da parte degli occupanti. |
| NF EN 694 | Manichette antincendio - Manichette semirigide per impianti fissi | Settembre 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per le manichette antincendio semirigide destinate ai sistemi fissi. |

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.4 "Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL"
Contributo partner di progetto

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|--------------------|---|----------------|---|
| NF EN 1028 | Pompe antincendio - Pompe centrifughe con dispositivo di adescamento per l'antincendio | Settembre 2008 | Riguarda fenomeni pericolosi significativi, situazioni ed eventi pericolosi durante la messa in servizio, il funzionamento e la manutenzione delle pompe centrifughe antincendio con dispositivo di adescamento. |
| NF EN 1127 | Atmosfere esplosive - Prevenzione delle esplosioni e protezione dalle esplosioni | Agosto 2019 | Specifica i metodi per identificare e valutare le situazioni pericolose che portano all'esplosione, nonché le misure di progettazione e costruzione appropriate per la sicurezza richiesta. |
| NF EN 1473 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione di impianti onshore | Febbraio 2017 | Questa norma si applica agli impianti di GNL onshore con una capacità di stoccaggio di GNL superiore a 200t e stoccaggio di GNL ad una pressione inferiore a 0,5 barg. Fornisce le linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione di impianti di GNL onshore. |
| NF EN 1474-2 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione e prove di sistemi di trasferimento in mare - Parte 2: Progettazione e prove di tubi flessibili di trasferimento | Febbraio 2009 | Fornisce delle linee guida generali sulla progettazione, la scelta dei materiali, la qualificazione, la certificazione e i dettagli delle prove per i flessibili di trasferimento del gas naturale liquefatto (GNL) destinati al trasferimento offshore o agli impianti costieri esposti alle intemperie. |
| NF EN 1474-3 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione e prove di sistemi di trasferimento in mare - Parte 3: Sistemi di trasferimento offshore | Gennaio 2009 | Questa norma europea fornisce le linee guida per la progettazione di sistemi di trasferimento di gas naturale liquefatto (GNL) per l'uso in impianti di trasferimento offshore o in impianti costieri esposti alle intemperie. |
| NF EN 1568 | Agenti estinguenti - Schiumogeni | Febbraio 2018 | Specifica le proprietà chimiche, fisiche e i requisiti minimi di prestazione per schiumogeni a media espansione adatti all'applicazione sulla superficie di liquidi non affini all'acqua. |
| NF EN 1797 | Recipienti criogenici - Compatibilità tra gas e materiali | Novembre 2001 | Specifica i requisiti di compatibilità tra gas e materiali per i recipienti criogenici. |
| NF EN 1866 | Estintori mobili | Novembre 2007 | Specifica le regole di progettazione, le prove di tipo, i controlli di fabbricazione, le camere tipo e la classificazione degli estintori mobili e i metodi di prova da utilizzare. |
| NF EN 1947 | Manichette antincendio - Manichette semirigide e flessibili per pompe e veicoli | Agosto 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per i flessibili semirigidi installati su veicoli antincendio e sulle motopompe trainabili. |
| NF EN 1983 | Valvole industriali - Valvole a corpo centrale rotante in acciaio | Ottobre 2013 | Prescrive le specifiche per le valvole a corpo centrale rotante industriali in acciaio con estremità flangiate, filettate, a infilare e a saldare o a saldare in testa. |
| EN 1990 Eurocode 0 | Basi per il calcolo delle strutture | Marzo 2003 | Definisce principi e requisiti per la sicurezza, l'idoneità al servizio e la durata delle strutture, descrive le basi per il loro dimensionamento e verifica e fornisce linee guida per i relativi aspetti di affidabilità strutturale. |
| EN 1991 Eurocode 1 | Azioni sulle strutture | Marzo 2003 | Definisce i principi generali di calcolo e di carico delle strutture da costruire. |
| EN 1992 Eurocode 2 | Calcolo delle strutture in calcestruzzo | Ottobre 2005 | Definisce i principi generali di calcolo di strutture in calcestruzzo |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------------|---|----------------|---|
| EN 1993 Eurocode 3 | Calcolo di strutture in acciaio | Ottobre 2005 | Definisce i requisiti di resistenza, idoneità al servizio, durata e resistenza al fuoco delle strutture in acciaio |
| EN 1994 Eurocode 4 | Calcolo di strutture miste acciaio-calcestruzzo | Giugno 2005 | Definisce gli elementi e le strutture miste per gli edifici e le opere di ingegneria civile |
| EN 1995 Eurocode 5 | Calcolo di strutture in legno | Novembre 2005 | Definisce i calcoli per gli edifici e le opere di ingegneria civile in legno o pannelli a base di legno assemblati con collanti o componenti meccanici |
| EN 1996 Eurocode 6 | Calcolo di opere murarie | Marzo 2013 | Riguarda i requisiti di resistenza, servizio e durata delle strutture |
| EN 1997 Eurocode 7 | Calcolo geotecnico | Giugno 2005 | Riguarda gli aspetti geotecnici del calcolo di edifici e strutture di ingegneria civile |
| EN 1998 Eurocode 8 | Progettazione e dimensionamento di strutture per la resistenza sismica | Settembre 2005 | Riguarda il dimensionamento e la costruzione di edifici e strutture di ingegneria civile in zona sismica |
| EN 1999 Eurocode 9 | Calcolo di strutture in lega di alluminio | Agosto 2007 | Fornisce le regole di calcolo di base per le strutture in lega di alluminio termosaldato e raccomandazioni limitate per le leghe di colata |
| NF EN ISO 4126 | Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le pressioni eccessive | Settembre 2013 | Specifica i requisiti generali delle valvole di sicurezza, indipendentemente dal fluido per cui sono progettate |
| NF EN ISO 5167 | Misura della portata di fluidi mediante dispositivi di depressione inseriti in tubi sotto carico a sezione circolare | Giugno 2003 | Definisce i requisiti in termini di misura di portata di fluidi mediante dispositivi di depressione |
| NF EN ISO 5199 | Specifiche tecniche per pompe centrifughe - Classe II | Marzo 2002 | Specifica i requisiti per le pompe centrifughe monostadio o multistadio di classe II, di costruzione orizzontale o verticale |
| NF EN ISO 6974 | Gas naturale - Determinazione della composizione e dell'incertezza associata mediante gascromatografia | Agosto 2012 | Fornisce metodi per il calcolo delle frazioni molari dei componenti del gas naturale e specifica i requisiti di elaborazione dei dati per la determinazione delle frazioni molari dei componenti. |
| NF EN ISO 6976 | Gas naturale - Calcolo del potere calorifico, della massa volumica, della densità relativa e degli indici di Wobbe a partire dalla composizione | Giugno 2017 | Descrive i metodi per il calcolo del potere calorifico superiore e inferiore, della massa volumica, della densità relativa, degli indici di Wobbe superiore e inferiore di gas naturali, di sostituti del gas naturale e di altri combustibili gassosi, dove è nota la composizione del gas per frazione molare |
| ISO 8943 | Idrocarburi liquidi leggeri refrigerati. Campionamento di gas naturale liquefatto. Metodo continuo e intermittente | Marzo 2008 | Prescrive un metodo per il campionamento continuo e un metodo per il campionamento intermittente del GNL mentre viene trasferito attraverso una tubazione di trasferimento di GNL |
| ISO 10976 | Idrocarburi leggeri refrigerati - Misurazione dei carichi a bordo di metaniera | Dicembre 2015 | Stabilisce tutte le fasi necessarie per misurare la quantità di carico di una metaniera |
| NF EN ISO 11064 | Progettazione ergonomica dei centri di controllo | Giugno 2006 | Definisce i requisiti, le raccomandazioni e le linee guida per la valutazione dei vari elementi dei centri di controllo |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-------------|--|----------------|--|
| NF 12065 EN | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Test di schiumogeni per la produzione di schiume ad alta e media espansione e polveri estinguenti per l'uso su incendi di gas naturale liquefatto | Dicembre 1997 | Prescrive i test da effettuare per valutare l'idoneità all'uso di schiumogeni utilizzati per la produzione di schiuma ad espansione medio-alta e di polveri estinguenti |
| NF 12066 EN | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Prova dei rivestimenti isolanti dei serbatoi di stoccaggio di gas naturale liquefatto | Dicembre 1997 | Specifica le prove da effettuare per valutare l'idoneità all'uso dei rivestimenti isolanti dei serbatoi di stoccaggio di GNL |
| NF 12077 EN | Sicurezza delle apparecchiature di movimentazione a carico sospeso | Giugno 2008 | Specifica i requisiti generali per i dispositivi di limitazione e di indicazione installati su apparecchiature di movimentazione a carico sospeso motorizzate |
| NF 12094 EN | Impianti fissi antincendio - Componenti per impianti di estinzione a gas | Ottobre 2003 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per i dispositivi elettrici automatici di controllo e di temporizzazione |
| NF 12259 EN | Impianti fissi antincendio - Componenti di impianti a sprinkler e a spruzzo d'acqua | Aprile 2006 | Specifica i requisiti di produzione e le prestazioni dei sistemi di valvole di allarme idraulico e dei limitatori di pressione o sovrappressione utilizzati negli impianti antincendio automatici a sprinkler |
| NF 12266 EN | Valvole industriali - Prove di valvolame metallico | Maggio 2012 | Specifica i requisiti di prova obbligatori, le procedure di prova e i criteri di accettazione per le prove di produzione delle valvole industriali in materiali metallici |
| NF 12499 EN | Protezione catodica interna delle strutture metalliche | Maggio 2003 | Specifica le strutture, i metalli e le superfici che possono essere protette contro la corrosione mediante l'applicazione di una protezione catodica interna |
| NF 12627 EN | Valvole industriali - Terminali a saldare in testa per valvolame in acciaio | Novembre 2017 | Specifica le dimensioni dei terminali a saldare in testa per valvolame in acciaio da DN 8 a DN 1400 progettato per la saldatura di testa su tubi standard |
| NF 12644 EN | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Informazioni per l'uso e i test | Settembre 2008 | Fornisce informazioni per l'uso e il collaudo di apparecchiature di movimentazione |
| NF 12838 EN | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Prova di idoneità dei sistemi di campionamento del GNL | Luglio 2000 | Specifica le prove da effettuare per valutare l'idoneità all'uso dei sistemi di campionamento del GNL |
| NF 12845 EN | Impianti fissi antincendio - Impianti antincendio automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione | Luglio 2015 | Specifica i requisiti e fornisce raccomandazioni per la progettazione, l'installazione e la manutenzione di impianti antincendio fissi di tipo sprinkler negli edifici e negli impianti industriali e specifica i requisiti speciali per gli impianti antincendio di tipo sprinkler come parte integrante delle misure di protezione delle persone |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|--|---------------|--|
| NF 12954 | EN Principi generali della protezione catodica delle strutture metalliche a terra interrate o immerse | Agosto 2019 | Descrive i principi generali che regolano l'implementazione e la gestione di un sistema di protezione catodica per la protezione dalla corrosione di strutture interrate o a contatto con il suolo, le acque dolci superficiali o sotterranee, che siano o meno sotto l'influenza di fonti elettriche esterne |
| NF 12982 | EN Valvole industriali - Dimensioni da estremità a estremità e da estremità ad asse di valvolame a saldare in testa | Ottobre 2009 | Specifica le dimensioni da estremità a estremità e da estremità ad asse di valvolame a saldare in testa |
| NF 13001 | EN Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Progettazione generale | Luglio 2015 | Specifica le condizioni e i requisiti di progettazione per la prevenzione dei rischi meccanici associati alle apparecchiature di movimentazione a carico sospeso |
| NF 13135 | EN Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Sicurezza - Progettazione - Requisiti dell'attrezzatura | Maggio 2018 | Specifica i requisiti per la progettazione e la scelta di apparecchiature elettriche, meccaniche, idrauliche e pneumatiche utilizzate per tutti i tipi di dispositivi di movimentazione a carico sospeso |
| NF 13157 | EN Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Sicurezza - Apparecchiature di movimentazione a braccio | Ottobre 2009 | Stabilisce i requisiti per le seguenti apparecchiature di movimentazione a braccio |
| ISO 13443 | Gas naturale - Condizioni di riferimento standard | Dicembre 1996 | Prescrive le condizioni di riferimento standard per temperatura, pressione e umidità da utilizzare per le misure e i calcoli di gas naturali, sostituiti del gas naturale e fluidi analoghi |
| NF 13445 | EN Recipienti a pressione non esposti a fiamma | Dicembre 2014 | Definisce le regole per la progettazione, la fabbricazione e l'ispezione dei recipienti a pressione |
| NF 13458 | EN Recipienti criogenici - Recipienti fissi, isolati sotto vuoto | Aprile 2003 | Specifica i requisiti per la progettazione, la fabbricazione, il controllo e il collaudo di recipienti criogenici fissi, isolati sotto vuoto, progettati per una pressione massima consentita superiore a 0,5 bar |
| NF 13480 | EN Tubazioni industriali in metallo | Dicembre 2017 | Definisce i criteri generali per la progettazione e il calcolo delle reti di tubazioni industriali metalliche |
| NF 13565 | EN Impianti fissi antincendio - Sistemi a schiumogeno | Ottobre 2018 | Specifica i requisiti e descrive i metodi per la il calcolo, l'installazione, le prove e la manutenzione di sistemi schiumogeni antincendio a espansione bassa, media e alta |
| NF 13645 | EN Progettazione di impianti a terra con una capacità di stoccaggio compresa tra 5t e 200t | Febbraio 2002 | Questa norma elenca i requisiti minimi per la progettazione di impianti di GNL a terra con una capacità totale di stoccaggio compresa tra 5t e 200t. Tratta in particolare dei requisiti in termini di impatto ambientale, delle misure di sicurezza da attuare, della progettazione dei serbatoi e della disposizione generale degli impianti |
| NF 13648 | EN Recipienti criogenici - Dispositivi di protezione contro la sovrappressione | Febbraio 2009 | Specifica i requisiti per la progettazione, la produzione e le prove delle valvole di sicurezza criogeniche |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|--|---------------|---|
| NF EN ISO 13709 | Pompe centrifughe per l'industria petrolifera, petrolchimica e del gas naturale | Febbraio 2010 | Specifica i requisiti per le pompe centrifughe |
| NF EN ISO 13766 | Tubi e flessibili termoplastici multistrato (non vulcanizzati) utilizzati per lo svasso di gas di petrolio liquefatto e di gas naturale liquefatto - Specifica | Dicembre 2018 | Specifica i requisiti per due tipi di tubi e flessibili termoplastici multistrato (non vulcanizzati) utilizzati per lo svasso di gas di petrolio liquefatto e di gas naturale liquefatto |
| NF EN 14339 | Bocchette antincendio sotterranee | Febbraio 2006 | Fornisce i requisiti, i metodi di prova e le marcature per le seguenti bocchette antincendio sotterranee |
| NF EN 14384 | Idranti | Febbraio 2006 | Fornisce i requisiti minimi per gli idranti antincendio |
| NF EN 14492 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Argani e paranchi motorizzati | Novembre 2009 | Definisce la progettazione e fornisce informazioni per l'uso, la manutenzione e le prove degli argani motorizzati |
| NF EN 14540 | Manichette antincendio - Tubi schiacciabili a tenuta stagna per impianti fissi | Agosto 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova applicabili ai tubi schiacciabili a tenuta stagna destinati a sistemi fissi |
| NF EN 14620 | Progettazione e produzione di serbatoi in acciaio a fondo piatto, verticali, cilindrici, costruiti in sito, per lo stoccaggio di gas refrigerati e liquefatti con temperature di esercizio comprese tra 0°C e -165°C | Dicembre 2006 | Questa norma si applica ai serbatoi per GNL di tipo fuori terra a contenimento totale e ai serbatoi a membrana. Fornisce la descrizione dei serbatoi, specifica i requisiti di materiale dei componenti metallici, dell'involucro esterno in calcestruzzo, dell'isolamento e delle operazioni relative alle prove, all'essiccazione, all'inertizzazione e al raffreddamento del serbatoio |
| NF EN 14710 | Pompe antincendio - Pompe centrifughe antincendio senza dispositivo di adescamento | Febbraio 2009 | Definisce i requisiti in termini di progettazione, utilizzo e manutenzione delle pompe centrifughe antincendio |
| NF EN 14972 | Impianti fissi antincendio - Sistemi ad acqua nebulizzata | Marzo 2019 | Definisce i requisiti in termini di progettazione, utilizzo e manutenzione dei sistemi ad acqua nebulizzata |
| NF EN 14985 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Gru con braccio girevole | Maggio 2012 | Fornisce i requisiti relativi a tutti i fenomeni, le situazioni e gli eventi pericolosi |
| NF EN 15004 | Impianti fissi antincendio - Impianti di estinzione a gas | Marzo 2019 | Specifica i requisiti e fornisce raccomandazioni per la progettazione, l'installazione, le prove, la manutenzione e la sicurezza dei sistemi di estinzione a gas in edifici, impianti e altre strutture |
| NF EN 15011 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Carriponte e gru a portale | Aprile 2014 | Riguarda tutti i fenomeni, le situazioni e gli eventi pericolosi significativi legati a carriponte e gru a portale |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|--------------------|---|----------------|---|
| ISO/DTS 16901 | Linee guida per la valutazione del rischio nella progettazione di impianti GNL a terra, compresa l'interfaccia terra/nave | Marzo 2015 | Fornisce linee guida per la valutazione del rischio nella progettazione di impianti di GNL a terra |
| NF EN ISO 16903 | Petrolio e industrie del gas naturale - Caratteristiche del GNL che influenzano la progettazione e la selezione dei materiali | Settembre 2015 | Fornisce una guida sulle caratteristiche del gas naturale liquefatto (GNL) e sui materiali criogenici utilizzati nell'industria del GNL |
| NF EN ISO 16904 | Industrie del petrolio e del gas naturale - Progettazione e prove di bracci di trasferimento GNL presso terminal onshore convenzionali | Febbraio 2016 | Specifica le regole di progettazione, le specifiche minime di sicurezza e le procedure di controllo e di prova per i bracci di trasferimento marini del gas naturale liquefatto (GNL) per l'uso nei terminal onshore convenzionali |
| ISO/TR 17177 | Petrolio e industrie del gas naturale - Linee guida per le interfacce di terminali GNL ibridi | Aprile 2015 | Fornisce una guida per l'installazione e il funzionamento all'interfaccia nave/terminal e nave/nave per gli impianti ibridi galleggianti e i terminali GNL per i quali non si applica la descrizione convenzionale di terminale GNL della norma ISO 28460 |
| ISO 17776 | Industrie petrolifere e del gas naturale - Strutture delle piattaforme offshore - Linee guida sugli strumenti e le tecniche per l'identificazione e la valutazione dei rischi | Dicembre 2016 | Fornisce linee guida sugli strumenti e le tecniche per l'identificazione e la valutazione del rischio |
| ISO 18132 | Idrocarburi leggeri refrigerati - Requisiti generali per indicatori di livello automatici - Parte 1: Manometri a bordo di navi che trasportano gas liquefatti | Gennaio 2006 | Specifica le misure di misura della portata a bordo di navi che trasportano GNL |
| ISO/TS 18683 | Linee guida per i sistemi e gli impianti di distribuzione di gas naturale liquido come combustibile per le navi | Gennaio 2015 | Fornisce linee guida per la distribuzione di gas naturale liquido come combustibile marino |
| EN ISO 20088 | Determinazione della resistenza dei materiali di isolamento termico a seguito di raffreddamento criogenico | Novembre 2018 | Riguarda gli scenari di emissione criogenica che possono portare a trafilamenti per gli acciai criogenicamente protetti |
| EN ISO 20519 | Navi e tecnologia marittima - Specifiche per il bunkeraggio di navi alimentate a gas naturale liquefatto | Febbraio 2017 | Stabilisce i requisiti per le apparecchiature e i sistemi di trasferimento di GNL utilizzati per il bunkeraggio delle navi alimentate a GNL, che non sono trattati dal Codice IGC |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|---|----------------|---|
| NF EN ISO 21012 | Recipienti criogenici - Tubi flessibili | | Definisce i requisiti di progettazione, tipo e test di produzione nonché di marcatura per i tubi flessibili criogenici flessibili non isolati utilizzati per il passaggio di fluidi criogenici |
| NF EN ISO 24490 | Recipienti criogenici - Pompe per servizio criogenico | Giugno 2016 | Specifica i requisiti minimi per la progettazione, la produzione e le prove delle pompe per il servizio criogenico |
| ISO 23251 | Industrie petrolifere, petrolchimiche e del gas naturale - Sistemi di depressurizzazione e protezione da sovrappressione | Settembre 2006 | Specifica i requisiti e fornisce linee guida per l'indagine delle principali cause di sovrappressione, la determinazione delle singole portate di scarico, la selezione e la progettazione di sistemi di sfianto |
| ISO 28460 | Industrie petrolifere e del gas naturale - Impianti e attrezzature per il gas naturale liquefatto - Interfaccia terra-nave e operazioni portuali | Dicembre 2010 | Specifica i requisiti per le navi, i terminali e i fornitori di servizi portuali per garantire il transito sicuro di una metaniera nell'area portuale e il trasferimento sicuro ed efficiente del suo carico |
| ISO 31000 | Gestione del rischio - Linee guida | 2018 | Fornisce principi, un quadro di riferimento e linee guida per la gestione di tutte le forme di rischio. |
| NF EN 60073 | Principi di base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Principi di codifica per indicatori e organi di controllo | Maggio 2003 | Stabilisce regole generali per l'attribuzione di un particolare significato a determinate indicazioni visive, acustiche e tattili al fine di aumentare la sicurezza delle persone, dei beni e/o dell'ambiente |
| NF EN IEC 60079 | Atmosfere esplosive | Luglio 2018 | Specifica i requisiti generali per la costruzione, le prove e la marcatura di strumenti e componenti Ex per l'impiego in atmosfere esplosive |
| NF EN 62040 | Alimentazione ininterrotta | Febbraio 2009 | Definisce i requisiti e le regole di sicurezza per i gruppi di continuità |

Fonte: OTC

3.4. Norme API

Tabella 7. Elenco delle norme API applicabili al bunkeraggio di GNL

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|--|-----------|---|
| API 520 | Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries; | 2015 | Specifica i metodi di installazione delle valvole |
| API 521 | Pressure-relieving and Depressuring Systems | 2014 | Specifica i metodi di dimensionamento delle valvole |
| API 526 | Flanged Steel Pressure Relief Valves | 2017 | Fornisce le specifiche per la fornitura di valvole |
| API 537 | Flare Details for General Refinery and Petrochemical Service | 2017 | Specifica i componenti di una torcia |
| API 610 | Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries | 2010 | Fornisce le specifiche per le pompe centrifughe |
| API 617 | Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors | 2014 | Fornisce specifiche per compressori centrifughi e assiali |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|--|-----------|--|
| API 618 | Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services | 2007 | Fornisce specifiche per compressori a pistone |
| API 620 | Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks | 2013 | Fornisce le specifiche per il dimensionamento e la costruzione di serbatoi di tipo fuori terra |
| API 660 | Shell-and-Tube Heat Exchangers | 2015 | Fornisce le specifiche per la progettazione e la costruzione di scambiatori tubo calandra |

Fonte: OTC

3.5. Norme NFPA – National Fire Protection Association

Tabella 8. Elenco delle norme NFPA applicabili al bunkeraggio di GNL

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|---|-----------|---|
| NFPA 22 | Standard for Water Tanks for Private Fire Protection | 2018 | Specifica il dimensionamento, la costruzione e l'installazione di serbatoi d'acqua antincendio |
| NFPA 59A | Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) | 2019 | Specifica i requisiti minimi in termini di lotta antincendio e di sicurezza sugli impianti GNL |
| NFPA 307 | Standard for the Construction and Fire Protection of Marine Terminals, Piers, and Wharves | 2021 | Stabilisce i requisiti per la protezione contro la perdita di vite umane e i danni alle cose causati da incendi ed esplosioni in terminali marini, pontili e banchine |

Fonte: OTC

3.6. Guide

Tabella 9. Elenco delle guide applicabili al bunkeraggio di GNL

| Ente | Titolo | Descrizione |
|----------------|---|---|
| IACS | IACS Rec 142 - LNG Bunkering Guidelines | Fornisce raccomandazioni sulle responsabilità, le procedure e le attrezzature necessarie per le operazioni di bunkeraggio di GNL |
| DNV | DNVGL-RP-G105 Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities | Fornisce raccomandazioni per garantire la sicurezza del personale, delle strutture e dell'ambiente durante la progettazione e il funzionamento degli impianti di bunkeraggio di GNL |
| Bureau Veritas | Guidelines on LNG bunkering | Fornisce raccomandazioni per ottenere permessi dalle amministrazioni |
| SGMF | SGMF Contractual Guidelines - Quantity and Quality | Fornisce raccomandazioni per la misurazione della quantità e della qualità trasferita durante il bunkeraggio di GNL |
| SGMF | Safety Guidelines - Bunkering Version | Fornisce raccomandazioni per garantire la sicurezza delle operazioni di bunkeraggio |
| SGMF | Simultaneous Operations (SIMOPs) during LNG Bunkering | Fornisce raccomandazioni per l'esecuzione di operazioni sulla nave durante il bunkeraggio di GNL |
| SGMF | Manifold arrangements for gas-fuelled vessels | Fornisce raccomandazioni per organizzare il collegamento GNL a bordo delle navi alimentate a GNL |
| SGMF | Recommendations for linked emergency shutdown (ESD) arrangements for LNG bunkering | Fornisce raccomandazioni per l'implementazione del sistema di arresto di emergenza durante il trasferimento di GNL |

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.4 "Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL"
Contributo partner di progetto

| Ente | Titolo | Descrizione |
|------|--|--|
| ABS | LNG Bunkering: Technical and Operational Advisory | Fornisce raccomandazioni sul bunkeraggio delle navi in GNL |

Fonte: OTC

4. BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI E DEGLI IMPATTI (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP)

I paragrafi seguenti forniscono i principi generali di sicurezza e le raccomandazioni da applicare per ridurre al meglio i rischi e gli impatti del GNL definiti in precedenza, attraverso i principali principi di localizzazione, le disposizioni generali di sicurezza, le disposizioni di costruzione, le barriere tecniche e le misure organizzative.

Queste raccomandazioni sono riassunte e tratte dalla bibliografia elencata al §3.

4.1. Principali principi di attuazione

I regolamenti e i documenti di riferimento (norme, ecc.) forniscono informazioni sui principi di progettazione degli impianti.

L'installazione dei serbatoi di stoccaggio di GNL deve soddisfare 3 requisiti principali:

- Limitare gli effetti domino tra i diversi impianti di GNL;
- Limitare l'impatto sul personale e sui locali amministrativi (sala di controllo, officina di manutenzione);
- Limitare gli impatti al di fuori del sito.

Da un lato, le norme ICPE per lo stoccaggio di GNL definiscono le distanze e le distanze di separazione tra gli impianti e i confini del sito o tra gli impianti. La tabella seguente riporta queste distanze dai decreti standard secondo gli impianti GNL:

Tabella 10. Vincoli di attuazione delle attività di GNL

| Attività | Quadro normativo | Testi normativi associati | Vincoli di attuazione |
|--|--|---------------------------|--|
| Stoccaggio di GNL: Stoccaggio in serbatoi onshore | Voce ICPE 4718 Gas liquefatti infiammabili della categoria 1 e 2 | Ordinanza del 23/08/2005 | Distanze minime tra l'area di stoccaggio e: - Confini del sito: 15 m ; - Un'altra area di stoccaggio: 10 m ; - Le pareti di un apparecchio per la distribuzione di liquidi o gas infiammabili, un ERP di categoria 5, un deposito di materiali infiammabili, combustibili o ossidanti, le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m; E, se la capacità di stoccaggio è > 6 t e i recipienti a pressione sono trasportabili: - Le pareti di un apparecchio per la distribuzione di liquidi o gas infiammabili, lo stoccaggio di materiali infiammabili, combustibili o ossidanti: 10 m ; - Un ERP di categoria 5, le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m. |
| | Paragrafo 2, altre strutture | | |
| | Regime di dichiarazione se la quantità è compresa tra 6 e 50 t | Ordinanza del 07/01/2003 | Distanze minime tra il dispositivo di dosaggio o di riempimento e: - A categoria 1 a 4 ERP: 17 m; - A categoria 5 ERP: 5 m; - Un edificio abitato o occupato da terzi: 17 m ; |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | <p>- Le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m.</p> <p>Distanze minime tra lo stoccaggio di GNL e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stoccaggio di altri combustibili: 6 m; - Un distributore di carburante: 5 m; - L'apertura di un edificio: 3 m <p>Distanza minima tra un compressore e l'apertura di un edificio: 3 m.</p> |
| Bunkeraggio GNL: Carico su nave GNL | <p>Voce ICPE 1414 Installazione per il riempimento o la distribuzione di gas infiammabili liquefatti</p> <p>Paragrafo 3, Impianti di riempimento per serbatoi che alimentano motori o altre apparecchiature dell'utente con dispositivi di sicurezza (manometri e valvole)</p> | <p>Regime di segnalazione: Ordinanza del lunedì 30 agosto 2010</p> | <p>Distanze minime tra le pareti dell'apparato di distribuzione nautica e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A categoria 1 a 4 ERP: 20 m; - A categoria 5 ERP: 10 m ; - Linee di proprietà: 13 m ; - Un canale pubblico di comunicazione: 7 m; - Le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 7 m; - Altre attrezzature per la distribuzione di idrocarburi liquidi: 7 m; - Stoccaggio di recipienti a pressione trasportabili: 10 m ; - Stoccaggio aereo di idrocarburi liquidi: 13 m. |
| Alimentazione elettrica dei generatori tramite metaniera per l'elettrificazione delle navi in banchina | <p>Voce ICPE 2910 Combustione</p> <p>Regime di segnalazione se la potenza è compresa tra 1 e 20 MW</p> | <p>Ordinanza del 3 agosto 2018 - dichiarazione</p> | <p>Distanze minime tra le pareti dell'apparecchio di combustione e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confini di proprietà, un ERP di classe da 1 a 4, un edificio o una via: 10 m ; - Installazioni che utilizzano materiali combustibili o infiammabili: 10 m |
| | <p>Voce ICPE 2910 Combustione</p> <p>Regime di registrazione se la potenza è compresa tra 20 e 50 MW</p> | <p>Ordine del 3 agosto 2018 - registrazione</p> | <p>Distanze minime tra le pareti dell'apparecchio di combustione e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confini di proprietà, un ERP di classe da 1 a 4, un edificio o una via: 20 m ; - Installazioni che utilizzano materiali combustibili o infiammabili: 10 m |

Fonte: OTC

Sul terreno scelto per la realizzazione di un progetto, sarà necessario rispettare le distanze indicate nelle regole di attuazione dei decreti normativi standard, **o determinate da analisi di rischio, soprattutto se l'installazione è soggetta ad autorizzazione.** Tuttavia, alcune attività non sono ancora regolamentate e non rientrano nel quadro dei decreti modello.

Infatti, e in particolare per le attività di bunkeraggio, per le quali il quadro normativo è attualmente in fase di adeguamento per il GNL, la buona pratica consiste nel seguire le seguenti fasi per determinare l'attuazione di un progetto:

- Identificare le aree di potenziale impianto disponibili e favorevoli, in base alle caratteristiche territoriali, normative e ambientali dell'area di studio;
- Effettuare un'analisi preliminare dei rischi per ottenere una valutazione iniziale del rischio;

- Effettuare un'analisi dettagliata dei rischi su scenari rappresentativi e principali del progetto, che vengono mantenuti nell'analisi preliminare. Questa analisi deve includere **la modellizzazione dei fenomeni pericolosi per la determinazione dell'estensione della zona di sicurezza**. La zona di sicurezza è definita come l'area all'interno della distanza dal limite inferiore di infiammabilità determinato per il massimo rilascio plausibile. Effettuando modelli rappresentativi dei fenomeni pericolosi durante l'analisi dettagliata dei rischi, è possibile definire le zone di sicurezza; questa definizione è il criterio principale per la scelta dell'area di ubicazione;
 - A seguito delle analisi dei rischi è quindi possibile convalidare una determinata zona.

D'altra parte (in caso di mancata applicazione del regolamento ICPE alle attività), le guide specificano anche **le distanze minime tra i serbatoi**:

- EN 1473: "Lo spazio tra due serbatoi deve essere di almeno mezzo diametro del recinto secondario del serbatoio più grande;
- NFPA 59: "Un quarto della somma dei diametri dei serbatoi adiacenti (con un minimo di 1,5 m);
- CSA Z276: Per i serbatoi a doppia integrità o a pieno contenimento, "la distanza di sicurezza non deve essere inferiore alla metà del diametro del serbatoio più grande".

E altre **distanze minime tra i serbatoi e le linee di proprietà**:

- NFPA 59 e CSA Z276: "Occorre rispettare una distanza minima tra i bordi del bacino o del sistema di drenaggio e i limiti di un lotto di edifici:
 - A partire da 23 m per lo stoccaggio (capacità cumulativa) inferiore a 265 m³;
 - 0,7 volte il diametro del serbatoio con un minimo di 30 m se la capacità cumulativa è superiore a 265 m³ ".

Infine, le guide dedicate alle operazioni di trasferimento con bracci di carico non prescrivono distanze di sicurezza, ma danno regole per la progettazione e la spaziatura tra ogni braccio di trasferimento:

- NF EN 1474: "Autorizzazioni minime di almeno:
 - 0,15 m tra qualsiasi parte del braccio in uso e un braccio in posizione di stoccaggio;
 - 0,3 m tra qualsiasi parte di un braccio in servizio e qualsiasi struttura adiacente, attrezzatura, tubazioni ...
 - 0,3 m tra le parti adiacenti dei bracci di servizio.
 Le deviazioni devono essere prese in considerazione".
- OCIMF: "Le separazioni minime richieste per quanto riguarda la spaziatura tra ogni braccio (0,3 m) e tra i bracci e le attrezzature adiacenti (0,15 m). Le deviazioni devono essere prese in considerazione".

4.2. Principali principi di sicurezza

I principi di sicurezza sono descritti qui di seguito e dettagliati per quanto riguarda la loro applicazione tecnica per le attività di GNL nel paragrafo seguente.

Le misure preventive, volte a ridurre la probabilità che si verifichino dei rischi, sono le seguenti:

- La disposizione dell'impianto secondo le normative vigenti, le specifiche di progetto, le regole e le buone pratiche riconosciute (guide, assicuratori, ecc.);
- Il rispetto delle distanze di sicurezza tra gli impianti o, in mancanza, l'installazione di opportune separazioni per ridurre i rischi di propagazione del fuoco e di effetti domino (pareti tagliafuoco, ecc.);
- Separazione di materiali infiammabili/esplosivi e combustibili;
- Limitazione delle fonti di ignizione, nonché la suddivisione in zone ATEX e l'uso di apparecchiature elettriche appropriate, la ventilazione dei locali e la rilevazione di gas e incendi;
- Limitazione del traffico nelle aree operative, protezione meccanica e gestione delle operazioni simultanee (SIMOP);
- Tenendo conto dei rischi legati alla perdita di utilizzo (energia, fluidi, ecc.);
- La prevenzione del rischio di errore umano attraverso disposizioni quali la formazione, l'ergonomia degli impianti e delle postazioni di lavoro, un sistema di gestione della sicurezza, ecc;
- Manutenzione preventiva degli impianti e loro ispezione per prevenire il rischio di danni alle apparecchiature.

Le misure di protezione per mitigare le conseguenze/ridurre la gravità dei rischi per le persone, l'ambiente e le proprietà sono le seguenti:

- Limitazione delle fonti di accensione;
- Limitazione delle quantità di prodotti pericolosi immagazzinati e manipolati;
- Limitazione dei volumi potenzialmente fuoriusciti e della durata delle perdite controllando i dispositivi di isolamento a rilevamenti appropriati, sistemi di arresto di emergenza, sistemi di scollegamento di emergenza, sistemi di decompressione/depressione, ecc;
- La limitazione delle superfici di spandimento e il contenimento di liquidi infiammabili e prodotti pericolosi (bacini di ritenzione, grondaie, aree di manipolazione sigillate, sistemi di drenaggio ecc);
- L'installazione di sistemi automatici e di attrezzature manuali per la lotta antincendio (rete antincendio, approvvigionamento idrico, idranti, pistole a polvere, cortine d'acqua, camion dei pompieri, estintori, etc.) e protezione passiva (rivestimenti ignifughi);
- Il dispiegamento di piani di emergenza, compresa l'installazione di mezzi di avvertimento e di vie di evacuazione.

4.3. Disposizioni costruttive e barriere tecniche

Per i serbatoi di stoccaggio GNL, le disposizioni costruttive e le barriere tecniche sono dettagliate nella seguente tabella, per tema.

Tabella 11. Disposizioni costruttive per lo stoccaggio di GNL

| Tema | Accordi costruttivi |
|---|--|
| Distanze di sicurezza | Conformità ai principi di attuazione di cui al § 4.1 |
| Resistenza dei serbatoi ai pericoli naturali | <p>Alluvione: Si può prevedere di togliere dall'acqua le attrezzature non immergibili, di resistere agli effetti verticali del galleggiamento nel caso di serbatoi pressurizzati, o di resistere alle forze orizzontali dovute alla corrente.</p> <p>Terremoto: se la capacità di stoccaggio è superiore a 50 t, il dimensionamento del sisma deve essere effettuato attraverso l'analisi del rischio e l'identificazione delle attrezzature critiche per il terremoto.</p> <p>Fulmini: le installazioni che rientrano nello schema di autorizzazione del regolamento ICPE devono essere sottoposte ad un'Analisi del Rischio di Fulmine e ad uno studio tecnico sui fulmini associato per definire i mezzi di protezione contro i fulmini da mettere in atto.</p> |
| Resistenza dei serbatoi agli urti | Considerazione dei rischi di aggressione esterna nelle analisi del rischio; possibile resistenza ai proiettili. |
| Riempimento eccessivo | Necessità di strumenti di misura del livello del liquido (e di allarmi di alto livello) e considerazione di un margine di sicurezza nella progettazione del serbatoio (spazio di testa minimo sopra il liquido). Un sistema di troppopieno può anche impedire che il GNL raggiunga la valvola. |
| Protezione contro il rischio di depressione | Necessità di una misurazione continua della pressione (e di un allarme in caso di pressione troppo bassa), protezione mediante valvole "rompivuoto" o iniezione di gas "rompivuoto". |
| Protezione contro la sovrappressione | Necessità di una misurazione continua della pressione (e di un allarme in caso di pressione troppo alta), protezione tramite valvole. |
| Monitoraggio della temperatura | Necessità di misurare il profilo di temperatura in continuo (così come la densità e il livello) durante il funzionamento e durante il raffreddamento per evitare un improvviso calo di temperatura. |
| Controllo della temperatura di fondazione | Fornire un sistema di riscaldamento (o innalzamento) delle fondamenta e monitorare le prestazioni di questo sistema per evitare il rischio di rigonfiamento da gelo. |
| Design del tubo | Limitazione delle flange e dei collegamenti non saldati. Tubazioni adattate al fluido criogenico e isolate termicamente. |
| Prevenzione delle fonti di ignizione e zonizzazione ATEX | Identificazione e classificazione delle aree pericolose con atmosfere esplosive e adattamento delle apparecchiature elettriche in queste aree, divieto e controllo delle potenziali fonti di ignizione. |
| Rilevamento di perdite, incendi e gas | <p>I sensori con funzioni di sicurezza (pressione, temperatura, gas, livello GNL ecc.) devono essere indipendenti dai mezzi di esercizio e la manutenzione deve essere assicurata. La tecnologia di rilevamento dipende dalle apparecchiature.</p> <p>Si raccomandano rivelatori per lo spargimento di GNL (rivelatori di freddo), presenza di gas infiammabili (rivelatori lineari o puntiformi), calore (rivelatori UV e/o IR) e fumo.</p> |
| Catene di sicurezza | Una catena di sicurezza di tipo MMRI (Measurements of Instrumented Risk Management) è generalmente composta da 3 sistemi: rilevamento, trattamento e |

| | |
|--|--|
| | isolamento o azioni di sicurezza associate. Le catene di sicurezza si caratterizzano per la loro efficienza, affidabilità e tempo di risposta. |
| Controllo delle perdite, gestione dello spandimento | Progettazione di aree di stoccaggio su bacini di ritenzione per raccogliere potenziali perdite durante le operazioni di trasferimento. Raggruppamento di componenti di tubazioni potenzialmente a perdita su aree idonee (collettore) con sistema di raccolta e ritenzione. Gestione dell'acqua piovana potenzialmente inquinata o dell'acqua piovana che si accumula nei bacini di ritenzione o nelle aree di sicurezza. |
| Sistemi di arresto di emergenza | Sicurezza dell'installazione mediante sistemi di arresto di emergenza (ESD - Emergency ShutDown). A seconda della situazione è possibile identificare diversi livelli di arresto di emergenza. |
| Gestione GRO | Recupero del gas evaporativo (BOG "Boil Off Gas ") dal serbatoio. |
| Sistema di svasatura e sfogo | Necessità di raccogliere il gas dalle valvole ad una torcia da bruciare se necessario (per uso spot e, infine, scarico delle valvole nell'atmosfera). |
| Mezzi antincendio | L'acqua è fortemente sconsigliata in un'applicazione di GNL, in quanto la sua applicazione aumenta l'evaporazione a causa della differenza di temperatura e può portare a OPR. Si consiglia l'estinzione con schiuma o polvere secca. Il dimensionamento dei mezzi antincendio deve essere oggetto di analisi del rischio. I sistemi fissi di protezione della polvere sono consigliati in punti strategici, i sistemi di spruzzatura dell'acqua possono aiutare a prevenire la diffusione del fuoco o a raffreddare le installazioni vicine. |
| Accesso ed evacuazione | Tenendo conto delle regole di instradamento, della marcatura e della necessaria spaziatura, nonché delle regole per l'evacuazione delle persone, l'estrazione dei fumi o la compartimentazione dell'edificio. Per l'accesso ai servizi di emergenza, privilegiare due accessi separati. |

Fonte: OTC

Oltre alle suddette barriere tecniche, che si applicano anche, se del caso, alle disposizioni aggiuntive relative alle attività di bunkeraggio, sono dettagliate nella seguente tabella, per argomento.

Tabella 12. Accordi per le attività di bunkeraggio

| Tema | Accordi costruttivi |
|--|--|
| Distanze di sicurezza | Conformità ai principi di attuazione di cui al § 4.1 e definizione delle zone di sicurezza. In caso di trasferimento tramite braccio di carico, tenere conto delle distanze di sgombero. |
| Sistema di arresto di emergenza | Necessità di ERS per la disconnessione di emergenza e di ESD per arrestare e isolare le operazioni di trasferimento (ad es. sul rilevamento di gas, livello o deriva della nave). |
| Tubo flessibile di trasferimento | Progettazione per liquidi criogenici, depressurizzazione, inertizzazione e degasaggio. Necessità di adattare la lunghezza del tubo flessibile al recipiente/installazioni in carico e in movimento. La buona pratica è che la velocità del flusso non deve superare i 10 m/s. |
| Selle di supporto | Progettato per resistere ai carichi (statici e dinamici) associati al trasferimento di GNL durante il collegamento e lo scollegamento di emergenza. Necessità di fornire il supporto necessario affinché non venga superato il raggio di curvatura raccomandato dal produttore del tubo. |
| Prevenire il rischio di strappo del braccio | Un secondo livello (rispetto all'ESD) permette di scollegare i sistemi di trasferimento (bracci o tubi flessibili) se necessario. Utilizzo di attacchi rapidi QDQC a innesto/disinnesto rapido. |
| SIMOPS | Tenendo conto dei rischi di operazioni simultanee (SIMOPS) e della coattività durante le operazioni di bunkeraggio (ad esempio, potenziale presenza del pubblico o di navi nelle vicinanze). |
| Protezione del materiale | Resistenza dei materiali al fuoco e all'infragilimento dovuto alle condizioni criogeniche (protezioni passive: protezione antincendio, materiali da costruzione adattati, <i>vassoi a goccia</i> o tende d'acqua per la protezione dello scafo). |

| | |
|--|---|
| Controllo delle perdite, gestione dello spandimento | Fornire il contenimento delle perdite per i sistemi di trasferimento. |
| Mezzi antincendio | Le pistole a polvere da sparo possono essere fornite per soffocare o controllare un incendio. Le cortine d'acqua possono contribuire a limitare la diffusione del fuoco e a proteggere le strutture. |

Fonte: OTC

4.4. Misure organizzative

Oltre alle barriere tecniche sopra menzionate, vengono adottate anche misure organizzative come le seguenti:

- La **formazione** del personale (operatori, personale portuale, servizi di emergenza, utenti) nelle attività di bunkeraggio e nei rischi del GNL, e la definizione e l'applicazione di **procedure operative**;
- La gestione della **sicurezza dell'impianto** (recinzione, monitoraggio, restrizioni di accesso, ecc.);
- L'attuazione della **protezione** individuale e collettiva;
- L'attuazione di un **piano di manutenzione preventiva** degli impianti;
- L'implementazione di **sistemi di allarme e di comunicazione**;
 - La definizione di **emergenza**, evacuazione e procedure di risposta.

Infine, le buone pratiche riguardanti le procedure operative relative agli impianti GNL sono riportate nel modulo T1.1.3 e riassunte qui di seguito:

- Per le attività di bunkeraggio del GNL: realizzazione di analisi dei rischi e studi di compatibilità, definizione dei ruoli e delle responsabilità dei vari attori, formazione degli operatori e monitoraggio delle procedure operative per le operazioni;
- Per lo stoccaggio di GNL: monitoraggio costante della pressione e del livello nel serbatoio, gestione dell'evaporazione, monitoraggio delle procedure operative secondo le modalità di funzionamento del serbatoio (riempimento, prelievo, stand-by e bilanciamento).

5. RACCOMANDAZIONI DI BUONA PRATICA (CONTRIBUTO CCIVAR/TECHNIP FMC)

In questa sezione del prodotto T2.4.4 vengono integralmente riportati i contenuti del documento “Analisi dei rischi degli impianti GNL nelle aree portuali” del consulente TECHNIP FM del consulente P5 (CCIVAR) con specifico riferimento al capitolo 6 del suddetto documento.

5.1. Linee di collegamento di stoccaggio a pressione e linee di collegamento per magazzini non pressurizzati

Per quanto concerne le regole di progettazione dei vari impianti di stoccaggio, si rimanda alla normativa già esaminata nel presente documento nel capitolo 4, con particolare riferimento al capitolo 4.1.

Il partner francese CCIVAR, attraverso il contributo del consulente esterno TECHNIP FM, individua le specificità e le misure di buona norma, sia delle linee di collegamento di stoccaggio a pressione che per i magazzini non pressurizzati, compiendo una suddivisione in tre momenti, definiti riempimento, bilanciamento e trasferimento.

In particolare, con riferimento alle linee di collegamento di stoccaggio a pressione, si evidenziano i seguenti passaggi:

- a) **Fase di riempimento:** Nella Stazione Fabbrica¹, i serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase liquida e in fase gassosa. Questo dispositivo permette all'autista dell'autocisterna di regolare la pressione finale del serbatoio dopo il riempimento. Nella Stazione Porto² il riempimento viene effettuato solo attraverso la fase di gas del serbatoio;
- b) **Bilanciamento:** Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegare tra loro i serbatoi per le parti liquide e vaporose, in modo da bilanciare i loro livelli di liquido e di pressione. Il progetto deve consentire l'uso di tutti i serbatoi come un unico serbatoio, tuttavia, per motivi di sicurezza, deve essere possibile, se necessario, isolare ogni serbatoio singolarmente.
- c) **Trasferimento:** Per qualsiasi linea dalla quale si determina la velocità di trasferimento (piuttosto bassa nel contesto di una stazione "Fabbrica") e regolare, si può raccomandare l'installazione di un limitatore di flusso sul punto di intercettazione.

Per quanto concerne invece le linee di collegamento per magazzini non pressurizzati, si sottolinea:

- a) **Riempimento:** Per motivi di sicurezza, tutti i collegamenti vengono effettuati dalla parte superiore del serbatoio o dei serbatoi. Non ci sono penetrazioni di linea o altri inserti sui lati o sul fondo del serbatoio. I serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase gassosa o liquida (con una specifica linea che scende dall'interno, dall'alto verso il basso del serbatoio) per evitare fenomeni di stratificazione del GNL.
- b) **Bilanciamento:** Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegarli tra loro per la parte di vapore, in modo da bilanciare il loro livello di pressione. D'altra parte, per motivi di sicurezza, ogni serbatoio deve poter essere isolato individualmente, se necessario.

¹ Con riferimento alla Stazione Fabbrica si intende una stazione il cui obiettivo primario è la fornitura continua di Gas Naturale ad una fabbrica situata in un'area non dotata di una rete di trasporto o di distribuzione gas adeguata.

² La Stazione Porto, il cui obiettivo primario è quello di effettuare il bunkeraggio di GNL alle navi, offre una capacità di stoccaggio volumetrica superiore rispetto alla Stazione Fabbrica, risultando quindi maggiormente idonea qualora la domanda di GNL fosse maggiore.

c) **Trasferimento:** È necessario installare pompe sommerse per estrarre il GNL dall'interno del serbatoio. Ogni pompa è installata in un tubo aperto sul fondo del serbatoio e collegata in alto alla linea di trasferimento del GNL. Il serbatoio può essere dotato di più pompe, se necessario, con altrettanti tubi all'interno.

5.2. Catena di sicurezza / mmr chiamato strumentato

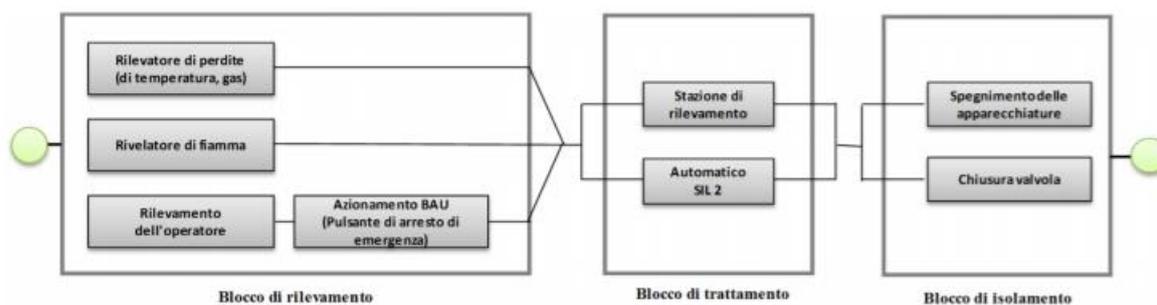
5.2.1. 5.2.1 Presentazione generale

Le MMR strumentate corrispondono per la maggior parte del tempo ad una catena di 3 "blocchi":

- Il blocco "rilevamento", compresa la rilevazione da parte di un operatore;
- Il blocco di trattamento;
- Il blocco "isolamento/azioni di sicurezza".

Una catena di questo tipo (strumentata), progettata per ridurre le conseguenze di una perdita (potenzialmente seguita da un incendio), è descritta nella figura XXX. Poiché l'obiettivo è quello di ridurre le conseguenze di un evento accidentale, questi MMR sono spesso indicati anche come MMR di mitigazione.

Figura 4. Architettura delle catene di sicurezza strumentate o MMR



Fonte: CCIVAR

I seguenti sotto capitoli descrivono dettagliatamente ogni blocco in modo da includere una revisione delle raccomandazioni relative alle apparecchiature di sicurezza.

5.2.2. Proprietà

Qualunque sia la tecnologia degli elementi di ogni blocco, tutte le catene possono essere caratterizzate da 3 proprietà o caratteristiche:

- La loro efficacia;
- La loro affidabilità;
- Il loro tempo di risposta.

L'efficienza è probabilmente la proprietà più difficile da definire in modo inequivocabile. In genere, permette di confrontare le conseguenze di un incidente con o senza catena o MMR. Ad esempio, può essere una questione di confronto: una distanza dal LIE, se una perdita non è contenuta, con quella

ottenuta per una perdita che era contenuta dagli elementi della MMR. Tuttavia, questi confronti sono frammentari.

Nell'esempio citato, non sembra che nel primo caso il rischio persista per un periodo di tempo "lungo", mentre nel secondo caso è efficace per un periodo di tempo molto più breve. Inoltre, l'efficacia viene talvolta utilizzata per descrivere l'idoneità della MMR per gli incidenti. Ad esempio, un MMR può essere efficace per grandi perdite, ma non efficace per piccole perdite perché la dimensione della maglia del rivelatore può essere troppo grande per queste ultime. L'efficienza si riduce poi a giustificare la progettazione/dimensionamento a volte della MMR.

In questa sede si dirà solo che i livelli di affidabilità dipendono dalle caratteristiche tecnologiche degli elementi che compongono la MMR, che è una catena, e a volte anche tra 2 test per verificare che essa funzioni correttamente. Nel dettaglio, si evidenzia come, più lungo è il tempo tra due prove, meno affidabile sarà il test.

5.3. Rilevazione

5.3.1. Generale

I sensori con funzioni di sicurezza (pressione, livello GNL, ecc.) devono essere indipendenti dalle sequenze di misura per il funzionamento. Le misure e gli allarmi devono essere trasmessi al luogo di controllo. Gli allarmi, inoltre, devono essere trasmessi anche all'operatore che può trovarsi sul posto o in un sito remoto (ad esempio un ufficio operativo). La manutenzione della strumentazione deve essere possibile durante il normale funzionamento del magazzino. Tuttavia, quando è richiesta la disattivazione del deposito, la strumentazione deve avere una ridondanza sufficiente per un intervento in sicurezza. Al di là delle generalità di cui sopra, prima di esaminare ogni tipo di rivelatore, si distinguono nuovamente i casi di stoccaggio pressurizzato o non pressurizzato.

5.3.2. Rilevamento/misurazione del livello

- a) **Serbatoi pressurizzati:** Come mezzo di protezione contro il rischio di "troppopieno" sono consigliati dispositivi di misurazione del livello del liquido indipendenti e altamente precisi, piuttosto che un sistema di troppopieno.

I serbatoi devono essere dotati di strumentazione per il monitoraggio del livello di GNL e per l'adozione delle necessarie misure preventive/elusione (troppopieno). In particolare, questa strumentazione deve essere in grado di:

- Misurare continuamente il livello del liquido attraverso un sistema di affidabilità adeguato, questo sistema deve includere due allarmi, uno per i livelli alti e uno per i livelli molto alti;
- Avere un rilevamento di livello molto elevato che deve essere basato su un'adeguata strumentazione affidabile, indipendente dal sistema di misura di livello precedente. Esso deve, in caso di attivazione, implementare la funzione di chiusura delle valvole di riempimento sulle linee di alimentazione e di ricircolo.

Se richiesto dall'analisi dei rischi, il dimensionamento delle valvole alla velocità di riempimento del liquido può essere una misura per prevenire/evitare danni strutturali al serbatoio. Se viene montato un tubo di troppo pieno, esso deve passare attraverso il contenitore del serbatoio ad un'altezza almeno pari al livello dell'allarme "livello molto alto". Un sensore di temperatura deve

rilevare la presenza di liquido nel tubo e azionare l'apertura di una valvola e lo scarico in un luogo sicuro.

- b) **Serbatoi non pressurizzati**: Per i serbatoi non pressurizzati valgono le stesse raccomandazioni che per i serbatoi pressurizzati. Tuttavia, a causa della bassa resistenza alla pressione, l'analisi dei rischi può portare al raddoppio indipendente del sistema di misura del livello.

5.3.3. *Rilevamento/misurazione della pressione*

- a) **Serbatoi pressurizzati**: Il serbatoio deve essere dotato di strumentazione, installata in modo permanente nei luoghi appropriati, per monitorare la pressione come segue:

- Misura continua della pressione;
- Rilevamento di pressione "troppo alta", con strumentazione indipendente dai sistemi di misura continua della pressione; deve attivare l'arresto delle operazioni in corso (navi cisterna di scarico, metaniere, ecc.) e delle apparecchiature (pompe).

Per prevenire i rischi associati alle variazioni della pressione atmosferica, la strumentazione utilizzata per il rilevamento deve essere effettuata in unità di misura relative.

- b) **Serbatoi non pressurizzati**: Per i serbatoi a bassa pressione valgono le stesse raccomandazioni valide per i serbatoi in pressione. Inoltre, è necessario installare:

- Una misurazione della pressione differenziale tra lo spazio di isolamento e l'interno dell'involucro primario³ quando non sono in comunicazione. A questo scopo, nello spazio di isolamento termico devono essere installati o sensori di pressione differenziale o sensori di pressione separati;
- Una rilevazione di "pressione troppo bassa", mediante una strumentazione indipendente dai sistemi di misura della pressione continua; essa deve attivare l'arresto delle macchine (pompe, compressore del gas di evaporazione, ecc.) e l'iniezione automatica del gas di servizio.

5.3.4. *Rilevamento/misurazione della temperatura*

Un serbatoio non pressurizzato deve avere una strumentazione installata in modo permanente in luoghi appropriati per misurare la temperatura:

- Del liquido a diverse altezze, la distanza verticale tra due sensori di temperatura consecutivi non deve superare i 2 m;
- Della fase gassosa.

Inoltre, i serbatoi di tipo a piena integrità devono avere misure di temperatura:

- Della parete e del fondo del recinto primari;
- Della parete e del fondo del recinto secondario.

5.3.5. *Rilevamento/misurazione LTD*

Per i serbatoi non pressurizzati, la temperatura e la densità del GNL devono essere misurabili su tutta l'altezza del liquido.

³ I serbatoi non pressurizzati sono spesso costituiti da 2 recipienti di contenimento, un recipiente di contenimento primario contiene il prodotto in situazione nominale e l'altro recipiente di contenimento secondario potrebbe contenere il prodotto in caso di perdita di tenuta del recipiente primario. Lo spazio tra i 2 altoparlanti contiene l'isolamento.

Questo cosiddetto strumento LTD ("Level, Temperature, Density") deve anche fornire il profilo di temperatura e densità del GNL nel serbatoio, in funzione del livello. Questo strumento viene inoltre utilizzato per rilevare la formazione di strati di GNL ed evitare che si verifichi un ribaltamento che ne potrebbe derivare.

5.3.6. *Rilevamento di perdite e incendi*

- a) **Generale:** In questo paragrafo sono elencati i tipi di rilevatori adatti a possibili perdite di GNL su apparecchiature e condotte. Nelle aree associate alle apparecchiature, i rivelatori mostrati sono rivelatori di campo (o ambientali). Per le condotte si possono considerare anche i cosiddetti rivelatori in linea (pressostato, flussometro, ecc.). Essi non vengono presentati in questa sede poiché la loro attuazione in una catena di sicurezza può essere inadeguata su condotte che funzionano a intermittenza.
- b) **Rilevatori su area/attrezzatura:** Queste aree sono sistematicamente dotate di 3 tipi di rilevatori: i sensori catalitici ("esplosimetro") o i sensori di punto IR; i sensori di bassa temperatura ed i rivelatori di fiamma UV/IR o IR³.
In alcune aree particolari (area di contenimento, sorveglianza perimetrale, ecc.), possono essere utilizzati sensori a raggi infrarossi⁵.
- c) **Rilevatori per condotte:** Alcune condotte sono di lunghezza tale da non poter essere coperti dai rilevatori di area associati all'apparecchiatura. Queste condotte possono essere dotate di fibre ottiche per rilevare una perdita per la caduta di temperatura associata al flusso di GNL molto freddo. Le condotte che trasportano GNL a bassa pressione hanno un secondo rilevamento tramite sensori catalitici o IR installati nei compartimenti delle condotte quando esistono. In punti singolari come gli attraversamenti stradali, le condotte, a doppia guaina sottovuoto, hanno un sensore di pressione per il rilevamento delle perdite.
- d) **Numero e posizioni dei rilevatori:** Il numero e la posizione dei rilevatori dovrebbero essere oggetto di uno studio specifico che non sarà trattato in questo documento. Si evidenzia infatti come, i rilevatori, devono essere impiantati:
 - Nelle aree di carico/scarico;
 - Al magazzino;
 - Con le relative apparecchiature di processo (riscaldatori, scambiatori di calore, ecc.).

In caso di superamento delle soglie di allarme, devono essere definite anche le azioni di emergenza, come indicato al capitolo 5.5.

5.4. **Trattamento**

5.4.1. *Generale*

Nel dettaglio, il trattamento può essere: esclusione automatica degli allarmi provenienti da rilevatori di perdite o di fiamme e da alcuni rilevatori di anomalie, o dagli operatori che decidono le azioni da intraprendere (premere il pulsante per l'arresto di emergenza: BAU).

In questo contesto, il numero e le sedi dei BAU devono essere studiati con almeno BAU dedicati:

⁴ I rivelatori UV/IR combinano un sensore UltraViolet e un rivelatore a infrarossi. I distaccatori IR3 combinano 3 sensori IR

⁵ Questi raggi si integrano interpretando i segnali a infrarossi la concentrazione di gas infiammabile su una linea definita tra 2 punti.

- Alle stazioni di trasferimento;
- In magazzino;
- Vicino all'unità che raggruppa le apparecchiature per garantire il raffreddamento del GNL;
- Vicino agli uffici operativi.

Quindi, sia che un'operazione di elaborazione sia automatizzata o basata sulle decisioni degli operatori, deve essere definita in anticipo, tenendo conto delle azioni di emergenza⁶ più appropriate.

Questi possono poi essere utilizzati come impostazioni di sicurezza parziale, quando agiscono solo in parte o in funzione parziale degli impianti; di seguito sono riportate le linee guida generali quando agiscono sull'intero impianto, comprese le stazioni di carico/scarico.

Nell'ambito di tale contesto, è necessario prevedere esplicitamente l'elaborazione in caso di:

- Di livello da molto alto a molto molto alto;
- Da molto alta a molto alta pressione;
- Pressione da molto bassa a molto molto bassa;
- Rilevamento perdite, rilevamento incendi;
- Ecc.

Infine, per quanto riguarda le unità di trattamento, sono possibili due tipologie: una stazione di rilevamento centrale o un sistema di sicurezza automatizzato. Se l'analisi dei rischi mostra la necessità di 2 MMR indipendenti di "rilevamento-trattamento-isolamento" per escludere uno scenario, è necessario avere queste 2 unità in parallelo. Altrimenti, quando, ad esempio, si accettano rilasci prolungati, è sufficiente una sola unità. Il PLC si trova al livello SIL⁷ "2" in modo da non penalizzare l'affidabilità dell'intera catena.

5.4.2. *Trattamento degli eventi accidentali delle navi cisterna per GNL*

Per una stazione "porta" occorre considerare un'interfaccia con la metaniera. Le misure di sicurezza associate ai trasferimenti devono essere progettate con:

- Una stazione di scarico dotata di valvole di arresto di emergenza comandate a distanza. Gli arresti di emergenza, in questo caso, sono integrati in sequenze automatizzate;
- Un cavo di comunicazione/UA (come raccomandato da SIGTTO⁸ e richiesto da codici e norme) tra la metaniera e la stazione per attivare un arresto di emergenza se necessario;
- Il sistema "break-away" sui tubi flessibili o PERC⁹ sui bracci.

Gli arresti di emergenza della nave metaniera e dei bracci hanno 2 livelli di azione a seconda dell'entità della deviazione/anomalia rilevata.

⁶ Le azioni di emergenza sono solitamente precedute da un allarme (nessuna azione), attivato con una soglia inferiore, per avvertire in anticipo che si sta verificando una deviazione dalle corrette condizioni di funzionamento.

⁷ Safety Integrated Level. Esistono diversi livelli di SIL (1, 2, 3, ...) che indicano un'affidabilità crescente secondo la norma IEC 511.

⁸ Society of International Gas Tanker and Terminal Operators

⁹ Powered Emergency Release Coupling.

5.5. Sistemi di azione d'emergenza

5.5.1. Generale

Con i sistemi di azione d'emergenza, sono designati i dispositivi utilizzati per rendere sicure le installazioni chiudendo le valvole di intercettazione, fermando le pompe di trasferimento, i compressori, ecc.

In generale e in modo simile alla situazione della strumentazione, il sistema di azione d'emergenza va distinto dal sistema di monitoraggio del processo.

Il sistema di protezione antincendio non è incluso (non che non sia associato ad azioni di emergenza) perché ad esso è dedicato un sotto capitolo specifico.

5.5.2. Organi di isolamento

Le valvole azionate da arresti di emergenza hanno caratteristiche fondamentali che devono essere verificate prima dell'installazione e del funzionamento, ossia:

- Tipo di strumento;
- Motorizzazione (come, ad esempio, elettrica o pneumatica);
- Sicurezza positiva: la valvola si sposta nella posizione di isolamento in caso di perdita dell'attuatore;
- Sicurezza antincendio (controllo): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua capacità di controllo per un periodo di tempo;
- Sicurezza antincendio (tenuta): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua tenuta per un periodo di tempo.

Dove il sito lo permette, le valvole di isolamento sono ad azionamento pneumatico per facilitare la sicurezza positiva (la valvola ha una posizione "fail safe"). Il gas naturale (allora chiamato "gas di servizio") può essere usato per motorizzare le valvole pneumatiche.

Tra i dispositivi di isolamento, vale la pena ricordare anche i dispositivi:

- I giunti "break-away" o "raccordi flip-flap" montati sui tubi flessibili, costituiti da giunti progettati per rompersi in una sezione specifica in caso di eccessiva trazione e dotati di valvole che si chiudono contemporaneamente alla rottura e naturalmente posizionati su entrambi i lati della sezione in cui la rottura è prevista;
- Il "PERC", ossia un dispositivo idraulico che permette lo scollegamento rapido di un braccio di carico al comando dell'operatore, in caso di interruzione di corrente o di superamento dell'involucro operativo¹⁰ di un braccio di carico; questo dispositivo è inoltre dotato di 2 valvole comandate a distanza poste su ciascun lato del punto di scollegamento per limitare la fuoriuscita.

5.5.3. Dispositivi di controllo in caso di alta pressione e dispositivi di controllo a bassa pressione

Si ricorda che la pressione dei serbatoi deve essere mantenuta tra i valori di esercizio autorizzati. A questo scopo, nel funzionamento nominale, la pressione viene controllata mediante valvole automatiche, che

¹⁰ Area dello spazio all'interno del quale il braccio è destinato a muoversi come richiesto.

consentono lo scarico del gas (se la pressione è troppo alta) o l'alimentazione del gas (se la pressione è troppo bassa, vedi capitolo successivo).

Nel funzionamento nominale (al di fuori della situazione di protezione finale), la dispersione del carico di gas può essere inviata nell'atmosfera solo durante episodi molto occasionali. I volumi di gas emessi nell'atmosfera devono essere ridotti il più possibile. La dispersione del carico nell'atmosfera è accettabile solo per piccole installazioni (tipo di impianto). Le installazioni più grandi dovrebbero prendere in considerazione dispositivi come:

- a. Scarico del carico mediante l'invio di gas alle reti o agli utenti;
- b. Raffreddamento della fase gassosa (ad es. mediante uno scambiatore di azoto liquido);
- c. Raffreddamento della fase liquida (ad es. ciclo di Brayton).

Poi, tornando alle situazioni di emergenza, quando la pressione diventa eccessiva nonostante il sistema di controllo della pressione, vengono impiantate valvole di sicurezza o eventualmente dischi di rottura per sfogare il gas nelle seguenti situazioni finali:

- Evaporazione dovuta all'apporto di calore, anche in caso di incendio;
- Movimento dovuto ad un possibile troppopieno;
- Un flash improvviso durante il riempimento;
- Improvvisi cambiamenti di pressione atmosferica;
- L'improvviso ricircolo ad alto flusso di una pompa;
- Un traboccamento nello spazio interparete per i serbatoi non pressurizzati;
- Il fenomeno del Roll Over per i serbatoi non pressurizzati.

Il serbatoio deve comprendere almeno due valvole di sovrappressione. Possono rilasciare direttamente nell'atmosfera, tranne quando l'emissione di gas di emergenza porta ad una situazione inaccettabile. In questo caso le valvole devono essere collegate al sistema a torcia o al sistema di sfiato (di cui al capitolo 5.6). Il dimensionamento dei due dispositivi di sicurezza deve essere definito partendo dal presupposto che uno di essi sia fuori servizio.

In alternativa, è anche possibile installare una sola valvola di sicurezza e un solo disco di rottura (al posto di entrambe le valvole). D'altra parte, il feedback mostra difficoltà nel funzionamento e nell'affidabilità di questi sistemi. Non vengono quindi consigliati in questa sede.

Per ridurre al minimo le aperture delle valvole, o la rottura del disco, si raccomanda di fornire al sistema di controllo una valvola di sfiato che riduca la pressione prima di aprire le valvole.

Per quanto concerne invece il caso dei dispositivi a bassa pressione, il gas di alimentazione può essere generato vaporizzando il GNL tramite un'unità PBU (accumulo di pressione). Questa unità è costituita da un vaporizzatore d'aria ambiente. Questo vaporizzatore è installato su un punto di intercettazione della linea di riempimento con un ritorno di fase gassosa dal serbatoio. Poiché questo vaporizzatore ha parti in alluminio che sono vulnerabili in caso di incendio, la linea del vaporizzatore deve essere dotata di valvole di isolamento controllabili a distanza.

5.6. Sistemi di raccolta dello sfiato

Come già precedentemente accennato, per ragioni operative o di sicurezza, in alcuni casi è necessario sfogare il gas. Ad esempio, in caso di sovrappressione nei serbatoi, il gas in eccesso deve essere scaricato,

o attraverso un sistema di controllo o attraverso valvole come ultima risorsa, per evitare la rottura meccanica del serbatoio. Il gas deve essere scaricato attraverso uno sfiato, o eventualmente una torcia per impianti molto grandi (se i volumi di gas rilasciati diventano troppo grandi).

Se nel flusso di gas sono presenti goccioline di liquido, il sistema di raccolta deve essere in grado di separarle e non inviarle nell'atmosfera con il gas. È quindi necessario installare sistemi di separazione liquido-gas a monte dello sfiato, come ad esempio un serbatoio di separazione.

Le funzionalità della(e) ventola(e) e delle torce sono quindi:

- a. Recuperare/canalizzare i volumi di gas in modo che non vengano rilasciati nell'atmosfera in modo casuale in tutto il sito della stazione;
- b. Indirizzare/dirigere i volumi di gas recuperati per il rilascio in atmosfera in luoghi specifici, localizzati e controllati;
- c. Evitare la dispersione di gocce di GNL liquido in tutto il sito;
- d. Promuovere la dispersione dei gas a concentrazioni inferiori ai limiti di infiammabilità.

Gli obiettivi di sicurezza sono di vario tipo, tra cui:

- Prevenire gli effetti domino impedendo che una nube di gas infiammabile venga inviata in un'area, o a contatto con apparecchiature o macchinari che potrebbero causarne l'accensione;
- Prevenire effetti irreversibili o letali sulle persone impedendo che una nube di gas infiammabile venga inviata in un'area, o a terra, dove il personale può essere presente;
- Evitare che il gas venga rilasciato all'esterno dell'involucro della stazione in concentrazioni superiori ai limiti di infiammabilità;
- Impedire la formazione di una "pioggia" di gocce di idrocarburi verso aree o individui.

Il sistema di raccolta degli sfiati può essere costituito da un unico sfogo comune (o torcia) o da più piccoli sfiati distribuiti in tutto il sito. In tutti i casi, il suo orientamento o i suoi orientamenti devono soddisfare le funzionalità e gli obiettivi di cui sopra. Pertanto, nessun elemento che possa causare un blocco involontario può essere installato tra l'ultimo dispositivo di sicurezza (di solito una valvola) e l'uscita dello sfiato (o della torcia). Lo sfiato (o torcia elettrica) deve essere progettato anche per evitare l'accumulo di acqua (piovana) nei collettori o la costruzione di nidi per uccelli o di ripari per animali, ecc., che potrebbero ostruire l'uscita dello sfiato.

5.7. Sistemi di raccolta delle perdite

5.7.1. Funzioni e obiettivi

Il sistema di recupero delle perdite è progettato per trattenere il GNL localmente in corrispondenza della rottura o in una sede separata. Gli obiettivi di sicurezza sono di duplice tipo: ridurre l'estensione di una chiazza e di conseguenza le dimensioni di una nube esplosiva, nonché impedire la formazione di un incendio di pozza che generi un flusso intenso e prolungato su una capacità di GNL (serbatoi, cisterna, ecc.).

Il dimensionamento di un tale sistema richiede il riferimento a scenari di perdita di fase liquida e la considerazione delle condizioni e del tempo di isolamento per questi scenari (ossia il tempo di risposta MMR di cui sopra). Questi elementi possono essere estratti dallo Studio sui pericoli, come stabilito in Francia. In particolare, le perdite devono essere esaminate attraverso tutte le prese che non possono essere

isolate da 2 dispositivi di isolamento: spina e/o valvola telecomandabile. Le frequenze di queste perdite possono infatti essere abbastanza alte da creare, insieme alla gravità, un rischio inaccettabile.

Ulteriori raccomandazioni sono riportate nei seguenti sotto capitoli, con una distinzione tra:

- Aree di recupero, che devono raccogliere e "canalizzare" il GNL;
- Aree di stoccaggio che devono "immagazzinare" temporaneamente il GNL.

5.7.2. Aree di recupero

Concretamente, le aree devono essere progettate sulla base di aree in calcestruzzo, circondate da canalizzazioni, o vasche in cemento armato, in linea con l'attrezzatura principale e con sufficienti pendenze dirette verso le canalizzazioni.

Queste canalizzazioni possono essere rivestite con pannelli leggeri sia per limitare l'evaporazione che per evitare una situazione di propagazione della fiamma in un ambiente confinato e allungato che favorisce forti accelerazioni della fiamma e come risultato di esplosioni con alte sovrapressioni.

5.7.3. Capacità di contenimento

Le capacità di contenimento o i serbatoi di contenimento sono più spesso da compensare in modo che, in caso di accensione, i flussi di calore associati all'incendio di pozza non colpiscano l'apparecchiatura circostante riscaldandola pericolosamente.

Successivamente, come precedentemente sottolineato, le capacità devono essere dimensionate tenendo conto delle quantità di GNL che possono essere accidentalmente fuoriuscite per essere estratte da studi di rischio o di sicurezza. In pratica, le ritenzioni previste per le stazioni di trasferimento devono avere almeno la capacità di un serbatoio (ferroviario o stradale, a seconda dei casi).

In particolare, si evidenzia come il tasso di evaporazione di ogni vasca possa essere ridotto al minimo per mezzo di un dispositivo di tipo a schermo galleggiante. La necessità o meno di questo tipo di apparecchiature dipende dal contesto e dai risultati degli studi sui pericoli. Inoltre, quando la ciotola è a tenuta stagna, il punto basso è dotato di una pompa per l'acqua piovana, definendo quest'ultima "sacrificale" siccome verrebbe danneggiata in caso di perdita di GNL.

Infine, nel caso di impianti di stoccaggio non pressurizzati, gli scarichi di GNL sono a priori i più probabili che si traducano in applicazioni terrestri. In questo contesto, la migliore tecnologia è quella di posizionare le condotte, ed in particolare le lunghe condotte che collegano le stazioni di trasferimento delle navi all'impianto di stoccaggio, in una "condotta", con pareti laterali in cemento, situata sopra il terreno o nel terreno. Si specifica inoltre come il terreno debba essere un terreno naturale.

Queste tubazioni sono compartimentalizzate con una capacità di ogni compartimento determinata dall'analisi del rischio. Il volume richiesto dipende poi dal tempo di risposta del sistema di rilevamento dell'isolamento nei compartimenti.

5.8. Sistema di protezione antincendio

In Tabella 13 vengono riportate le funzioni che possono essere fornite da un c.d. sistema di protezione antincendio (anche se a volte anche di protezione dalle esplosioni); il tipo di apparecchiatura che svolge queste funzioni ed infine le osservazioni/informazioni.

Tabella 13. Funzioni di protezione antincendio

| Funzioni | Attrezzatura | Osservazioni |
|---|---|---|
| Diluizione/dispersione delle nubi | Cortina d'acqua | La diluizione si ottiene per mezzo di aria trascinata da goccioline d'acqua. Questo dispositivo è efficace solo se la nube è a bassa velocità. È inefficace sulle emissioni dei getti. Di conseguenza, è particolarmente utile nel caso di grandi fuoriuscite di GNL a bassa pressione che generano una nube senza una quantità significativa di movimento. Permette così di evitare una deriva della nube verso una zona con punto di accensione o in presenza di persone (corsie di marcia, ecc.). |
| Prevenzione dell'accensione del serbatoio di GNL | Schiuma di sbarramento | Questo dispositivo è riservato alle grandi installazioni che richiedono una vasca offset profonda e/o di grande superficie. Per una cuvetta di questo tipo, l'analisi del rischio può infatti dimostrare che un flusso di calore intenso e prolungato genera effetti domino aggravanti. |
| Miscelazione incendio bacino GNL | Schiuma di sbarramento | |
| Estintori per autocisterne | Estintore mobile | L'incidentologia dei depositi di idrocarburi indica che un incendio di un'autocisterna può verificarsi all'arrivo sul sito. Oltre agli estintori portatili presenti nella stazione di carico/scarico, almeno un estintore da 50 kg è presente nelle vicinanze in un luogo sicuro (al riparo dalle radiazioni dell'incendio da fermare). |
| Raffreddamento delle capacità | Spruzzatura di acqua | Nel caso di cisterne e cisterne di trasporto, l'irrigazione potrebbe non essere appropriata perché: - Se c'è un impatto diretto delle fiamme, le pareti esterne sono portate ad una temperatura elevata (a causa delle fiamme ma anche perché l'isolamento dietro le pareti impedisce/limita il trasferimento di calore); questo porta potenzialmente all'effetto Leidenfrost dell'acqua dell'irrigatore e di conseguenza ad un raffreddamento inefficiente; - Se non vi è alcun impatto e i flussi di calore trasmessi per irraggiamento sono moderati, allora l'isolamento (perlite) delle capacità di GNL consente un tempo di tenuta relativamente lungo. |
| Protezione dell'ufficio operativo, sala strumentazione | Spruzzatura di acqua | Rispetto alle precedenti osservazioni online, tuttavia, è generalmente consigliabile raffreddare gli impianti, come ad esempio le capacità di processo, ad esempio un impianto pericoloso confinante o un ufficio operativo come rifugio per il personale operativo. |
| Protezione degli impianti vicini | Cortina d'acqua Spruzzatura di acqua | |

Fonte: CCIVAR

5.9. Effetti domino

Dalle considerazioni del precedente sotto capitolo, sembra che una delle funzioni importanti del sistema antincendio sia quella di evitare il verificarsi di diversi fenomeni pericolosi, più spesso chiamati "effetti domino". Lo scopo non è quello di dettagliare i criteri o le soglie che permettono di giudicare la plausibilità degli effetti domino o le modalità per tenerne conto. Come promemoria, va ricordato che il controllo degli effetti domino è in pratica spesso garantito dalle scelte di ubicazione o da barriere come, ad esempio, un muro di protezione.

Tuttavia, si aggiunge come raccomandazione da considerare in modo "convenzionale" gli impatti tra due impianti pericolosi (come, ad esempio, una stazione di trasferimento e un impianto di stoccaggio), ma anche tra un'installazione pericolosa ed elementi sensibili come, ad esempio, i principali mezzi di protezione antincendio (in particolare la stazione di pompaggio) o i luoghi che ospitano gli operatori ed i telecomandi dei mezzi di sicurezza.

6. ANALISI DEI RISCHI APPLICATA AL CASO DELLA CORSICA (CONTRIBUTO OTC/ TRACTEBEL, ENGIE, ELENGY E SEEUP)

6.1. PERICOLO: Bunkeraggio di GNL

Un'analisi del rischio HAZID (HAZard IDentification - Hazard Identification) viene effettuata su tre metodi di bunkeraggio:

- I metodi di bunkeraggio da un camion (TTS) e da una nave (STS) conservati nel modulo T.1.1.3 perché sono adattati alle piccole necessità e quantità della Corsica;
- Il metodo del bunkeraggio da un serbatoio a terra (shore-to-ship (da terra a nave)) è considerato in aggiunta ai due metodi precedenti in quanto è plausibile anche in Corsica. Sono considerati 3 tipi di serbatoio: un iso-container, un serbatoio di tipo C e un serbatoio di tipo full-containment.

Il metodo HAZID è una tecnica per identificare i potenziali pericoli e le minacce che possono sorgere durante i progetti o le attività

Gli obiettivi della HAZID condotta sono i seguenti:

- Identificare i pericoli associati alle attività di bunkeraggio per ogni tipo di attrezzatura;
- Identificare le cause e le conseguenze di potenziali eventi legati a questi pericoli;
- Identificare le barriere di sicurezza (prevenzione e protezione) che impediscono il verificarsi di pericoli, ne riducono le conseguenze o ne migliorano il trattamento. Queste barriere costituiscono quindi le **buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**, applicate al caso della Corsica.

La HAZID è stata realizzata con altoparlanti di ELENGY e TRACTEBEL.

Di seguito sono riportate le tabelle di analisi dei rischi.

Tabella 14. Analisi del rischio - Bunkeraggio TTS

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|------|---|---|---|--|---|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |
| Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | Nave bunker | Nave | 1 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, ridondanza dell'ormeggio, misurazione della tensione delle cime d'ormeggio e controllo dei giri, creazione di una zona di sicurezza, presa in considerazione e inquadratura del SIMOPS, registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione, studio della compatibilità tra le 2 imbarcazioni | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | Serbatoio | 2 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione errata dei circuiti: trasferimento tra 2 serbatoi del serbatoio del bunker | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 3 | Ribaltamento (inversione degli strati) secondo il tipo di serbatoio | GNL di diversa densità | Aumento improvviso della pressione, rigetto della valvola, scoppio della capacità | Controllo delle condizioni prima del trasferimento (densità, pressione, profili di temperatura) | Valvole di sicurezza |

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|--------------------------|----------------|---|-------------------------------------|--|--|--|--|
| | | | 4 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 5 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del serbatoio | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | Sistema di trasferimento | GNL flessibile | 6 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 7 | Strappo | Deriva del bunker o della nave bunker, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Cfr. la deriva della nave | Cfr. la deriva della nave |
| | | | 8 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | | | | | | |

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|---|--|--|----|-------------------------------|--|--|--|--|
| | | | 9 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 10 | Tubi per inversione BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Procedure operative e formazione, codifica o segnaletica chiara | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 11 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG |
| | | | 12 | Strappo | Deriva del bunker o della nave bunker, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Cfr. la deriva della nave | Cfr. la deriva della nave |
| | | | 13 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Perdite di gas | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|----|--|---|---|--|---|
| Nave carico | sotto | Nave | 14 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, ridondanza dell'ormeggio, misurazione della tensione delle cime d'ormeggio e controllo dei giri, creazione di una zona di sicurezza, presa in considerazione e inquadratura del SIMOPS, registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione, studio della compatibilità tra le 2 imbarcazioni | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | Serbatoio | 15 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 16 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 17 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|--|--|----|----------------|--|--|--|---|
| | | | 18 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |

Fonte: OTC

Tabella 15. Analisi del rischio - Bunkeraggio STS

| HAZID 2 – Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|------------|--------------|------|-------------------------|---|--|--|---|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |
| Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | Soffiatore | Camion | 1 | Movimento del camion | Collisione del veicolo, difetto del freno del veicolo, errore di funzionamento | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni a camion e strutture, collisione con un altro veicolo | Cunei per veicoli e buone pratiche di chiusura (rimozione della chiave, sistema di bloccaggio dei freni), considerazione e inquadatura di SIMOPS | Sistema di scollegamento di emergenza, aree di attesa, trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | Serbatoio | 2 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, danni agli impianti | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 3 | Incendio di un trattore | Guasto elettrico | Temperatura del serbatoio e accumulo di pressione -->Rischio BLEVE | Rivelatore di fiamma, sistema antincendio, equipotenzialità tra camion e nave, uso preferenziale di serbatoi a doppia camicia | Valvole di protezione, protezione antincendio |

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.4 “Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL”
 Contributo partner di progetto

| HAZID 2 – Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|---|---------|--------------------------|--|---|--|--|--|
| | | | 4 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, sistema antincendio, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 5 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del serbatoio | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | | | Sistema di trasferimento | GNL flessibile | 6 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature, vibrazioni |
| | 7 | Strappo | | | Movimento del camion o della nave che viene sostenuto, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, danni alle attrezzature | Vedi movimento del camion | Vedi movimento del camion |

| HAZID 2 – Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|-------|------|----|-------------------------|---|---|---|---|
| | | | 8 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Fuoriuscita di GNL, danni alle attrezzature | Ispezione visiva dell'integrità dei tubi flessibili prima del bunkeraggio, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, prove di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 9 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 10 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadratura di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| Nave carico | sotto | Nave | | | | | | |

| HAZID 2 – Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----|--|---|---|--|---|
| | | Serbatoio | 11 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 12 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 13 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 14 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |

Fonte: OTC

Tabella 16. Analisi del rischio - Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave)

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------|--|---|--|--|---|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |
| Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave) | Stoccaggio a terra | Serbatoio tipo contenitore Iso | 1 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione errata dei circuiti: trasferimento tra 2 contenitori di stoccaggio | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 2 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscite di GNL, danni al sistema/bruciature da freddo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 3 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 4 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del contenitore | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | | Serbatoio tipo C | 5 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione del circuito errata: trasferimento tra 2 serbatoi | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|----|--|---|---|--|---|
| | | | 6 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscite di GNL, danni al sistema/bruciature da freddo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 7 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 8 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del serbatoio | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | | Serbatoio tipo contenitore pieno | 9 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione del circuito errata: trasferimento tra 2 serbatoi | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 10 | Presenza di GNL nell'interparete | Guasto interno del vaso | Perdite di GNL | - | Rilevatori di freddo interparete |
| | | | 11 | Ribaltamento (inversione degli strati) | GNL di diversa densità | Aumento improvviso della pressione, rigetto della valvola, scoppio della capacità | Controllo delle condizioni prima del trasferimento (densità, pressione, profili di temperatura) | Valvole di sicurezza |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|--|----------------|----|--|--|--|--|---|
| | | | 12 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> perdita di contenimento, danni al serbatoio/bruciature da freddo | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 13 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Assenza di ritorno BOG e di riempimento pesante di GNL | Deformazione del recipiente interno | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | Iniezione di gas rompivuoto, valvole rompivuoto |
| | Sistema di trasferimento del tubo flessibile | GNL flessibile | 14 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 15 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo o danni agli impianti/ ustioni da freddo | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|--|----------------|----|-------------------------------|--|---|--|--|
| | | | 16 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Fuoriuscita di GNL, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 17 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | BOG Flessibile | 18 | Tubi per inversione BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, correzione degli errori | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 19 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|----|-------------------------|--|---|--|---|
| | | | 20 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | | 21 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Perdite di gas | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 22 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| Sistema di trasferimento a braccio articolato | Braccio di carico (braccio liquido) | GNL a | | | | | | |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|--|--|----|---|--|---|--|---|
| | | | 23 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo o danni agli impianti/ ustioni da freddo | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | | 24 | Urto tra il braccio di carico e il collettore | Errore di funzionamento, condizioni meteorologiche, movimento della nave | Danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, monitoraggio | - |
| | | | 25 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, nessuno sblocco del braccio collegato | Fuoriuscita di GNL, danni alle apparecchiature/ ustioni da freddo | Ispezione visiva dell'integrità dei tubi flessibili prima del bunkeraggio, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, prove di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 26 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|--|--|----|------------------------------|--|---|--|---|
| | | Braccio di ritorno BOG (braccio a gas) | 27 | Inversione braccio BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, codifica o segnaletica chiara | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 28 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG |
| | | | 29 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | | 30 | Perdita di contenimento | Aggressione termica, usura/invecchiamento, scarsa connessione | Perdite di gas | Manutenzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------|----|--|---|---|--|---|
| | Nave carico sotto | Nave | 31 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e agli impianti/bruciature da freddo, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | Serbatoio | 32 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 33 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione del guscio/ ustioni da freddo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 34 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | | |
|---|--|--|----|----------------|--|--|-----------|--|---|
| | | | 35 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento GNL, scoppio di capacità | di del di | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |

Fonte: OTC

Questa analisi dei rischi mostra che **i principi generali di sicurezza permettono di ridurre efficacemente i rischi generati dalle attività di bunkeraggio del GNL**: per ogni guasto identificato, l'implementazione di barriere di prevenzione permette di ridurre la probabilità che un guasto si verifichi, e l'implementazione di barriere di protezione permette di ridurre la gravità.

6.2. Esempio di zona di sicurezza

Come menzionato al §4.1, la modellazione dei fenomeni pericolosi è necessaria per determinare l'estensione della zona di sicurezza necessaria per le operazioni di bunkeraggio del GNL.

Poiché lo scenario di perdita o di rottura del tubo flessibile è il più rappresentativo per le operazioni di bunkeraggio, la modellazione di questo scenario viene effettuata utilizzando il software PHAST sviluppato da DNV GL considerando i seguenti parametri:

- Perdita di GNL, un prodotto assimilato al metano;
- Diametro di perdita: 50 mm. Questo diametro corrisponde alla rottura di un tubo flessibile DN50 (2");
- Temperatura di scarico: -160°C;
- Pressione: 4 barg (valore conservativo, usuale per un container ISO o un camion);
- Condizioni meteorologiche: 3F, 5D (condizioni abituali per gli studi di rischio in Francia corrispondenti a velocità del vento di 3 e 5 m/s rispettivamente e condizioni di stabilità atmosferica molto stabili - F e neutro - D) e condizione 8D (condizioni abituali in mare);
- Direzione di scarico: orizzontale (distanza di maggiore effetto da una scarica verticale).

Lo scopo della modellazione di questi scenari è quello di valutare le distanze degli effetti al limite inferiore di esplosività (LEL) dei diversi casi considerati. Infatti, la **zona di sicurezza è definita come l'area all'interno della distanza dal limite inferiore di infiammabilità** determinata per un rilascio plausibile.

I risultati delle distanze ottenute dal LEL sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 17. Modellazione - Distanze di sicurezza

| Scenario | Condizioni meteo | Distanza dal LEL |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Rottura del tubo flessibile 50 mm | 3F | 80 m |
| | 5D | 105 m |
| | 8D | 65 m |

Fonte: OTC

Queste distanze danno **un ordine di grandezza della misura che la zona di sicurezza può avere senza tener conto di una barriera di sicurezza**, a seconda dello scenario che può essere mantenuto nelle analisi dei rischi degli impianti. Va ricordato, tuttavia, che le distanze di effetto **dipendono dalle caratteristiche dell'apparecchiatura** (temperatura, pressione, diametro, ecc.). Lo scenario di rilascio da considerare nel determinare l'estensione della zona di sicurezza deve quindi tenere conto dei fattori specifici del progetto: inventario immagazzinato, velocità di trasferimento, modalità operative, proprietà del GNL, condizioni di stoccaggio, ecc.

Queste distanze possono anche essere **ridotte** utilizzando speciali barriere tecniche come **dispositivi di arresto di emergenza** (che limitano il tempo di perdita e il volume di diffusione) o **valvole di controllo del flusso**.

ALLEGATO 1

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL

Progetto TDI-RETE-GNL



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Office des Transports de Corse (OTC)
FRANCIA / CORSICA

CULLETTIVITÀ DI **CORSICA**
COLLECTIVITÉ DE **CORSE**

Uffiziu di i Trasporti
di a Corsica
Office des Transports
de la Corse

PUBBLICO

28 juillet 2020

RAPPORTO
OTCG-TEF-SE-RP-005

RAPPORTO



Ns. Rif. : OTCG-TEF-SE-RP-005
Entità : Energia
Imputazione : P.015760

PUBBLICO

Cliente : Office des Transports de Corse (OTC)
Progetto : Studio di rifornimento-stoccaggio-bunkeraggio di GNL combustibile
Paese/Città : Francia / Corsica

Titolo : T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL
Sottotitolo : Progetto TDI-RETE-GNL
Autori : M. Deleau (MDE)
Data : 28 juillet 2020

Sinossi : -

Commenti : -

Parole chiave : -

N. pagine : 55 (esclusi gli allegati)

| | | | | | | |
|------|------------|-------------------------|-------|-----------|------------|--------------|
| 01 | 28/07/2020 | Prima emissione | Draft | M. Deleau | A. Guittat | A. Guittat |
| REV. | GG/MM/AA | OGGETTO DELLA REVISIONE | STAT. | REDAZIONE | VERIFICA | APPROVAZIONE |

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**INDICE**

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1. | AMBITO..... | 9 |
| 2. | RISCHI E PERICOLI GENERATI DAGLI IMPIANTI GNL..... | 10 |
| 2.1. | Pericoli legati alle caratteristiche del GNL | 10 |
| 2.1.1. | Infiammabilità ed esplosività | 11 |
| 2.1.2. | Ustioni criogeniche e fratture fragili..... | 12 |
| 2.1.3. | Rapida transizione di fase..... | 12 |
| 2.1.4. | Fenomeni pericolosi..... | 13 |
| 2.2. | Rischi connessi allo stoccaggio di GNL e alle attività di bunkeraggio | 13 |
| 2.2.1. | Rischi connessi alle attività di stoccaggio di GNL..... | 14 |
| 2.2.2. | Rischi di bunkeraggio GNL..... | 14 |
| 2.3. | Pericoli dall'esterno degli impianti..... | 15 |
| 2.3.1. | Pericoli naturali | 15 |
| 2.3.2. | Rischi tecnologici..... | 16 |
| 3. | SITUAZIONE DELLE PRINCIPALI DIRETTIVE, CODICI, NORME E GUIDE SUL BUNKERAGGIO DI GNL | 16 |
| 3.1. | Direttive europee | 16 |
| 3.2. | Codici internazionali | 17 |
| 3.3. | Norme EN e ISO | 18 |
| 3.4. | Norme API | 27 |
| 3.5. | Norme NFPA – National Fire Protection Association | 27 |
| 3.6. | Guide | 28 |
| 4. | BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI E DEGLI IMPATTI | 29 |
| 4.1. | Principali principi di attuazione | 29 |
| 4.2. | Principali principi di sicurezza | 33 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.3. | Disposizioni costruttive e barriere tecniche..... | 34 |
| 4.4. | Misure organizzative..... | 36 |
| 5. | ANALISI DEI RISCHI APPLICATA AL CASO DELLA CORSICA | 38 |
| 5.1. | PERICOLO: Bunkeraggio di GNL | 38 |
| 5.2. | Esempio di zona di sicurezza | 54 |

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL

TABELLA DEGLI ALLEGATI

ANNEXE A SCHEDA DI SICUREZZA GNL

ANNEXE B LNG ACCIDENTOLOGY

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**ELENCO DELLE FIGURE**

| | |
|--|----|
| Figura 1: Rilascio GNL bifase (CRAIM)..... | 11 |
| Figura 2: Fenomeno TRP del GNL (test di Gaz de France, Lorient)..... | 12 |
| Figura 3: Fenomeni pericolosi associati al GNL..... | 13 |

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**ELENCO DELLE TABELLE**

| | |
|--|----|
| Tabella 1: Obiettivi di ciascuno dei quattro progetti GNL..... | 9 |
| Tabella 2: Proprietà del GNL..... | 10 |
| Tabella 3: Rischi legati allo stoccaggio di GNL..... | 14 |
| Tabella 4: Rischi di bunkeraggio GNL..... | 15 |
| Tabella 5: Elenco delle direttive europee applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 17 |
| Tabella 6: Elenco dei codici internazionali applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 18 |
| Tabella 7: Elenco delle norme EN e ISO applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 26 |
| Tabella 8: Elenco delle norme API applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 27 |
| Tabella 9: Elenco delle norme NFPA applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 27 |
| Tabella 10: Elenco delle guide applicabili al bunkeraggio di GNL..... | 28 |
| Tabella 11: Vincoli di attuazione delle attività di GNL..... | 31 |
| Tabella 12: Disposizioni costruttive per lo stoccaggio di GNL..... | 35 |
| Tabella 13: Accordi per le attività di bunkeraggio..... | 36 |
| Tabella 14: Analisi del rischio - Bunkeraggio TTS..... | 42 |
| Tabella 15: Analisi del rischio - Bunkeraggio STS..... | 45 |
| Tabella 16: Analisi del rischio - Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave)..... | 53 |
| Tabella 17: Modellazione - Distanze di sicurezza..... | 54 |

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI E ACRONIMI**

| Acronimo | Definizione |
|---------------|---|
| BLEVE | Esplosione di vapori di liquidi in ebollizione |
| BOG | Boil-Off Gas. Gas da evaporazione di GNL |
| CLP | Regolamento sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e delle miscele |
| ERP | Stabilimento che riceve il pubblico |
| ERS | Sistema di sgancio di emergenza (sistema di sgancio di emergenza) |
| ESD | Spegnimento di emergenza (emergency shut-down) |
| GNL | Gas Naturale Liquefatto |
| HAZID | Identificazione dei pericoli (HAZard IDentification - Identificazione dei pericoli) |
| LIE | Limite di esplosione inferiore |
| MMRI | Misure strumentate di gestione del rischio |
| QCDC | Accoppiatori con sezionatore a connessione rapida (<i>Accoppiatori con sezionatore a connessione rapida</i>) |
| TRP | Transizione Rapida di Fase (<i>Transizione Rapida di Fase RPT</i>) |
| SIMOPs | SIMultaneous Operations. Operazioni simultanee. |
| STS | Ship-To-Ship (da nave a nave) (bunkeraggio da una nave) |
| TTS | Truck-To-Ship (da camion a nave) (bunkeraggio autocisterna) |

1. AMBITO

Nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera europea INTERREG IFM 2014-2020, l'Office des Transports de Corse (OTC) ha elaborato con altri partner europei un progetto globale per la preparazione all'utilizzo del gas naturale liquefatto (GNL) nelle attività legate al trasporto marittimo come anche ad altri impieghi.

Nell'ambito di questo programma sono stati definiti quattro progetti. Gli obiettivi di ciascun progetto sono presentati di seguito:

| Progetto | Obiettivi principali |
|-----------------|---|
| TDI-RETE GNL | Definire standard tecnologici, dimensionamento e procedure comuni per gli impianti della rete di distribuzione del GNL nei porti della zona |
| GNL SIGNAL | Definizione di strategie transfrontaliere per lo sviluppo del GNL |
| GNL FACILE | Definizione di un sistema integrato e di una logistica efficiente per il rifornimento di GNL |
| GNL PROMO | Promuovere l'uso del GNL nei porti commerciali |

Tabella 1: Obiettivi di ciascuno dei quattro progetti GNL

Questo studio riguarda il Progetto GNL TDI-RETE, che si occupa del sistema di fornitura e distribuzione del GNL.

Nell'ambito della componente T2 del progetto TDI-RETE GNL, TRACTEBEL sta definendo delle buone pratiche per il CTA per ridurre i rischi e gli impatti del GNL. Questo rapporto costituisce il **modulo T2.4.4**.

2. RISCHI E PERICOLI GENERATI DAGLI IMPIANTI GNL

2.1. Pericoli legati alle caratteristiche del GNL

Il GNL è un gas naturale costituito principalmente da metano, reso liquido dall'abbassamento della sua temperatura a -160°C . Nella sua forma liquida, il volume del GNL è circa 600 volte più piccolo rispetto alla sua forma gassosa, da cui il suo stoccaggio a temperature criogeniche.

Il metano è un gas incolore e quasi inodore. Quando viene rilasciato nell'ambiente, i vapori freddi si formano e provocano la condensazione del vapore acqueo nell'aria. Così, a basse temperature, il vapore di GNL viene osservato dalla formazione di una nebbia.

I vapori freddi formati dalla vaporizzazione del GNL sono inizialmente più pesanti dell'aria e si disperdono vicino al suolo. Quando vengono miscelati con l'aria ambiente, i vapori si riscaldano gradualmente e alla fine diventano più leggeri dell'aria alle condizioni atmosferiche di pressione e temperatura.

Le proprietà fisico-chimiche del GNL sono riportate nella scheda di sicurezza presentata nell'allegato A. Le caratteristiche principali sono riassunte nella tabella seguente.

| Proprietà | Valore |
|----------------------------------|---|
| Condizioni fisiche | Liquido criogenico |
| Temperatura di ebollizione | - 161°C (da -166 a -157°C) a 1 bar |
| Densità | 448 kg/m^3 a -160°C , 1 bar (da 420 a 470 kg/m^3) (da $0,54$ a $0,66\text{ kg/m}^3$ a 0°C gas) |
| Punto di infiammabilità | Circa -175°C |
| Temperatura di autoaccensione | 410°C |
| Limiti di infiammabilità in aria | In basso: 5% Superiore: 15 % |

Tabella 2: Proprietà del GNL

I principali pericoli del GNL sono descritti nei paragrafi seguenti. Va inoltre notato che il GNL non è tossico, ma in capacità limitate esiste un rischio di anossia (asfissia dovuta alla mancanza di ossigeno se la concentrazione di CH_4 nell'aria supera il 15-20%).

2.1.1. Infiammabilità ed esplosività



Classificazione ed etichettatura: H224 - Liquido e vapori estremamente infiammabili, Liquido infiammabile di categoria 1 secondo la normativa CLP (punto di infiammabilità < 23°C e punto di ebollizione < 35°C).

Il vapore di GNL è **infiammabile** entro limiti di concentrazione specifici nell'aria: Dal 5% al 15% circa. I limiti di infiammabilità del metano sono generalmente utilizzati per stimare le dimensioni delle nubi infiammabili che si formano a seguito di un rilascio accidentale di GNL: 4,6% a 16,5%.

Un **pozza di fuoco** o **getto in fiamme** formatosi a seguito di un rilascio accidentale di GNL è caratterizzato da una fiamma brillante e da un'elevata intensità di radiazione (da 200 a 300 kW/m²).

Si possono formare miscele esplosive **con l'aria**. A causa del basso tasso di combustione delle nubi di gas naturale in campo aperto, le sovrappressioni riscontrate in caso di esplosione sono relativamente basse (< 50 mbar), tranne che in un ambiente confinato o congestionato.

La formazione di una nube infiammabile segue le seguenti fasi:

- Fuoriuscita di GNL e vaporizzazione parziale prima del contatto con il suolo (la maggior parte della fuoriuscita cade a terra);
- Formazione e vaporizzazione di una chiazza di liquido a contatto con il suolo;
- Formazione di una nube densa e infiammabile di vapori di GNL per miscelazione con l'aria ambiente.

La figura seguente mostra le diverse zone a seguito di uno sgancio GNL bifase:

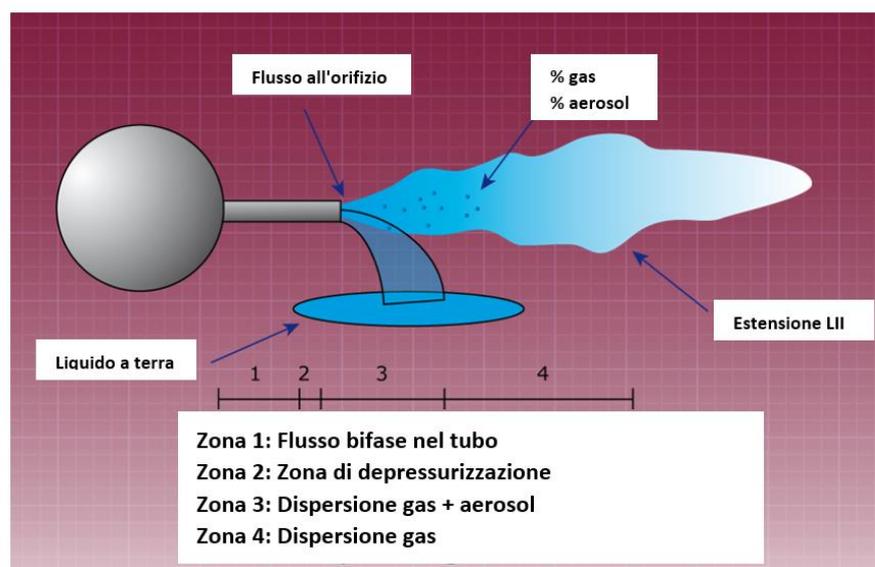


Figura 1: Rilascio GNL bifase (CRAIM)

2.1.2. Ustioni criogeniche e fratture fragili



Classificazione ed etichettatura: H281 - Contiene gas refrigerato; può causare ustioni o lesioni criogeniche

Come liquido criogenico, il GNL può causare **gravi lesioni da gelo** se entra in contatto diretto.

Anche per i materiali, se il GNL entra in contatto con l'acciaio, diventa fragile a causa della bassa temperatura. **Una struttura in acciaio può quindi fallire**; l'acciaio inossidabile mantiene la sua duttilità alle basse temperature ed è quindi più resistente al contatto con i liquidi criogenici.

2.1.3. Rapida transizione di fase

Se il GNL viene rilasciato nell'acqua, può verificarsi una **transizione di fase rapida** (TRP o RPT). Si tratta della rapida transizione fisica di fase dal GNL liquido al vapore di metano, dovuta principalmente all'immersione in acqua.

Il fenomeno non comporta combustione e può essere considerato come una **detonazione**. Il rischio potenziale di onde d'urto e la proiezione di acqua, GNL e gas può essere significativo, ma rimane molto localizzato nelle immediate vicinanze della zona di fuoriuscita. La probabilità di esplosione dipende dal fatto che si incontri o meno una potenziale area confinata e una fonte di ignizione.



Figura 2: Fenomeno TRP del GNL (test di Gaz de France, Lorient)

2.1.4. Fenomeni pericolosi

Il seguente diagramma riassume i classici scenari di incidente e i fenomeni pericolosi potenzialmente generati a seguito di un rilascio accidentale di GNL, a seconda del tipo di rilascio, dell'accensione e del livello di congestione.

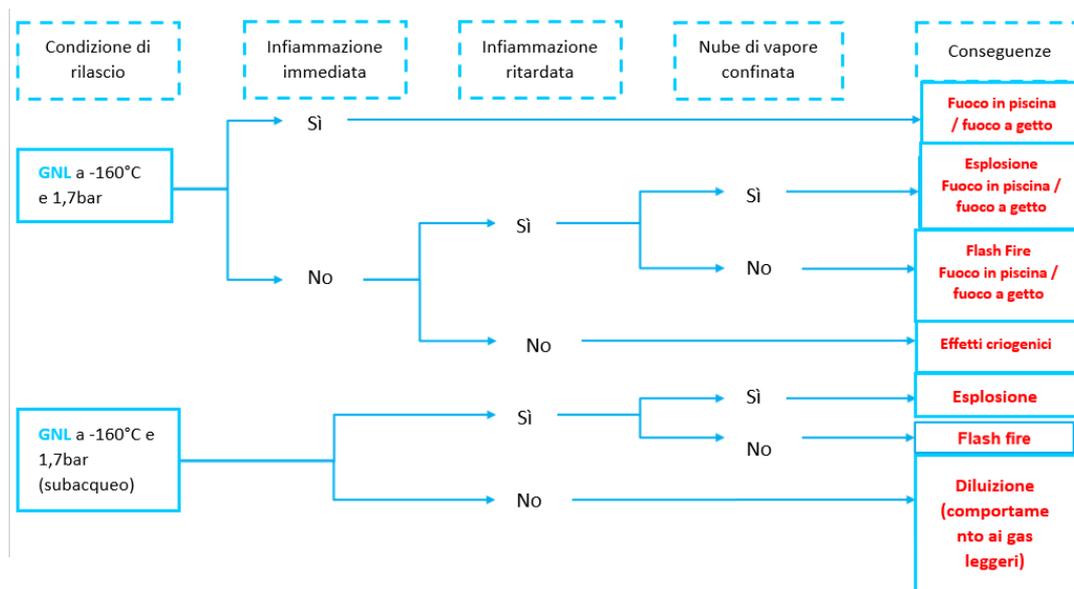


Figura 3: Fenomeni pericolosi associati al GNL

Gli impianti di GNL non sono generalmente soggetti al rischio di BLEVE (*esplosione di vapore a espansione di liquido bollente*) in quanto non sono dimensionati per resistere ad un accumulo di pressione.

Per piccoli impianti di stoccaggio a terra (o di tipo cisterna), dimensionati per resistere a pressioni interne di circa 8/9 bar, rimane possibile la possibilità di un BLEVE in caso di aumento di pressione e temperatura. Va notato, tuttavia, che il feedback dell'esperienza permette di escludere il rischio di BLEVE su serbatoi rivestiti.

2.2. Rischi connessi allo stoccaggio di GNL e alle attività di bunkeraggio

I processi che riguardano il GNL consistono principalmente in attività di stoccaggio e di bunkeraggio e/o trasferimento.

A partire da novembre 2015, la banca dati ARIA (riferimento per il feedback sugli incidenti tecnologici) elenca 13 incidenti che coinvolgono il GNL.

Tra gli eventi elencati, 3 si sono svolti in Francia. Al di là delle cause primarie degli incidenti (attacchi da parte di macchinari per l'edilizia, guasti alle attrezzature, ecc.), le carenze umane o organizzative nell'applicazione delle procedure sono spesso causa di disastri. Il rapporto dettagliato che analizza gli incidenti, le loro cause e i loro effetti è presentato nell'allegato B.

2.2.1. Rischi connessi alle attività di stoccaggio di GNL

Oltre ai pericoli associati alle caratteristiche del GNL, le attività di stoccaggio di GNL comportano rischi particolari.

Questi sono elencati nella seguente tabella. Le raccomandazioni e le buone pratiche per lo stoccaggio sono associate ad ogni causa identificata:

| Rischio | Cause probabili | Raccomandazioni |
|--|---|--|
| Trabocco di capacità | Errore di riempimento o di regolazione (pompe o errore umano) | Misure di livello e allarmi Spazio di testa minimo sopra il liquido Sistema di troppopieno |
| Aspirare il serbatoio | Variazione della pressione atmosferica Guasto alla pompa di aspirazione del liquido Mancata aspirazione del compressore evaporativo Iniezione di GNL nel cielo gassoso | Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Valvole rompivuoto Gas rompivuoto |
| Sovrapressione (serbatoio, tubazioni) | Variazione della pressione atmosferica Evaporazione per aggressione termica (incendio esterno) Spostamento del livello del liquido (guasto di riempimento o ritorno del gas dalla metaniera) Flash durante il riempimento Roll-over: fenomeno di ribaltamento dello strato (aumento improvviso della quantità di gas evaporato) | Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Misurazione della densità sul livello del liquido Prevenzione del ribaltamento o protezione del disco di rottura Protezione della valvola |
| Perdite / Rottura (serbatoio, tubazioni) | Condizioni naturali e ambientali Rischi tecnologici, aggressioni esterne (termiche, sovrapressioni o meccaniche) Difetto hardware Guasto meccanico Errore umano Usura, invecchiamento Perdita di tenuta della flangia Pericoli naturali | Bacini di ritenzione Distanze di separazione tra le apparecchiature Resistenza ai rischi naturali, compresi i terremoti Resistenza agli urti, Protezione contro i rischi di shock, Manutenzione Dimensionamento secondo le norme vigenti |

Tabella 3: Rischi legati allo stoccaggio di GNL

2.2.2. Rischi di bunkeraggio GNL

Le operazioni di bunkeraggio del GNL comportano rischi specifici oltre a quelli legati alle caratteristiche del prodotto. I rischi associati allo stoccaggio non sono qui inclusi, ma si applicano anche ad attrezzature come serbatoi e tubazioni che possono essere utilizzati per il bunkeraggio, a seconda delle tecniche utilizzate.

I rischi sono individuati nella seguente tabella. Le raccomandazioni e le buone pratiche per lo stoccaggio sono associate ad ogni causa identificata:

| Rischio | Cause probabili | Raccomandazioni |
|--|---|--|
| Perdite / Rottura del tubo flessibile | Perdita dell'ormeggio/della deriva della barca Avviare il camion Movimento creato da una nave di passaggio Guasto meccanico Errore operativo Traino Usura, invecchiamento Perdita di tenuta Meteo / Condizioni di marea | Zone di sicurezza Manutenzione Dimensionamento secondo le norme Formazione degli operatori Rilevamento Protezione antincendio Sistema di disconnessione di emergenza |
| Perdita di contenimento: serbatoio dell'autocarro | Cfr. cause in magazzino + funzionamento errato Collisione di veicoli | Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS |
| Perdita di contenimento: serbatoio della nave | Cfr. cause in deposito + Collisione di navi tra di loro / con il pontile | Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS |

Tabella 4: Rischi di bunkeraggio GNL

Va notato che nelle operazioni di bunkeraggio, il rischio di rottura del braccio di trasferimento o di rottura del tubo flessibile predomina a causa del potenziale movimento incontrollato di una capacità mobile (nave, camion).

2.3. Pericoli dall'esterno degli impianti

2.3.1. Pericoli naturali

I principali pericoli legati ai rischi naturali da considerare sono i seguenti fenomeni:

- Allagamento, che potrebbe portare all'immersione delle apparecchiature e alla generazione di perdite;
- Fulmine, potenzialmente causa di danni alle apparecchiature ma anche una potenziale fonte di accensione che potrebbe portare ad una perdita di GNL ad uno dei fenomeni pericolosi menzionati in 2.1.4;
- Il terremoto potenzialmente causa di guasti alle apparecchiature

Questi rischi naturali devono essere controllati da specifiche misure costruttive e barriere tecniche: disidratazione delle apparecchiature, protezione contro i fulmini, resistenza sismica, ecc.

Anche altre condizioni climatiche estreme (forti venti, gelo, forte calore) possono influire sull'integrità degli impianti, ma questi rischi sono generalmente presi in considerazione nel dimensionamento degli impianti e nelle regole generali di costruzione.

2.3.2. Rischi tecnologici

I potenziali rischi tecnologici (effetti termici, tossici o di sovrappressione) generati da attività vicine come il trasporto di materiali pericolosi o siti industriali (o apparecchiature vicine all'interno del sito stesso) possono generare effetti domino sugli impianti di GNL e quindi essere la causa di fenomeni pericolosi.

Nella direzione opposta, gli impianti GNL possono generare rischi per le strutture e le popolazioni vicine.

Queste potenzialità di aggressione, in una direzione o nell'altra, devono essere prese in considerazione attraverso il rispetto delle norme vigenti e delle buone pratiche, in particolare per quanto riguarda i principi di localizzazione e di spaziatura.

3. SITUAZIONE DELLE PRINCIPALI DIRETTIVE, CODICI, NORME E GUIDE SUL BUNKERAGGIO DI GNL

Le direttive, i codici, gli standard e le guide elencati di seguito forniscono indicazioni per la progettazione, il funzionamento e la manutenzione degli impianti di bunkeraggio di GNL. Le direttive e i codici internazionali definiscono un quadro ineludibile di regole da seguire. Le norme forniscono una guida all'industria per la progettazione ed il funzionamento degli impianti. Infine, le guide forniscono i criteri a sostegno degli standard.

3.1. Direttive europee

| Titolo | Data | Descrizione |
|---------------------------------|------------|--|
| Direttiva n. 2016/802/UE | 11/05/2016 | Riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi |
| Direttiva n. 2016/1629 | 14/09/2016 | Direttiva che stabilisce i requisiti tecnici per le navi adibite alla navigazione interna |
| Direttiva n. 2014/94/UE | 22/10/2014 | Realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi |
| Direttiva n. 2014/68/UE | 15/05/2014 | Attrezzature a pressione |
| Direttiva n. 2014/34/UE | 26/02/2014 | Apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva |
| Direttiva n. 2012/18/UE | 04/07/2012 | Controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose |
| Direttiva n. 2011/92/UE | 13/12/2011 | Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati |
| Direttiva n. 2008/68/CE | 24/09/2008 | Direttiva relativa al trasporto interno di merci pericolose |
| Direttiva n. 2006/42/CE | 17/05/2006 | Direttiva relativa alle macchine |

| Titolo | Data | Descrizione |
|--------------------------------|------------|--|
| Direttiva n. 2003/10/CE | 06/02/2003 | Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) |
| Direttiva n. 1999/92/CE | 16/12/1999 | Prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive |
| Accordo europeo ADR | 01/01/2019 | Accordo europeo relativo al trasporto internazionale su strada delle merci pericolose |
| Accordo europeo ADN | 29/02/2008 | Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di merci pericolose per vie navigabili interne |

Tabella 5: Elenco delle direttive europee applicabili al bunkeraggio di GNL

3.2. Codici internazionali

| Titolo | Descrizione |
|--|---|
| Convenzione MARPOL (MARitime POLLution) Allegato VI | Stabilisce i limiti di emissione per i principali inquinanti atmosferici provenienti dai gas di scarico delle navi, compresi gli ossidi di zolfo (SOx) e gli ossidi di azoto (NOx), e vieta le emissioni deliberate di sostanze che riducono lo strato di ozono. |
| Convenzione SOLAS (Safety Of Life At Sea) | Specifica le norme minime per la costruzione, l'equipaggiamento e il funzionamento delle navi, compatibili con la loro sicurezza |
| Codice IGC | Codice internazionale per la costruzione e l'equipaggiamento delle navi che trasportano gas liquefatti alla rinfusa per ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente, tenendo conto della natura dei prodotti interessati. Queste regole riguardano le disposizioni generali, i serbatoi e le relative attrezzature, la propulsione a gas, i materiali da costruzione, i sistemi di rilevamento e protezione antincendio, gli impianti elettrici, ecc., ma anche requisiti operativi e quelli relativi alla formazione del personale navigante. |
| Codice IGF | Codice internazionale per la sicurezza delle navi che utilizzano gas o altri combustibili a basso punto di infiammabilità come carburante, in modo da ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente, tenendo conto del combustibile utilizzato. Queste regole riguardano tutti gli impianti e le attrezzature del sistema di stoccaggio e fornitura di gas combustibile, nonché i requisiti operativi e quelli relativi alla formazione del personale navigante. |
| Convenzione STCW (Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarer) | Convenzione internazionale sugli standard di addestramento, abilitazione e tenuta della guardia per i marittimi |
| Codice ISPS (International Shipping and Port Security) | Codice internazionale per la sicurezza delle navi e degli impianti portuali |

| Titolo | Descrizione |
|---|----------------------------------|
| MLC (Maritime Labour Convention) | Convenzione sul lavoro marittimo |

Tabella 6: Elenco dei codici internazionali applicabili al bunkeraggio di GNL

3.3. Norme EN e ISO

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-------------------|--|------------------|--|
| NF EN 3 | Estintori portatili | Aprile 2004 | Specifica le caratteristiche, i requisiti di prestazione e i metodi di prova per gli estintori portatili. |
| NF EN 54 | Sistemi di rilevazione incendi e di allarme | Maggio 2011 | Specifica i requisiti minimi e le prove di laboratorio per garantire un livello di sicurezza per tutti i componenti dei sistemi di allarme antincendio. |
| NF EN 593 | Valvole industriali - Valvole a farfalla metalliche per impieghi generali | Dicembre 2017 | Specifica i requisiti minimi generali per le valvole a farfalla con corpo metallico per l'uso con tutti i tipi di attacchi alle estremità dei tubi e per l'uso in applicazioni di chiusura, controllo o regolazione. |
| NF EN 615 | Protezione antincendio - Mezzi di estinzione - Requisiti per le polveri (diverse dalle polveri di classe D) | Luglio 2009 | Definisce i requisiti per le proprietà fisiche e chimiche e le prestazioni minime, determinate da metodi di prova, delle polveri estinguenti per l'uso nella lotta contro gli incendi di classe A, B e C. |
| NF EN 671 | Impianti fissi antincendio - Sistemi dotati di tubi flessibili | Giugno 2012 | Prescrive i requisiti e i metodi di prova per la fabbricazione e le prestazioni degli idranti rinforzati dotati di manichette semirigide, destinati ad essere installati in edifici collegati in modo permanente ad una rete idrica, per l'uso da parte degli occupanti. |
| NF EN 694 | Manichette antincendio - Manichette semirigide per impianti fissi | Settembre 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per le manichette antincendio semirigide destinate ai sistemi fissi. |
| NF EN 1028 | Pompe antincendio - Pompe centrifughe con dispositivo di adescamento per l'antincendio | Settembre 2008 | Riguarda fenomeni pericolosi significativi, situazioni ed eventi pericolosi durante la messa in servizio, il funzionamento e la manutenzione delle pompe centrifughe antincendio con dispositivo di adescamento. |
| NF EN 1127 | Atmosfere esplosive - Prevenzione delle esplosioni e protezione dalle esplosioni | Agosto 2019 | Specifica i metodi per identificare e valutare le situazioni pericolose che portano all'esplosione, nonché le misure di progettazione e costruzione appropriate per la sicurezza richiesta. |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|--------------------|---|---------------|---|
| NF EN 1473 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione di impianti onshore | Febbraio 2017 | Questa norma si applica agli impianti di GNL onshore con una capacità di stoccaggio di GNL superiore a 200t e stoccaggio di GNL ad una pressione inferiore a 0,5 barg. Fornisce le linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione di impianti di GNL onshore. |
| NF EN 1474-2 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione e prove di sistemi di trasferimento in mare - Parte 2: Progettazione e prove di tubi flessibili di trasferimento | Febbraio 2009 | Fornisce delle linee guida generali sulla progettazione, la scelta dei materiali, la qualificazione, la certificazione e i dettagli delle prove per i flessibili di trasferimento del gas naturale liquefatto (GNL) destinati al trasferimento offshore o agli impianti costieri esposti alle intemperie. |
| NF EN 1474-3 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione e prove di sistemi di trasferimento in mare - Parte 3: Sistemi di trasferimento offshore | Gennaio 2009 | Questa norma europea fornisce le linee guida per la progettazione di sistemi di trasferimento di gas naturale liquefatto (GNL) per l'uso in impianti di trasferimento offshore o in impianti costieri esposti alle intemperie. |
| NF EN 1568 | Agenti estinguenti - Schiumogeni | Febbraio 2018 | Specifica le proprietà chimiche, fisiche e i requisiti minimi di prestazione per schiumogeni a media espansione adatti all'applicazione sulla superficie di liquidi non affini all'acqua. |
| NF EN 1797 | Recipienti criogenici - Compatibilità tra gas e materiali | Novembre 2001 | Specifica i requisiti di compatibilità tra gas e materiali per i recipienti criogenici. |
| NF EN 1866 | Estintori mobili | Novembre 2007 | Specifica le regole di progettazione, le prove di tipo, i controlli di fabbricazione, le camere tipo e la classificazione degli estintori mobili e i metodi di prova da utilizzare. |
| NF EN 1947 | Manichette antincendio - Manichette semirigide e flessibili per pompe e veicoli | Agosto 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per i flessibili semirigidi installati su veicoli antincendio e sulle motopompe trainabili. |
| NF EN 1983 | Valvole industriali - Valvole a corpo centrale rotante in acciaio | Ottobre 2013 | Prescrive le specifiche per le valvole a corpo centrale rotante industriali in acciaio con estremità flangiate, filettate, a infilare e a saldare o a saldare in testa. |
| EN 1990 Eurocode 0 | Basi per il calcolo delle strutture | Marzo 2003 | Definisce principi e requisiti per la sicurezza, l'idoneità al servizio e la durata delle strutture, descrive le basi per il loro dimensionamento e verifica e fornisce linee guida per i relativi aspetti di affidabilità strutturale. |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|--------------------------|--|-------------------|---|
| EN 1991 Eurocode 1 | Azioni sulle strutture | Marzo 2003 | Definisce i principi generali di calcolo e di carico delle strutture da costruire. |
| EN 1992 Eurocode 2 | Calcolo delle strutture in calcestruzzo | Ottobre 2005 | Definisce i principi generali di calcolo di strutture in calcestruzzo |
| EN 1993 Eurocode 3 | Calcolo di strutture in acciaio | Ottobre 2005 | Definisce i requisiti di resistenza, idoneità al servizio, durata e resistenza al fuoco delle strutture in acciaio |
| EN 1994 Eurocode 4 | Calcolo di strutture miste acciaio-calcestruzzo | Giugno 2005 | Definisce gli elementi e le strutture miste per gli edifici e le opere di ingegneria civile |
| EN 1995 Eurocode 5 | Calcolo di strutture in legno | Novembre 2005 | Definisce i calcoli per gli edifici e le opere di ingegneria civile in legno o pannelli a base di legno assemblati con collanti o componenti meccanici |
| EN 1996 Eurocode 6 | Calcolo di opere murarie | Marzo 2013 | Riguarda i requisiti di resistenza, servizio e durata delle strutture |
| EN 1997 Eurocode 7 | Calcolo geotecnico | Giugno 2005 | Riguarda gli aspetti geotecnici del calcolo di edifici e strutture di ingegneria civile |
| EN 1998 Eurocode 8 | Progettazione e dimensionamento di strutture per la resistenza sismica | Settembre 2005 | Riguarda il dimensionamento e la costruzione di edifici e strutture di ingegneria civile in zona sismica |
| EN 1999 Eurocode 9 | Calcolo di strutture in lega di alluminio | Agosto 2007 | Fornisce le regole di calcolo di base per le strutture in lega di alluminio termosaldato e raccomandazioni limitate per le leghe di colata |
| NF EN ISO 4126 | Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le pressioni eccessive | Settembre 2013 | Specifica i requisiti generali delle valvole di sicurezza, indipendentemente dal fluido per cui sono progettate |
| NF EN ISO 5167 | Misura della portata di fluidi mediante dispositivi di depressione inseriti in tubi sotto carico a sezione circolare | Giugno 2003 | Definisce i requisiti in termini di misura di portata di fluidi mediante dispositivi di depressione |
| NF EN ISO 5199 | Specifiche tecniche per pompe centrifughe - Classe II | Marzo 2002 | Specifica i requisiti per le pompe centrifughe monostadio o multistadio di classe II, di costruzione orizzontale o verticale |
| NF EN ISO 6974 | Gas naturale - Determinazione della composizione e dell'incertezza associata mediante gascromatografia | Agosto 2012 | Fornisce metodi per il calcolo delle frazioni molari dei componenti del gas naturale e specifica i requisiti di elaborazione dei dati per la determinazione delle frazioni molari dei componenti. |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|--|---------------|---|
| NF EN ISO 6976 | Gas naturale - Calcolo del potere calorifico, della massa volumica, della densità relativa e degli indici di Wobbe a partire dalla composizione | Giugno 2017 | Descrive i metodi per il calcolo del potere calorifico superiore e inferiore, della massa volumica, della densità relativa, degli indici di Wobbe superiore e inferiore di gas naturali, di sostituti del gas naturale e di altri combustibili gassosi, dove è nota la composizione del gas per frazione molare |
| ISO 8943 | Idrocarburi liquidi leggeri refrigerati. Campionamento di gas naturale liquefatto. Metodo continuo e intermittente | Marzo 2008 | Prescrive un metodo per il campionamento continuo e un metodo per il campionamento intermittente del GNL mentre viene trasferito attraverso una tubazione di trasferimento di GNL |
| ISO 10976 | Idrocarburi leggeri refrigerati - Misurazione dei carichi a bordo di metaniere | Dicembre 2015 | Stabilisce tutte le fasi necessarie per misurare la quantità di carico di una metaniera |
| NF EN ISO 11064 | Progettazione ergonomica dei centri di controllo | Giugno 2006 | Definisce i requisiti, le raccomandazioni e le linee guida per la valutazione dei vari elementi dei centri di controllo |
| NF EN 12065 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Test di schiumogeni per la produzione di schiume ad alta e media espansione e polveri estinguenti per l'uso su incendi di gas naturale liquefatto | Dicembre 1997 | Prescrive i test da effettuare per valutare l'idoneità all'uso di schiumogeni utilizzati per la produzione di schiuma ad espansione medio-alta e di polveri estinguenti |
| NF EN 12066 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Prova dei rivestimenti isolanti dei serbatoi di stoccaggio di gas naturale liquefatto | Dicembre 1997 | Specifica le prove da effettuare per valutare l'idoneità all'uso dei rivestimenti isolanti dei serbatoi di stoccaggio di GNL |
| NF EN 12077 | Sicurezza delle apparecchiature di movimentazione a carico sospeso | Giugno 2008 | Specifica i requisiti generali per i dispositivi di limitazione e di indicazione installati su apparecchiature di movimentazione a carico sospeso motorizzate |
| NF EN 12094 | Impianti fissi antincendio - Componenti per impianti di estinzione a gas | Ottobre 2003 | Specifica i requisiti e i metodi di prova per i dispositivi elettrici automatici di controllo e di temporizzazione |
| NF EN 12259 | Impianti fissi antincendio - Componenti di impianti a sprinkler e a spruzzo d'acqua | Aprile 2006 | Specifica i requisiti di produzione e le prestazioni dei sistemi di valvole di allarme idraulico e dei limitatori di pressione o sovrappressione utilizzati negli impianti antincendio automatici a sprinkler |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-------------|--|----------------|--|
| NF EN 12266 | Valvole industriali - Prove di valvolame metallico | Maggio 2012 | Specifica i requisiti di prova obbligatori, le procedure di prova e i criteri di accettazione per le prove di produzione delle valvole industriali in materiali metallici |
| NF EN 12499 | Protezione catodica interna delle strutture metalliche | Maggio 2003 | Specifica le strutture, i metalli e le superfici che possono essere protette contro la corrosione mediante l'applicazione di una protezione catodica interna |
| NF EN 12627 | Valvole industriali - Terminali a saldare in testa per valvolame in acciaio | Novembre 2017 | Specifica le dimensioni dei terminali a saldare in testa per valvolame in acciaio da DN 8 a DN 1400 progettato per la saldatura di testa su tubi standard |
| NF EN 12644 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Informazioni per l'uso e i test | Settembre 2008 | Fornisce informazioni per l'uso e il collaudo di apparecchiature di movimentazione |
| NF EN 12838 | Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Prova di idoneità dei sistemi di campionamento del GNL | Luglio 2000 | Specifica le prove da effettuare per valutare l'idoneità all'uso dei sistemi di campionamento del GNL |
| NF EN 12845 | Impianti fissi antincendio - Impianti antincendio automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione | Luglio 2015 | Specifica i requisiti e fornisce raccomandazioni per la progettazione, l'installazione e la manutenzione di impianti antincendio fissi di tipo sprinkler negli edifici e negli impianti industriali e specifica i requisiti speciali per gli impianti antincendio di tipo sprinkler come parte integrante delle misure di protezione delle persone |
| NF EN 12954 | Principi generali della protezione catodica delle strutture metalliche a terra interrate o immerse | Agosto 2019 | Descrive i principi generali che regolano l'implementazione e la gestione di un sistema di protezione catodica per la protezione dalla corrosione di strutture interrate o a contatto con il suolo, le acque dolci superficiali o sotterranee, che siano o meno sotto l'influenza di fonti elettriche esterne |
| NF EN 12982 | Valvole industriali - Dimensioni da estremità a estremità e da estremità ad asse di valvolame a saldare in testa | Ottobre 2009 | Specifica le dimensioni da estremità a estremità e da estremità ad asse di valvolame a saldare in testa |
| NF EN 13001 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Progettazione generale | Luglio 2015 | Specifica le condizioni e i requisiti di progettazione per la prevenzione dei rischi meccanici associati alle apparecchiature di movimentazione a carico sospeso |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|---|---------------|--|
| NF EN 13135 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Sicurezza - Progettazione - Requisiti dell'attrezzatura | Maggio 2018 | Specifica i requisiti per la progettazione e la scelta di apparecchiature elettriche, meccaniche, idrauliche e pneumatiche utilizzate per tutti i tipi di dispositivi di movimentazione a carico sospeso |
| NF EN 13157 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Sicurezza - Apparecchiature di movimentazione a braccio | Ottobre 2009 | Stabilisce i requisiti per le seguenti apparecchiature di movimentazione a braccio |
| ISO 13443 | Gas naturale - Condizioni di riferimento standard | Dicembre 1996 | Prescrive le condizioni di riferimento standard per temperatura, pressione e umidità da utilizzare per le misure e i calcoli di gas naturali, sostituti del gas naturale e fluidi analoghi |
| NF EN 13445 | Recipienti a pressione non esposti a fiamma | Dicembre 2014 | Definisce le regole per la progettazione, la fabbricazione e l'ispezione dei recipienti a pressione |
| NF EN 13458 | Recipienti criogenici - Recipienti fissi, isolati sotto vuoto | Aprile 2003 | Specifica i requisiti per la progettazione, la fabbricazione, il controllo e il collaudo di recipienti criogenici fissi, isolati sotto vuoto, progettati per una pressione massima consentita superiore a 0,5 bar |
| NF EN 13480 | Tubazioni industriali in metallo | Dicembre 2017 | Definisce i criteri generali per la progettazione e il calcolo delle reti di tubazioni industriali metalliche |
| NF EN 13565 | Impianti fissi antincendio - Sistemi a schiumogeno | Ottobre 2018 | Specifica i requisiti e descrive i metodi per la il calcolo, l'installazione, le prove e la manutenzione di sistemi schiumogeni antincendio a espansione bassa, media e alta |
| NF EN 13645 | Progettazione di impianti a terra con una capacità di stoccaggio compresa tra 5t e 200t | Febbraio 2002 | Questa norma elenca i requisiti minimi per la progettazione di impianti di GNL a terra con una capacità totale di stoccaggio compresa tra 5t e 200t. Tratta in particolare dei requisiti in termini di impatto ambientale, delle misure di sicurezza da attuare, della progettazione dei serbatoi e della disposizione generale degli impianti |
| NF EN 13648 | Recipienti criogenici - Dispositivi di protezione contro la sovrappressione | Febbraio 2009 | Specifica i requisiti per la progettazione, la produzione e le prove delle valvole di sicurezza criogeniche |
| NF EN ISO 13709 | Pompe centrifughe per l'industria petrolifera, petrolchimica e del gas naturale | Febbraio 2010 | Specifica i requisiti per le pompe centrifughe |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|---|---------------|---|
| NF EN ISO 13766 | Tubi e flessibili termoplastici multistrato (non vulcanizzati) utilizzati per lo svasso di gas di petrolio liquefatto e di gas naturale liquefatto - Specifica | Dicembre 2018 | Specifica i requisiti per due tipi di tubi e flessibili termoplastici multistrato (non vulcanizzati) utilizzati per lo svasso di gas di petrolio liquefatto e di gas naturale liquefatto |
| NF EN 14339 | Bocchette antincendio sotterranee | Febbraio 2006 | Fornisce i requisiti, i metodi di prova e le marcature per le seguenti bocchette antincendio sotterranee |
| NF EN 14384 | Idranti | Febbraio 2006 | Fornisce i requisiti minimi per gli idranti antincendio |
| NF EN 14492 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Argani e paranchi motorizzati | Novembre 2009 | Definisce la progettazione e fornisce informazioni per l'uso, la manutenzione e le prove degli argani motorizzati |
| NF EN 14540 | Manichette antincendio - Tubi schiacciabili a tenuta stagna per impianti fissi | Agosto 2014 | Specifica i requisiti e i metodi di prova applicabili ai tubi schiacciabili a tenuta stagna destinati a sistemi fissi |
| NF EN 14620 | Progettazione e produzione di serbatoi in acciaio a fondo piatto, verticali, cilindrici, costruiti in sito, per lo stoccaggio di gas refrigerati e liquefatti con temperature di esercizio comprese tra 0°C e -165°C | Dicembre 2006 | Questa norma si applica ai serbatoi per GNL di tipo fuori terra a contenimento totale e ai serbatoi a membrana. Fornisce la descrizione dei serbatoi, specifica i requisiti di materiale dei componenti metallici, dell'involucro esterno in calcestruzzo, dell'isolamento e delle operazioni relative alle prove, all'essiccazione, all'inertizzazione e al raffreddamento del serbatoio |
| NF EN 14710 | Pompe antincendio - Pompe centrifughe antincendio senza dispositivo di adescamento | Febbraio 2009 | Definisce i requisiti in termini di progettazione, utilizzo e manutenzione delle pompe centrifughe antincendio |
| NF EN 14972 | Impianti fissi antincendio - Sistemi ad acqua nebulizzata | Marzo 2019 | Definisce i requisiti in termini di progettazione, utilizzo e manutenzione dei sistemi ad acqua nebulizzata |
| NF EN 14985 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Gru con braccio girevole | Maggio 2012 | Fornisce i requisiti relativi a tutti i fenomeni, le situazioni e gli eventi pericolosi |
| NF EN 15004 | Impianti fissi antincendio - Impianti di estinzione a gas | Marzo 2019 | Specifica i requisiti e fornisce raccomandazioni per la progettazione, l'installazione, le prove, la manutenzione e la sicurezza dei sistemi di estinzione a gas in edifici, impianti e altre strutture |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|---|----------------|---|
| NF EN 15011 | Apparecchiature di movimentazione a carico sospeso - Carriponte e gru a portale | Aprile 2014 | Riguarda tutti i fenomeni, le situazioni e gli eventi pericolosi significativi legati a carriponte e gru a portale |
| ISO/DTS 16901 | Linee guida per la valutazione del rischio nella progettazione di impianti GNL a terra, compresa l'interfaccia terra/nave | Marzo 2015 | Fornisce linee guida per la valutazione del rischio nella progettazione di impianti di GNL a terra |
| NF EN ISO 16903 | Petrolio e industrie del gas naturale - Caratteristiche del GNL che influenzano la progettazione e la selezione dei materiali | Settembre 2015 | Fornisce una guida sulle caratteristiche del gas naturale liquefatto (GNL) e sui materiali criogenici utilizzati nell'industria del GNL |
| NF EN ISO 16904 | Industrie del petrolio e del gas naturale - Progettazione e prove di bracci di trasferimento GNL presso terminal onshore convenzionali | Febbraio 2016 | Specifica le regole di progettazione, le specifiche minime di sicurezza e le procedure di controllo e di prova per i bracci di trasferimento marini del gas naturale liquefatto (GNL) per l'uso nei terminal onshore convenzionali |
| ISO/TR 17177 | Petrolio e industrie del gas naturale - Linee guida per le interfacce di terminali GNL ibridi | Aprile 2015 | Fornisce una guida per l'installazione e il funzionamento all'interfaccia nave/terminal e nave/nave per gli impianti ibridi galleggianti e i terminali GNL per i quali non si applica la descrizione convenzionale di terminale GNL della norma ISO 28460 |
| ISO 17776 | Industrie petrolifere e del gas naturale - Strutture delle piattaforme offshore - Linee guida sugli strumenti e le tecniche per l'identificazione e la valutazione dei rischi | Dicembre 2016 | Fornisce linee guida sugli strumenti e le tecniche per l'identificazione e la valutazione del rischio |
| ISO 18132 | Idrocarburi leggeri refrigerati - Requisiti generali per indicatori di livello automatici - Parte 1: Manometri a bordo di navi che trasportano gas liquefatti | Gennaio 2006 | Specifica le misure di misura della portata a bordo di navi che trasportano GNL |
| ISO/TS 18683 | Linee guida per i sistemi e gli impianti di distribuzione di gas naturale liquido come combustibile per le navi | Gennaio 2015 | Fornisce linee guida per la distribuzione di gas naturale liquido come combustibile marino |

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------------|--|----------------|---|
| EN ISO 20088 | Determinazione della resistenza dei materiali di isolamento termico a seguito di raffreddamento criogenico | Novembre 2018 | Riguarda gli scenari di emissione criogenica che possono portare a trafiletti per gli acciai criogenicamente protetti |
| EN ISO 20519 | Navi e tecnologia marittima - Specifiche per il bunkeraggio di navi alimentate a gas naturale liquefatto | Febbraio 2017 | Stabilisce i requisiti per le apparecchiature e i sistemi di trasferimento di GNL utilizzati per il bunkeraggio delle navi alimentate a GNL, che non sono trattati dal Codice IGC |
| NF EN ISO 21012 | Recipienti criogenici - Tubi flessibili | | Definisce i requisiti di progettazione, tipo e test di produzione nonché di marcatura per i tubi flessibili criogenici flessibili non isolati utilizzati per il passaggio di fluidi criogenici |
| NF EN ISO 24490 | Recipienti criogenici - Pompe per servizio criogenico | Giugno 2016 | Specifica i requisiti minimi per la progettazione, la produzione e le prove delle pompe per il servizio criogenico |
| ISO 23251 | Industrie petrolifere, petrolchimiche e del gas naturale - Sistemi di depressurizzazione e protezione da sovrappressione | Settembre 2006 | Specifica i requisiti e fornisce linee guida per l'indagine delle principali cause di sovrappressione, la determinazione delle singole portate di scarico, la selezione e la progettazione di sistemi di sfianto |
| ISO 28460 | Industrie petrolifere e del gas naturale - Impianti e attrezzature per il gas naturale liquefatto - Interfaccia terra-nave e operazioni portuali | Dicembre 2010 | Specifica i requisiti per le navi, i terminali e i fornitori di servizi portuali per garantire il transito sicuro di una metaniera nell'area portuale e il trasferimento sicuro ed efficiente del suo carico |
| ISO 31000 | Gestione del rischio - Linee guida | 2018 | Fornisce principi, un quadro di riferimento e linee guida per la gestione di tutte le forme di rischio. |
| NF EN 60073 | Principi di base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Principi di codifica per indicatori e organi di controllo | Maggio 2003 | Stabilisce regole generali per l'attribuzione di un particolare significato a determinate indicazioni visive, acustiche e tattili al fine di aumentare la sicurezza delle persone, dei beni e/o dell'ambiente |
| NF EN IEC 60079 | Atmosfere esplosive | Luglio 2018 | Specifica i requisiti generali per la costruzione, le prove e la marcatura di strumenti e componenti Ex per l'impiego in atmosfere esplosive |
| NF EN 62040 | Alimentazione ininterrotta | Febbraio 2009 | Definisce i requisiti e le regole di sicurezza per i gruppi di continuità |

Tabella 7: Elenco delle norme EN e ISO applicabili al bunkeraggio di GNL

3.4. Norme API

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|--|-----------|--|
| API 520 | Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries; | 2015 | Specifica i metodi di installazione delle valvole |
| API 521 | Pressure-relieving and Depressuring Systems | 2014 | Specifica i metodi di dimensionamento delle valvole |
| API 526 | Flanged Steel Pressure Relief Valves | 2017 | Fornisce le specifiche per la fornitura di valvole |
| API 537 | Flare Details for General Refinery and Petrochemical Service | 2017 | Specifica i componenti di una torcia |
| API 610 | Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries | 2010 | Fornisce le specifiche per le pompe centrifughe |
| API 617 | Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors | 2014 | Fornisce specifiche per compressori centrifughi e assiali |
| API 618 | Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services | 2007 | Fornisce specifiche per compressori a pistone |
| API 620 | Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks | 2013 | Fornisce le specifiche per il dimensionamento e la costruzione di serbatoi di tipo fuori terra |
| API 660 | Shell-and-Tube Heat Exchangers | 2015 | Fornisce le specifiche per la progettazione e la costruzione di scambiatori tubo calandra |

Tabella 8: Elenco delle norme API applicabili al bunkeraggio di GNL

3.5. Norme NFPA – National Fire Protection Association

| Referenza | Titolo | Revisione | Descrizione |
|-----------|---|-----------|---|
| NFPA 22 | Standard for Water Tanks for Private Fire Protection | 2018 | Specifica il dimensionamento, la costruzione e l'installazione di serbatoi d'acqua antincendio |
| NFPA 59A | Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) | 2019 | Specifica i requisiti minimi in termini di lotta antincendio e di sicurezza sugli impianti GNL |
| NFPA 307 | Standard for the Construction and Fire Protection of Marine Terminals, Piers, and Wharves | 2021 | Stabilisce i requisiti per la protezione contro la perdita di vite umane e i danni alle cose causati da incendi ed esplosioni in terminali marini, pontili e banchine |

Tabella 9: Elenco delle norme NFPA applicabili al bunkeraggio di GNL

3.6. Guide

| Ente | Titolo | Descrizione |
|----------------|---|---|
| IACS | IACS Rec 142 - LNG Bunkering Guidelines | Fornisce raccomandazioni sulle responsabilità, le procedure e le attrezzature necessarie per le operazioni di bunkeraggio di GNL |
| DNV | DNVGL-RP-G105 Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities | Fornisce raccomandazioni per garantire la sicurezza del personale, delle strutture e dell'ambiente durante la progettazione e il funzionamento degli impianti di bunkeraggio di GNL |
| Bureau Veritas | Guidelines on LNG bunkering | Fornisce raccomandazioni per ottenere permessi dalle amministrazioni |
| SGMF | SGMF Contractual Guidelines - Quantity and Quality | Fornisce raccomandazioni per la misurazione della quantità e della qualità trasferita durante il bunkeraggio di GNL |
| SGMF | Safety Guidelines - Bunkering Version | Fornisce raccomandazioni per garantire la sicurezza delle operazioni di bunkeraggio |
| SGMF | Simultaneous Operations (SIMOPs) during LNG Bunkering | Fornisce raccomandazioni per l'esecuzione di operazioni sulla nave durante il bunkeraggio di GNL |
| SGMF | Manifold arrangements for gas-fuelled vessels | Fornisce raccomandazioni per organizzare il collegamento GNL a bordo delle navi alimentate a GNL |
| SGMF | Recommendations for linked emergency shutdown (ESD) arrangements for LNG bunkering | Fornisce raccomandazioni per l'implementazione del sistema di arresto di emergenza durante il trasferimento di GNL |
| ABS | LNG Bunkering: Technical and Operational Advisory | Fornisce raccomandazioni sul bunkeraggio delle navi in GNL |

Tabella 10: Elenco delle guide applicabili al bunkeraggio di GNL

4. BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI E DEGLI IMPATTI

I paragrafi seguenti forniscono i principi generali di sicurezza e le raccomandazioni da applicare per ridurre al meglio i rischi e gli impatti del GNL definiti in precedenza, attraverso i principali principi di localizzazione, le disposizioni generali di sicurezza, le disposizioni di costruzione, le barriere tecniche e le misure organizzative.

Queste raccomandazioni sono riassunte e tratte dalla bibliografia elencata al §3.

4.1. Principali principi di attuazione

I regolamenti e i documenti di riferimento (norme, ecc.) forniscono informazioni sui principi di progettazione degli impianti.

L'installazione dei serbatoi di stoccaggio di GNL deve soddisfare 3 requisiti principali:

- Limitare gli effetti domino tra i diversi impianti di GNL;
- Limitare l'impatto sul personale e sui locali amministrativi (sala di controllo, officina di manutenzione);
- Limitare gli impatti al di fuori del sito.

Da un lato, le norme ICPE per lo stoccaggio di GNL definiscono le distanze e le distanze di separazione tra gli impianti e i confini del sito o tra gli impianti. La tabella seguente riporta queste distanze dai decreti standard secondo gli impianti GNL:

| Attività | Quadro normativo | Testi normativi associati | Vincoli di attuazione |
|--|--|---------------------------|--|
| Stoccaggio di GNL: Stoccaggio in serbatoi onshore | Voce ICPE 4718 Gas liquefatti infiammabili della categoria 1 e 2 Paragrafo 2, altre strutture Regime di dichiarazione se la quantità è compresa tra 6 e 50 t | Ordinanza del 23/08/2005 | <p>Distanze minime tra l'area di stoccaggio e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confini del sito: 15 m ; - Un'altra area di stoccaggio: 10 m ; - Le pareti di un apparecchio per la distribuzione di liquidi o gas infiammabili, un ERP di categoria 5, un deposito di materiali infiammabili, combustibili o ossidanti, le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m; <p>E, se la capacità di stoccaggio è > 6 t e i recipienti a pressione sono trasportabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le pareti di un apparecchio per la distribuzione di liquidi o gas infiammabili, lo stoccaggio di materiali infiammabili, combustibili o ossidanti: 10 m ; - Un ERP di categoria 5, le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m. |
| | | Ordinanza del 07/01/2003 | <p>Distanze minime tra il dispositivo di dosaggio o di riempimento e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A categoria 1 a 4 ERP: 17 m; - A categoria 5 ERP: 5 m; - Un edificio abitato o occupato da terzi: 17 m ; - Le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 5 m. <p>Distanze minime tra lo stoccaggio di GNL e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stoccaggio di altri combustibili: 6 m; - Un distributore di carburante: 5 m; - L'apertura di un edificio: 3 m <p>Distanza minima tra un compressore e l'apertura di un edificio: 3 m.</p> |

| Attività | Quadro normativo | Testi normativi associati | Vincoli di attuazione |
|--|--|--|---|
| Bunkeraggio GNL: Carico su nave GNL | Voce ICPE 1414 Installazione per il riempimento o la distribuzione di gas infiammabili liquefatti Paragrafo 3, Impianti di riempimento per serbatoi che alimentano motori o altre apparecchiature dell'utente con dispositivi di sicurezza (manometri e valvole) | Regime di segnalazione: Ordinanza del lunedì 30 agosto 2010 | Distanze minime tra le pareti dell'apparato di distribuzione nautica e: - A categoria 1 a 4 ERP: 20 m; - A categoria 5 ERP: 10 m ; - Linee di proprietà: 13 m ; - Un canale pubblico di comunicazione: 7 m; - Le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici: 7 m; - Altre attrezzature per la distribuzione di idrocarburi liquidi: 7 m; - Stoccaggio di recipienti a pressione trasportabili: 10 m ; - Stoccaggio aereo di idrocarburi liquidi: 13 m. |
| Alimentazione elettrica dei generatori tramite metaniera per l'elettrificazione delle navi in banchina | Voce ICPE 2910 Combustione Regime di segnalazione se la potenza è compresa tra 1 e 20 MW | Ordinanza del 3 agosto 2018 - dichiarazione | Distanze minime tra le pareti dell'apparecchio di combustione e: - Confini di proprietà, un ERP di classe da 1 a 4, un edificio o una via: 10 m ; - Installazioni che utilizzano materiali combustibili o infiammabili: 10 m |
| | Voce ICPE 2910 Combustione Regime di registrazione se la potenza è compresa tra 20 e 50 MW | Ordine del 3 agosto 2018 - registrazione | Distanze minime tra le pareti dell'apparecchio di combustione e: - Confini di proprietà, un ERP di classe da 1 a 4, un edificio o una via: 20 m ; - Installazioni che utilizzano materiali combustibili o infiammabili: 10 m |

Tabella 11: Vincoli di attuazione delle attività di GNL

Sul terreno scelto per la realizzazione di un progetto, sarà necessario rispettare le distanze indicate nelle regole di attuazione dei decreti normativi standard, **o determinate da analisi di rischio, soprattutto se l'installazione è soggetta ad autorizzazione.** Tuttavia, alcune attività non sono ancora regolamentate e non rientrano nel quadro dei decreti modello.

Infatti, e in particolare per le attività di bunkeraggio, per le quali il quadro normativo è attualmente in fase di adeguamento per il GNL, la buona pratica consiste nel seguire le seguenti fasi per determinare l'attuazione di un progetto:

- Identificare le aree di potenziale impianto disponibili e favorevoli, in base alle caratteristiche territoriali, normative e ambientali dell'area di studio;
- Effettuare un'analisi preliminare dei rischi per ottenere una valutazione iniziale del rischio;
- Effettuare un'analisi dettagliata dei rischi su scenari rappresentativi e principali del progetto, che vengono mantenuti nell'analisi preliminare. Questa analisi deve includere **la modellizzazione dei fenomeni pericolosi per la determinazione dell'estensione della zona di sicurezza**. La zona di sicurezza è definita come l'area all'interno della distanza dal limite inferiore di infiammabilità determinato per il massimo rilascio plausibile. Effettuando modelli rappresentativi dei fenomeni pericolosi durante l'analisi dettagliata dei rischi, è possibile definire le zone di sicurezza; questa definizione è il criterio principale per la scelta dell'area di ubicazione;
- A seguito delle analisi dei rischi è quindi possibile convalidare una determinata zona.

D'altra parte (in caso di mancata applicazione del regolamento ICPE alle attività), le guide specificano anche **le distanze minime tra i serbatoi**:

- EN 1473: "Lo spazio tra due serbatoi deve essere di almeno mezzo diametro del recinto secondario del serbatoio più grande;
- NFPA 59: "Un quarto della somma dei diametri dei serbatoi adiacenti (con un minimo di 1,5 m);
- CSA Z276: Per i serbatoi a doppia integrità o a pieno contenimento, "la distanza di sicurezza non deve essere inferiore alla metà del diametro del serbatoio più grande".

E altre **distanze minime tra i serbatoi e le linee di proprietà**:

- NFPA 59 e CSA Z276: "Occorre rispettare una distanza minima tra i bordi del bacino o del sistema di drenaggio e i limiti di un lotto di edifici:
 - A partire da 23 m per lo stoccaggio (capacità cumulativa) inferiore a 265 m³;
 - 0,7 volte il diametro del serbatoio con un minimo di 30 m se la capacità cumulativa è superiore a 265 m³."

Infine, le guide dedicate alle operazioni di trasferimento con bracci di carico non prescrivono distanze di sicurezza, ma danno regole per la progettazione e la spaziatura tra ogni braccio di trasferimento:

- NF EN 1474: "Autorizzazioni minime di almeno:
 - 0,15 m tra qualsiasi parte del braccio in uso e un braccio in posizione di stoccaggio;
 - 0,3 m tra qualsiasi parte di un braccio in servizio e qualsiasi struttura adiacente, attrezzatura, tubazioni ...
 - 0,3 m tra le parti adiacenti dei bracci di servizio.

Le deviazioni devono essere prese in considerazione".

- OCIMF: "Le separazioni minime richieste per quanto riguarda la spaziatura tra ogni braccio (0,3 m) e tra i bracci e le attrezzature adiacenti (0,15 m). Le deviazioni devono essere prese in considerazione".

4.2. Principali principi di sicurezza

I principi di sicurezza sono descritti qui di seguito e dettagliati per quanto riguarda la loro applicazione tecnica per le attività di GNL nel paragrafo seguente.

Le misure preventive, volte a ridurre la probabilità che si verifichino dei rischi, sono le seguenti:

- La disposizione dell'impianto secondo le normative vigenti, le specifiche di progetto, le regole e le buone pratiche riconosciute (guide, assicuratori, ecc.);
- Il rispetto delle distanze di sicurezza tra gli impianti o, in mancanza, l'installazione di opportune separazioni per ridurre i rischi di propagazione del fuoco e di effetti domino (pareti tagliafuoco, ecc.);
- Separazione di materiali infiammabili/esplosivi e combustibili;
- Limitazione delle fonti di ignizione, nonché la suddivisione in zone ATEX e l'uso di apparecchiature elettriche appropriate, la ventilazione dei locali e la rilevazione di gas e incendi;
- Limitazione del traffico nelle aree operative, protezione meccanica e gestione delle operazioni simultanee (SIMOP);
- Tenendo conto dei rischi legati alla perdita di utilizzo (energia, fluidi, ecc.);
- La prevenzione del rischio di errore umano attraverso disposizioni quali la formazione, l'ergonomia degli impianti e delle postazioni di lavoro, un sistema di gestione della sicurezza, ecc;
- Manutenzione preventiva degli impianti e loro ispezione per prevenire il rischio di danni alle apparecchiature.

Le misure di protezione per mitigare le conseguenze/ridurre la gravità dei rischi per le persone, l'ambiente e le proprietà sono le seguenti:

- Limitazione delle fonti di accensione;
- Limitazione delle quantità di prodotti pericolosi immagazzinati e manipolati;
- Limitazione dei volumi potenzialmente fuoriusciti e della durata delle perdite controllando i dispositivi di isolamento a rilevamenti appropriati, sistemi di arresto di emergenza, sistemi di scollegamento di emergenza, sistemi di decompressione/depressione, ecc;
- La limitazione delle superfici di spandimento e il contenimento di liquidi infiammabili e prodotti pericolosi (bacini di ritenzione, grondaie, aree di manipolazione sigillate, sistemi di drenaggio ecc);
- L'installazione di sistemi automatici e di attrezzature manuali per la lotta antincendio (rete antincendio, approvvigionamento idrico, idranti, pistole a polvere, cortine d'acqua, camion dei pompieri, estintori, etc.) e protezione passiva (rivestimenti ignifughi);
- Il dispiegamento di piani di emergenza, compresa l'installazione di mezzi di avvertimento e di vie di evacuazione.

4.3. Disposizioni costruttive e barriere tecniche

Per i serbatoi di stoccaggio GNL, le disposizioni costruttive e le barriere tecniche sono dettagliate nella seguente tabella, per tema.

| Tema | Accordi costruttivi |
|--|--|
| Distanze di sicurezza | Conformità ai principi di attuazione di cui al § 4.1 |
| Resistenza dei serbatoi ai pericoli naturali | <p>Alluvione: Si può prevedere di togliere dall'acqua le attrezzature non immergibili, di resistere agli effetti verticali del galleggiamento nel caso di serbatoi pressurizzati, o di resistere alle forze orizzontali dovute alla corrente.</p> <p>Terremoto: se la capacità di stoccaggio è superiore a 50 t, il dimensionamento del sisma deve essere effettuato attraverso l'analisi del rischio e l'identificazione delle attrezzature critiche per il terremoto.</p> <p>Fulmini: le installazioni che rientrano nello schema di autorizzazione del regolamento ICPE devono essere sottoposte ad un'Analisi del Rischio di Fulmine e ad uno studio tecnico sui fulmini associato per definire i mezzi di protezione contro i fulmini da mettere in atto.</p> |
| Resistenza dei serbatoi agli urti | Considerazione dei rischi di aggressione esterna nelle analisi del rischio; possibile resistenza ai proiettili. |
| Riempimento eccessivo | Necessità di strumenti di misura del livello del liquido (e di allarmi di alto livello) e considerazione di un margine di sicurezza nella progettazione del serbatoio (spazio di testa minimo sopra il liquido). Un sistema di troppopieno può anche impedire che il GNL raggiunga la valvola. |
| Protezione contro il rischio di depressione | Necessità di una misurazione continua della pressione (e di un allarme in caso di pressione troppo bassa), protezione mediante valvole "rompivuoto" o iniezione di gas "rompivuoto". |
| Protezione contro la sovrappressione | Necessità di una misurazione continua della pressione (e di un allarme in caso di pressione troppo alta), protezione tramite valvole. |
| Monitoraggio della temperatura | Necessità di misurare il profilo di temperatura in continuo (così come la densità e il livello) durante il funzionamento e durante il raffreddamento per evitare un improvviso calo di temperatura. |
| Controllo della temperatura di fondazione | Fornire un sistema di riscaldamento (o innalzamento) delle fondamenta e monitorare le prestazioni di questo sistema per evitare il rischio di rigonfiamento da gelo. |
| Design del tubo | Limitazione delle flange e dei collegamenti non saldati. Tubazioni adattate al fluido criogenico e isolate termicamente. |
| Prevenzione delle fonti di ignizione e zonizzazione ATEX | Identificazione e classificazione delle aree pericolose con atmosfere esplosive e adattamento delle apparecchiature elettriche in queste aree, divieto e controllo delle potenziali fonti di ignizione. |
| Rilevamento di perdite, incendi e gas | I sensori con funzioni di sicurezza (pressione, temperatura, gas, livello GNL ecc.) devono essere indipendenti dai mezzi di esercizio e la manutenzione deve essere assicurata. La tecnologia di rilevamento dipende dalle apparecchiature. Si raccomandano rivelatori per lo spargimento di GNL (rivelatori di freddo), presenza di gas infiammabili (rivelatori lineari o puntiformi), calore (rivelatori UV e/o IR) e fumo. |

| Tema | Accordi costruttivi |
|---|--|
| Catene di sicurezza | Una catena di sicurezza di tipo MMRI (Measurements of Instrumented Risk Management) è generalmente composta da 3 sistemi: rilevamento, trattamento e isolamento o azioni di sicurezza associate. Le catene di sicurezza si caratterizzano per la loro efficienza, affidabilità e tempo di risposta. |
| Controllo delle perdite, gestione dello spandimento | Progettazione di aree di stoccaggio su bacini di ritenzione per raccogliere potenziali perdite durante le operazioni di trasferimento. Raggruppamento di componenti di tubazioni potenzialmente a perdita su aree idonee (collettore) con sistema di raccolta e ritenzione. Gestione dell'acqua piovana potenzialmente inquinata o dell'acqua piovana che si accumula nei bacini di ritenzione o nelle aree di sicurezza. |
| Sistemi di arresto di emergenza | Sicurezza dell'installazione mediante sistemi di arresto di emergenza (ESD - Emergency ShutDown). A seconda della situazione è possibile identificare diversi livelli di arresto di emergenza. |
| Gestione GRO | Recupero del gas evaporativo (BOG "Boil Off Gas ") dal serbatoio. |
| Sistema di svasatura e sfogo | Necessità di raccogliere il gas dalle valvole ad una torcia da bruciare se necessario (per uso spot e, infine, scarico delle valvole nell'atmosfera). |
| Mezzi antincendio | L'acqua è fortemente sconsigliata in un'applicazione di GNL, in quanto la sua applicazione aumenta l'evaporazione a causa della differenza di temperatura e può portare a OPR. Si consiglia l'estinzione con schiuma o polvere secca. Il dimensionamento dei mezzi antincendio deve essere oggetto di analisi del rischio. I sistemi fissi di protezione della polvere sono consigliati in punti strategici, i sistemi di spruzzatura dell'acqua possono aiutare a prevenire la diffusione del fuoco o a raffreddare le installazioni vicine. |
| Accesso ed evacuazione | Tenendo conto delle regole di instradamento, della marcatura e della necessaria spaziatura, nonché delle regole per l'evacuazione delle persone, l'estrazione dei fumi o la compartimentazione dell'edificio. Per l'accesso ai servizi di emergenza, privilegiare due accessi separati. |

Tabella 12: Disposizioni costruttive per lo stoccaggio di GNL

Oltre alle suddette barriere tecniche, che si applicano anche, se del caso, alle disposizioni aggiuntive relative alle attività di bunkeraggio, sono dettagliate nella seguente tabella, per argomento.

| Tema | Accordi costruttivi |
|---------------------------------|---|
| Distanze di sicurezza | Conformità ai principi di attuazione di cui al § 4.1 e definizione delle zone di sicurezza. In caso di trasferimento tramite braccio di carico, tenere conto delle distanze di sgombero. |
| Sistema di arresto di emergenza | Necessità di ERS per la disconnessione di emergenza e di ESD per arrestare e isolare le operazioni di trasferimento (ad es. sul rilevamento di gas, livello o deriva della nave). |

| Tema | Accordi costruttivi |
|---|--|
| Tubo flessibile di trasferimento | Progettazione per liquidi criogenici, depressurizzazione, inertizzazione e degasaggio. Necessità di adattare la lunghezza del tubo flessibile al recipiente/installazioni in carico e in movimento. La buona pratica è che la velocità del flusso non deve superare i 10 m/s. |
| Selle di supporto | Progettato per resistere ai carichi (statici e dinamici) associati al trasferimento di GNL durante il collegamento e lo scollegamento di emergenza. Necessità di fornire il supporto necessario affinché non venga superato il raggio di curvatura raccomandato dal produttore del tubo. |
| Prevenire il rischio di strappo del braccio | Un secondo livello (rispetto all'ESD) permette di scollegare i sistemi di trasferimento (bracci o tubi flessibili) se necessario. Utilizzo di attacchi rapidi QDQC a innesto/disinnesto rapido. |
| SIMOPs | Tenendo conto dei rischi di operazioni simultanee (SIMOPS) e della coattività durante le operazioni di bunkeraggio (ad esempio, potenziale presenza del pubblico o di navi nelle vicinanze). |
| Protezione del materiale | Resistenza dei materiali al fuoco e all'infragilimento dovuto alle condizioni criogeniche (protezioni passive: protezione antincendio, materiali da costruzione adattati, <i>vassoi a goccia</i> o tende d'acqua per la protezione dello scafo). |
| Controllo delle perdite, gestione dello spandimento | Fornire il contenimento delle perdite per i sistemi di trasferimento. |
| Mezzi antincendio | Le pistole a polvere da sparo possono essere fornite per soffocare o controllare un incendio. Le cortine d'acqua possono contribuire a limitare la diffusione del fuoco e a proteggere le strutture. |

Tabella 13: Accordi per le attività di bunkeraggio

4.4. Misure organizzative

Oltre alle barriere tecniche sopra menzionate, vengono adottate anche misure organizzative come le seguenti:

- La **formazione** del personale (operatori, personale portuale, servizi di emergenza, utenti) nelle attività di bunkeraggio e nei rischi del GNL, e la definizione e l'applicazione di **procedure operative**;
- La gestione della **sicurezza dell'impianto** (recinzione, monitoraggio, restrizioni di accesso, ecc.);
- L'attuazione della **protezione** individuale e collettiva;
- L'attuazione di un **piano di manutenzione preventiva** degli impianti;
- L'implementazione di **sistemi di allarme e di comunicazione**;
- La definizione di **emergenza**, evacuazione e procedure di risposta.

Infine, le buone pratiche riguardanti le procedure operative relative agli impianti GNL sono riportate nel modulo T1.1.3 e riassunte qui di seguito:

- Per le attività di bunkeraggio del GNL: realizzazione di analisi dei rischi e studi di compatibilità, definizione dei ruoli e delle responsabilità dei vari attori, formazione degli operatori e monitoraggio delle procedure operative per le operazioni;
- Per lo stoccaggio di GNL: monitoraggio costante della pressione e del livello nel serbatoio, gestione dell'evaporazione, monitoraggio delle procedure operative secondo le modalità di funzionamento del serbatoio (riempimento, prelievo, stand-by e bilanciamento).

5. ANALISI DEI RISCHI APPLICATA AL CASO DELLA CORSICA

5.1. PERICOLO: Bunkeraggio di GNL

Un'analisi del rischio HAZID (HAZard IDentification - Hazard Identification) viene effettuata su tre metodi di bunkeraggio:

- I metodi di bunkeraggio da un camion (TTS) e da una nave (STS) conservati nel modulo T.1.1.3 perché sono adattati alle piccole necessità e quantità della Corsica;
- Il metodo del bunkeraggio da un serbatoio a terra (shore-to-ship (da terra a nave)) è considerato in aggiunta ai due metodi precedenti in quanto è plausibile anche in Corsica. Sono considerati 3 tipi di serbatoio: un iso-container, un serbatoio di tipo C e un serbatoio di tipo full-containment.

Il metodo HAZID è una tecnica per identificare i potenziali pericoli e le minacce che possono sorgere durante i progetti o le attività

Gli obiettivi della HAZID condotta sono i seguenti:

- Identificare i pericoli associati alle attività di bunkeraggio per ogni tipo di attrezzatura;
- Identificare le cause e le conseguenze di potenziali eventi legati a questi pericoli;
- Identificare le barriere di sicurezza (prevenzione e protezione) che impediscono il verificarsi di pericoli, ne riducono le conseguenze o ne migliorano il trattamento. Queste barriere costituiscono quindi le **buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL**, applicate al caso della Corsica.

La HAZID è stata realizzata con altoparlanti di ELENGY e TRACTEBEL.

Di seguito sono riportate le tabelle di analisi dei rischi.

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|------|---|---|---|--|---|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |
| Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | Nave bunker | Nave | 1 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, ridondanza dell'ormeggio, misurazione della tensione delle cime d'ormeggio e controllo dei giri, creazione di una zona di sicurezza, presa in considerazione e inquadratura del SIMOPS, registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione, studio della compatibilità tra le 2 imbarcazioni | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | Serbatoio | 2 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione errata dei circuiti: trasferimento tra 2 serbatoi del serbatoio del bunker | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 3 | Ribaltamento (inversione degli strati) secondo il tipo di serbatoio | GNL di diversa densità | Aumento improvviso della pressione, rigetto della valvola, scoppio della capacità | Controllo delle condizioni prima del trasferimento (densità, pressione, profili di temperatura) | Valvole di sicurezza |
| | | | 4 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |

Questo documento

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|----------------|---|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Sistema di trasferimento | GNL flessibile | 5 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del serbatoio | ispezioni, rilevatori di fiamma Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - | |
| | | 6 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 7 | Strappo | Deriva del bunker o della nave bunker, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Cfr. la deriva della nave | Cfr. la deriva della nave | |
| | | 8 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 9 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |

Questo documento

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|-------------------|------|-------------------------------|--|---|--|--|---|
| | BOG Flessibile | 10 | Tubi per inversione BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Procedure operative e formazione, codifica o segnaletica chiara | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 11 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG | |
| | | 12 | Strappo | Deriva del bunker o della nave bunker, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Cfr. la deriva della nave | Cfr. la deriva della nave | |
| | | 13 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Perdite di gas | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | Nave sotto carico | Nave | 14 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, ridondanza dell'ormeggio, misurazione della tensione delle cime d'ormeggio e controllo dei giri, creazione di una zona di sicurezza, presa in considerazione e | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |

Questo documento

| PERICOLO 1 - Bunkeraggio Ship-To-Ship (da nave a nave) | | | | | | | | |
|--|----|--|---|---|--|---|---|--|
| | | | | | | | inquadratura del SIMOPS, registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione, studio della compatibilità tra le 2 imbarcazioni | |
| Serbatoio | 15 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza | | |
| | 16 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza | | |
| | 17 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza | | |
| | 18 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza | | |

Tabella 14: Analisi del rischio - Bunkeraggio TTS

Questo documento è di proprietà di Tractec

| HAZID 2 - Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|------------|--------------|------|--|---|---|---|--|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |
| Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | Soffiatore | Camion | 1 | Movimento del camion | Collisione del veicolo, difetto del freno del veicolo, errore di funzionamento | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni a camion e strutture, collisione con un altro veicolo | Cunei per veicoli e buone pratiche di chiusura (rimozione della chiave, sistema di bloccaggio dei freni), considerazione e inquadatura di SIMOPS | Sistema di scollegamento di emergenza, aree di attesa, trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | | 2 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, danni agli impianti | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | Serbatoio | 3 | Incendio di un trattore | Guasto elettrico | Temperatura del serbatoio e accumulo di pressione -- >Rischio BLEVE | Rivelatore di fiamma, sistema antincendio, equipotenzialità tra camion e nave, uso preferenziale di serbatoi a doppia camicia | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 4 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, sistema antincendio, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 5 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del serbatoio | Sensori di pressione, arresto di emergenza su | - |

Questo docum

| HAZID 2 - Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|----------------|----|-------------------------|---|---|--|---|--|
| Sistema di trasferimento | GNL flessibile | 6 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 7 | Strappo | Movimento del camion o della nave che viene sostenuto, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, danni alle attrezzature | Vedi movimento del camion | Vedi movimento del camion | |
| | | 8 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Fuoriuscita di GNL, danni alle attrezzature | Ispezione visiva dell'integrità dei tubi flessibili prima del bunkeraggio, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, prove di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 9 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle attrezzature | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| Nave sotto carico | Nave | 10 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e all'impianto, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza | |

Questo doc

| HAZID 2 - Bunkeraggio Truck-To-Ship (da camion a nave) | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----|--|---|---|---|---|
| | | | | | | | una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | |
| | | Serbatoio | 11 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 12 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 13 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 14 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |

Tabella 15: Analisi del rischio - Bunkeraggio STS

Il proprietà di Tractebel Engi
 Questo docum

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|---------|--------------|------|--------|-------|-------------|-------------------------|------------------------|
| Nodo | Sistema | Attrezzatura | Rif. | Guasto | Causa | Conseguenze | Barriere di prevenzione | Barriere di protezione |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|--|--|
| Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave) | Stoccaggio a terra | Serbatoio tipo contenitore Iso | 1 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione errata dei circuiti: trasferimento tra 2 contenitori di stoccaggio | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 2 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscite di GNL, danni al sistema/bruciatore da freddo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza |
| | | | 3 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | | 4 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | Deformazione del contenitore | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | | Serbatoio tipo C | 5 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione del circuiti errata: trasferimento tra 2 serbatoi | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | | 6 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, | Fuoriuscite di GNL, danni al | Allestimento di un'area di sicurezza, | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di |

Questo doc

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|--|----|--|---|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | | corrosione, aggressione termica | sistema/bruciature da freddo | SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | arresto di emergenza |
| | | 7 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> rischio di BLEVE | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite, utilizzo preferenziale di serbatoi a doppia parete | Valvole di protezione, protezione antincendio |
| | | 8 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Guasto Pressure Build Up (PBU), ritorno in assenza BOG | | Deformazione del serbatoio | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | - |
| | | 9 | Sovrappieno (se più serbatoi) | Configurazione del circuito errata: trasferimento tra 2 serbatoi | | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Alto livello sui serbatoi, arresto di emergenza, implementazione e monitoraggio delle procedure di trasferimento | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza |
| | | 10 | Presenza di GNL nell'interparete | Guasto interno del vaso | | Perdite di GNL | - | Rilevatori di freddo interparete |
| | | 11 | Ribaltamento (inversione degli strati) | GNL di diversa densità | | Aumento improvviso della pressione, rigetto della valvola, scoppio della capacità | Controllo delle condizioni prima del trasferimento (densità, pressione, profili di temperatura) | Valvole di sicurezza |
| | | 12 | Fuoco esterno, accensione a perdita di GNL | Fonti di accensione | | Aumento della temperatura e della pressione del serbatoio --> perdita di contenimento, | Rivelatore di fiamma, spegnimento, zone ATEX e zone di sicurezza | Valvole di protezione, protezione antincendio |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|--|----------------|----|-------------------------------------|--|---|--|--|---|
| Sistema di trasferimento del tubo flessibile | GNL flessibile | 13 | Mancanza di pressione nel serbatoio | Assenza di ritorno BOG e di riempimento pesante di GNL | Deformazione del recipiente interno | danni al serbatoio/bruciature da freddo | contrassegnate, area di sicurezza per la raccolta delle perdite | |
| | | 14 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Sensori di pressione, arresto di emergenza su rilevamento di bassa pressione | Iniezione di gas rompivuoto, valvole rompivuoto |
| | | 15 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo o danni agli impianti/ ustioni da freddo | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | 16 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva | Fuoriuscita di GNL, danni alle apparecchiature/ ustioni da freddo | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas | |

Questo doc

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|--|--|----|-------------------------------|--|---|--|---|
| | | | | | piegatura del tubo flessibile | | manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 17 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 18 | Tubi per inversione BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, correzione degli errori | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | | 19 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG |
| | | | 20 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|---|----|-------------------------|--|---|---|--|--|
| Sistema di trasferimento a braccio articolato | Braccio di carico GNL (braccio a liquido) | 21 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, eccessiva piegatura del tubo flessibile | Perdite di gas | di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Ispezione visiva dell'integrità del tubo flessibile prima della soffiatura, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione, selle di supporto | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | 22 | Al banco | Guasto della pompa, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, vibrazioni | Procedure operative e formazione, allarme flussimetro, monitoraggio dei trasferimenti | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX | |
| | | 23 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Fuoriuscita di GNL, deformazione dello scafo o danni agli impianti/ ustioni da freddo | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della | Sistema di scollamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza | |

Questo doc

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | |
|---|--|----|---|--|---|---|--|
| | | | | | | registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | |
| | | 24 | Urto tra il braccio di carico e il collettore | Errore di funzionamento, condizioni meteorologiche, movimento della nave | Danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, monitoraggio | - |
| | | 25 | Perdita di contenimento | Attacco termico, usura/invecchiamento, collegamento difettoso, nessuno sblocco del braccio collegato | Fuoriuscita di GNL, danni alle apparecchiature/ustioni da freddo | Ispezione visiva dell'integrità dei tubi flessibili prima del bunkeraggio, manutenzione e sostituzione, rilevamento delle fiamme, prove di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | 26 | Sovrapressione | Guasto della pompa, colpo d'ariete, isolamento del sistema (chiusura della valvola) | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Progettazione e dimensionamento delle pompe, valvole di espansione termica, sensori di pressione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | Braccio di ritorno BOG (braccio a gas) | 27 | Inversione braccio BOG / GNL | Errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione, codifica o segnaletica chiara | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| | | 28 | Spedizione di GNL in BOG | Sovrappieno, errore di funzionamento | Perdita di contenimento, danni alle apparecchiature / ustioni da freddo | Procedure operative e formazione | Valvole di espansione termica sulla linea BOG |
| | | 29 | Strappo | Derivazioni della nave sotto il carico, caduta di un oggetto o di un carico, shock meccanico | Perdite di gas | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di |

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|------|--|----|-------------------------|---|---|--|---|
| | | | | | | | della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |
| | | | 30 | Perdita di contenimento | Aggressione termica, usura/invecchiamento, scarsa connessione | Perdite di gas | Manutenzione, rilevamento delle fiamme, test di tenuta, procedure operative e formazione | Arresto di emergenza in caso di rilevamento o monitoraggio di gas / rotondo, zonizzazione ATEX |
| Nave sotto carico | Nave | | 31 | La deriva della nave | Perdita di linee di ormeggio, meteo e movimento dell'acqua, collisione della nave, partenza della nave indesiderata, SIMOPS | Strappo dei tubi di trasferimento, fuoriuscita di GNL (perdita di contenimento), danni alla nave e agli impianti/bruciature da freddo, collisione con un'altra nave | Tenendo conto delle condizioni nautiche e climatiche, della ridondanza dell'ormeggio, della misurazione della tensione delle cime di ormeggio e del controllo dei giri, della creazione di una zona di sicurezza, della presa in considerazione e dell'inquadramento di SIMOPS, della registrazione della motorizzazione dell'imbarcazione | Sistema di scollegamento di emergenza, sistema di recupero GNL (grondaia), sistema di protezione dello scafo della nave (cortina d'acqua), trasferimento dello spegnimento di emergenza |

Questo doc

| PERICOLO 3: Shore-To-Ship (da terra a nave) | | | | | | | | |
|---|----|--|---|--|--|---|--|--|
| Serbatoio | 32 | Riempimento eccessivo | Guasto di funzionamento, guasto del sensore di livello | Traboccamento, perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Ridondanza e manutenzione dei sensori, modalità di funzionamento e formazione, arresto di emergenza sui sensori di livello | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza | | |
| | 33 | Perdita di contenimento | Collisione, shock meccanico, difetto di fabbricazione, usura, corrosione, aggressione termica | Fuoriuscita di GNL, deformazione del guscio/ ustioni da freddo | Allestimento di un'area di sicurezza, SIMOPS, manutenzione e ispezioni, rilevatori di fiamma | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza | | |
| | 34 | Difetto di raffreddamento del tubo e del serbatoio | Errore di funzionamento, conservazione a freddo troppo veloce | Danni alle apparecchiature / ustioni da freddo, perdita di contenimento (flange) | Procedure operative e formazione | Rilevatori di freddo, rilevatori di gas e trasferimento di arresto di emergenza | | |
| | 35 | Sovrapressione | Cattiva gestione dei BOG, raffreddamento troppo rapido | Perdita di contenimento del GNL, scoppio di capacità | Modalità di funzionamento e formazione, sensori di pressione | Valvole di sicurezza, rilevatore di gas e trasferimento dell'arresto di emergenza | | |

Tabella 16: Analisi del rischio - Bunkeraggio Shore-To-Ship (da terra a nave)

Questa analisi dei rischi mostra che **i principi generali di sicurezza di cui al § 3 permettono di ridurre efficacemente i rischi generati dalle attività di bunkeraggio del GNL**: per ogni guasto identificato, l'implementazione di barriere di prevenzione permette di ridurre la probabilità che un guasto si verifichi, e l'implementazione di barriere di protezione permette di ridurre la gravità.

5.2. Esempio di zona di sicurezza

Come menzionato al §4.1, la modellazione dei fenomeni pericolosi è necessaria per determinare l'estensione della zona di sicurezza necessaria per le operazioni di bunkeraggio del GNL.

Poiché lo scenario di perdita o di rottura del tubo flessibile è il più rappresentativo per le operazioni di bunkeraggio, la modellazione di questo scenario viene effettuata utilizzando il software PHAST sviluppato da DNV GL considerando i seguenti parametri:

- Perdita di GNL, un prodotto assimilato al metano;
- Diametro di perdita: 50 mm. Questo diametro corrisponde alla rottura di un tubo flessibile DN50 (2");
- Temperatura di scarico: -160°C;
- Pressione: 4 barg (valore conservativo, usuale per un container ISO o un camion);
- Condizioni meteorologiche: 3F, 5D (condizioni abituali per gli studi di rischio in Francia corrispondenti a velocità del vento di 3 e 5 m/s rispettivamente e condizioni di stabilità atmosferica molto stabili - F e neutro - D) e condizione 8D (condizioni abituali in mare);
- Direzione di scarico: orizzontale (distanza di maggiore effetto da una scarica verticale).

Lo scopo della modellazione di questi scenari è quello di valutare le distanze degli effetti al limite inferiore di esplosività (LEL) dei diversi casi considerati. Infatti, la **zona di sicurezza è definita come l'area all'interno della distanza dal limite inferiore di infiammabilità** determinata per un rilascio plausibile.

I risultati delle distanze ottenute dal LEL sono riportati nella seguente tabella.

| Scenario | Condizioni meteo | Distanza dal LEL |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Rottura del tubo flessibile 50 mm | 3F | 80 m |
| | 5D | 105 m |
| | 8D | 65 m |

Tabella 17: Modellazione - Distanze di sicurezza

Queste distanze danno **un ordine di grandezza della misura che la zona di sicurezza può avere senza tener conto di una barriera di sicurezza**, a seconda dello scenario che può essere mantenuto nelle analisi dei rischi degli impianti. Va ricordato, tuttavia, che le distanze di effetto **dipendono dalle caratteristiche dell'apparecchiatura** (temperatura, pressione, diametro, ecc.). Lo scenario di rilascio da considerare nel determinare l'estensione della zona di sicurezza deve quindi tenere conto dei fattori specifici del progetto: inventario immagazzinato, velocità di trasferimento, modalità operative, proprietà del GNL, condizioni di stoccaggio, ecc.

Queste distanze possono anche essere **ridotte** utilizzando speciali barriere tecniche come **dispositivi di arresto di emergenza** (che limitano il tempo di perdita e il volume di diffusione) o **valvole di controllo del flusso**.

ANNEXE A SCHEDE DI SICUREZZA GNL

FICHE DE DONNEES DE SECURITE
Conformément au Règlement (CE) No. 1907/2006

GAZ NATUREL LIQUEFIE (GNL)

Date de la version précédente : non applicable

Date de révision : 2014-07-01 - Version initiale

1. IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/DU MELANGE ET DE LA SOCIETE/L'ENTREPRISE

1.1. IDENTIFICATEUR DE PRODUIT

Nom du produit : GAZ NATUREL LIQUEFIE (GNL)

Nom d'enregistrement REACH : Cette substance est exemptée d'enregistrement conformément au Règlement (CE) No.1907/2006 (REACH)

Substance pure/mélange : Substance

1.2. UTILISATIONS IDENTIFIEES PERTINENTES DE LA SUBSTANCE OU DU MELANGE ET UTILISATIONS DECONSEILLEES

Utilisations identifiées : Carburant, Combustibles.

1.3. RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LE FOURNISSEUR DE LA FICHE DE DONNEES DE SECURITE

Fournisseur :

Adresse :

Tel:

Fax:

Pour plus d'informations, veuillez prendre contact avec:

Point de contact :

Adresse e-mail :

1.4. NUMERO D'APPEL D'URGENCE

En France : PARIS : Hôpital Fernand Widal 200, rue du Faubourg Saint-Denis 75475 Paris Cedex 10.
Tel : 01.40.05.48.48.

MARSEILLE : Hôpital Salvator, 249 bd Ste Marguerite 13274 Marseille cedex 5.
Tel : 04.91.75.25.25.

LYON : Hôpital Edouard Herriot, 5 place d'Arsonval, 69437 Lyon cedex 3.
Tel : 04.72.11.69.11.

NANCY : Hôpital central, 29 Av du Mal De Lattre de Tassigny, 54000 Nancy.
Tel : 03.83.32.36.36.

SAMU : Tel : 15.

Urgences : 112.

ORFILA (INRS) Tel : 01 45 42 59 59.

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

2.1. CLASSIFICATION DE LA SUBSTANCE OU DU MELANGE

RÈGLEMENT (CE) No 1272/2008

Pour le libellé complet des Phrases-H mentionnées dans cette section, voir section 2.2.

Classification :

Gaz inflammables - Catégorie 1 - H220

Gaz sous pression - Gaz liquéfié réfrigéré - H281

DIRECTIVE 67/548/EEC ou 1999/45/EC

Pour le libellé complet des phrases-R mentionnées dans cette section, voir section 16

Classification

F+; R12

2.2. ELEMENTS D'ETIQUETAGE

Etiquetage selon RÈGLEMENT (CE) No 1272/2008

No.-CE 232-343-9



Mention d'avertissement

DANGER

Mentions de danger

H224 – Liquide et vapeurs extrêmement inflammables

H281 - Contient un gaz réfrigéré; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques

Conseils de prudence

P210 - Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. - Ne pas fumer

P233 - Maintenir le récipient fermé de manière étanche

P241 - Utiliser du matériel électrique/de ventilation/d'éclairage/antidéflagrant

P243 - Prendre des mesures de précaution contre les décharges électrostatiques

P377 - Fuite de gaz enflammé: Ne pas éteindre si la fuite ne peut pas être arrêtée sans danger

P381 - Éliminer toutes les sources d'ignition si cela est faisable sans danger

P403 - Stocker dans un endroit bien ventilé

2.3. AUTRES DANGERS

Propriétés physico-chimiques

Extrêmement inflammable.

Peut former des mélanges explosifs avec l'air en zone confinée ou encombrée.

L'échauffement accidentel intense (en cas d'incendie par exemple) d'un récipient contenant ce liquide peut conduire à une rupture et à l'épandage du produit, dont l'inflammation des vapeurs peut conduire à une déflagration ou à une explosion.

Les vapeurs peuvent être plus denses que l'air et peuvent se répandre le long du sol, ensuite elles se dispersent progressivement

Propriétés ayant des effets pour la santé

En phase gazeuse : Peut avoir un effet anesthésique, et/ou un effet asphyxiant par raréfaction de la teneur en oxygène de l'atmosphère. Le contact avec le produit peut provoquer des brûlures par le froid.

3. COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

3.1. SUBSTANCE

Nature chimique Gaz naturel, hydrocarbure gazeux en C1-C4.

Pour le libellé complet des phrases-R mentionnées dans cette section, voir section 16.

| Nom Chimique | No.-CE | Numéro d'Enregistrement REACH | No.-CAS | % (masse) | Classification (Dir. 67/548) | Classification (Règ. 1272/2008) |
|--------------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|----------------------------------|
| Gaz naturel | 232-343-9 | EXEMPT | 8006-14-2 | 100 | F+; R12 | Flam. Gas (H220) Press. Gas |
| Méthane | 200-812-7 | EXEMPT | 74-82-8 | >75 | F+;R12 | Flam. Gas 1 (H220) Press. Gas |
| Ethane | 200-814-8 | EXEMPT | 74-84-0 | <15 | F+;R12 | Flam. Gas 1 (H220) Press. Gas |
| Butane | 203-448-7 | EXEMPT | 106-97-8 | <5 | F+;R12 | Flam. Gas 1 (H220) Press. Gas |
| Propane | 200-827-9 | EXEMPT | 74-98-6 | <5 | F+; R12 | Flam. Gas 1 (H220) Press. Gas |

Pour le texte complet des Phrases-H mentionnées dans cette rubrique, voir rubrique 16

4. PREMIERS SECOURS

4.1. DESCRIPTION DES PREMIERS SECOURS

Conseils généraux

EN CAS DE TROUBLES GRAVES OU PERSISTANTS, APPELER UN MEDECIN OU DEMANDER UNE AIDE MEDICALE D'URGENCE.

Évacuer la victime à l'air frais aussi vite que possible.

Envisager l'interruption des alimentations électriques si cette action n'est pas génératrice d'étincelles dans la zone où les vapeurs du produit se sont répandues.

Fermer les vannes de l'emballage ou du stockage.

Assurer une ventilation adéquate et vérifier que l'atmosphère est respirable et sans danger avant de pénétrer dans des espaces confinés.

Contact avec les yeux

EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution avec de l'eau pendant au minimum 15 minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

Consulter un médecin. Un examen ophtalmologique à bref délai est recommandé en cas de brûlures aux yeux dues au froid.

Contact avec la peau

Traiter les surfaces atteintes comme une brûlure thermique.

Laver immédiatement et abondamment à l'eau pendant au moins 15 minutes. Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé à condition qu'il n'y ait pas adhérence à la peau.

Eviter toute manœuvre de réchauffement direct (friction, bain chaud, etc.).
Consulter un médecin dans tous les cas de brûlures graves. Dans ce cas, la victime doit être immédiatement transportée en milieu hospitalier.

Inhalation

En cas d'exposition à des concentrations importantes de vapeurs, de fumées ou d'aérosols, transporter la personne à l'air, hors de la zone contaminée, la maintenir au chaud et au repos. Si les troubles se prolongent, consulter un médecin. Respiration artificielle et/ou oxygène peuvent être nécessaires.

Ingestion

Voie d'exposition peu probable.

4.2. PRINCIPAUX SYMPTOMES ET EFFETS, AIGUS ET DIFFERES

Contact avec les yeux Le contact direct avec le gaz liquéfié peut provoquer des brûlures aux yeux.

Contact avec la peau Le contact avec le produit peut provoquer des brûlures par le froid.

Inhalation L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges. Les symptômes d'une exposition excessive sont un étourdissement, des maux de tête, une lassitude, des nausées pouvant aller jusqu'à la perte de conscience, voire l'arrêt de la respiration.

Ingestion Voie d'exposition peu probable.

4.3. INDICATION DES EVENTUELS SOINS MEDICAUX IMMEDIATS ET TRAITEMENTS PARTICULIERS NECESSAIRES

Conseils aux médecins Traiter de façon symptomatique.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE**5.1. MOYENS D'EXTINCTION**

Moyens d'extinction appropriés Utiliser un extincteur à poudre pour les feux de faible importance ou un générateur à mousse "moyen ou haut foisonnement" (teneur en eau moindre)

Moyens d'extinction inappropriés Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction qui pourrait répandre le feu et augmenter le taux d'évaporation du GNL. L'eau ne doit être utilisée qu'en moyen de protection contre le flux thermique.

5.2. DANGERS PARTICULIERS RESULTANT DE LA SUBSTANCE OU DU MELANGE

Risque particulier Il est dangereux d'éteindre une flamme si l'on n'est pas en mesure d'arrêter rapidement la fuite. L'extinction ne doit se faire qu'après la fermeture de vanne ou si cette extinction permet une telle manœuvre. L'échauffement accidentel intense (en cas d'incendie par exemple) d'un récipient contenant ce liquide peut conduire à une rupture et à l'épandage du produit, dont l'inflammation des vapeurs peut conduire à une déflagration ou à une explosion.
La combustion incomplète et la thermolyse produisent des gaz plus ou moins toxiques tels que CO, CO₂, hydrocarbures variés, aldéhydes et des suies. A forte concentration ou en atmosphère confinée, leur inhalation est très dangereuse.

5.3. CONSEILS AUX POMPIERS

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu Protéger le personnel par des rideaux d'eau. En cas d'incendie de grande amplitude ou d'incendie dans des espaces confinés ou mal ventilés, porter une tenue ignifugée intégrale et un appareil respiratoire autonome isolant (ARI) avec un masque intégral.

Autres informations Refroidir les réservoirs et les parties exposés au feu par arrosage avec beaucoup d'eau. Eloigner les matières combustibles et si possible les réservoirs exposés.

6. MESURES A PRENDRE EN CAS DE DEVERSEMENT ACCIDENTEL

6.1. PRECAUTIONS INDIVIDUELLES, EQUIPEMENT DE PROTECTION ET PROCEDURES D'URGENCE

Informations générales Évacuer le personnel vers des endroits sûrs et établir un périmètre de sécurité. Alerter les services de secours.
FERMER L'ALIMENTATION EN GNL lorsque l'intervention est possible. Eliminer toutes les sources d'ignition (ne pas fumer, torches, étincelles ou flammes à proximité immédiate). Suspendre tout travail à feux nus, tout mouvement de véhicule et tout fonctionnement d'appareil susceptible de provoquer des étincelles ou des flammes. Envisager l'interruption des alimentations électriques si cette action n'est pas génératrice d'étincelles dans la zone où les vapeurs du produit se sont répandues.
AERER LARGEMENT. Eloigner les matières combustibles et si possible les réservoirs exposés.
En cas de fuite diphasique, éviter le contact du liquide avec la peau.
Ne pas stationner dans le nuage de gaz, mais se placer en arrière de la source. Le nuage de vapeur peut avoir l'aspect d'un brouillard blanchâtre pouvant disparaître en fonction du taux d'humidité de l'air.
Ne revenir en situation normale qu'après s'être assuré que cela peut être fait sans danger.

Conseils pour les non-secouristes Évacuer immédiatement le personnel vers des zones sûres. Eliminer toutes les sources d'ignition (ne pas fumer, torches, étincelles ou flammes à proximité immédiate). Équipement de protection individuelle, voir section 8.

Conseils pour les secouristes Prendre toutes les mesures adéquates pour protéger les secouristes des risques d'incendie, d'explosion et d'inhalation, notamment par l'utilisation d'appareils respiratoires.
Utiliser un équipement de protection individuelle: Casque de protection avec une visière et un protège nuque (protection complète de la tête), gants et bottes étanches, combinaison (avec le pantalon à l'extérieur des bottes). Ils seront en matériaux infusibles et résistant au feu.
Eliminer toute source d'ignition.

6.2. PRECAUTIONS POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Informations générales Alerter en cas de rejet vers une zone confinée (égouts...).

6.3. METHODES ET MATERIEL DE CONFINEMENT ET DE NETTOYAGE

Méthodes de nettoyage En cas de fuite non enflammée, arrêter la fuite par fermeture de vanne lorsque l'intervention est possible. Assurer une ventilation adéquate.

6.4. REFERENCE A D'AUTRES SECTIONS

Équipement de protection individuelle Voir section 8 pour plus de détails

Autres informations Voir section 13 pour plus de détails.

7. MANIPULATION ET STOCKAGE

7.1. PRECAUTIONS A PRENDRE POUR UNE MANIPULATION SANS DANGER

Recommandations pour une manipulation sans danger Ce gaz est produit, stocké, transporté et distribué SOUS PRESSION SOUS FORME LIQUEFIEE. Il ne fait pas l'objet de manipulation directe dans les conditions normales de distribution, car il est confiné sans interruption, dans des systèmes clos jusqu'à sa destruction finale par combustion, lors de son utilisation. LES PRECAUTIONS A PRENDRE CONSISTENT AVANT TOUT A MAINTENIR LE CONFINEMENT ET A N'UTILISER QUE DES EQUIPEMENTS APPROPRIES AU PRODUIT SA PRESSION ET SA TEMPERATURE
Assurer une ventilation adéquate. Tenir à l'écart de chaleur/étincelles/flamme nue. Ne pas fumer. Prendre des précautions contre l'électricité statique.
NE JAMAIS SOUDER SUR UN RECIPIENT DE GNL. NE JAMAIS ENTREPRENDRE DE TRAVAUX AYANT POUR EFFET DE COMPROMETTRE LE CONFINEMENT DES STOCKAGES FIXES OU DES RECIPIENTS.
Les opérations d'inspection, de nettoyage et de maintenance des réservoirs de stockage impliquent le respect de procédures strictes et ne doivent être confiées qu'à du personnel qualifié (interne ou externe) en particulier contrôle de l'atmosphère (explosivité, atmosphère respirable). Équipement de protection individuelle, voir section 8.

Mesures d'ordre technique Assurer une ventilation adéquate.
Concevoir les installations pour éviter toute propagation de nappe (fosses, cuvettes de rétention, siphons dans les réseaux d'eau d'écoulement conçus en conséquence).
Prendre des mesures de précaution contre les décharges électrostatiques. Avant les opérations de transfert, contrôler que tout l'équipement est mis à la terre.

Prévention des incendies et des explosions Ne pas fumer.
Tout transvasement, chargement ou déchargement de véhicule ne doit être effectué que par du personnel formé à cet effet et selon des procédures appropriées.
Concevoir les installations pour éviter les possibilités d'accumulation du gaz. Ne jamais chauffer un réservoir ou des canalisations contenant du gaz avec une flamme nue.

Mesures d'hygiène Ne pas fumer en manipulant ce produit.
À manipuler conformément aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et aux consignes de sécurité.

7.2. CONDITIONS NECESSAIRES POUR ASSURER LA SECURITE DU STOCKAGE, TENANT COMPTE D'EVENTUELLES INCOMPATIBILITES

Mesures techniques / Conditions de stockage STOCKER CE GAZ LIQUEFIE CONFORMEMENT A LA REGLEMENTATION APPROPRIEE EN FONCTION DE LA NATURE DU STOCKAGE ET DES QUANTITES STOCKEES. Toutes les installations électriques, y compris l'éclairage des locaux où peut être présent ce produit, doivent être adaptées à la zone de risque, conformément aux directives européennes ATEX.
Stocker de préférence à l'extérieur ou dans un endroit bien ventilé. Tenir à l'écart de la chaleur et des sources d'ignition. Éviter l'accumulation de charges

électrostatiques.

Ne pas stocker à proximité de matières combustibles et comburantes.

Matières à éviter Oxydants forts, halogènes.

Matériel d'emballage N'utiliser que des bouteilles et réservoirs conformes à la réglementation des appareils à pression ou des équipements cryogéniques, destinés à ce gaz liquéfié.

7.3. UTILISATION(S) FINALE(S) PARTICULIERE(S)

8. CONTROLES DE L'EXPOSITION/PROTECTION INDIVIDUELLE

8.1. PARAMETRES DE CONTROLE

Limites d'exposition Composants avec valeurs limites d'exposition professionnelle
Hydrocarbures aliphatiques gazeux : Alcanes (C1-C4)
US (ACGIH2009): VLE-8h. VLE moyennée sur 8h: 1000 ppm

Légende Voir section 16

8.2. CONTROLES DE L'EXPOSITION

Contrôle de l'exposition professionnelle

Mesures d'ordre technique Dans le cas de travaux en enceinte confinée (cuves, réservoirs...), vérifier l'absence de risque d'inflammation puis s'assurer d'une atmosphère respirable et porter les équipements recommandés.
Ne pas pénétrer dans les réservoirs de stockage vides, avant que ne soient réalisées les mesures d'oxygène disponible.

Equipement de protection individuelle

Informations générales Toutes les mesures de protection collective doivent être installées et mises en œuvre avant d'envisager de recourir aux équipements de protection individuelle.

Protection respiratoire Maintenir une ventilation adéquate.
En cas d'urgence (exposition accidentelle) ou pour des travaux exceptionnels de courte durée dans des atmosphères avec présence de produit, il est nécessaire de porter un appareil de protection respiratoire avec adduction d'air.

Protection des yeux Si des projections sont possibles, une protection complète de la tête et du visage (visière de protection ou lunettes de sécurité) doit être utilisée.

Protection de la peau et du corps Porter des gants isolants contre le froid (conformes à la norme EN 511)/ un équipement de protection des yeux/du visage.
Selon nécessité, écran facial, vêtements couvrants et chaussures de sécurité antistatiques.

Protection des mains Gants isolants contre le froid conformes à la norme EN 511.

Contrôles d'exposition liés à la protection de l'environnement

Informations générales Pas d'information disponible.

9. PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

9.1. INFORMATIONS SUR LES PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES ESSENTIELLES

| | |
|----------------------------|--------------|
| Aspect | Gaz liquéfié |
| Couleur | incolore |
| Etat physique @20°C | Gaz |
| Odeur | inodore |

| <u>Propriété</u> | <u>Valeurs</u> | <u>Remarques</u> |
|---|--|-------------------------|
| pH | Non applicable | |
| Point/intervalle d'ébullition | -166°C à -157°C | |
| | -267°F à -251°F | |
| Point d'éclair | < -58°C < -72°F | |
| Taux d'évaporation | Pas d'information disponible | |
| Limites d'inflammabilité dans l'air | | |
| supérieure | 15 % | |
| inférieure | 5 % | |
| Pression de vapeur | Pas d'information disponible | |
| Densité de vapeur | Pas d'information disponible | |
| Densité relative | 0.54 - 0.66 | à 0° C (gazeux) |
| Masse volumique | 420 à 470 kg/ m ³ | à -162°C (Liquide) |
| Hydro solubilité | 0.024 - 0.061 g/l | à 20°C |
| Solubilité dans d'autres solvants | Pas d'information disponible | |
| logPow | <= 2,8 | |
| Température d'auto-ignition | 410°C | |
| | 770°F | |
| Viscosité, cinématique | Pas d'information disponible | |
| Propriétés explosives | Peut former des mélanges explosifs avec l'air | |
| Propriétés oxydantes | Non applicable | |
| Possibilité de réactions dangereuses | Transition rapide de phase (TRP) au contact de l'eau : onde de choc. | |

9.2. AUTRES INFORMATIONS

Point de congélation -183 °C
-297 °F

10. STABILITE ET REACTIVITE

10.1. REACTIVITE

Informations générales Pas d'information disponible.

10.2. STABILITE CHIMIQUE

Stabilité Stable dans les conditions recommandées de manipulation et de stockage.

10.3. POSSIBILITE DE REACTIONS DANGEREUSES

Réactions dangereuses En cas de perte de confinement : risque d'inflammation en présence d'air et transition rapide de phase (onde de choc) au contact de l'eau.

10.4. CONDITIONS A EVITER

Conditions à éviter Tenir à l'abri des flammes nues, des surfaces chaudes et des sources d'inflammation. Éviter l'accumulation de charges électrostatiques.

10.5. MATIERES INCOMPATIBLES

Matières à éviter Oxydants forts, Halogènes.

10.6. PRODUITS DE DECOMPOSITION DANGEREUX

Produits de décomposition dangereux Aucun dans les conditions normales d'utilisation.

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

11.1. INFORMATIONS SUR LES EFFETS TOXICOLOGIQUES

Toxicité aiguë Effets locaux Informations sur le produit

Contact avec la peau Le contact avec le produit peut provoquer des brûlures par le froid

Contact avec les yeux Le contact direct avec le produit peut provoquer des brûlures aux yeux

Inhalation Peut causer l'asphyxie à concentration élevée. Les symptômes peuvent être une perte de connaissance ou de motricité. La victime peut ne pas en avoir conscience.

Possibilité d'effets narcotiques à faible concentration, les symptômes peuvent être des étourdissements, des maux de tête, des nausées, une perte de coordination voire une perte de conscience.

Ingestion Voie d'exposition peu probable

Toxicité aiguë - Informations sur les composants

| Nom Chimique | DL50 oral | DL50 dermal | CL50 par inhalation |
|--------------|-----------|-------------|---------------------------------------|
| Gaz naturel | | | CL50 (15 minutes) > 800 000 ppm (rat) |

Sensibilisation

Sensibilisation Il n'existe aucune donnée indiquant que la substance présente un potentiel de sensibilisation respiratoire et cutanée.

Effets spécifiques

Cancérogénicité Ne contient pas de composé listé comme cancérigène.

Mutagénicité Ne contient pas de composé listé comme mutagène.

Toxicité pour la reproduction Ne contient pas de composé listé comme toxique pour la reproduction.

Toxicité par administration répétée**Effets sur les organes-cibles (STOT)****Autres informations****12. INFORMATIONS ECOLOGIQUES****12.1. TOXICITE**

Non classé.

Toxicité aiguë pour le milieu aquatique - Informations sur le produit**Toxicité aiguë pour le milieu aquatique - Informations sur les composants****Toxicité chronique pour le milieu aquatique - Informations sur le produit****Toxicité chronique pour le milieu aquatique - Informations sur les composants****Effets sur les organismes terrestres****12.2. PERSISTANCE ET DERIVABILITE****Informations générales**

Le produit est biodégradable.

12.3. POTENTIEL DE BIOACCUMULATION

Informations sur le produit Le potentiel de bioaccumulation du produit dans l'environnement est très faible.

logPow <= 2.8

Informations sur les composants

| Nom Chimique | Log Pow |
|-----------------------|---------|
| Gaz naturel-8006-14-2 | 2,8 |

12.4. MOBILITE DANS LE SOL

Informations générales A cause de sa grande volatilité, ce gaz liquéfié n'est pas susceptible de générer des pollutions du sol ou de l'eau.

Air Relargués dans l'atmosphère, les constituants se diluent rapidement et subissent une photodégradation.

12.5. RESULTATS DES EVALUATIONS COMME SUBSTANCE PERSISTANTE, BIOACCUMULABLE ET TOXIQUE (PBT) OU TRES PERSISTANTE OU TRES ACCUMULABLE (VPVB)

Évaluation PBT et vPvB La substance ne répond pas aux critères de classification PBT et VPVB.

12.6. AUTRES _EFFETS _NEFASTES

Informations générales Pas d'information disponible.

13. CONSIDERATIONS RELATIVES A L'ELIMINATION

13.1. METHODES DE TRAITEMENT DES DECHETS

Déchets de résidus / produits non utilisés En cas de nécessité d'éliminer le gaz contenu dans des emballages ou dans les réservoirs, la combustion à l'aide de dispositifs appropriés (torche) est le moyen le plus sûr et le plus respectueux de l'environnement. Cette opération doit être effectuée par un personnel spécialement formé avec du matériel adapté et selon des procédures appropriées.

Emballages contaminés Les emballages vides peuvent contenir des vapeurs inflammables ou explosibles.

No de déchet suivant le CED Selon le code européen des déchets (CED) le code de déchet n'est pas relatif au produit lui-même mais à son application. Le code de déchet doit être attribué par l'utilisateur, selon l'application du produit.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

ADR/RID

| | |
|--|--|
| UN/ID No | UN1972 |
| Désignation officielle de transport | Natural gas, refrigerated liquid |
| Classe de danger | 2 |
| Étiquettes ADR/RID | 2.1 |
| Code de classification | 3F |
| Code de restriction en tunnels | (B/D) |
| Numéro d'identification du danger | 223 |
| Description | UN1972, Natural gas, refrigerated liquid, 2.1, (B/D) |

IMDG/IMO

| | |
|--|---|
| UN/ID No | UN1972 |
| Désignation officielle de transport | Natural gas, refrigerated liquid |
| Classe de danger | 2 |
| No EMS | F-D, S-U |
| Description | UN1972, Natural gas, refrigerated liquid, 2.2, (-58°C c.c.) |
| Quantités exceptées | E0 |
| Quantité limitée | 0 |

ICAO/IATA

Interdit

ADN

| | |
|--|---|
| UN/ID No | UN1972 |
| Désignation officielle de transport | Natural gas, refrigerated liquid |
| Classe de danger | 2 |
| Code de classification | 3F |
| Description | UN1972, Natural gas, refrigerated liquid, 2.1 |
| Quantités exceptées | E0 |
| Quantité limitée | 0 |
| Ventilation | VE01 |

15. INFORMATIONS REGLEMENTAIRES**15.1. REGLEMENTATIONS/LEGISLATION PARTICULIERES A LA SUBSTANCE OU AU MELANGE EN MATIERE DE SECURITE, DE SANTE ET D'ENVIRONNEMENT****Union Européenne****REACH**

Cette substance est exemptée d'enregistrement conformément au Règlement (CE) No. 1907/2006 (REACH)

Inventaires Internationaux

| | |
|----------------------|----------------------|
| EINECS/ELINCS | Est conforme à (aux) |
| TSCA | Est conforme à (aux) |
| DSL | Est conforme à (aux) |
| ENCS | - |
| IECSC | Est conforme à (aux) |
| KECL | Est conforme à (aux) |
| PICCS | - |
| AICS | Est conforme à (aux) |
| NZIoC | Est conforme à (aux) |

Légende

| | |
|----------------------|---|
| EINECS/ELINCS | European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances/EU List of Notified Chemical Substances |
| TSCA | United States Toxic Substances Control Act Section 8(b) Inventory |
| DSL/NDSL | Canadian Domestic Substances List/Non-Domestic Substances List |
| ENCS | Japan Existing and New Chemical Substances |
| IECSC | China Inventory of Existing Chemical Substances |
| KECL | Korean Existing and Evaluated Chemical Substances |
| PICCS | Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances |
| AICS | Australian Inventory of Chemical Substances |
| NZIoC | New Zealand Inventory of Chemicals |

Information supplémentaire**15.2. ÉVALUATION DE LA SECURITE CHIMIQUE**

16. AUTRES INFORMATIONS

Texte intégral des phrases R mentionnées sous les Chapitres 2 et 3

R12 - Extrêmement inflammable

Texte complet des Phrases-H citées dans les sections 2 et 3

H220 - Gaz extrêmement inflammable

H224 – Liquide et vapeurs extrêmement inflammables

H281 - Contient un gaz réfrigéré; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques

Abréviations, acronymes

GLP = Good Laboratory Practice - BPL = Bonnes Pratiques de Laboratoire

bw = body weight = poids corporel

bw/day = body weight/day = poids corporel par jour

Légende Section 8

+ Produit sensibilisant

* Désignation de la peau

** Désignation du Danger

C : Cancérogène

M : Mutagène

R : Toxique pour la reproduction

Date de révision : 1^{er} juillet 2014

Révision : Version initiale

Cette fiche de données de sécurité est conforme aux exigences du Règlement (CE) No. 1907/2006

Cette fiche complète les notices techniques d'utilisation mais ne les remplace pas. Les renseignements qu'elle contient sont basés sur l'état des connaissances du rédacteur relatives au produit concerné, à la date indiquée. Ils sont donnés de bonne foi. L'attention des utilisateurs est en outre attirée sur les risques éventuellement encourus lorsqu'un produit est utilisé à d'autres usages que celui pour lequel il est conçu. Elle ne dispense en aucun cas l'utilisateur de connaître et d'appliquer l'ensemble des textes réglementant son activité. Il prendra sous sa seule responsabilité les précautions liées à l'utilisation qu'il fait du produit. L'ensemble des prescriptions réglementaires mentionnées a simplement pour but d'aider le destinataire à remplir les obligations qui lui incombent. Cette énumération ne peut pas être considérée comme exhaustive. Le destinataire doit s'assurer que d'autres obligations ne lui incombent pas en raison de textes autres que ceux cités.

Fin de la Fiche de Données de Sécurité

ANNEXE B LNG ACCIDENTOLOGY

Base de données ARIA - État au 03/11/2015

Accidentologie

Gaz Naturel Liquéfié

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des événements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :

BARPI - 5 Place Jules Ferry, 69006 Lyon / Mel : barpi@developpement-durable.gouv.fr

Au 3 novembre 2015, la base de données ARIA recense 13 accidents impliquant des gaz naturel liquéfié (GNL). Parmi ces événements, 3 ont eu lieu en France (ARIA 32941, 25619 et 28524). Pour mémoire, les 3 principaux terminaux méthaniers français sont pour le moment : Fos Cavaou, capacité de regazéification de 8 milliards de m³, Fos Tonkin : capacité de regazéification de 5 milliards de m³ et Montoir de Bretagne avec une capacité de regazéification de 10 milliards de m³ de gaz. Un projet de terminal méthanier est en cours de finalisation à Dunkerque.

1. Contexte

Le GNL est transporté via des méthaniers puis stocké sous forme liquide à très faible température (- 160°C) à pression atmosphérique. Le marché du GNL est globalement en forte expansion, avec de nombreux projets de terminaux d'importation.

Le gaz naturel n'est pas forcément consommé dans le pays qui l'importe, surtout en Europe. Les réseaux de transport (gazoducs) étant interconnectés, le gaz débarque à Fos-sur-Mer et peut être utilisé par exemple en Allemagne à Berlin.

La température très basse de stockage et de transport (-160°C), induit des contraintes particulières sur les matériaux en acier des enceintes de confinement (ARIA 6059). Des modalités d'interventions particulières en cas d'incendie (gel de l'eau, stockage calorifugé) doivent de ce fait être envisagées.

Les sites GNL sont généralement composés de 4 types d'unité ayant chacune une fonction propre :

- Déchargement
- Stockage
- Regazéification et traitement du gaz (englobant dans le cadre de l'étude le torchage)
- Tuyauteries d'usine servant au transfert du produit entre les unités.

Le gaz naturel emprunte le réseau de canalisations de transport de gaz pour être acheminé à travers les pays. L'accidentologie des canalisations de transport de gaz naturel n'est pas étudiée dans le présent document. Les accidents se limitent ainsi aux installations se situant en amont du premier organe de sectionnement avec le réseau de transport et n'inclut pas les postes de détente/compression pouvant être présent au niveau des terminaux méthaniers.

2. Caractéristiques des accidents

Les phénomènes dangereux qui se sont produits se répartissent de la façon suivante :

| Phénomène | Nombre d'accidents | % | N° ARIA |
|----------------------|--------------------|-----|-------------------------------------|
| Explosion | 5 | 38% | 6059,10161,10162,25619,26252 |
| Incendie | 2 | 15% | 6059,26252 |
| Rejet de gaz naturel | 6 | 46% | 22312,25619,10161,10162,26252,28524 |
| dont Rejet prolongé | 2 | 15% | 22312,25619 |

Le faible nombre d'événements dans l'échantillon d'étude ne permet pas d'en tirer des enseignements génériques.

Néanmoins :

- une explosion s'est produite en France à Fos sur Mer en 2003, lors d'un arrêt programmé pour maintenance du terminal méthanier (ARIA 25619). Un problème au niveau d'un composant régulant les entrées d'air d'une torchère en serait l'origine.
- Aucun BLEVE n'est noté. Ce qui est normal dans la mesure où les installations de GNL ne sont théoriquement pas sujettes à ce phénomène du fait qu'elles ne sont pas dimensionnées pour résister à une montée en pression.

Les accidents recensés dans la base de données ARIA concernent les unités de :

- **Stockage** : problème de clapet de fond (ARIA 32941) / fissure dans une paroi d'un réservoir cryogénique (ARIA 6059)
- **Regazéification / traitement / torchage du gaz** : rupture d'un échangeur thermique (ARIA 10162) / rupture d'un ballon d'aspiration d'un compresseur (ARIA 10161) / explosion d'un générateur de vapeur (ARIA 26252) / problème au niveau d'une torchère (ARIA 25619)
- et **principalement les tuyauteries d'usine** qui sont endommagées par des engins de chantier ou de manutention (ARIA 33498, 33500, 33505, 33502...).

L'activité de **déchargement** est citée indirectement dans un événement français (ARIA 28524). Des mouvements de grève dans le terminal méthanier de Fos-sur-mer ont en effet perturbé son approvisionnement. Des relargages de gaz (ARIA 28524) notamment afin de rééquilibrer la pression dans les cuves du méthanier en fonction du gaz qui s'évapore (phénomène de « roll-over ») ont ainsi dû être réalisés en pleine mer.

Par ailleurs, plusieurs accidents ont eu lieu durant des **phases de travaux ou de maintenance** (ARIA 22312,25619, 33505).

Enfin, au-delà des causes premières (agressions par des engins de travaux, défaillance d'équipements...), des **défaillances humaines ou organisationnelles dans l'application des procédures sont à l'origine de sinistre** (ARIA 10162, 22312).

3. Conséquences

Les explosions de GNL se caractérisent par :

- des conséquences humaines notables liées aux effets de surpression et de projection (136 morts aux Etats-Unis à Cleveland en 1944, ARIA 6059 / 27 morts et 74 blessés dans un complexe pétrochimique à Skikda en Algérie en 2004, ARIA 26252)
- d'importants dégâts sur les installations et habitations voisines (ARIA 6059, 26252).

En outre, nombre d'événements auraient pu avoir des conséquences dramatiques si les ouvrages avaient contenu du GNL au moment de leur endommagement (ARIA 33498, 33500). Dans un cas, le plan de circulation du site a été modifié (ARIA 33500) pour tenir compte de la relative vulnérabilité des tuyauteries d'usine.

4. Bibliographie

L'Ineris a publié en novembre 2011 un rapport intitulé « Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques pour le stockage de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) - Installations fixes ». Dans ce document figurent des données sur les caractéristiques du GNL (vapeurs incolores, quasi inodore, non toxique, vapeurs qui condensent et forment des brouillards).

Les différents risques liés à l'utilisation du GNL y sont également mentionnés : feu de nappe, « roll-over », risque de rupture à basse température des matériaux constituant les stockages, risque d'anoxie dans les capacités confinées, risque de brûlure cryogénique...

Accidents français

Désolidarisation d'un boulon de son axe sur un réservoir de GNL.

ARIA 32941 - 01/01/1980 - 76 - LE HAVRE

Naf 52.24 : Manutention

A la fin des années 1980, le clapet de fond d'un des 3 réservoirs de stockage de GNL datant des années 1960 est resté ouvert lors de tests de fermeture. Après vidange du réservoir, les investigations ont montré que l'organe de fermeture s'est désolidarisé de son axe à la suite du desserrage d'un boulon.

Explosion au pied d'une torche.

 **ARIA 25619 - 17/09/2003 - 13 - FOS-SUR-MER**

Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites

 En fin de journée, pendant le déchargement d'un navire, une explosion se produit sur un terminal méthanier comprenant notamment 3 réservoirs raccordés à un réseau torche. Le terminal est en arrêt programmé pour maintenance, les déchargements de GNL (gaz naturel liquéfié) restant autorisés en vue de la reprise de l'activité. L'explosion survient à l'intérieur de la structure de la torche du terminal, projetant la porte de pied sur le local de la salle de contrôle, causant sur cette dernière quelques dégâts matériels : bris de vitre, poussières et débris à l'intérieur de la salle. Selon l'exploitant, il n'y a pas de blessé et les dégâts sont limités. La salle de contrôle a continué à fonctionner et n'est pas évacuée. Le POI est déclenché : les pompiers restent 1h30 sur le site. Le déchargement de gaz est interrompu (bateau à quai, raccordement bras liquide désaccordé et raccordement gaz vapeur maintenu). Le fonctionnement de la torche est arrêté. Les évaporations du terminal, évaluées à 4 000 Nm³/h, sont évacuées à l'atmosphère en attendant la réparation de la torche ou la ré-injection des gaz évaporés dans le réseau (soit une vingtaine d'heures). Chacun des 3 réservoirs est muni d'un événement piloté depuis la salle de contrôle. Par ailleurs, ils disposent d'un contrôle de pression permanent et de soupapes. Selon l'exploitant, le nuage froid reste localisé à proximité des événements (5 m de diamètre et 35 m de hauteur au-dessus des réservoirs). Le nuage visible inclut la zone d'inflammation. Le vent de direction Sud Nord est de 1 à 2 km/h. Au titre des mesures conservatoires, des dispositifs de détection de gaz sont déployés le long de la route d'accès et en limite de site : des mesures y sont effectuées toutes les 1/2h sur 6 points sans révéler la présence de gaz. L'inspection des installations classées propose au préfet de subordonner l'exploitation de la torche ainsi que le déchargement à l'obtention d'un diagnostic de la situation, accompagné d'une analyse de risques. A l'origine de l'accident, l'absence de garde hydraulique sur le siphon du drain du joint gazostatique au sommet de la torche a permis la migration du gaz et création d'une atmosphère explosive dans la structure de la torche même puis un cumul de gaz froid (densité : 1,05) en point bas. Au titre du retour d'expérience, la torche est modifiée et l'étude de dangers sera révisée.

Pollution maritime (méthane)

 **ARIA 28524 - 30/10/2004 - 13 - FOS-SUR-MER**

Naf 50.20 : Transports maritimes et côtiers de fret

 Les méthaniers Tellier et Descartes, chargés d'acheminer du gaz naturel liquéfié (GNL) depuis l'Algérie, ont été respectivement bloqués au large de Fos-sur-Mer des 30 octobre et 4 novembre jusqu'aux 25 et 27 novembre 2004 à la suite d'un mouvement de grève des marins. Les 2 navires contenaient 40 000 et 50 000 m³ de GNL à -163 °C. Une partie du GNL se vaporise en permanence et entraîne une augmentation de la pression dans les cuves. En marche normale, ce gaz naturel d'évaporation est utilisé dans la chaudière du bateau. Mais en cas d'immobilisation en mer, l'utilisation est insuffisante obligeant les équipages à libérer du gaz naturel à l'atmosphère. Ce gaz naturel est rejeté à 30 m de hauteur, et étant plus léger que l'air, il se dilue dans l'atmosphère ; 4 000 m³ de GNL ont été rejetés durant cette période, soit 1 600 t. Selon la société exploitante du terminal méthanier destinataire des cargaisons cette quantité représente 0,06 % des émissions annuelles de gaz à effet de serre de la Région PACA.

Accidents étrangers

Explosion de gaz

  **ARIA 6059 - 20/10/1944 - ETATS-UNIS - CLEVELAND**
  *Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites*
  Une fissure se développe dans la paroi d'un réservoir cryogénique de 4 540 m³ de gaz naturel liquéfié. La double paroi était composée d'un acier à 3,5 % de nickel avec une isolation en laine de roche. Le nuage s'enflamme rapidement et explose. Un gigantesque incendie se déclare et se propage à un autre réservoir qui explose à son tour (effet domino). Au total, 12 ha d'installation sont détruits et près de 2900 t de gaz sont brûlés. 136 personnes sont tuées, 300 blessées, 80 maisons détruites et 10 usines fortement endommagées. Les dégâts sont évalués à 8 millions de dollars US.

Endommagement d'une canalisation GNL par une grue

ARIA 33498 - 24/06/1980 - NC - NC

Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites

Dans un terminal méthanier, une grue endommage une canalisation GNL de 10" en aluminium vide. Aucune fuite de produit n'est à signaler .

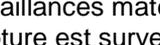
Endommagement d'un portique d'un pipe rack GNL

ARIA 33500 - 13/05/1981 - NC - NC

Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites

Dans un terminal méthanier, pendant la phase de construction, une grue se déplace sans avoir baissé sa flèche et endommage fortement un pipe rack GNL, pliant des tuyauteries. Les canalisations étant vides, il n'y a pas de fuite. Le plan de circulation des engins de travaux est revu.

VCE (GNL).

  **ARIA 10162 - 14/02/1983 - INDONESIE - BONTANG**
  *Naf YY.YY : Activité indéterminée*
  Sur une installation de Gaz Naturel Liquéfié, une explosion (VCE) se produit.
  L'accident a pour origine une rupture d'échangeur cryogénique provoquée par des défaillances matérielle (avarie de PSV) et humaine (vanne laissée fermée lors du démarrage). La rupture est survenue à une pression effective de 34 bar (l'échangeur n'était éprouvé qu'à une pression de 4 bar).

VCE (Gaz Naturel).

  **ARIA 10161 - 26/05/1983 - ETATS-UNIS - PRUDHOE BAY**
  *Naf YY.YY : Activité indéterminée*
  Sur une installation de Gaz Naturel Liquéfié, un ballon d'aspiration de compresseur se rompt. Une explosion se produit.

Endommagement de tuyauteries GNL par une grue

ARIA 33505 - 31/10/1985 - NC - NC

Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites

Dans un terminal méthanier, une grue présente dans le cadre de travaux s'enfonce dans un sol de mauvaise qualité et bascule sur des canalisations de GNL. Seules, les isolations des tuyauteries sont endommagées et aucune fuite n'est à déplorer.

Endommagement d'un pipe rack GNL par une grue

-        **ARIA 33502 - 29/11/1991 - NC - NC**
      *Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites*
      Dans un terminal méthanier, une grue de déplace sans avoir baissé sa flèche et endommage un pipe rack de GNL.
     

fuite de gaz naturel lors de travaux

-        **ARIA 22312 - 01/07/1997 - ROYAUME-UNI - MANCHESTER**
      *Naf 46.71 : Commerce de gros de combustibles et de produits annexes*
      Dans un dépôt de gaz, un rejet de 19,7 t de gaz naturel se produit à partir d'un réservoir de GNL. Des travaux étaient en cours pour installer un densitomètre sur le toit du réservoir, sur un piquage (diamètre : 400 mm) existant correspondant à une ancienne soupape de décharge. Le personnel du site (6 personnes présentes) gère la situation : un dispositif permettant de stopper la fuite est inséré manuellement dans la canalisation. Toutefois, la décision de ne pas procéder à cette manoeuvre avant que la pression n'ait baissé jusqu'à un minimum de 7 à 8 mbar est prise. La cause de l'accident provient de la mise en oeuvre d'un seul dispositif d'isolement (de type " baudruche ") pour permettre les travaux de découpe à froid tels qu'envisagés selon les standards habituels. La défaillance de cet équipement qui provoqué la fuite peut avoir plusieurs origines : usure de la baudruche sur des soudures, suppression du ballon même, impact des copeaux résultant de la découpe...

Endommagement d'une ligne de déchargement par un tombereau

ARIA 33504 - 22/10/1998 - NC - NC

Naf 35.22 : Distribution de combustibles gazeux par conduites

Au niveau d'un terminal méthanier, un tombereau heurte la ligne de déchargement 22" placée sur un rack métallique au-dessus d'une voie publique à grande circulation, entraînant l'arrachement de câbles électriques et endommageant la structure métallique sans toutefois provoquer de fuite de GNL.

Explosion dans un complexe de gaz liquéfié.

-        **ARIA 26252 - 19/01/2004 - ALGERIE - SKIKDA**
      *Naf 19.20 : Raffinage du pétrole*
      Une explosion se produit vers 18h40 dans un complexe pétrochimique portuaire, situé sur la côte et comprenant 6 unités de traitement de gaz et d'hydrocarbures ;
      12 000 personnes travaillent sur ce site qui est en partie alimenté par du gaz et du pétrole en provenance du Sahara.

L'accident se produit dans l'unité traitant du gaz naturel (GNL), à la suite de l'explosion d'une chaudière à haute pression fabriquant de la vapeur. Sous la violence de l'explosion, des réservoirs de substances inflammables à proximité sont endommagés à leur tour : les fuites qui en résultent provoquent l'extension de l'incendie en différents foyers et de nouvelles explosions (effet domino). Le souffle de l'explosion, entendue à 10 km à la ronde, brise les vitres d'immeubles et commerces du voisinage. Une cellule de crise est mise en place par l'exploitant et le ministère de l'intérieur, le préfet local (" wali ") déclenche l'équivalent du PPI. Les secours doivent lutter 8 h pour maîtriser l'incendie. Le bilan final est très lourd: 27 victimes parmi les employés dont 9 gardiens ou agents de sécurité situés dans un poste proche et 74 blessés (dont 43 sortiront le lendemain après examens). La plupart des décès est liée aux effets de surpression ou de projection et effondrements de structures.

L'estimation des dégâts matériels se monte à 800 M de dollars. 3 des 6 unités de liquéfaction sont détruites. Des débris sont projetés jusqu'à 250 m du point de l'explosion mais les dégâts restent limités au site.

Selon un des témoins, des bruits anormaux correspondant à des vibrations ou à des fuites sur soupapes auraient été entendus avant l'explosion violente. L'unité ("train 40") où s'est produite l'explosion, semblait présenter des anomalies de fonctionnement régulières. Suite à une fuite importante signalée par un agent de maintenance qui décèdera dans l'explosion, un mélange d'air et d'hydrocarbures gazeux aurait été aspiré par l'entrée d'air de la chaudière du train n°40 provoquant une première explosion à l'intérieur de cette dernière, suivie d'une seconde déflagration à l'extérieur puis d'un incendie détruisant les "trains" n°20 et 30 voisins espacés de 60 m les uns des autres.



La cooperazione nel cuore del Mediterraneo



ALLEGATO 2

LOTTO 3 - ANALISI DEI RISCHI DEGLI IMPIANTI GNL NELLE AREE PORTUALI

- Rapporto T2.4.1: Classificazione e revisione dei diversi tipi di rischi associati alla costruzione di impianti GNL nelle aree portuali.
- Rapporto T2.4.2: Database di eventi definibili come "incidenti" o "rischi" che si verificano negli impianti GNL nelle aree portuali.
- Rapporto T2.4.4: Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL.

CCI del VAR

| Rev | Data GG/MM/AAAA | OGGETTO | REDAZIONE (nome e visto) | VERIFICA (nome e visto) | APPROVAZIONE (nome e visto) |
|-----|-----------------|--|---|--|---|
| 1 | 05/03/2020 | Edizione iniziale completa |  Yves Mouilleau <small>2020.03.20 18:20:06 +01'00'</small> Written By |  Delphine Cahelo <small>2020.03.23 07:57:54 +01'00'</small> Checked By |  Michele Normand <small>2020.03.23 12:27:08 +01'00'</small> Approved By |
| 0 | 26/02//2020 | Edizione iniziale senza i capitoli 6 e 7 | Y. MOUILLEAU | D. CAHELO-ROUX | M. NORMAND |

REVISIONI DI DOCUMENTI

SOMMARIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 5 |
| 1.1 | Scopo e contesto generale..... | 5 |
| 1.2 | Scopo e contesto specifici..... | 5 |
| 1.3 | Cronologia | 6 |
| 1.4 | Contenuto | 7 |
| 2 | IL PORTO DI TOLONE | 8 |
| 2.1 | Generale..... | 8 |
| 2.2 | Siti principali..... | 8 |
| 2.3 | Ambiente del sito..... | 13 |
| 3 | INSTALLAZIONI TIPICHE | 16 |
| 3.1 | Ipotesi e dati generali sul traffico GNL | 16 |
| 3.2 | Flusso-Pressione - Temperatura - Condizioni di temperatura - Dimensioni tipiche..... | 18 |
| | 3.2.1 Generale | 18 |
| | 3.2.2 Stazione Fabbrica..... | 20 |
| | 3.2.3 Stazione Porto | 21 |
| | 3.2.4 Stazione Grand Port | 22 |
| 4 | CLASSIFICAZIONE E REVISIONE DEI DIVERSI TIPI DI RISCHIO..... | 23 |
| 4.1 | Pericoli associati al prodotto..... | 23 |
| | 4.1.1 Generale | 23 |
| | 4.1.2 Composizioni | 23 |
| | 4.1.3 Proprietà fisiche | 25 |
| | 4.1.4 Infiammabilità e combustione..... | 27 |
| | 4.1.5 Frasi di rischio..... | 32 |
| 4.2 | Pericoli di processo..... | 33 |
| | 4.2.1 Pericoli associati ai trasferimenti | 33 |
| | 4.2.2 Stoccaggio sotto pressione..... | 34 |
| | 4.2.3 Stoccaggio Non pressurizzato..... | 35 |
| 4.3 | Pericoli ambientali..... | 37 |
| | 4.3.1 Pericoli dovuti a condizioni naturali | 37 |
| | 4.3.2 Pericoli legati alle attività antropiche | 38 |
| 4.4 | Incidentologia..... | 39 |
| 4.5 | In sintesi | 43 |
| 5 | CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO..... | 51 |
| 5.1 | Generale..... | 51 |

| | |
|--|------------|
| 5.2 Gravità dei fenomeni pericolosi | 55 |
| 5.2.1 Ipotesi e approccio di calcolo | 55 |
| 5.2.2 Distanze d'effetto | 60 |
| 5.3 Frequenza degli eventi pericolosi..... | 68 |
| 5.3.1 Approccio, ipotesi e riferimenti | 68 |
| 5.3.2 Frequenza degli eventi pericolosi | 75 |
| 5.4 Sintesi del rischio | 84 |
| 6 RACCOMANDAZIONI DI BUONA PRATICA | 89 |
| 6.1 Generale..... | 89 |
| 6.2 Norme generali di sicurezza | 89 |
| 6.3 Stoccaggio e linee collegate | 90 |
| 6.3.1 Regole di progettazione | 90 |
| 6.3.2 Linee di collegamento di stoccaggio a pressione..... | 90 |
| 6.3.3 Linee di collegamento per magazzini non pressurizzati | 91 |
| 6.4 Catena di sicurezza / mmr chiamato strumentato | 91 |
| 6.4.1 Presentazione generale..... | 91 |
| 6.4.2 Proprietà..... | 92 |
| 6.5 Rilevazione..... | 93 |
| 6.5.1 Generale | 93 |
| 6.5.2 Rilevamento/misurazione del livello | 94 |
| 6.5.4 Rilevamento/misurazione della pressione..... | 95 |
| 6.5.6 Rilevamento/misurazione della temperatura..... | 96 |
| 6.5.7 Rilevamento/misurazione LTD..... | 96 |
| 6.5.8 Rilevamento di perdite e incendi | 96 |
| 6.6 Trattamento | 98 |
| 6.6.1 Generale | 98 |
| 6.6.2 Trattamento degli eventi accidentali delle navi cisterna per GNL | 99 |
| 6.7 Sistemi di azione d'emergenza | 100 |
| 6.7.1 Generale | 100 |
| 6.7.2 Organi di isolamento..... | 100 |
| 6.7.3 Dispositivi di controllo in caso di alta pressione | 101 |
| 6.7.4 Dispositivi di controllo a bassa pressione | 102 |

| | |
|--|------------|
| 6.8 Sistemi di raccolta dello sfiato | 102 |
| 6.9 Sistemi di raccolta delle perdite | 104 |
| 6.9.1 Funzioni e obiettivi | 104 |
| 6.9.3 Aree di recupero..... | 105 |
| 6.9.4 Capacità di contenimento..... | 105 |
| 6.10 Sistema di protezione antincendio..... | 106 |
| 6.11 Effetti domino | 109 |
| 7 CONCLUSIONI -SOMMARIO | 110 |
| 8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... | 111 |

1 INTRODUZIONE

1.1 SCOPO E CONTESTO GENERALE

La Camera di Commercio e Industria (o CCI) del VAR fa parte del programma "Marittimo-Interreg Italia-Francia 2014-2020". Si tratta di un programma transfrontaliero cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale (FEDER), fino all'85%, nell'ambito dell'obiettivo Cooperazione territoriale europea (CTE).

Per affrontare la transizione energetica, il programma Marittimo ha avviato diversi progetti relativi al GNL (Gas Naturale Liquefatto) utilizzato come combustibile marino. Uno di questi progetti, noto con l'acronimo TDI-RETE GNL, mira a definire standard tecnologici e procedure comuni per il bunkeraggio del GNL.

Per raggiungere questo obiettivo, la Camera di Commercio e Industria del Var ha definito le sue esigenze di servizio in 6 lotti, il cui contenuto non sarà dettagliato in questo documento, ad eccezione del lotto 3.

Il lotto 3 è l'oggetto di questo documento. È dedicato allo studio dei rischi associati alle diverse installazioni e operazioni, che coinvolgono il GNL, nei porti come quello di Tolone.

1.2 SCOPO E CONTESTO SPECIFICI

Al di là degli elementi generali di cui sopra, più specificamente, è previsto nel lotto 3:

- classificazioni e revisioni dei diversi tipi di rischi associati alla costruzione di impianti GNL nelle aree portuali,
- la creazione di una banca dati di eventi definibili come "incidenti" o "rischi" che si verificano negli impianti di GNL nelle aree portuali,
- e la definizione di buone pratiche per la riduzione dei rischi associati al GNL.

Inoltre, è importante ricordare che l'identificazione, l'analisi e la quantificazione dei rischi saranno effettuate in modo tale che:

- generale in quanto lo studio riguarda tutti i porti partner dell'area di cooperazione (Corsica, il dipartimento del Var, le regioni Liguria e Toscana e la Sardegna),

- o più specifico per integrare gli elementi caratteristici del porto di Tolone, che è un porto militare.

In base agli scenari che saranno selezionati in ogni porto, gli impianti e le operazioni da considerare sono i seguenti:

- 1- lo scalo di una nave metaniera nel porto senza operazioni di bunkeraggio,
- 2- il rifornimento di una nave metaniera nel porto:
 - autotrasportato
 - con chiatta galleggiante
 - in nave bunker
- 3- l'installazione e l'uso di un gruppo elettrogeno alimentato a GNL per elettrificare una nave in banchina,
- 4- l'allestimento di un'area di carico/scarico/magazzinaggio per container GNL,
- 5- la creazione di un sito di stoccaggio di GNL,
- 6- o un cantiere navale che ospita una nave metaniera,
- 7- o una stazione di servizio per autocarri a GNL.

1.3 CRONOLOGIA

Questo documento è il seguito di:

- la consultazione per una "Missione di studio tecnico e normativo (fase II) per la realizzazione di un'industria del GNL nelle aree portuali e marittime nell'ambito del programma europeo MARITTIMO",
- l'offerta TechnipFMC di riferimento *022301S014-COM-HSED-2280-2* del 02/09/2019 rispondendo esclusivamente al lotto 3 della suddetta gara,
- l'atto di impegno sottoscritto da entrambe le parti, ricevuto in data 10/09/2019,
- e l'edizione di questo rapporto in revisione 0.

1.4 CONTENUTO

Oltre a questa introduzione e conclusione, la presente relazione contiene cinque capitoli principali, vale a dire:

- una presentazione della situazione del porto di Tolone, che funge da supporto allo studio,
- una discussione sulle possibili strutture tipiche,
- poi, 3 capitoli, dedicati agli obiettivi di cui sopra, riguardanti le tipologie di rischi da considerare dopo l'installazione di impianti GNL, la caratterizzazione di questi rischi e le buone pratiche da privilegiare.

2 IL PORTO DI TOLONE

2.1 GENERALE

Il porto di Tolone funge da "base" per lo studio, permettendo di identificare le operazioni e gli impianti tipici quando il GNL viene utilizzato come combustibile. È inoltre rappresentativo di una situazione pratica in cui le attività legate al GNL devono essere intraprese in modo compatibile con le attività "sensibili" vicine, corrispondenti qui alle attività del porto militare. In altri porti, le attività sensibili vicine potrebbero essere diverse ma esistono ancora e dovrebbero essere prese in considerazione.

Di seguito sono presentati i principali siti del porto di Tolone. Poi, l'ambiente dei siti è brevemente descritto.

2.2 SITI PRINCIPALI

I principali siti, oggetti di studio, sono:

- il terminale di Brégaillon,
- il molo delle armi,
- e il porto di Tolone Costa Azzurra, designato con l'acronimo TCA

Il porto di Brégaillon-La Seyne ha 2 terminali.

Il terminale di Brégaillon è uno di questi terminali. Viene utilizzato principalmente per:

- container, camion, rimorchi, pezzi di ricambio, ecc.
- o rinfuse (materiali come sabbia, silicati, sale, ecc.)

Su questo terminale vengono utilizzate le 2 tecniche di trasferimento merci note come Ro-Ro¹ e Lo-Lo². Per estensione, queste tecniche possono anche riferirsi alle imbarcazioni in cui

¹ Dall'inglese "Roll-On" e "Roll-Off" che significano letteralmente "rotolare dentro, rotolare fuori".

² Dall'inglese "Lift-On" e "Lift-Off" si riferiscono a carichi verticali che utilizzano gru.

vengono utilizzate. Nella figura seguente è riportata una rappresentazione del terminale e delle aree circostanti.



Figura1: Il terminale di Brégaillon (figura presa da www.portsradetoulon.com)

Il molo delle armi è l'altro terminal del porto di Brégaillon-La Seyne. Viene utilizzato per le navi più grandi e, in quanto tale, è in grado di accogliere le navi da crociera più grandi.

I 2 terminali (molo delle armi e terminale di Brégaillon) sono mostrati insieme nella figura seguente (presa dalla stessa fonte della figura precedente).



Figura 2 : Il terminal di Brégaillon e il molo delle armi del porto di Brégaillon-La Seyne

Una vista aerea del porto di Toulon Cote d'Azur è presentata nella seguente figura.



Figura 3 : Il porto di Tolone Costa Azzurra e i suoi dintorni

Questo porto dispone di banchine per traghetti che trasportano tra 1,5 e 2 milioni di passeggeri all'anno verso diverse isole del Mediterraneo.

La figura seguente mostra una vista aerea per localizzare i 3 siti. I 3 siti descritti sono contrassegnati da 1 a 3 nella legenda. I siti contrassegnati da 4 a 9 sono i porti turistici.



Attività relative al trasporto di merci o persone

- 1 - Terminal passeggeri Toulon Cote d'Azur | *Traghetto, Crociera*
- 2 - Brégaillon Terminal La Seyne sur Mer | *Trasporto RoRo, trasporto convenzionale (merci, RoRo, veicoli nuovi, alla rinfusa, colli pesanti, colli speciali)*
- 3 - Terminal Crociere La Seyne Môle d'Arment | *Crociera*

Attività ricreative

- 4 - Porto di Tolone Vieille Darse
- 5 - Porto di Tolone Darse Nord
- 6 - Port Saint Louis du Mourillon
- 7 - Porto di La Seyne sur Mer
- 8 - Porto di Saint Mandrier
- 9 - Port du Niel

Figura 4 : Vista aerea che mostra i diversi siti menzionati

Oltre ai siti principali (porto di Brégaillon, molo delle armi e TCA), va menzionato anche Monaco Marine, che corrisponde al cantiere navale a cui possono essere inviate le navi che utilizzano GNL come combustibile.

Questo cantiere si trova nella figura seguente.



Figura 5 : Posizione approssimativa del sito di Monaco Marine

2.3 AMBIENTE DEL SITO

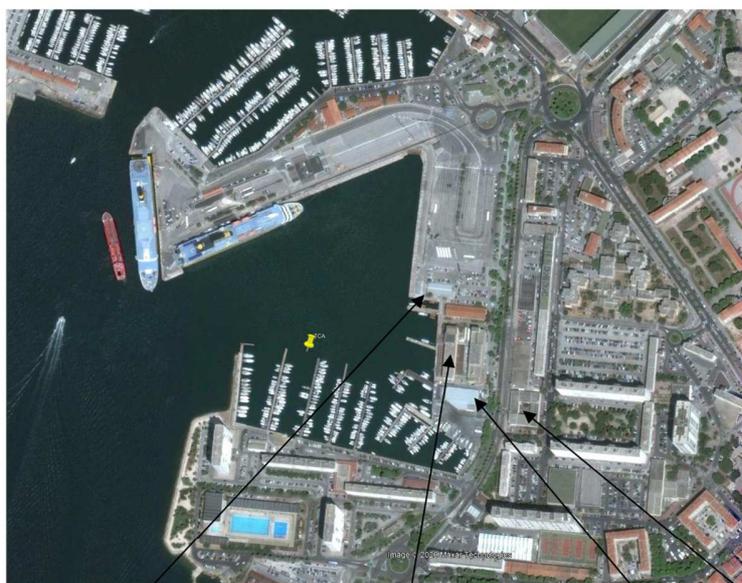
Per quanto riguarda l'ambiente dei siti, vanno probabilmente osservati i seguenti elementi che corrispondono a:

- elementi da proteggere,
- o siti, che sono a loro volta potenziali siti di incidenti che potrebbero avere un impatto su un impianto contenente GNL,
- o ad entrambe le descrizioni sopra riportate contemporaneamente.

La figura seguente mostra gli elementi tipici come elementi da proteggere.

Alla Base Navale

Al municipio di Tolone



Capitaneria di porto

DDTM du Var e DML (Delegazione per il mare e le coste)

PCM (Palais du Commerce et de la Mer) considerato come il primo punto di emergenza con accesso in barca e in elicottero.

Centro di soccorso dei Vigili del Fuoco e dei soccorsi



Figura 6 : Elementi tipici da proteggere intorno al terminale TCA

Gli elementi tipici come gli elementi da proteggere o i potenziali incidenti che potrebbero avere un impatto su un impianto GNL sono presentati nelle figure seguenti.

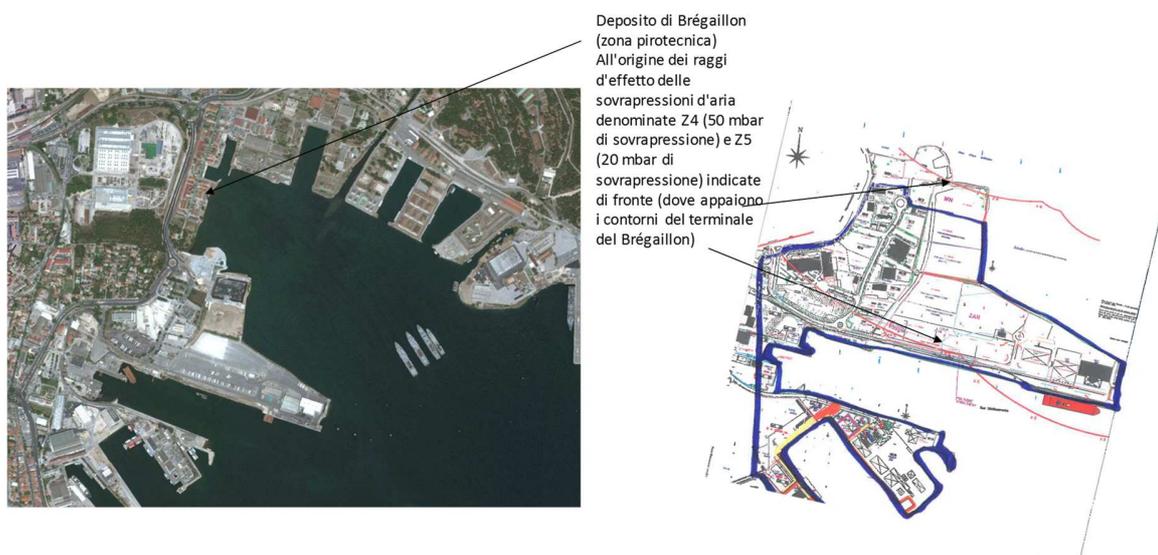


Figura 7 : Terminale e deposito di Brégaillon



Figura 8 : Deposito di carburante dell'esercito e rotte dei traghetti

3 INSTALLAZIONI TIPICHE

3.1 IPOTESI E DATI GENERALI SUL TRAFFICO GNL

Le installazioni e le operazioni da considerare menzionate al punto 1.2 sono riportate nella figura seguente con alcuni collegamenti funzionali.

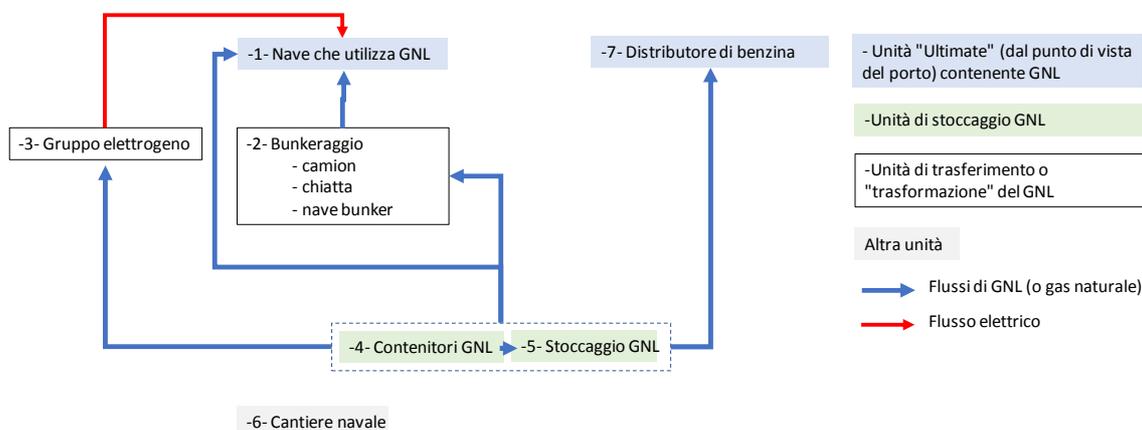


Figura 9 : Strutture e operazioni da considerare

Le informazioni della figura precedente sono molto qualitative e non devono essere considerate in senso stretto perché gli schemi logistici non sono definiti. Come esempio:

- le operazioni di bunkeraggio possono essere effettuate tramite camion, che possono essere a loro volta caricati fuori dal porto di Tolone,
- potrebbero anche essere realizzati, a partire da chiatte galleggianti (elencate come -2- unità), che potrebbero essere efficacemente utilizzate anche come deposito (-5- unità).

Secondo i diagrammi impostati la rappresentazione nella figura precedente potrebbe quindi essere riveduta/semplificata.

Poi, va notato che nella figura precedente, i mezzi appaiono in pratica come dedicati alle 2 cosiddette unità "ultime" che sono:

- navi che utilizzano GNL come combustibile (unità -1-) che devono essere rifornite (attraverso le unità -2-, -4- o -5-) o alimentate con elettricità (attraverso l'unità -3-),
- o una o più stazioni di servizio per autocarri pesanti (a GN) (unità -7-).

In questo contesto, il GNL può provenire dallo stoccaggio (unità -5-) ma l'approvvigionamento di questo stoccaggio, così com'è, proviene solo dallo scarico dei container³ (unità -4-). Come si vedrà in seguito, visti i flussi in gioco, potrebbe essere necessario prendere in considerazione altri mezzi di approvvigionamento.

La Camera di Commercio e Industria del Var (CCI) ha fornito le informazioni riportate nella seguente tabella.

| Tipo di nave (-) | Volume di GNL per nave (m ³) | N. di forniture (-/ anno) | Totali (m ³ /anno) |
|-------------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| Traghetto | 500 | 230 | 115000 |
| Ro-Ro o Lo-Lo | 500 | 160 | 80000 |
| Grande nave da crociera | 3000 | 5 | 15000 |
| | | | 210000 |

Tabella 1: Traffico GNL stimato dalla CCI del Var

La tabella precedente, infatti, non include tutti i flussi che potrebbero essere richiesti dall'utilizzo di generatori di energia elettrica o che si osserverebbero in presenza di una stazione di servizio per automezzi pesanti. Si accetta, tuttavia, che il traffico elencato nella tabella precedente dia ordini di grandezza adeguati.

³ Questi contenitori possono in realtà costituire anche un deposito da svuotare alle navi.

In secondo luogo, non vi sono indicazioni in quanto tali sulla fornitura di (possibili) unità di stoccaggio nel porto stesso:

- questo potrebbe riguardare un piccolo volume se le navi che richiedono GNL sono principalmente bunkerate da un bunker di un altro porto,
- o essere distribuiti tra navi o autocisterne, ad esempio, scaricando il loro contenuto in serbatoi di stoccaggio (che saranno a loro volta trasferiti alle navi richiedenti).

L'incertezza di cui sopra spiega gli intervalli nel numero di navi metaniere o di operazioni di scarico di navi cisterna portatili considerate più avanti nella presente relazione.

3.2 FLUSSO-PRESSIONE - TEMPERATURA - CONDIZIONI DI TEMPERATURA - DIMENSIONI TIPICHE

3.2.1 Generale

Oltre ai grandi terminali GNL (attualmente 4 in Francia), il GNL può essere ottenuto da:

- capacità mobili come le attrezzature menzionate nell'unità -2- (bunkeraggio), che possono provenire da un porto vicino a Tolone,
- capacità trasportabili come i contenitori menzionati nell'unità -4-, disposti su un'area,
- o, infine, le cosiddette stazioni satellitari corrispondenti allo stoccaggio di GNL, citate nell'unità -5-.

È opportuno considerare le cosiddette stazioni satellitari come supporto per descrivere le diverse installazioni.

Fondamentalmente, ci sono 3 tipi di stazioni secondo il "diagramma logistico" utilizzato, come mostrato nella seguente tabella.

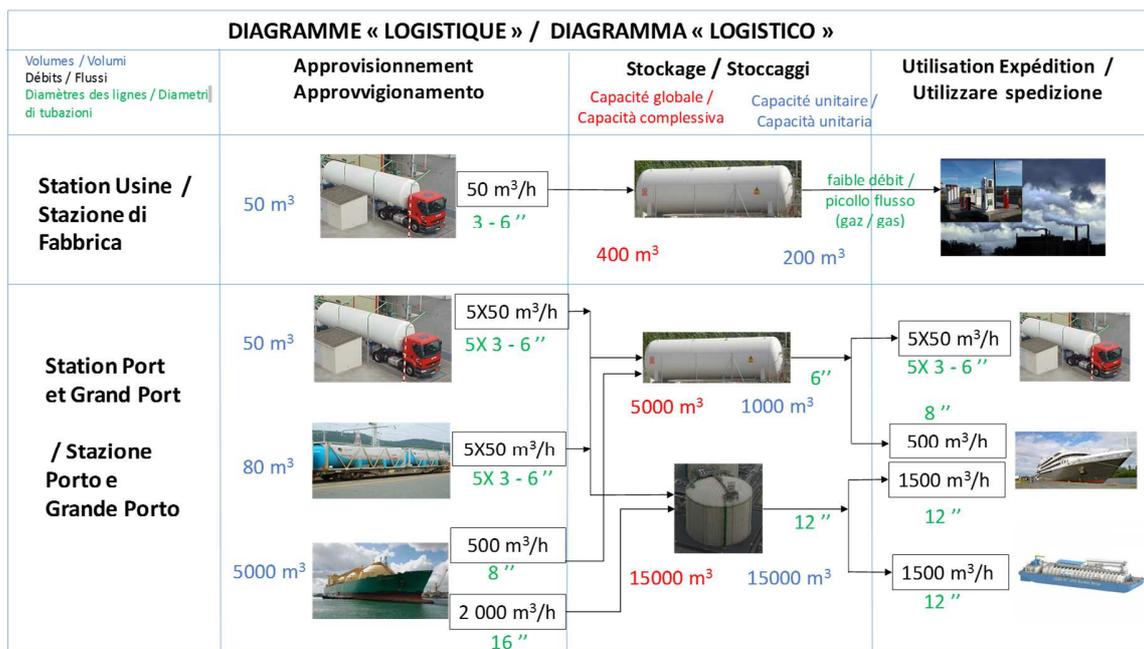


Tabella2: Le diverse stazioni satellitari GNL secondo la "logistica" da soddisfare

Nella tabella precedente sono forniti vari elementi tipici corrispondenti:

- attrezzature (principalmente serbatoi o serbatoi portatili),
- dimensioni (volumi, diametro della condotta, ecc.),
- e addebiti.

Questi elementi saranno sfruttati in seguito. Ulteriori dettagli sono forniti anche nei seguenti sottocapitoli. Ricordiamo che queste informazioni provengono dall'esperienza di TechnipFMC come ingegnere, ma anche dagli scambi con l'AFG (Associazione francese del gas).

3.2.2 Stazione Fabbrica

La funzione primaria di una stazione "Fabbrica" è quella di consentire una fornitura continua di Gas Naturale ad una fabbrica (da cui il suo nome), un operatore industriale, situata in una zona o regione non dotata di una rete di trasporto o distribuzione di gas soddisfacente.

Non esiste una vera e propria applicazione di questo tipo nel caso del porto di Tolone, se non per notare che il collegamento tra:

- ad es. contenitori per GNL (unità -4-),
- e uno o più gruppi elettrogeni

può essere finalmente paragonabile a quello che si osserva per una stazione fabbrica.

Quindi, sempre in termini di corrispondenza tra il porto e una generica stazione "Fabbrica", si possono notare le seguenti principali funzionalità:

- una stazione di scarico di una nave cisterna per GNL (non mostrata in Figura 6, ma che è "potenziale"),
- un deposito di GNL (unità -5-),
- delle apparecchiature di controllo della pressione (vaporizzatore/sfogo),
- pompe di estrazione (opzionale),
- attrezzatura per la vaporizzazione del GNL,
- una Stazione di Odorizzazione del Gas (opzionale),
- un'unità di regolazione della pressione del gas,
- una stazione di misurazione fiscale del gas (opzionale),
- e le unità di controllo/sicurezza.

Per ragioni pratiche e operative, la tecnologia di stoccaggio in esame è il recipiente a pressione a doppia camicia/singola integrità. Questa tecnologia offre un'interessante flessibilità operativa per questo tipo di installazione.

Possono essere utilizzati recipienti a pressione di qualsiasi dimensione, installati in parallelo. Tuttavia, come promemoria, il volume massimo possibile per un serbatoio che può essere trasportato su strada è di 400 m³ (ma può essere un contenitore da 50 m³ ...).

3.2.3 Stazione Porto

La funzione primaria di una stazione "Porto" è quella di effettuare il bunkeraggio (rifornimento con carburante GNL) delle navi. Questo sembra corrispondere bene alla situazione del porto di Tolone.

I volumi di GNL da trasferire alle navi possono essere relativamente grandi (diverse centinaia o addirittura migliaia di metri cubi). Di conseguenza, i volumi di GNL da stoccare nella stazione sono maggiori rispetto a quelli di una stazione "Fabbrica".

Questo tipo di stazione è generalmente fornita da idonee metaniere di medie dimensioni, che trasportano il GNL tra i grandi siti di approvvigionamento (ad es. terminali GNL) e la stazione. Si può anche prevedere che la stazione possa essere rifornita di GNL da autocisterne o autocisterne a seconda del contesto economico.

Una stazione generica "Porto" comprende apparecchiature comuni ad una stazione "fabbrica" (pompe di prelievo, stazione di dosaggio, apparecchiature di controllo e regolazione della pressione, unità di sicurezza, ecc. ma anche le seguenti attrezzature più specifiche:

- una stazione di scarico di una nave cisterna per GNL,
- delle linee di trasferimento di scarico (GNL/GAS) di lunghezza notevole (di solito poche centinaia di metri),
- una stazione di rifornimento della nave,
- delle linee di trasferimento di fornitura (GNL/GAS), anche di notevole lunghezza,
- e una stazione di carico per metaniere (opzionale, unità -7-)

Per questo tipo di stazione, la tecnologia di stoccaggio è di solito un serbatoio pressurizzato (rivestito). A causa delle loro dimensioni, i serbatoi a pressione sono installati orizzontalmente.

Tuttavia, in considerazione dei volumi di stoccaggio di GNL previsti per questo tipo di stazione (meno di 5.000 m³), è possibile considerare altre tecnologie di stoccaggio come quelle note

come "non pressurizzate", come si considera nel caso della cosiddetta stazione "Grand Port", che può essere adattata qui alla stazione "Porto".

3.2.4 Stazione Grand Port

La stazione generica "Grand Port" ha le stesse funzionalità della stazione "Porto" sopra descritta. D'altra parte, sono adatti per la fornitura di navi più grandi.

Pertanto, i volumi di GNL da trasferire alle navi possono essere molto grandi. Di conseguenza, i volumi di GNL da stoccare nella stazione sono i maggiori previsti per questo tipo di impianto.

Per i volumi di GNL presi in considerazione, la tecnologia di stoccaggio in pressione non è più adatta, in quanto dovrebbero essere installati troppi serbatoi. Invece, uno o più serbatoi, non pressurizzati e del tipo a integrità totale⁴ o equivalente, è adeguato.

Questo tipo di serbatoio, per motivi di sicurezza, non ha alcuna penetrazione sui lati o sul fondo del serbatoio. Tutti i collegamenti devono passare attraverso il tetto. Di conseguenza, le pompe di estrazione del GNL devono essere installate nel serbatoio (sommerse).

La tecnologia di stoccaggio, ad una pressione vicina a quella atmosferica, ha un impatto diretto sul funzionamento e richiede che la pressione sia sempre mantenuta e controllata.

In alternativa, l'intera stazione potrebbe essere installata al largo, lontano dal porto, come una chiatte galleggiante o una struttura in calcestruzzo chiamata Gravity Based Structure (GBS), progettata per poggiare sul fondale marino poco profondo.

⁴ Serbatoi progettati con doppio contenimento, in cui il prodotto può essere completamente contenuto (fasi liquide e vapori) nel secondo contenimento in caso di perdita del primo contenimento.

4 CLASSIFICAZIONE E REVISIONE DEI DIVERSI TIPI DI RISCHIO

Attraverso i termini del titolo di questo capitolo, si considera la questione dell'identificazione dei rischi/pericoli.

Classicamente, questo si fa esaminando:

- a) pericoli del prodotto,
- b) rischi operativi,
- c) e rischi ambientali.

Questi passi sono discussi qui di seguito. Gli incidenti del passato, osservati su impianti almeno comparabili, vengono poi esaminati per verificarne la coerenza con gli elementi che emergono da queste fasi.

4.1 PERICOLI ASSOCIATI AL PRODOTTO

4.1.1 Generale

Il gas naturale è inodore, non corrosivo e generalmente non tossico per inalazione. Il GNL, invece, è lo stato liquefatto del gas naturale e può esistere solo a pressione atmosferica mantenendolo al di sotto del suo punto di ebollizione (circa -160°C). Le proprietà del GNL variano a seconda della sua composizione. Tuttavia, questi rimangono relativamente vicini a quelli del metano, che è la componente maggioritaria dei diversi tipi di gas naturale.

4.1.2 Composizioni

Il GNL è una miscela di diversi composti (vedi figura sotto), la cui proporzione varia a seconda delle caratteristiche del serbatoio di gas naturale originale. Tuttavia, il metano rimane il composto schiacciante.

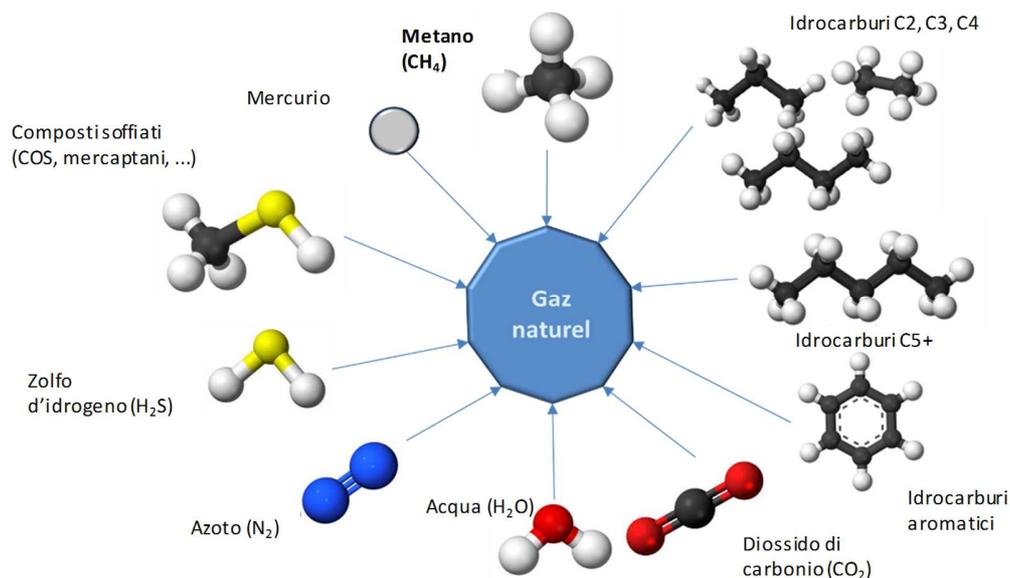


Figura 10 : Composizione del gas naturale

Prima della liquefazione, il gas naturale viene trattato in modo da poter modificare le proporzioni dei diversi componenti. Così:

- l'acqua viene estratta per evitare il congelamento durante la liquefazione,
- l'anidride carbonica viene estratta per prevenire il congelamento e la corrosione e per aumentare la capacità di riscaldamento del gas naturale,
- i composti dello zolfo vengono estratti per evitare problemi di corrosione e ridurre la tossicità a livelli trascurabili,
- l'azoto viene estratto per aumentare la capacità calorifica del gas naturale,
- il mercurio viene estratto perché può danneggiare alcune apparecchiature,
- ecc.

Nella tabella seguente sono riportate le composizioni tipiche che contengono solo i principali costituenti a seconda dell'origine del gas naturale.

| Componenti | Percentuale in volume secondo l'origine | | | |
|----------------|---|---------|---------|--------|
| | Trinidad e Tobago | Algeria | Nigeria | Oman |
| Metano | 96.9 | 87.93 | 91.692 | 87.876 |
| Etano | 2.7 | 7.73 | 4.605 | 7.515 |
| Propano | 0.3 | 2.51 | 2.402 | 3.006 |
| Butano | 0.1 | 1.22 | 1.301 | 1.603 |
| C5+ | - | 0.61 | - | - |
| Totale | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabella 3: Composizioni tipiche di GNL per origine

Per la cronaca, si fa una distinzione tra:

- il cosiddetto GNL "leggero" composto da circa il 97% (vol.) di metano,
- e, il cosiddetto GNL "pesante" si riferisce a composizioni con circa l'88% (vol.) di metano.

4.1.3 Proprietà fisiche

La tabella seguente mette a confronto alcune delle proprietà di diversi GNL e del metano puro.

| | Metano | GNL (Trinidad e Tobago) | GNL (Algeria) | GNL (Nigeria) | GNL (Oman) |
|--|--------|----------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Massa molare (g/mol) | 16.043 | 16.55 | 18.77 | 17.91 | 18.615 |
| Temperatura di ebollizione a pressione atmosferica (°C) | -161.5 | -161.05 | -159.9 | -160.4 | -159.9 |
| Densità del liquido a temperatura di ebollizione (kg/m³) | 422.5 | 430.9 | 452.9 | 452.8 | 463.6 |
| Densità di vapore a temperatura di ebollizione (kg/m³) | 1.81 | 1.799 | 1.783 | 1.776 | 1.763 |
| Densità di vapore a 20°C | 0.6685 | 0.6894 | 0.7829 | 0.7459 | 0.7751 |

Tabella 4: Proprietà fisiche del GNL per origine

Emerge così che:

- le proprietà fisiche rimangono sostanzialmente paragonabili a quelle del metano (con differenze inferiori al 20%),
- la bassa temperatura di ebollizione (~-160°C) classifica il GNL come fluido "criogenico" se conservato a pressione atmosferica,
- i vapori di GNL a temperatura ambiente sono più leggeri dell'aria,
- ma che a temperatura di ebollizione sono più pesanti dell'aria; come promemoria, questo ha un'influenza sulla miscelazione del prodotto con l'aria in caso di perdita di contenimento (vedi sotto).

NOTA: la norma ISO 20765-2:2015 consente di calcolare le proprietà termodinamiche in base alla composizione del gas naturale, se necessario.

Quindi, oltre alle proprietà sopra menzionate e come già detto, la proprietà essenziale del GNL o del gas naturale è che è infiammabile. Questa proprietà è caratterizzata nel seguente sottocapitolo.

4.1.4 Infiammabilità e combustione

Questo sottocapitolo elenca la maggior parte delle proprietà importanti per lo studio dei fenomeni pericolosi legati alla combustibilità del GNL.

a) Campo di infiammabilità

Il gas naturale o i vapori di GNL, a causa dei loro principali costituenti, sono gas infiammabili. Tuttavia, una miscela di questi gas con l'ossigeno dell'aria è suscettibile di infiammarsi solo se la concentrazione di gas naturale è all'interno del campo di infiammabilità, illustrato nella figura seguente.

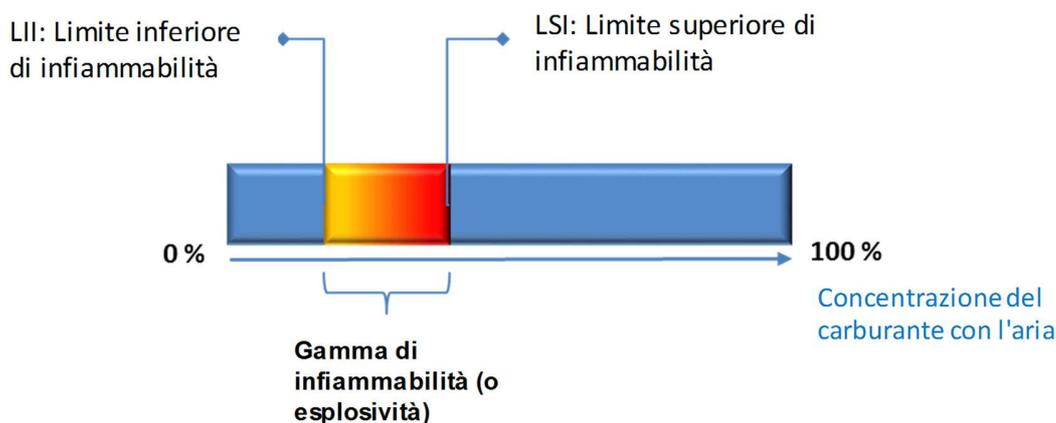


Figura 11 : Campo di infiammabilità

In pratica, il campo di infiammabilità di un gas naturale o GNL dipenderà dalla sua composizione, ma rimane relativamente vicino a quello del metano, come dimostrano i valori riportati nella tabella seguente.

| | Metano | GNL “leggero” | GNL “pesante” |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Campo infiammabilità di | 5% - 15% (in volume) | 4,9% - 14,9% (in volume) | 4,4% - 14,4% (in volume) |

Tabella 5: Campo di infiammabilità del GNL

All'interno del campo di infiammabilità si trova la cosiddetta concentrazione stechiometrica, che è la proporzione ottimale come in caso di accensione:

- tutto il carburante verrà bruciato,
- e questo, senza eccesso o difetto di aria; in altre parole, con reazione della totalità dell'aria inizialmente contenuta nella miscela.

È generalmente a questa concentrazione che gli effetti della combustione accidentale sono più pericolosi. Per il metano, la concentrazione stechiometrica è del 9,5% (in volume).

Come promemoria, i valori elencati nella tabella precedente corrispondono ai campi di infiammabilità in condizioni ambientali.

Questo campo di infiammabilità dipende in realtà dalle condizioni di pressione e di temperatura. Le variazioni tipiche della pressione e della temperatura ambiente non sono sufficienti a modificarla in modo significativo. Tuttavia, in caso di perdita di GNL, la temperatura del gas naturale (dalla vaporizzazione del GNL) / della miscela aria potrebbe essere molto inferiore alla temperatura ambiente. Le variazioni dei limiti di infiammabilità a basse temperature sono indicate nelle figure seguenti.

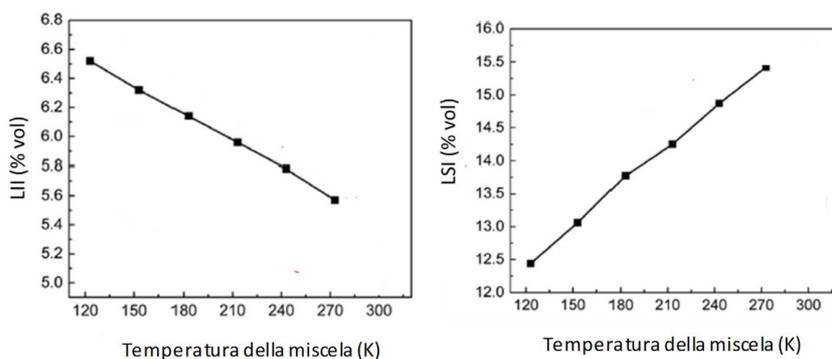


Figura 12 : Variazione dei limiti di infiammabilità a basse temperature

Si osserva così che più bassa è la temperatura della miscela metano/aria, più alto è l'LII aumenta e più basso è l'LSL. In altre parole, più bassa è la temperatura della miscela, più breve è il campo di infiammabilità. Così, a 120 K (o -153°C) il campo di infiammabilità del metano si riduce tra il 6,5% e il 12,5% (vol.).

b) Sensibilità all'accensione

I dati qui forniti sono caratteristici del metano. Possono essere applicati come primo approccio al gas naturale.

L'energia necessaria per accendere una nube di metano/aria dipende dalla concentrazione di metano nella miscela.

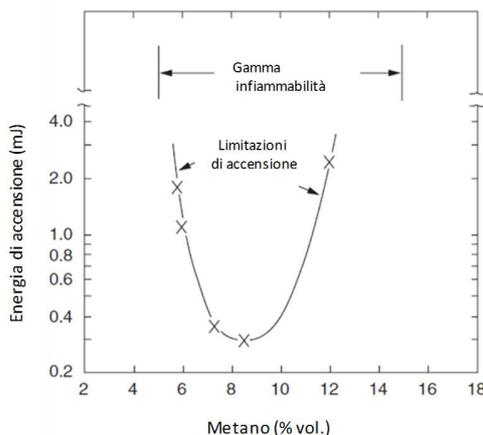


Figura 13 : Energia di accensione minima in funzione della concentrazione

Più bassa è la concentrazione di metano vicino alla concentrazione stechiometrica (dell'ordine di 0,3 mJ), minore è l'energia necessaria per l'accensione. Questa energia minima può anche variare con la temperatura. La figura seguente mostra quindi che quanto più bassa è la temperatura della miscela, tanto maggiore è l'energia necessaria per accendere la miscela.

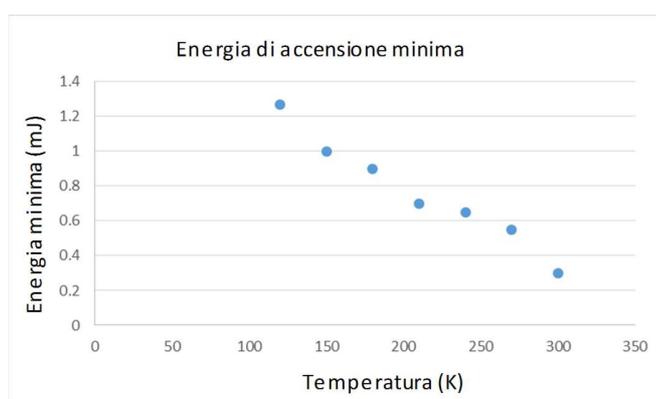


Figura 14 : Energia di accensione minima in funzione della temperatura

Ricordiamo che, al di là dei valori sopra citati, il metano non è considerato il gas più sensibile all'accensione; gas come l'etilene o l'idrogeno sono molto più sensibili. Viene quindi classificata come reattività "media" secondo la seguente figura. Nel Manuale di riferimento Bevi Risk Assessment (RIVM, 2009), il metano è classificato come "basso" per l'infiammabilità.

In pratica, è ancora relativamente facile da accendere, poiché le intensità di energia di accensione menzionate sono in realtà fonti come scintille meccaniche, correnti vaganti o punti caldi.

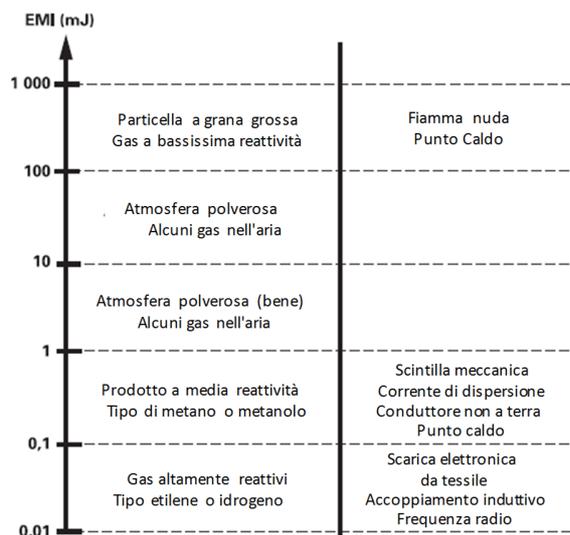


Figura 15 : Energia da diverse fonti di accensione

Nota: Quando una miscela infiammabile viene riscaldata ad una certa temperatura non ha più bisogno di una fonte di accensione per avviare la combustione. Questa cosiddetta temperatura di autoaccensione è di 535°C per una miscela di metano/aria stechiometrica. Queste condizioni non sono probabili nelle strutture in esame, tranne nel caso di una situazione che non sia e che sia già accidentale.

c) Energia rilasciata e tasso di combustione

In relazione alle situazioni di incidente, oltre ai limiti di esplosività (sinonimo di infiammabilità in questo contesto), sono importanti 2 proprietà: la quantità di energia rilasciata dalla combustione e la velocità con cui questa energia viene rilasciata.

| | Metano | GNL "leggero" | GNL "pesante" |
|--------------------------------|--------|------------------|------------------|
| Energia di combustione (MJ/kg) | 50.04 | 49.86 | 49.2 |

Tabella 6: Energia di combustione del GNL secondo l'origine

L'energia di combustione del GNL è fissata globalmente dal contenuto di metano. La differenza in termini di energia non è significativa dal punto di vista dei fenomeni accidentali.

La velocità di combustione del metano riflette la sua reattività in caso di accensione e quindi ha un'influenza se le condizioni per un'esplosione sono soddisfatte.

La velocità di combustione laminare del metano con l'aria è di circa 0,45 m/s. A titolo di confronto, il propano ha una velocità laminare di 0,52 m/s e l'idrogeno di 1,2 m/s. Per quanto riguarda il pericoloso fenomeno delle esplosioni, il metano è considerato un gas a "bassa" reattività. In pratica e a titolo esemplificativo, si può ritenere che, a parità di condizioni, darà sovrapressioni inferiori di circa il 40% rispetto ad una simile esplosione di propano.

4.1.5 Frasi di rischio

Le frasi di rischio frequentemente utilizzate secondo il regolamento CE 1272/2008 quando si consultano le schede di sicurezza per il gas naturale o il GNL sono le seguenti:

- H220: gas estremamente infiammabile,
- H280: contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato,
- H281: contiene gas refrigerato; può causare ustioni o lesioni criogeniche.

La prima frase di cui sopra si riferisce naturalmente alle proprietà menzionate nel precedente sottocapitolo. Comporta dei pericoli:

- fuoco, che, come si vede qui sotto, può essere sotto forma di getti di fuoco o incendi di pozza,
- e anche un'esplosione se miscelata con aria prima dell'accensione; questo tipo di esplosione si chiama VCE, per "Vapour Cloud Explosion".

Le seguenti 2 frasi si riferiscono alle consuete condizioni di processo. Per essere disponibile nella giusta quantità per il fabbisogno, il gas naturale è:

- o conservato sotto pressione,
- o liquefatto (è poi GNL), ad una temperatura molto bassa (circa -160°C).

I pericoli associati a queste diverse condizioni sono descritti in dettaglio nel seguente sottocapitolo.

4.2 PERICOLI DI PROCESSO

Senza entrare nei dettagli di tutte le operazioni, i processi qui consistono principalmente in:

- operazioni di trasferimento,
- o stoccaggio

come mostrato nella Figura 6.

Si considerano prima di tutto i principali pericoli legati alle operazioni di trasferimento, poi si discutono quelli relativi ai diversi tipi di stoccaggio (pressurizzato o meno).

Nessun capitolo è dedicato ai pericoli, per quanto reali, da associare a perdite da valvole (difettose), perdite tra 2 apparecchiature, ecc.

Inoltre, il GNL, come tutti i gas liquefatti, non deve essere contenuto in una sezione di tubazione che può essere completamente chiusa ed esposta al calore dell'ambiente, altrimenti la pressione aumenterà fino a rompersi. Come per le perdite, questo punto - anche se importante - non sarà sviluppato ulteriormente.

4.2.1 Pericoli associati ai trasferimenti

In generale, i trasferimenti tra le capacità comportano il rischio di un eccessivo riempimento delle capacità di ricezione. Il riempimento eccessivo porta poi a:

- un flusso di liquido nelle tubazioni dedicate alla fase vapore quando si collegano le fasi vapore delle 2 portate (quella scaricata e quella ricevente); questo tipo di evento può essere senza conseguenze,
- traboccano attraverso le valvole se le fasi del vapore non sono state collegate, e di conseguenza c'è il pericolo di incendio o di VCE,
- e, all'estremo, al danneggiamento della capacità di ricezione, che può anche portare alla sua rottura; i pericoli sono quindi quelli indicati nei seguenti sottocapitoli, a seconda della natura dello stoccaggio.

La particolarità dei traboccamenti è che i rilasci accidentali vengono poi elevati e diretti verticalmente dalle valvole o dalle bocchette di ventilazione.

In secondo luogo, come mostrato in Figura 6, molte operazioni di trasferimento coinvolgono almeno una capacità mobile (cisterna di autocarri, nave bunker, ecc.). In questo tipo di configurazione, c'è un rischio significativo di rottura del braccio di trasferimento o del tubo flessibile a causa del movimento incontrollato di una capacità di movimento. In questo contesto, alcuni dei trasferimenti riguardano le navi. Di conseguenza, se il braccio o il tubo flessibile si rompe, il GNL rilasciato accidentalmente può cadere in acqua. Di conseguenza, si può osservare un VCE dopo l'accensione della miscela vapore/aria e un incendio di pozza sull'acqua. Tuttavia, un altro pericolo, descritto di seguito, deve essere considerato in anticipo in questo tipo di situazione.

Il GNL si trova generalmente ad una temperatura di -160°C . A contatto con l'acqua a temperatura ambiente, gli intensi trasferimenti di calore possono causare la vaporizzazione del GNL molto "improvvisa". Il cambiamento di fase e la successiva espansione dei vapori nell'atmosfera possono quindi "spingere" l'aria ambiente indietro con forza sufficiente a generare onde di pressione (o shock) e quindi assomigliare ad un'esplosione. Questo è spesso indicato come RPT (dall'inglese "Rapid Phase Transition"⁵).

4.2.2 Stoccaggio sotto pressione

Le condizioni di pressione-temperatura per questo tipo di stoccaggio sono:

- un manometro di pochi bar, di solito 3 (ma sono possibili pressioni da 8 a 11 bar),
- e la temperatura corrispondente alle condizioni di equilibrio termodinamico, cioè circa -140°C per la pressione relativa di cui sopra, ad esempio.

L'immagazzinamento sotto pressione - ma anche i trasferimenti tramite pompa, spray e altri riscaldatori, in stoccaggio fisso o in un serbatoio, ecc. - comporta diversi pericoli:

- in caso di una "improvvisa" perdita di contenimento, potenzialmente, una grande massa di gas inizialmente sotto pressione tenderà ad occupare un volume molto più grande nell'atmosfera; tale espansione volumetrica avviene "spingendo indietro" l'aria ed è accompagnata da onde d'urto che possono esse stesse causare danni; questo tipo di fenomeno è talvolta chiamato "esplosione pneumatica",

⁵ Si riferisce al passaggio dalla fase liquida alla fase vapore.

- inoltre, nel caso del GNL, l'espansione di volume di cui sopra può riguardare la fase vapore (il gas) ma anche la fase liquida (liquefatta in pratica); per quest'ultima l'espansione di volume è ancora più notevole; il fenomeno viene poi chiamato BLEVE,
- nel caso di una perdita di contenimento meno " Brusca", limitata ad una condotta o ad una frazione di sezione di scarico in un tubo pressurizzato, il GNL scaricato sarà animato da una notevole quantità di movimento; il flusso osservato sarà un getto e questo tipo di flusso ha un'influenza sulla massa esplosiva (con l'aria), la distanza contata dal punto in cui una miscela è esplosiva, ecc,

In caso di infiammazione concomitante o successiva a perdita di contenimento, vale la pena considerare gli effetti termici relativi a:

- una palla di fuoco (in caso di BLEVE),
- un getto di fuoco, e potenzialmente (vedi sotto), un incendio di pozza.

Se si osserva l'accensione dopo la miscelazione con l'aria e la formazione di un volume esplosivo, le fiamme si propagheranno attraverso di essa con:

- di nuovo gli effetti termici,
- ma anche, a seconda della velocità delle fiamme, effetti di pressione.

In quest'ultimo caso, denominato VCE come sopra menzionato, gli effetti della pressione sono dovuti all'espansione di volume associata al passaggio da una miscela di metano e aria a temperatura ambiente o inferiore ad una miscela di gas di scarico molto più calda.

4.2.3 Stoccaggio Non pressurizzato

Le condizioni di pressione-temperatura per questo tipo di stoccaggio sono:

- una pressione vicina alla pressione atmosferica e limitata a 0,1 ~ 0,15 bar (relativa),
- e, ancora una volta, la temperatura corrispondente alle condizioni di equilibrio termodinamico, cioè vicino a -160°C.

Le cosiddette condizioni di processo o di stoccaggio criogenico (con temperature intorno ai -160 °C) comportano diversi pericoli o rischi.

Prima di tutto, vale la pena di menzionare gli "intensi" trasferimenti di calore tra:

- GNL, molto freddo,
- e materiali a temperatura ambiente, compresi i metalli,

in caso di contatto accidentale. Questi possono essere osservati:

- in caso di perdita di contenimento e flusso incontrollato di GNL in un serbatoio contenente un altro prodotto pericoloso, un elemento importante (come lo scafo di una nave), ecc,
- o ancora, senza perdite precedenti, quando il GNL viene improvvisamente diretto (e ad alte portate) in una condotta, dedicata al GNL, inizialmente a temperatura ambiente; questo tipo di situazione favorisce l'infragilimento⁶ del metallo della condotta e le perdite.

Come detto in precedenza, quando i trasferimenti di calore sono ulteriormente promossi da una grande superficie di contatto osservata ad esempio quando il GNL (freddo) viene miscelato con l'acqua (a temperatura ambiente), c'è allora un rischio di RPT e come risultato di effetti di pressione.

Infine, gli impianti di stoccaggio criogenico di GNL possono essere il luogo del pericoloso fenomeno noto come Roll-Over. Senza entrare nel dettaglio, questo fenomeno è brevemente descritto qui di seguito:

- un serbatoio di GNL può avere diversi strati o strati di liquido in diverse condizioni di pressione e temperatura (lo strato inferiore è sotto la pressione idrostatica degli strati superiori - ed è quindi più alto - e le temperature o anche le composizioni del GNL possono variare da uno strato all'altro),
- in determinate condizioni, gli strati superiori, inizialmente meno densi, possono diventare più pesanti,
- mentre allo stesso tempo gli strati inferiori, inizialmente più densi, possono alleggerirsi,
- questo processo può continuare fino a quando le posizioni degli strati non vengono invertite, con gli strati superiori che si muovono verso il basso e gli strati inferiori che si muovono verso l'alto (da qui la denominazione "Roll-Over"),
- tuttavia, l'innalzamento degli strati inferiori può essere accompagnato da una vaporizzazione abbastanza massiccia da danneggiare in alcuni casi le cupole dei serbatoi.

⁶ Normalmente evitato con procedure di raffreddamento graduale (non brutale).

Tutti i fenomeni sopra citati sono citati per la cronaca perché:

- permettono una migliore comprensione del corso di certi incidenti,
- sono degni di nota perché sono specifici del processo con condizioni criogeniche (come i RPT) ma non sono dimensionali in relazione ai fenomeni di getti di fuoco, BLEVE o VCE già citati in precedenza.
- o perché riguardano a priori serbatoi più grandi di quelli in esame (per il fenomeno del Roll-Over).

Hanno un campo di applicazione diretto più piccolo rispetto agli incendi o agli VCE e quindi non saranno discussi ulteriormente.

4.3 PERICOLI AMBIENTALI

4.3.1 Pericoli dovuti a condizioni naturali

Gli elementi principali da considerare sono:

- allagamento o sommersione,
- fulmini
- terremoto

Altri elementi come i venti o le temperature estreme possono essere inclusi in un'analisi del rischio, ma sono comunemente presi in considerazione dalle normative edilizie generali.

Le inondazioni o i terremoti sono fenomeni naturali che possono causare perdite importanti, e di conseguenza i fenomeni pericolosi (VCE e getti di fuoco) già citati.

I fulmini possono sia danneggiare le apparecchiature che causare perdite, ma possono anche essere una fonte di accensione.

Questi elementi non portano a fenomeni pericolosi legati al GNL, che non sono già stati menzionati.

D'altro canto, devono essere controllati da eventuali misure specifiche.

Così, per il controllo dei rischi di inondazione, possono essere adottate misure di sostegno:

- le forze verticali dovute alla spinta di Archimede nel caso di serbatoi pressurizzati,
- le forze orizzontali dovute alla corrente, gli inceppamenti per tutti i serbatoi,...

Allo stesso modo, in Francia, le installazioni sono soggette a uno "Studio dei fulmini" obbligatorio.

Per quanto riguarda il terremoto, anche in Francia, quando la capacità di stoccaggio supera le 50 t, devono essere rispettate le regole di dimensionamento sismico. In sostanza, l'analisi del rischio deve determinare se un guasto alle apparecchiature a seguito di un terremoto porta ad uno scenario con gravi effetti⁷ su un'area di "occupazione umana permanente". Tale scenario prevede poi il dimensionamento delle attrezzature (serbatoi, condotte, ecc.) per un terremoto le cui caratteristiche sono definite dalla normativa.

4.3.2 Pericoli legati alle attività antropiche

Le attività da considerare sono generalmente:

- il trasporto,
- e le attività industriali vicine.

Un evento accidentale di questo tipo di ambiente non dà luogo a fenomeni pericolosi che coinvolgono il GNL, non già menzionati.

D'altro canto, è possibile adottare misure di controllo del rischio per:

- limitare il rischio di collisioni legate al trasporto,
- e, se del caso, il rischio dei cosiddetti effetti domino, innescati da un incidente in impianti vicini.

In pratica, nella maggior parte dei casi si tratta di una questione di scelta negli insediamenti.

⁷ Comprendere gli effetti in grado di produrre almeno l'1% di letalità nella popolazione esposta.

4.4 INCIDENTOLOGIA

Nell'arco di circa 50 anni si possono individuare gli incidenti descritti brevemente nella seguente tabella. Gli impianti, sedi di questi incidenti, sono qualitativamente paragonabili a quelli considerati in questo studio "ad un fattore di scala di uno a uno". In pratica, sono stati effettivamente osservati molti incidenti nei terminali GNL, che sono a priori più grandi in termini di capacità di stoccaggio, ad esempio, di una stazione Grand Port.

| Data | Posizione | Strutture | Fenomeni | Possibili cause |
|------|---------------------|--|--|--|
| 2015 | Barcellona | Terminale GNL | Traboccamento del serbatoio della nave | Sistema di protezione del serbatoio disattivato e posizione errata della valvola del serbatoio |
| 2014 | Risavika (Norvegia) | Stazione di rifornimento | Piccola perdita di GNL | Tensione sul collegamento del tubo flessibile |
| 2011 | Rotterdam | Terminale GNL | Piccola perdita | Lavori di manutenzione |
| 2011 | Milford Haven | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Piccola perdita | Perdita sul sensore di temperatura |
| 2010 | Nigeria | Nave cisterna per GNL in fase di carico | Forte inclinazione trasversale | Errore di zavorramento |
| 2010 | Montoir | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Danni senza perdite sulle tubazioni della nave | GNL nel circuito di evaporazione |
| 2009 | Indonesia | Serbatoio | Perdita del collettore | Refrigerazione non corretta |
| 2006 | Giordania | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Perdita in fiamme | Fuoriuscita fase gassosa |
| 2006 | USA | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Avaria all'ormeggio senza perdite | Sveglia di una nave di passaggio |

| Data | Posizione | Strutture | Fenomeni | Possibili cause |
|-------------|------------------|--|---|---|
| 2003 | Fos | Terminale GNL | Esplosione e incendio | Perdita canale di scolo |
| 1997 | Inghilterra | Serbatoio | Fuoriuscita di gas | Installazione del densitometro |
| 1994 | USA | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Avaria all'ormeggio senza perdite | Attracco difettoso |
| 1991 | - | Terminale GNL | Danni su cremagliera senza perdite | Movimento della gru |
| 1989 | Algeria | Nave cisterna per GNL in fase di carico | Guasto all'ormeggio con perdite sul braccio/tubazione | Vento forte |
| 1988 | USA | Terminale GNL e metaniera in fase di scarico | Valvola a braccio con perdita | Valvola difettosa |
| 1988 | USA | Terminale GNL e metaniera in fase di scarico | Perdita di liquido sulla linea di drenaggio | Colpo d'ariete durante la ripresa dello scarico |
| 1985 | - | Terminale GNL | Danni alle condotte senza perdite | Caduta di gru (terreno di scarsa qualità) |
| 1985 | - | Terminale GNL e metaniera in fase di scarico | Perdita sul ponte con danni | Riempimento eccessivo del serbatoio |
| 1983 | Giappone | Terminale GNL e metaniera in fase di scarico | Perdita sul braccio durante la fase di raffreddamento | Avvio del motore della nave |
| 1982 | Asia | Terminale GNL e metaniera in fase di scarico | Perdita sul braccio con danni al molo e alla nave | Movimento della nave |
| 1980 | - | Nave metaniera | Perdita di vapore sul braccio | Scollamento del braccio |

| Data | Posizione | Strutture | Fenomeni | Possibili cause |
|------|-----------|--|---|---|
| 1979 | USA | Nave cisterna per GNL in fase di scarico | Valvola di non ritorno | Valvola difettosa |
| 1978 | EAU (UEE) | Serbatoio | Rottura del punto inferiore nel doppio involucro con emissione di gas | Cricche da stress termico |
| 1977 | Indonesia | Terminale GNL e metaniera in carico | Fuoriuscita di liquido ventilato | Allarme del manometro disabilitato |
| 1977 | Algeria | Serbatoio | Guasto della valvola montata sul tetto e spargimento massiccio senza accensione | Materiale errato (lega di alluminio) |
| 1974 | USA | Terminale GNL e chiatta in carico | Perdita tramite valvola di scarico a ponte | Colpo d'ariete dopo un guasto elettrico |
| 1971 | Italia | Terminale GNL | Apertura della valvola del serbatoio Danni minori al tetto | Roll-over |

Tabella 7: Feedback sugli impianti GNL nei porti

In termini di insegnamento, e anche se le statistiche dettagliate non possono essere derivate da elementi così frammentati come questi, emerge comunque che:

- le perdite sono state regolarmente osservate durante le operazioni di trasferimento tra le navi e le banchine (vedi 4.2.1),
- sono stati osservati casi di riempimento eccessivo (con conseguenti perdite) durante le operazioni di rifornimento delle unità di stoccaggio (vedi di nuovo 4.2.1),
- le perdite sono state provocate da varie cause, non particolarmente specifiche per il GNL (ad es. caduta della gru), tranne forse quando si parla di stoccaggio a freddo (procedura difettosa, sollecitazioni termiche? come menzionato al punto 4.2.3).

Va inoltre notato che non si sono verificati casi di BLEVE, anche se due di questi incidenti sono stati osservati su navi cisterna. Questi casi (osservati in Spagna) non compaiono nella tabella precedente perché si sono verificati sulla pubblica via, su autocarri con un unico involucro "isolato". Per la cronaca, diversi terminali GNL in Europa vietano l'accesso ai loro impianti a questi veicoli, la cui tecnologia è attualmente vietata dall'ADR per i nuovi veicoli.

4.5 IN SINTESI

Infine, emergono i fenomeni pericolosi illustrati nella figura seguente.

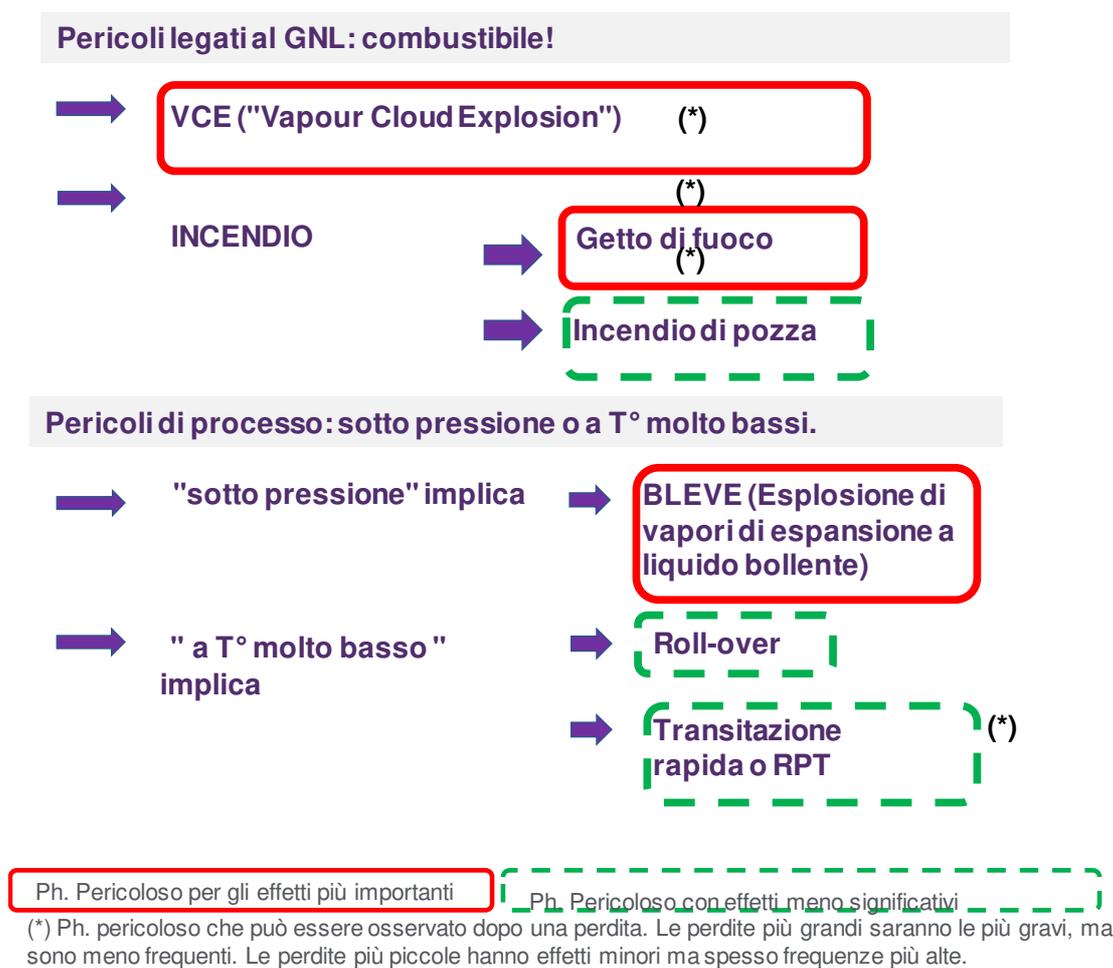


Figura 16 : Fenomeni pericolosi

I principali fenomeni pericolosi da conservare sono quindi "localizzati" nella figura seguente.

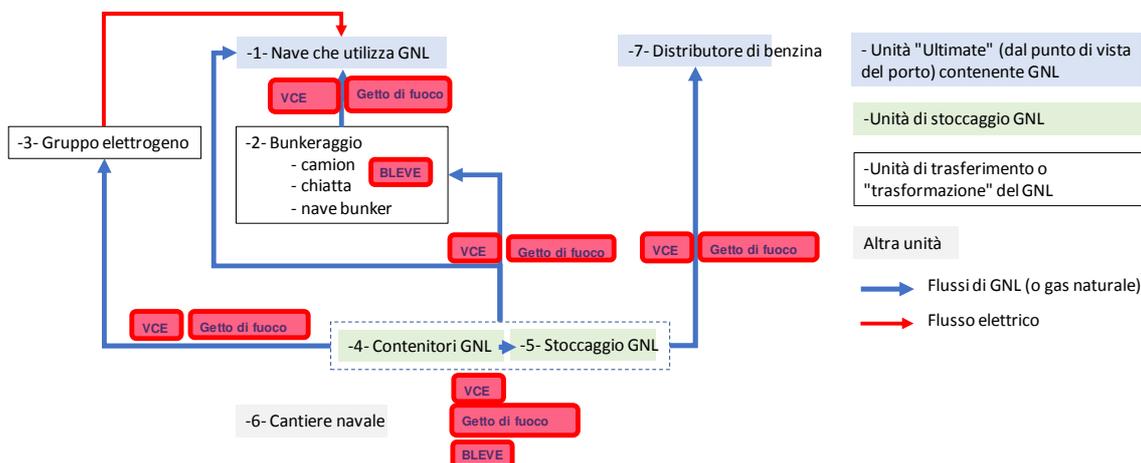


Figura 17 : Fenomeni pericolosi contestualizzati

Al di là della precedente figura relativamente sintetica, è necessario confrontare:

- le informazioni registrate nel capitolo 3 sulle installazioni (diametro della condotta, flussi tipici, ecc.),
- e quelli che emergono da questo capitolo per definire i casi da studiare, coprendo il più ampio spettro possibile di condizioni diverse.

Tali riconciliazioni sono presentate e giustificate nella seguente tabella.

All'interno di questa tabella, quando si fa riferimento alle perdite, si farà spesso riferimento alle cosiddette perdite maggiori:

- sezione del 10%,
- o al 100% di sezione%.

Il termine "sezione" si riferisce alla sezione dritta delle condotte. Infatti, a parità di tutte le altre cose, le perdite al 10% di sezione sono inferiori di quelle al 100% di sezione. In questo contesto, la denominazione "al 100% di sezione%" viene utilizzata per circostanze di perdita come la rottura di una valvola a scorrimento o disimpegno⁸ con la completa separazione di una condotta

⁸ Per quanto riguarda i tubi flessibili e i bracci di trasferimento, si farà implicitamente riferimento solo alle perdite di al 100% di sezione%, cioè alla rottura totale dei tubi o dei bracci, a seguito di un movimento eccessivo della capacità mobile (camion, chiatta, nave, ...).

in due sezioni. In tali condizioni, il GNL può fuoriuscire da ciascuna delle 2 porzioni e la sezione di perdita totale è il doppio della sezione rettilinea, cioè il 200% della sezione rettilinea. La denominazione "al 100% di sezione%" è quindi alquanto imprecisa.

| Condizioni di stoccaggio | PhD ⁹ | Caso n. | Dimensione o volume | Contesto | Nota |
|--------------------------|---------------------------|---------|---------------------|---|---|
| Pressurizzato | BLEVE | 1 | 50 m ³ | Caso tipico di un'autocisterna | |
| | | 2 | 110 m ³ | Caso tipico di una cisterna ferroviaria | |
| | | 3 | 200 m ³ | Tipico caso di stoccaggio in pressione in una stazione Fabbrica o Porto | |
| | | 4 | 1000 m ³ | Tipico caso di un deposito pressurizzato ad alta capacità in una stazione Porto | |
| Pressurizzato | Scarico in atmof. poi VCE | 5 | 65 mm | <p>Tipico caso di una perdita "al 100% di sezione%" in un tubo flessibile utilizzato per lo scarico dei camion cisterna</p> <p>I casi 5 e 6 sono paragonabili, ma il controllo della perdita in 30 s è consentito nel caso 5.</p> <p>Nel caso 6, è consentita una "lunga" durata della perdita.</p> | <p>Al di là del tempo di perdita, sono state prese in considerazione altre differenze tra i casi 5 e 6, ma vengono spiegate di seguito.</p> |
| | | 6 | | | |
| | | 7 | 80 mm | <p>Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" in un tubo flessibile utilizzato per scaricare i camion cisterna in una stazione Porto.</p> | |

⁹ "PhD" per "Fenomeno pericoloso".

| Condizioni di stoccaggio | PhD ⁹ | Caso n. | Dimensione o volume | Contesto | Nota |
|--------------------------|---------------------------|---------|---------------------|--|---|
| | | 8 | 200 mm | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Porto | |
| Pressurizzato | Scarico in atmof. poi VCE | 9 | 25 mm | Tipico caso di una perdita chiamata "al 10% di sezione" da una condotta di GNL da 3". | Casi da 9 a 12 per perdite da tubazioni |
| | | 10 | Da 66 a 80 mm | Tipico caso di perdite: - nota come "al 10% di sezione" di un metanodotto da 8" di GNL, - o "al 100% di sezione%" da un tubo con un diametro vicino a 3". | |
| | | 11 | 150 mm | Tipico caso di perdite di "al 100% di sezione%" da una condotta con un diametro vicino a 6". Ancora una volta, i casi 11 e 12 sono comparabili ma con tempi di perdita diversi (30 s nel caso 11 e una durata "lunga" nel caso 12). | |
| | | 12 | | | |
| Pressurizzato | Scarico in atmof. poi VCE | 13 | 50 mm | Tipico caso di troppopieno da una valvola, in stazioni Fabbrica o Porto. | |

| Condizioni di stoccaggio | PhD ⁹ | Caso n. | Dimensione o volume | Contesto | Nota |
|--------------------------|------------------|---------|-----------------------------|--|--|
| | | 14 | n ¹⁰ *67 mm | Tipico caso di troppopieno nella stazione Porto. | |
| Pressurizzato | Getto di fuoco | 15 | 25 mm | Casi che permettono di controllare la gamma di perdite importanti, con l'accensione, che può portare ad un getto infiammato. | |
| | | 16 | Portata tipica di una pompa | | |
| | | 17 | 66 mm | | |
| | | 18 | 132 mm | | 132 mm corrisponde al diametro di una perdita di "sezione al 10%" da una condotta da 16" (dimensione estrema nel contesto) ma è anche vicino al diametro di una perdita di "al 100% di sezione%" da condotte più comuni. |

¹⁰ "n" corrisponde qui ad una serie di valvole, disposte in parallelo, potenzialmente su più serbatoi.

| Condizioni di stoccaggio | PhD ⁹ | Caso n. | Dimensione o volume | Contesto | Nota |
|--------------------------|----------------------------|---------|---------------------|---|---|
| Non pressurizzato | Scarico in atmosf. poi VCE | 19 | 200 mm | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | Casi da 19 a 22 per perdite dalle braccia |
| | | 20 | | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per caricare una nave tipo Traghetto in una stazione Grand Port. | |
| | | 21 | 300 mm | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio più grande utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | |
| | | 22 | | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per caricare una Nave Grande in una stazione Grand Port. | |

| Condizioni di stoccaggio | PhD ⁹ | Caso n. | Dimensione o volume | Contesto | Nota |
|--------------------------|----------------------------|---------|---------------------|---|---|
| Non pressurizzato | Scarico in atmosf. poi VCE | 23 | 66 mm | Tipico caso di perdita di una "al 10% di sezione" da una condotta di GNL da 8". I casi 23 e 24 differiscono per i tempi di perdita e per il fatto di contenere o meno la fuoriuscita accidentale di GNL (vedi sotto) in una "tubazione". | Perdite da tubazioni di grande diametro che possono corrispondere anche alle cosiddette tubazioni di trasporto. |
| | | 24 | | | |
| | | 25 | 100 mm | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 12". | |
| | | 26 | | | |
| | | 27 | 132mm | Come nei casi precedenti, tranne che per il fatto che si tratta di una condotta da 16". | |
| | | 28 | | | |

Tabella 8: Elenco dei cosiddetti scenari di incidenti rilevanti che possono "coprire" diverse situazioni possibili

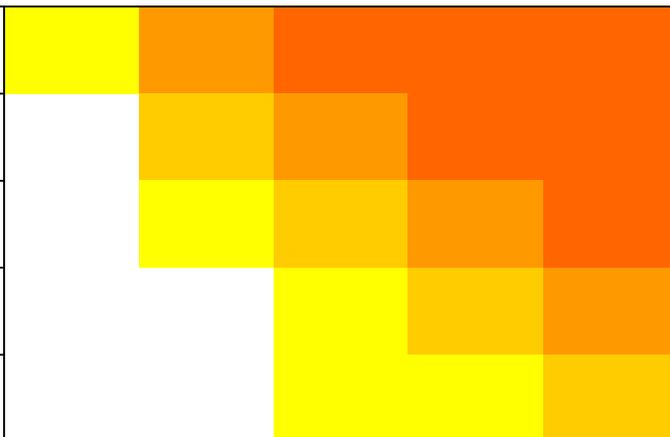
5 CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

5.1 GENERALE

I rischi sono generalmente caratterizzati secondo valutazioni "bidimensionali", con:

- la probabilità o la frequenza con cui si possono osservare incidenti o fenomeni pericolosi,
- e la gravità degli effetti associati ad ogni tipo di incidente o fenomeno.

A titolo di esempio, secondo la normativa ICPE, la matrice riportata nella figura seguente viene utilizzata in Francia per riportare le valutazioni dei rischi e decidere sulla loro accettabilità.

| Scala di frequenza quantitativa | Scala di frequenza qualitativa | Livello di probabilità | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|----------|---|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $> 10^{-2}$ | Evento in corso sul sito in questione | Occasionale | A |  | | | | |
| $10^{-3} < F < 10^{-2}$ | Evento che si è già verificato sul sito | Non comune | B | | | | | |
| $10^{-4} < F < 10^{-3}$ | Evento simile già incontrato nel settore | Raro | C | | | | | |
| $10^{-5} < F < 10^{-4}$ | Evento che si è già verificato ma che è stato oggetto di significative azioni correttive | Estremamente raro | D | | | | | |
| $< 10^{-5}$ | Evento non incontrato a livello globale, ma non impossibile alla luce delle conoscenze attuali | Rarissimo | E | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Livello di gravità | | | | Moderato | Serio | Importante | Catastrofico | Disastroso |
| Effetti letali significativi | | | | Nessuno | Nessuna persona esposta | Non più di 1 persona esposta | Meno di 10 persone esposte | Più di 10 persone esposte |
| Primi effetti letali | | | | Nessuno | Non più di 1 persona esposta | Tra 1 e 10 persone esposte | Tra 10 e 100 persone esposte | Più di 100 persone esposte |
| Effetti irreversibili | | | | Meno di "1 persona" esposta | Meno di 10 persone esposte | Tra 10 e 100 persone esposte | Tra 100 e 1000 persone esposte | Più di 1000 persone esposte |

MMR: Misura di controllo del rischio

Accettabile

RA: Rischio accettabile

| |
|-------------|
| MMR 1 |
| MMR 2 |
| NON Rango 1 |
| NON Rango 2 |

Figura 18 : Matrice nota come "MMR" mantenuta in Francia per valutare la criticità dei rischi di un ICPE sul suo ambiente.

Lo scopo non è quello di dettagliare qui l'uso della matrice presentata nella figura precedente che è specifica per:

- Francia,
- e il controllo dei rischi tecnologici intorno ai ICPE.

Sempre in Francia, nel caso delle condotte per il trasporto di sostanze pericolose (nel caso di alcune tubazioni GNL) o nel caso di infrastrutture come le zone di transito di materiali pericolosi in alcuni grandi porti, si fa riferimento a diverse matrici.

Queste si differenziano dalla cifra precedente per le scale di frequenza o di gravità o per la valutazione dei rischi (accettabili o meno o a seconda delle condizioni).

In altri paesi europei i rischi possono essere caratterizzati anche con altri mezzi.

Tuttavia, in ogni caso (paese, normativa applicata, ecc.), resta il fatto che la caratterizzazione del rischio richiede una valutazione "bidimensionale": delle frequenze e dei gradi di gravità.

In questo documento si farà riferimento alle classi di frequenza definite nella figura precedente. Anche se le frequenze non sono classificate in questo modo ovunque, si può dedurre dalle frequenze espresse in occorrenze per anno (almeno in ordini di grandezza), che è un'unità universale.

D'altra parte, quando si tratta di livelli di gravità, sembra che questi dipendano da:

- la gamma o la distanza degli effetti (come la letalità),
- ma anche il numero di persone esposte agli effetti e i criteri utilizzati per considerare i diversi livelli (ad esempio 1, 10 o 100 persone esposte).

I livelli di severità della Figura 18 dipendono quindi dall'ambiente e dai criteri specifici di una regolamentazione. Queste dimensioni non sono universali. In queste condizioni, nel presente documento, le gravità saranno valutate utilizzando le distanze d'effetto, espresse in m, e tenendo conto delle soglie elencate nella tabella seguente.

| Tipo di effetti | Soglia per i cosiddetti effetti letali significativi o SELS | Soglia di 1° effetti letali o SEL | Soglia per effetti irreversibili letali (non letali) o SEI |
|--|---|---|--|
| Terminali a causa di un'esposizione superiore a 2 minuti | 8 kW/m ² | 5 kW/m ² | 3 kW/m ² |
| Terminali a causa di un'esposizione inferiore a 2 minuti | 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s | 1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s | 600 (kW/m ²) ^{4/3} .s |
| Termico dovuto a VCE | Distanza dal LIE | Distanza dal LIE | La distanza dal LIE è aumentata del 10%. |
| Meccanica dovuta alla sovrappressione | 20 kPa | 14 kPa | 5 kPa |

Tabella 9: Livelli di effetto critici basati su esposizioni pericolose

Per la cronaca:

- la soglia SELS corrisponde al 5% dei possibili effetti letali per una popolazione esposta a questa soglia,
- la soglia SEL corrisponde all'1 % dei possibili effetti letali o del verificarsi di effetti letali per una popolazione esposta a questa soglia,
- la soglia SEI corrisponde di solito agli effetti con postumi per una popolazione esposta a tale soglia

Infine, si distinguono diversi tipi di effetti termici (esposizione inferiore o superiore a 2 min, esposizione alle fiamme di un VCE) perché le variabili rilevanti (flusso di calore, posizioni della fiamma, ecc.) da considerare nella previsione degli effetti variano da caso a caso.

5.2 GRAVITÀ DEI FENOMENI PERICOLOSI

5.2.1 Ipotesi e approccio di calcolo

Questo sottocapitolo presenta brevemente i modelli standard utilizzati nelle fasi successive di calcolo delle distanze d'effetto. Questi modelli sono implementati principalmente con il software PHAST (versione 6.7). Ricordiamo che questo software è di gran lunga il più utilizzato in Francia per valutare le distanze di effetto menzionate negli studi sui pericoli. Il suo uso è molto comune¹¹ anche nei paesi dell'UE.

Sono inoltre forniti valori guida per determinati input, ipotesi, ecc.

a) Fonte di dati (flusso alla falla)

I flussi alla falla vengono calcolate utilizzando i modelli programmati nel software PHAST. Come promemoria, nel caso del GNL, il flusso prima della falla è spesso bifase sia con il GNL (fase liquida) che con il GNL (fase gassosa).

Per le perdite maggiori, note come 100 %, sono consentite 2 sezioni con scarico su entrambi i lati del luogo dell'incidente. I 2 "contributi" vengono presi in considerazione combinandoli, il che equivale a considerare la somma dei flussi di perdita, entrambi orientati nella stessa direzione.

In caso di perdite di scarico importanti, è comune osservare un "deflusso" delle pompe con portate limitate dalle loro modalità di funzionamento. In assenza di un diagramma di funzionamento, si possono utilizzare coefficienti di moltiplicazione forfettaria sulla seguente portata nominale:

- caso di GNL pressurizzato: coefficiente = 2,
- caso di GNL non pressurizzato: coefficiente = 1,2.

¹¹ Questo software è distribuito sotto diverse varianti come quelle contrassegnate da PHAST e anche PHAST-RISK per esempio. In pratica, i modelli programmati sono molto simili.

b) Vaporizzazione con spargimento a terra

Nel caso di GNL in pressione (pressione di vapore saturo > 3 bar rel.), i risultati ottenuti con i modelli mostrano una dispersione principalmente per mezzo di aerosol e una diffusione relativamente bassa sul terreno.

Nel caso del GNL non pressurizzato (pressione del vapore saturo < 0,2 bar rel.), i risultati ottenuti con i modelli mostrano questa volta una notevole diffusione sul terreno. I calcoli corrispondono quindi ad una situazione con estensione (in assenza di ritenzione) di una chiazza di liquido bollente. Lo spessore del foglio è stato permesso al massimo:

- 1 cm per un pavimento in cemento,
- 3 cm per un pavimento per tutte le stagioni
- e più di 10 cm per i terreni sabbiosi.

In queste condizioni, il tasso di evaporazione variabile viene calcolato in funzione dell'apporto di calore dal suolo e dall'atmosfera. Poiché il terreno ha una bassa conducibilità, il tasso di evaporazione è generalmente moderato.

c) Vaporizzazione con spargimento sull'acqua

Il comportamento è simile al caso suolo precedente. Nel caso del GNL non pressurizzato, la diffusione sull'acqua è importante e vi è poi un trattamento specifico di vaporizzazione sull'acqua.

Quando si usano i modelli software PHAST, si calcola una velocità di evaporazione del liquido bollente con un coefficiente di scambio costante con l'acqua, stimato a $500 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Con acqua a 10°C , ad esempio, si calcola un flusso della superficie di evaporazione di $0,17 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$. Poiché lo spessore della pozza è piccolo (dell'ordine di mm), ne consegue che la velocità di evaporazione raggiunge rapidamente la velocità di flusso alla falla per il GNL non pressurizzato.

d) Dispersione atmosferica

Un software come PHAST permette di simulare la dispersione del metano nell'atmosfera utilizzando un modello cosiddetto "integrale". Ciò consiste nel risolvere le equazioni della meccanica dei fluidi in una forma semplificata che qui non verrà ripetuta.

Per quanto riguarda il comportamento generale nell'aria ambiente, si devono osservare i seguenti punti.

Nel caso del GNL sotto pressione, la fase liquida - essenzialmente aerosol - si vaporizza per trascinarsi dell'aria del getto. Come promemoria, si osserva un getto dovuto alla quantità di movimento del flusso accidentale (la pressione viene "convertita" in velocità). Poi, il pennacchio generato a seguito del getto ha il comportamento di un cosiddetto gas "pesante" dovuto al massiccio raffreddamento dell'aria intrappolata, concomitante all'evaporazione delle gocce di GNL.

Nel caso del GNL non pressurizzato, l'evaporazione della chiazza crea un pennacchio che si disperde anche a livello del suolo. L'effetto di densità in movimento verso l'alto (favorevole dal punto di vista della sicurezza), che si prevede sia dovuto alla minore densità del metano rispetto all'aria, è in pratica compensato dal raffreddamento dell'aria intrappolata dai vapori a bassissima temperatura emessi dal GNL.

e) VCE (esplosione nube di vapore)

Come spiegato sopra (nel capitolo 4), un VCE porta a:

- termico, associata all'alta temperatura dei gas caldi,
- o meccanico, associato alle onde di pressione generate dall'espansione di questi stessi gas caldi

Si presume che le distanze degli effetti termici corrispondano più o meno al contorno della nube o del pennacchio esplosivo e siano quindi quantificabili dalle dimensioni del diritto di passaggio della nube (vedi Tabella 9).

Per quanto riguarda gli effetti meccanici dovuti alle onde di pressione, occorre analizzare lo spazio all'interno della nube esplosiva. Le domande da affrontare sono quindi:

- è uno spazio senza ingombri, all'aria aperta?
- o aree ostruite da ostacoli solidi (attrezzature, tubazioni, materiali vari, ecc.)?
- e se si tratta di aree congestionate, qual è il grado di congestione, il volume coinvolto, ecc.

Queste distinzioni devono essere fatte perché le osservazioni, i test o i calcoli successivi all'incidente (cf. Mouilleau et al., 1999) mostrano che l'esplosione di una nube o di un pennacchio esplosivo può in pratica corrispondere non ad un singolo VCE ma a diversi. Senza entrare nel dettaglio, le velocità delle fiamme possono essere sufficientemente diverse da un'area all'altra all'interno del volume esplosivo, come se ci fossero più esplosioni separate in successione.

Questo è all'origine del cosiddetto metodo MultiEnergie ("Multi" riferito alle possibili esplosioni multiple nella stessa nube) che si propone in particolare di:

- contare i VCE, all'interno della stessa nube,
- e di assegnare un'energia (associata al volume in questione) e un indice di gravità a ciascun VCE.

Sempre senza fornire dettagli, questo metodo propone indici di gravità da 1 (VCE meno favorevole alla sovrappressione) a 10 (VCE che porta ai picchi di sovrappressione più forti).

Per le stazioni "Porto", poiché gli impianti sono generalmente poco congestionati, per un VCE di tipo "campo libero" si possono utilizzare i seguenti indici di gravità:

- impianti onshore: "4" (sovrappressione = 10 kPa),
- corpo idrico: "3" (sovrappressione = 5 kPa).

Nelle aree vicine al sito con una congestione marcata (parcheggio di camion, area di stoccaggio, ecc.), l'indice può essere portato a "5" (sovrappressione = 20 kPa).

Come indicazione delle distanze d'effetto per i volumi tipici e i livelli di gravità dei VCE sono forniti nella seguente tabella.

| Tipica area congestionata | Volume (m ³) | Indice (-) | Energia (DOJ) | Distanze SELS (m) | Distanze SEL (m) | Distanze SEI (m) |
|--|--------------------------|------------|---------------|----------------------|------------------|------------------|
| Stoccaggio con serbatoi orizzontali (a pressione) - può essere adatto anche per stazioni di carico di autocarri, ad esempio. | 5000 | 4 | 15650 | s.n.a. ¹² | s.n.a. | 73 |
| Pompa e altre apparecchiature di processo. | 5000 | 5 | 15650 | 28 | 46 | 130 |
| | 10000 | 5 | 31300 | 35 | 58 | 164 |
| Rack di alcune (2-3) tubazioni | 1250 | 3 | 3900 | s.n.a. | s.n.a. | 19 |
| | 5000 | 3 | 15650 | s.n.a. | s.n.a. | 30 |

Tabella 10: Distanze per effetto della sovrappressione da ogni centro del volume esplosivo

In pratica, per le distanze ad effetto di sovrappressione, è quindi necessario:

- identificare le aree e i loro centri,
- valutare i loro volumi e le energie liberate dalla combustione (vedi capitolo 4.1.4 per i dati),
- e infine scegliere i gradi di severità.

Questo deve essere fatto caso per caso e in base all'ubicazione delle strutture, non conosciuta nel contesto di questo studio.

In pratica, però, quest'ultima osservazione non è in pratica molto "limitante" nel caso dei vapori di GNL la cui reattività è "piuttosto bassa" (si veda di nuovo il capitolo 4.1.4), per cui anche gli indici sono limitati. L'esperienza ha dimostrato che le distanze di effetto più "penalizzanti" sono quelle corrispondenti agli effetti termici, dati direttamente dai calcoli di dispersione.

Nel resto di questo studio, le gravità dei VCE saranno caratterizzate dalle distanze degli effetti termici associati a questi fenomeni.

¹² Soglia non raggiunta

f) BLEVE

In modo simile al caso precedente, le BLEVE hanno effetti termici e meccanici per mezzo di onde di sovrappressione (e anche di proiettili). Nel caso delle BLEVE, gli effetti termici sono ancora più spesso preponderanti.

In secondo luogo, non esiste a priori un modello dedicato al caso del GNL e le distanze degli effetti termici sono valutate utilizzando le formule normative per il butano (circolare del 10 maggio 2010 in MEEDDM, 2010). In questo caso si mantiene il butano (tenendo presente che la circolare parla di GPL e si riferisce anche al propano) perché la pressione di taratura delle valvole degli impianti contenenti butano è vicina a quella del GNL.

5.2.2 Distanze d'effetto

Le distanze d'effetto dei fenomeni pericolosi sono registrate nelle seguenti 3 tabelle dedicate rispettivamente ai getti BLEVE, VCE e getto di fuoco.

| Numero del caso | Dimensione o volume | Contesto | Massa (t) | Distanze SELS (m) | Distanze SEL (m) | Distanza SEI (m) |
|-----------------|---------------------|---|-----------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 | 50 m ³ | Caso tipico di un'autocisterna | 20 | 86 | 130 | 206 |
| 2 | 110 m ³ | Tipico caso di un serbatoio ferroviario o di un serbatoio intermedio | 44 | 125 | 184 | 294 |
| 3 | 200 m ³ | Tipico caso di stoccaggio in pressione in una stazione Fabbrica o Porto | 81 | 166 | 240 | 386 |
| 4 | 1000 m ³ | Tipico caso di un deposito pressurizzato ad alta capacità in una stazione Porto | 403 | 354 | 484 | 792 |

Tabella 11: Distanze degli effetti per BLEVE

| Tipo di condizioni | Caso n. | Dimensioni della perdita (mm) | Contesto | Tasso di dispersione (kg/s) | Tempo di perdita | Distanze al LIE ¹³ (= distanze SELS = distanza SEL) | Nota |
|--------------------|---------|-------------------------------|--|-----------------------------|------------------|--|--|
| Pressurizzato | 5 | 65 mm | Tipico caso di una perdita "al 100% di sezione%" in un tubo flessibile utilizzato per lo scarico dei camion cisterna | 12 | 30 s | 100 | Perdite da apparecchiature di trasferimento (tubi flessibili o bracci) |
| | 6 | | | 20 | "lungo" | 123 | |
| | 7 | 80 mm | | 27 | 30 s | 148 | |
| | 8 | 200 mm | | 181 | 30 s | 440 | |
| Pressurizzato | 9 | 25 mm | Tipico caso di una perdita chiamata "a sezione del 10%" da una condotta di GNL da 3". | 8 | 30 s | 60 | Perdite da tubazioni |

¹³ Le distanze SEI sono il 110% delle distanze SELS e SEL, ma non sono qui valutate esplicitamente per non sovraccaricare la tabella.

| Tipo di condizioni | Caso n. | Dimensioni della perdita (mm) | Contesto | Tasso di dispersione (kg/s) | Tempo di perdita | Distanze al LIE ¹³ (= distanze SELS = distanza SEL) | Nota |
|--------------------|---------|-------------------------------|--|-----------------------------|------------------|--|---|
| | 10 | Da 66 a 80 mm | Tipico caso di perdite: - nota come "a sezione del 10%" da una condotta da 8" di GNL, - o "al 100% di sezione%" da una condotta con un diametro vicino a 3". | da 27 a 33 | "lungo" | da 180 a 210 | |
| | 11 | 150 mm | | 118 | 30 s | 290 | |
| | 12 | | | 118 | "lungo" | 360 | |
| Pressurizzato | 13 | 50 mm | Tipico caso di troppopieno da una singola valvola del serbatoio, in stazioni Fabbrica o Porto. | 6 | "lungo" | 52 | |
| | 14 | 7*67 mm | Tipico caso di troppopieno di diverse valvole in una stazione Porto. | 60 | "lungo" | 220 | |
| Non pressurizzato | 19 | 200 mm | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | 86 | 30 s | 380 | Perdite da bracci di trasferimento, carico o scarico (bracci) |

| Tipo di condizioni | Caso n. | Dimensioni della perdita (mm) | Contesto | Tasso di dispersione (kg/s) | Tempo di perdita | Distanze al LIE ¹³ (= distanze SELS = distanza SEL) | Nota |
|--------------------|---------|-------------------------------|---|-----------------------------|------------------|--|---|
| | 20 | | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per caricare una nave tipo Traghetto in una stazione Grand Port. | 60 | 30 s | 310 | |
| | 21 | 300 mm | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio più grande utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | 434 | 60 s | 860 | |
| | 22 | | Tipico caso di perdita di una "al 100% di sezione%" da un braccio utilizzato per caricare una Nave Grande in una stazione Grand Port. | 180 | 60 s | 590 | |
| Non pressurizzato | 23 | 66 mm | Tipico caso di perdita di una "sezione del 10%" da una condotta di GNL da 8". | 32 | "lungo" | 175 | Perdite dalle tubazioni, con o senza spandimento contenuto. |
| | 24 | | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | | 30 s | 140 | |

| Tipo di condizioni | Caso n. | Dimensioni della perdita (mm) | Contesto | Tasso di dispersione (kg/s) | Tempo di perdita | Distanze al LIE ¹³ (= distanze SELS = distanza SEL) | Nota |
|--------------------|---------|-------------------------------|---|-----------------------------|------------------|--|------|
| | 25 | 100 mm | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 12". | 76 | "lungo" | 270 | |
| | 26 | | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | | 30 s | 143 | |
| | 27 | 132mm | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 16". | 133 | "lungo" | 410 | |
| | 28 | | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | | 30 s | 151 | |

Tabella 12: Distanze ad effetto termico associate ai VCE

| Caso n. | Dimensioni (mm) o circostanze della perdita | Tasso di dispersione (kg/s) | Lunghezza della fiamma (m) | Flusso radiativo medio (kW/m ²) | Distanza SELS (m) | Distanza SEL (m) | Distanza SEI (m) |
|---------|---|-----------------------------|----------------------------|---|-------------------|------------------|------------------|
| 15 | 25 | 5 | 32 | 82 | 49 | 53 | 60 |
| 16 | Portata della pompa | 12 | 47 | 95 | 73 | 80 | 90 |
| 17 | 66 | 32 | 79 | 83 | 125 | 138 | 155 |
| 18 | 132 | 133 | 131 | 134 | 215 | 240 | 270 |

Tabella 13: Distanze d'effetto associate ai getti di fuoco

Le distanze di effetto nella tabella precedente non sono direttamente associate ad un'apparecchiatura o ad un'operazione come nelle precedenti tabelle 11 e 12. D'altra parte, le dimensioni delle perdite o le portate sono buoni indicatori per valutare (per interpolazione, se necessario) le distanze di effetto per un caso pratico.

Nella tabella 12, dedicata alle distanze di effetto associate ai VCE, c'è una colonna relativa alla durata della perdita, che prende come valori:

- 30 o 60 secondi,
- o "lungo".

Le 2 durate esplicite (30 e 60 s) corrispondono ai tempi di isolamento delle perdite per mezzo delle misure di gestione del rischio (o MMR) descritte nel capitolo 6.

L'aggettivo "lungo" è usato per tutti i casi di perdite non controllate dalla MMR. Quindi, non vengono forniti ulteriori dettagli ("lunghe" che coprono situazioni che possono essere diverse) perché i calcoli mostrano che:

- non appena si osserva una perdita, si forma una nube esplosiva che cresce di dimensioni nel tempo,
- e dopo pochi minuti di solito la dimensione è massima e non cresce più.

In altre parole, per quanto riguarda la distanza del LIE, che è la distanza desiderata degli effetti, la durata della scarica non ha più alcuna influenza e quindi non viene presa in considerazione nel dettaglio.

Tuttavia, la riduzione della durata della perdita rimane molto importante perché limita necessariamente il tempo critico durante il quale una nube rimane esplosiva, prima di essere diluita abbastanza da diventare non esplosiva.

5.3 FREQUENZA DEGLI EVENTI PERICOLOSI

5.3.1 Approccio, ipotesi e riferimenti

a) Il caso della BLEVE

Come indicato nel sottocapitolo 4.4, non vi è alcun feedback utilizzabile. Le frequenze BLEVE saranno quindi valutate per analogia con quanto comunemente accettato per il GPL in particolare.

A questo proposito, si può fare riferimento a (HSE, 2012) o (Heirman, 2009) per estrarre direttamente una classe di frequenza. Dalla consultazione di queste opere, risulta che le frequenze tra le classi D ed E variano¹⁴. In sostanza, la classe E è spesso giustificata dalle strutture:

- per le quali è stata effettuata un'analisi del rischio dedicata per dimostrare le frequenze molto basse di guasti o di eventi iniziali in grado di portare ad un BLEVE,
- spesso dotate di mezzi di raffreddamento in caso di incendio (tipico evento di innesco per portare ad un BLEVE)

b) Approccio generale ai casi di perdite

In assenza di banche dati sugli incidenti di GNL (a parte alcuni elementi sparsi discussi di seguito), si può adottare l'approccio presentato nella figura seguente.

¹⁴ Vedi Figura 18 per le definizioni di queste classi di frequenza.

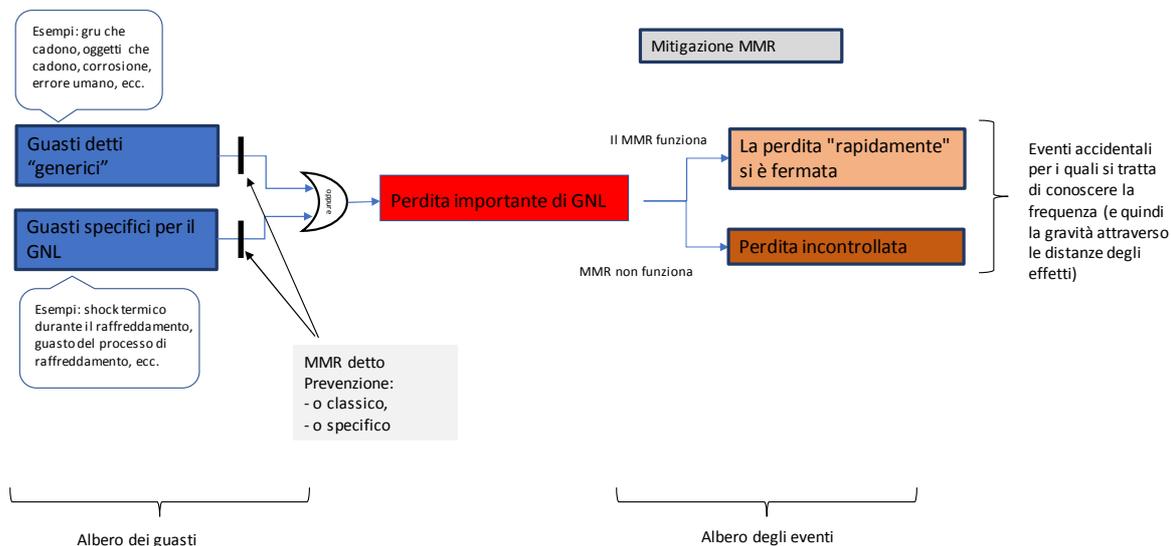


Figura 19 : Avvicinamento generale del nodo a farfalla per determinare le frequenze di dispersione

Tuttavia, lo sviluppo di questo approccio richiede:

- di espandere l'albero dei guasti a sinistra dell'evento di perdita,
- e anche per sviluppare il cosiddetto albero degli eventi alla sua destra.

Questi sviluppi non sono realizzabili nel contesto di uno studio generico, applicabile in vari luoghi, e senza informazioni esplicite sui mezzi effettivamente attuati.

In queste condizioni, vengono effettuate le ipotesi riportate nella figura seguente.

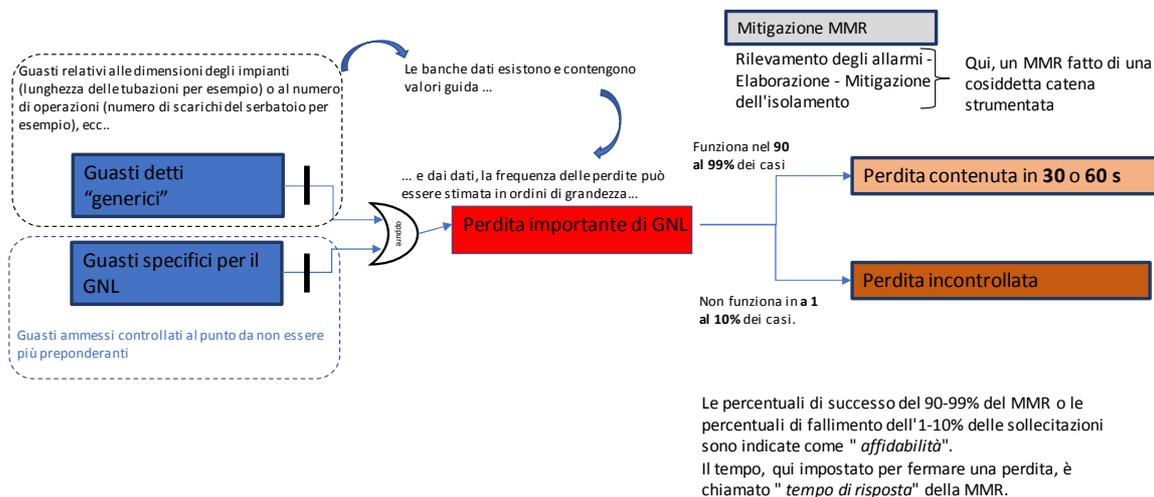


Figura 20 : Approccio applicato nel contesto dello studio

Per essere valido, questo approccio deve essere supportato dal rispetto delle pratiche di cui al capitolo 6 o di pratiche equivalenti.

I dati riportati sul lato sinistro della figura precedente (lunghezze delle tubazioni, numero di trasferimenti, ecc.) sono specificati qui di seguito.

c) Banche dati di riferimento

I valori guida di frequenza proposti sono tratti da due documenti:

- un documento olandese "Manuale di Riferimento Bevi Valutazione del rischio" (RIVM, 2009),
- e un documento HSE del Regno Unito "Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessment (HSE, 2012)".

(RIVM, 2009) è un classico riferimento per gli impianti industriali in Francia.

(HSE, 2012) è, tuttavia, meglio documentata sull'apparecchiatura (braccio, tubo flessibile, pompa, ecc.).

L'uso di questi 2 riferimenti è a priori "penalizzante" per i cosiddetti guasti generici nel caso del GNL a causa dei materiali utilizzati (acciaio inossidabile altamente duttile) e delle differenze tecnologiche (serbatoio a doppia parete, ecc.) associate a questo prodotto.

Inoltre, viene utilizzato il feedback di SHELL da parte dei suoi clienti consegnati in GNL con autocisterna (vedi il prossimo §).

La seguente tabella mostra il database da utilizzare per ogni tipo di apparecchiatura principale.

| Attrezzatura | (RIVM, 2009) | (HSE, 2012) | Feedback SHELL |
|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| Serbatoi | ✘ | | |
| Tubazioni | ✘ | | |
| Pompe | ✘ | ✘ | |
| Compressori | | ✘ | |
| Braccio su nave/chiatta | | ✘ (vedi sotto) | |
| Flessibile sul veicolo | | ✘ | ✘ (vedi sotto) |

Tabella 14: Basi di dati

d) Osservazioni sui casi di tubi flessibili sui veicoli

I valori di frequenza nel documento HSE (2012) sono modulati in funzione della presenza di misure di sicurezza: cunei per veicoli, prove di tenuta, sistema di fuga. Tuttavia, si verifica una frequenza di rottura (sezione 100 %) di $4,10^{-6}$ occorrenza/trasferimento.

Dal canto suo, il feedback dell'esperienza SHELL copre 4.961.400 trasferimenti di tubi flessibili senza incidenti. Questi trasferimenti devono essere effettuati con 3 misure preventive (cunei per ruote, servofreno a mano, prova di tenuta) senza "fuga".

Dall'analisi statistica, SHELL ottiene il seguente valore per la rottura di un tubo flessibile:

- Livello di fiducia = 50% $\Rightarrow F_{ER}^{15} = 1.4 \cdot 10^{-7}$ /trasferimento
- Livello di fiducia = 90% $\Rightarrow F_{ER} = 4.7 \cdot 10^{-7}$ /trasferimento

Per questo esempio, viene esplicitamente dimostrato che i valori possono differire di un fattore 10. La ricerca di un ordine di grandezza nella migliore delle ipotesi è quindi già un obiettivo, a volte non facile da raggiungere.

Il valore proposto da SHELL, basato sul feedback dell'esperienza, viene mantenuto.

e) Osservazioni sui casi di bracci per navi e chiatte

In (HSE, 2012), si presume che i bracci siano dotati di un sistema di accoppiamento di rilascio d'emergenza (ERC) con allarme di spostamento. Si presume quindi che questo sistema si guasti con le valvole di isolamento che rimangono aperte.

f) Sintesi delle frequenze di perdita

Di seguito sono riportate le frequenze di dispersione tipiche più utili in questo contesto.

¹⁵ F_{ER} per Evento temuto in frequenza

Perdite sulle tubazioni

| Diametro DN | Frequenza di perdita 100 % sezione [33% DN-100% DN] | Frequenza di perdita di falla intermedia 10 % sezione [10% DN-33% DN] (*) |
|-------------|---|---|
| < 75 mm | $1 \cdot 10^{-6}$ /anno.m | $9.6 \cdot 10^{-6}$ /anno.m |
| da 75 a 150 | $3 \cdot 10^{-7}$ /anno.m | $1.3 \cdot 10^{-6}$ /anno.m |
| > 150 mm | $1 \cdot 10^{-7}$ /anno.m | $7.9 \cdot 10^{-7}$ /anno.m |

Tabella 15: Frequenze di perdita generiche dei tubi

(*): valori interpolati da TechnipFMC a partire da valori esplicitamente pubblicati.

Perdite su braccia e tubi flessibili

| | Frequenza di perdita 100 % sezione (/operazione) | Misure prese in considerazione |
|-------------------------------|--|---|
| Flessibile sul veicolo | $4 \cdot 10^{-7}$ /operazione | 2 misure preventive (cuneo,...) + prova di tenuta |
| Braccio sulla nave | $7 \cdot 10^{-6}$ /operazione | ERC e allarme spostamento |

Tabella 16: Frequenze di perdita generiche su bracci e tubi flessibili

La tabella sopra riportata mostra che le frequenze di perdita per ogni operazione sono più alte sui bracci che sui tubi flessibili. Questa osservazione contro-intuitiva deriva dal feedback della Shell sui tubi flessibili (vedi nota in d)), che non è disponibile sui bracci.

g) Influenza dei cosiddetti MMR di mitigazione

In relazione al cosiddetto albero degli eventi (parti rettilinee delle figure precedenti) si possono citare diversi MMR. Ma di solito è una catena di elementi con:

- un mezzo di rilevamento (ad es. sensori per la presenza di gas naturale nell'aria),

- un mezzo per l'elaborazione degli allarmi (automa di sicurezza),
- e un mezzo per ridurre le conseguenze (in questo caso, l'isolamento delle perdite per mezzo di valvole di sicurezza).

Esempi di tali MMR sono riportati nel capitolo 6.

In secondo luogo, un MMR è caratterizzato da:

- affidabilità,
- e un tempo di risposta.

Questi 2 elementi sono esplicitamente mostrati nella figura 20 di cui sopra. Nel contesto dello studio, è stato ammesso:

- un'affidabilità tra 10^{-1} o $<10^{-1}$ (ma non $< 10^{-2}$) con alcune riserve spiegate di seguito,
- e tempi di risposta che vanno da 30 s nel caso degli impianti più piccoli a 60 s nel caso degli impianti più grandi; questo tempo di risposta dipende dal tempo cumulativo necessario per rilevare, elaborare e chiudere le valvole (è implicitamente accettato che la chiusura delle valvole su grandi tubazioni richiede più tempo).

h) Probabilità di accensione

Le probabilità di accensione di una fuga di gas sono indicate di seguito. Questi valori si riferiscono all'accensione ritardata di perdite di breve (< 30 s) e lunga durata (> 30 s) e possono essere derivati da (Flauw, 2015).

| | Zona ATEX (inclusa stazione di scarico) | Zona non ATEX con basso traffico (dentro e fuori dal sito) | Altre zone non ATEX |
|---|--|---|----------------------------|
| Perdite a breve termine (<30 s) | 0,1 | 0,1 | 1 |
| Perdite a lungo termine (>30 s) | 0,1 | 1 | 1 |

Tabella 17: Probabilità di accensione

Nel caso di perdite di GNL, dato che le fuoriuscite sono di almeno 30 s e dato che l'evaporazione del liquido sul terreno (o sull'acqua) può continuare anche dopo che la perdita è stata arrestata, sembra che si debba mantenere una probabilità di 1, nel contesto.

5.3.2 Frequenza degli eventi pericolosi

Le frequenze di ogni fenomeno pericoloso finora considerato sono riportate nella seguente tabella.

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|---------------|----------------|---------|--|--|--------------------------------------|---------------------------------|
| Pressurizzato | BLEVE | 1 | Autocisterna | Cisterna portatile | no | D/E |
| | | 2 | Cisterna ferroviaria o cisterna di dimensioni intermedie | Cisterna portatile | | D/E |
| | | 3 | Stoccaggio pressurizzato in stazione Fabbrica o Porto | Capacità fissa | | D/E |
| | | 4 | Stoccaggio pressurizzato ad alta capacità nella stazione Porto | Capacità fissa | | D/E |
| Pressurizzato | VCE | 5 | Perdita "al 100% di sezione%" in un tubo flessibile da 65 mm utilizzato per lo scarico dei camion cisterna | 200 operazioni per turno con 5 turni di solito | Funzione nominale Perdita di 30 s | C/D |
| | | 6 | | | | Anomalia Fuoriuscita "lunga" |

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|---------------|----------------|---------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | 7 | Perdite "al 100% di sezione%" di un tubo flessibile da 80 mm durante lo scarico di petroliere in una stazione Porto | Come sopra | Funzione nominale Perdita di 30 s | C/D |
| | | 8 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Porto | Da 10 a 50 operazioni all'anno | Funzione nominale Perdita di 30 s | C/D |
| Pressurizzato | VCE | 9 | Perdita nota come "a sezione del 10%" di una perdita da una condotta di GNL da 3". | Lunghezza di poche decine di metri al massimo | Funzione nominale Perdita di 30 s | D |
| | | | | | | |

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|---------------|----------------|---------|--|--|--|---------------------------------|
| | | 10 | Perdite: - chiamato "a sezione del 10%" da un lungo gasdotto GNL da 8", - o "al 100% di sezione%" da un tubo corto con un diametro di circa 3" (tubazioni di processo) | - Da 100 a 500 m di lunghezza per un tubo da 8". - Diverse decine di metri per un tubo da 3". | Anomalia Fuoriuscita "lunga" | - C / D - D / E |
| | | 11 | Il "al 100% di sezione%" perde da una condotta con un diametro di circa 6" (condotte di processo). | Diverse decine di m | Funzione nominale | D/E |
| | | 12 | | | Perdita di 30 s Anomalia Fuoriuscita "lunga" | E |
| Pressurizzato | VCE | 13 | Fuoriuscita da una valvola di un singolo serbatoio, in stazioni Fabbrica o Porto. | Questi casi dipendono dalle frequenze | Anomalia Fuoriuscita "lunga" | B -C |

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|-------------------|----------------|---------|---|--|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | 14 | Fuoriuscita da diverse valvole nella stazione Porto. | trasferimento ma anche dai mezzi di sicurezza sui livelli del liquido nel serbatoio (considerato difettoso di fronte). | | D, di solito |
| Pressurizzato | Getto di fuoco | 15 | Flusso di 5 kg/s da una falla di 25 mm | Tutti questi casi dipendono dalla sezione, dalla sede della perdita. | Funzione nominale | C, di solito |
| | | 16 | Flusso di 12 kg/s da una falla dello scarico della pompa | | | C, di solito |
| | | 17 | Flusso di 32 kg/s da una falla di 66 mm | | | D, di solito |
| | | 18 | Flusso di 133 kg/s da una falla di 132 mm | | | E, di solito |
| Non pressurizzato | VCE | 19 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | Da 10 a 50 operazioni all'anno | Funzione nominale Perdita di 30 s | C / D |

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|------------|----------------|---------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | 20 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per caricare una nave tipo Traghetto in una stazione Grand Port. | Ordine di grandezza del centinaio di bunkeraggi per turno/anno (tenendo conto del traffico Traghetto/RoRo e LoLo) | Funzione nominale Perdita di 30 s | C |
| | | 21 | Perdita "al 100% di sezione%" in un braccio più grande usato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | Da 10 a 50 operazioni all'anno | Funzione nominale Perdita di 60 s | C / D |
| | | 22 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per caricare un'imbarcazione di tipo Nave Grande in una stazione Grand Port. | Tipicamente 5 operazioni / anno | Funzione nominale Perdita di 60 s | D |

| Condizioni | Fen./ Ev. per. | Caso n. | Contesto | Dati importanti | Considerazione di un MMR | Classe di frequenza selezionata |
|-------------------|----------------|---------|--|---|--------------------------|---------------------------------|
| Non pressurizzato | VCE | 23 | Tipico caso di perdita detta "a sezione del 10%" da una condotta di GNL da 8". | Da 100 a 500 m di lunghezza di tubazioni di trasferimento | Anomalia | D |
| | | | | | Fuoriuscita "lunga" | |
| | | 24 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | | Funzione nominale | C / D |
| | | | | | Perdita di 30 s | |
| | | 25 | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 12". | | Anomalia | D |
| | | | | | Fuoriuscita "lunga" | |
| | | 26 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | Funzione nominale | C / D | |
| | | | | Perdita di 60 s | | |
| | | 27 | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 16". | Anomalia | D | |
| | | | | Fuoriuscita "lunga" | | |
| | | 28 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | Funzione nominale | C / D | |
| | | | | Perdita di 60 s | | |

Tabella 18: Frequenze dei fenomeni pericolosi

Oltre alle informazioni già registrate nella precedente tabella, vanno considerate anche le seguenti osservazioni.

Le frequenze BLEVE sono date come intervalli dalla classe D a quella marcata E (cioè, 10^{-5} oc./anno in ordini di grandezza o meno). Le classi fornite in grassetto sono quelle più comunemente utilizzate negli studi con l'esperienza dell'autore. Le BLEVE di capacità mobile emergono come a priori più frequenti (anche se va ricordato che nel caso specifico del GNL, il feedback dell'esperienza reale rimane insignificante) perché sono considerate più esposte al rischio di incendio nelle vicinanze.

Le altre frequenze sono espresse con intervalli perché le loro valutazioni dipendono da:

- di lunghezza del tubo,
- o una serie di operazioni di trasferimento,

che sono a loro volta dati stimati utilizzando intervalli approssimativi.

Spetta poi al lettore scegliere una classe di frequenza piuttosto che un'altra, confrontando i propri dati con le indicazioni fornite nella 5° colonna della tabella precedente.

Inoltre, è esplicitamente indicato nella colonna 6^a della tabella precedente, se un MMR è preso in considerazione o meno. Come ricordato nel precedente sottocapitolo o visibile in figura 20, una perdita "lunga", per esempio, sarà osservata solo se:

si verifica l'evento "Perdita" accidentale (la frequenza dipende dai dati relativi alla lunghezza dei tubi, alle operazioni, ecc.)

E se la MMR di mitigazione non sarà operativa per fermare rapidamente la perdita.

Il logico "AND" citato sopra implica una riduzione della frequenza delle perdite "lunghe".

In queste condizioni, molte frequenze possono essere ridotte fornendo un MMR. Inoltre, anche le frequenze che sono state ridotte a causa di un MMR potrebbero essere ulteriormente ridotte con un secondo MMR (indipendentemente dal primo 1).

Le frequenze citate nella tabella precedente possono quindi essere modulate in base ai MMR effettivamente previsti.

In alcuni casi, l'aggiunta di un MMR può ridurre una frequenza (di nuovo una perdita "lunga"). Tuttavia, il guadagno su una distanza di effetto può essere relativamente piccolo o almeno stimato come tale. Questo aiuta a spiegare in questa fase del documento perché alcuni scenari di incidente sono stati considerati con e senza MMR: per fornire una guida al lettore.

Si ricorda che le probabilità di accensione sono state prese ovunque pari a 1. Si tratta di un'ipotesi ragionevole alla luce delle (maggiori) perdite considerate. Tuttavia, è per natura eccessiva e lo sarebbe ancora di più se si mantenessero basse le perdite di flusso.

Infine, in alcune normative¹⁶, si può assegnare un diametro massimo alle perdite più grandi. Questo diametro può essere inferiore ai diametri di perdita più grandi considerati in questo documento. Pertanto, viene fornita una casistica, ma senza pregiudicare le scelte da effettuare per mantenere o meno determinati casi, anche in base alla normativa.

¹⁶ In Francia, un gasdotto interrato, considerato come un gasdotto di trasmissione, sarà associato a rischi di perdite importanti a causa di una falla di 70 mm in assenza di movimenti prevedibili del terreno. Per le tubazioni aeree, incorporate in un ICPE, il diametro di perdita maggiore sarà generalmente molto più grande.

5.4 SINTESI DEL RISCHIO

Le distanze d'effetto e le frequenze dei fenomeni pericolosi sono raggruppate nella seguente tabella.

| Condizione | Fenomeno pericoloso | Caso n. | Contesto | Distanze d'effetto SELS (m) | Distanze effetto SEL (m) | Distanze a effetto SEI (m) | Frequenze |
|---------------|---------------------|---------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------|
| Pressurizzato | BLEVE | 1 | Autocisterna | 86 | 130 | 206 | D/E |
| | | 2 | Cisterna ferroviaria o cisterna di dimensioni intermedie | 125 | 184 | 294 | D/E |
| | | 3 | Stoccaggio pressurizzato in stazione Fabbrica o Porto | 166 | 240 | 386 | D/E |
| | | 4 | Stoccaggio pressurizzato ad alta capacità nella stazione Porto | 354 | 484 | 792 | D/E |
| Pressurizzato | VCE | 5 | Perdita "al 100% di sezione%" in un tubo flessibile da 65 mm utilizzato per lo scarico dei camion cisterna | 100 | | 110 | C/D |
| | | 6 | | 123 | | 135 | D/E |
| | | 7 | Perdite "al 100% di sezione%" di un tubo flessibile da 80 mm durante lo scarico di petroliere in una stazione Porto | 148 | | 163 | C/D |

| Condizione | Fenomeno pericoloso | Caso n. | Contesto | Distanze d'effetto SELS (m) | Distanze effetto SEL (m) | Distanze a effetto SEI (m) | Frequenze |
|------------|---------------------|---------|--|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| | | 8 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Porto | 440 | | 484 | C/D |
| | | 9 | Perdita nota come "a sezione del 10%" di una perdita da un gasdotto GNL da 3". | 60 | | 66 | D |
| | | 10 | Perdite: - chiamato "a sezione del 10%" da un lungo gasdotto GNL da 8", - o "al 100% di sezione%" da un tubo corto con un diametro di circa 3" (tubazioni di processo) | da 180 a 210 | | da 200 a 230 | - C / D - D / E |
| | | 11 | Perdite "al 100% di sezione%" di un tubo con un diametro di circa 6" (condotte di processo). | 290 | | 319 | D/E |
| | | 12 | | 360 | | 396 | E |

| Condizione | Fenomeno pericoloso | Caso n. | Contesto | Distanze d'effetto SELS (m) | Distanze effetto SEL (m) | Distanze a effetto SEI (m) | Frequenze |
|-------------------|---------------------|---------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|
| | | 13 | Fuoriuscita da una valvola di un singolo serbatoio, in stazioni Fabbrica o Porto. | 52 | | 57 | B -C |
| | | 14 | Fuoriuscita da diverse valvole nella stazione Porto. | 220 | | 242 | D, di solito |
| Pressurizzato | Getto di fuoco | 15 | Flusso di 5 kg/s da una falla di 25 mm | 49 | 53 | 60 | C, di solito |
| | | 16 | Flusso di 12 kg/s da una falla dello scarico della pompa | 73 | 80 | 90 | C, di solito |
| | | 17 | Flusso di 32 kg/s da una falla di 66 mm | 125 | 138 | 155 | D, di solito |
| | | 18 | Flusso di 133 kg/s da una falla di 132 mm | 215 | 240 | 270 | E, di solito |
| Non pressurizzato | VCE | 19 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | 380 | | 418 | C / D |
| | | 20 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per caricare una nave tipo Traghetto in una stazione Grand Port. | 310 | | 340 | C |

| Condizione | Fenomeno pericoloso | Caso n. | Contesto | Distanze d'effetto SELS (m) | Distanze effetto SEL (m) | Distanze a effetto SEI (m) | Frequenze |
|------------|---------------------|---------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------|
| | | 21 | Perdita "al 100% di sezione%" in un braccio più grande usato per scaricare una nave in una stazione Grand Port. | 860 | | 946 | C / D |
| | | 22 | Perdita "al 100% di sezione%" di un braccio utilizzato per caricare un'imbarcazione di tipo Nave Grande in una stazione Grand Port. | 590 | | 649 | D |
| | | 23 | Tipico caso di perdita detta "a sezione del 10%" da una condotta di GNL da 8". | 175 | | 192 | D |
| | | 24 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | 140 | | 154 | C / D |
| | | 25 | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 12". | 270 | | 297 | D |
| | | 26 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | 143 | | 157 | C / D |
| | | 27 | Come sopra, tranne per il fatto che questo è una condotta da 16". | 410 | | 451 | D |
| | | 28 | Come sopra, ma con la diffusione contenuta in "pipeway". | 151 | | 166 | C / D |

Tabella 19: I rischi associati ad ogni ca

6 RACCOMANDAZIONI DI BUONA PRATICA

6.1 GENERALE

Le raccomandazioni delle norme devono essere seguite. A titolo di esempio e non per fornire un elenco, si dovrebbe fare riferimento in particolare a:

- EN 1473: Impianti e attrezzature per il gas naturale liquefatto - Progettazione di impianti a terra,
- oppure EN 1474: Impianti e attrezzature per gas naturale liquefatto - Progettazione e collaudo di bracci di carico/scarico.

Quindi, alcune raccomandazioni e buone pratiche sono discusse nella sostanza nei seguenti sottocapitoli, considerando:

- regole generali di sicurezza,
- serbatoi e linee collegate,
- misure di controllo del rischio costituite da elementi di rilevamento, elaborazione di allarmi e altri sistemi di attraversamento di soglia e di azione d'emergenza (arresto d'emergenza, depressurizzazione d'emergenza, ecc.)
- la raccolta di bocchette di ventilazione,
- raccolta delle perdite,
- sistemi di protezione antincendio.
- e gli effetti domino.

6.2 NORME GENERALI DI SICUREZZA

La classificazione delle zone pericolose deve essere effettuata con particolare riguardo alle aree di carico/scarico.

Inoltre, il traffico e il parcheggio dei veicoli all'interno del sito devono essere definiti in conformità con il piano di sicurezza del porto.

6.3 STOCCAGGIO E LINEE COLLEGATE

6.3.1 Regole di progettazione

Le regole per la progettazione dei vari impianti di stoccaggio (pressurizzati o meno) sono disponibili in norme come quelle citate al punto 6.1.

6.3.2 Linee di collegamento di stoccaggio a pressione

a) Riempimento

Nella stazione "Fabbrica", i serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase liquida e in fase gassosa. Questo dispositivo permette all'autista dell'autocisterna di regolare la pressione finale del serbatoio dopo il riempimento.

Nella stazione "porto" il riempimento viene effettuato solo attraverso la fase di gas del serbatoio.

b) Bilanciamento

Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegare tra loro i serbatoi per le parti liquide e vaporose, in modo da bilanciare i loro livelli di liquido e di pressione. Il progetto deve consentire l'uso di tutti i serbatoi come un unico serbatoio.

Tuttavia, per motivi di sicurezza, deve essere possibile, se necessario, isolare ogni serbatoio singolarmente.

c) Riempimento

Per qualsiasi linea dalla quale si determina la velocità di trasferimento (piuttosto bassa nel contesto di una stazione "Fabbrica") e regolare, si può raccomandare l'installazione di un limitatore di flusso sul punto di intercettazione.

6.3.3 Linee di collegamento per magazzini non pressurizzati

a) Riempimento

Per motivi di sicurezza, tutti i collegamenti vengono effettuati dalla parte superiore del serbatoio o dei serbatoi. Non ci sono penetrazioni di linea o altri inserti sui lati o sul fondo del serbatoio. I serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase gassosa o liquida (con una specifica linea che scende dall'interno, dall'alto verso il basso del serbatoio) per evitare fenomeni di stratificazione del GNL.

b) Bilanciamento

Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegarli tra loro per la parte di vapore, in modo da bilanciare il loro livello di pressione. D'altra parte, per motivi di sicurezza, ogni serbatoio deve poter essere isolato individualmente, se necessario.

c) Riempimento

È necessario installare pompe sommerse per estrarre il GNL dall'interno del serbatoio. Ogni pompa è installata in un tubo aperto sul fondo del serbatoio e collegata in alto alla linea di trasferimento del GNL.

Il serbatoio può essere dotato di più pompe, se necessario, con altrettanti tubi all'interno.

6.4 CATENA DI SICUREZZA / MMR CHIAMATO STRUMENTATO

6.4.1 Presentazione generale

Le MMR strumentate corrispondono per la maggior parte del tempo ad una catena di 3 "blocchi":

- il blocco "rilevamento", compresa la rilevazione da parte di un operatore,
- il blocco di trattamento,
- e il blocco "isolamento/azioni di sicurezza".

Una catena di questo tipo (strumentata), progettata per ridurre le conseguenze di una perdita (potenzialmente seguita da un incendio), è descritta nella figura seguente. Poiché l'obiettivo è quello di ridurre le conseguenze di un evento accidentale, questi MMR sono spesso indicati anche come MMR di mitigazione.

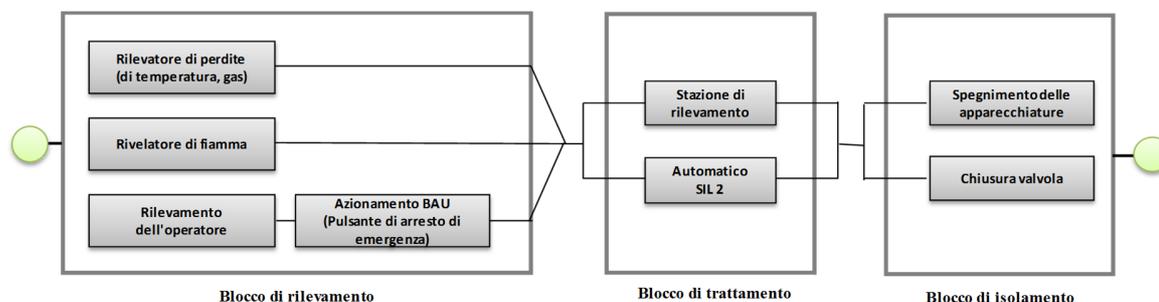


Figura 21 : Architettura delle catene di sicurezza strumentate o MMR

I seguenti sottocapitoli descrivono dettagliatamente ogni blocco in modo da includere una revisione delle raccomandazioni relative alle apparecchiature di sicurezza.

6.4.2 Proprietà

Qualunque sia la tecnologia degli elementi di ogni blocco, tutte le catene possono essere caratterizzate da 3 proprietà o caratteristiche:

- la loro efficacia,
- la loro affidabilità,
- e il loro tempo di risposta

L'efficienza è probabilmente la proprietà più difficile da definire in modo inequivocabile. In genere permette di confrontare le conseguenze di un incidente con o senza catena o MMR. Ad esempio, può essere una questione di confronto:

- una distanza dal LIE se una perdita non è contenuta,
- con quella ottenuta per una perdita che era contenuta dagli elementi della MMR.

Tuttavia, questi confronti sono frammentari. Nell'esempio citato, non sembra che nel primo caso il rischio persista per un periodo di tempo "lungo", mentre nel secondo caso è efficace per un periodo di tempo molto più breve.

Inoltre, l'efficacia viene talvolta utilizzata per descrivere l'idoneità della MMR per gli incidenti. Ad esempio, un MMR può essere efficace per grandi perdite, ma non efficace per piccole perdite perché la dimensione della maglia del rivelatore può essere troppo grande per queste

ultime. L'efficienza si riduce poi a giustificare la progettazione/dimensionamento a volte della MMR.

L'affidabilità e il tempo di risposta sono proprietà già definite e illustrate nel sottocapitolo 5.3.

In questa sede si dirà solo che i livelli di affidabilità dipendono da:

- le caratteristiche tecnologiche degli elementi che compongono la MMR, che è una catena,
- e anche volte tra 2 test per verificare che funzioni correttamente.

In sostanza, più lungo è il tempo tra due prove, meno affidabile è il test. I livelli di affidabilità mantenuti a priori in questo documento nel sottocapitolo 5.3 sono associati ad intervalli di prova di un anno.

6.5 RILEVAZIONE

6.5.1 Generale

I sensori con funzioni di sicurezza (pressione, livello GNL, ecc.) devono essere indipendenti dalle sequenze di misura per il funzionamento.

Le misure e gli allarmi devono essere trasmessi al luogo di controllo.

Gli allarmi devono essere trasmessi anche all'operatore che può trovarsi sul posto o in un sito remoto (ufficio operativo, ...).

La manutenzione della strumentazione deve essere possibile durante il normale funzionamento del magazzino.

Tuttavia, quando è richiesta la disattivazione del deposito, la strumentazione deve avere una ridondanza sufficiente per un intervento in sicurezza.

Al di là delle generalità di cui sopra, prima di esaminare ogni tipo di rivelatore, si distinguono nuovamente i casi di stoccaggio pressurizzato o non pressurizzato.

6.5.2 Rilevamento/misurazione del livello

a) Serbatoi pressurizzati

Come mezzo di protezione contro il rischio di troppopieno sono consigliati dispositivi di misurazione del livello del liquido indipendenti e altamente precisi, piuttosto che un sistema di troppopieno.

I serbatoi devono essere dotati di strumentazione per il monitoraggio del livello di GNL e per l'adozione delle necessarie misure preventive/elusione (troppopieno). In particolare, questa strumentazione deve essere in grado di:

- misurare continuamente il livello del liquido attraverso un sistema di affidabilità adeguato, questo sistema deve includere due allarmi, uno per i livelli alti e uno per i livelli molto alti,
- avere un rilevamento di livello molto elevato che deve essere basato su un'adeguata strumentazione affidabile, indipendente dal sistema di misura di livello precedente; esso deve, in caso di attivazione, implementare la funzione di chiusura delle valvole di riempimento sulle linee di alimentazione e di ricircolo.

Se richiesto dall'analisi dei rischi, il dimensionamento delle valvole alla velocità di riempimento del liquido può essere una misura per prevenire/evitare danni strutturali al serbatoio.

Se viene montato un tubo di troppo pieno, esso deve passare attraverso il contenitore del serbatoio ad un'altezza almeno pari al livello dell'allarme "livello molto alto". Un sensore di temperatura deve rilevare la presenza di liquido nel tubo e azionare l'apertura di una valvola e lo scarico in un luogo sicuro.

b) Serbatoi non pressurizzati

Per i serbatoi non pressurizzati valgono le stesse raccomandazioni che per i serbatoi pressurizzati. Tuttavia, a causa della bassa resistenza alla pressione, l'analisi dei rischi può portare al raddoppio indipendente del sistema di misura del livello.

6.5.4 Rilevamento/misurazione della pressione

a) Serbatoi pressurizzati

Il serbatoio deve essere dotato di strumentazione, installata in modo permanente nei luoghi appropriati, per monitorare la pressione come segue:

- misura continua della pressione,
- rilevamento di pressione "troppo alta", con strumentazione indipendente dai sistemi di misura continua della pressione; deve attivare l'arresto delle operazioni in corso (navi cisterna di scarico, metaniere, ecc.) e delle apparecchiature (pompe).

Per prevenire i rischi associati alle variazioni della pressione atmosferica, la strumentazione utilizzata per il rilevamento deve essere effettuata in unità di misura relative.

b) Serbatoi non pressurizzati

Per i serbatoi a bassa pressione valgono le stesse raccomandazioni valide per i serbatoi in pressione.

Inoltre, è necessario installare:

- una misurazione della pressione differenziale tra lo spazio di isolamento e l'interno dell'involucro primario¹⁷ quando non sono in comunicazione; a questo scopo, nello spazio di isolamento termico devono essere installati o sensori di pressione differenziale o sensori di pressione separati,
- una rilevazione di "pressione troppo bassa", mediante una strumentazione indipendente dai sistemi di misura della pressione continua; essa deve attivare l'arresto delle macchine (pompe, compressore del gas di evaporazione,...) e l'iniezione automatica del gas di servizio.

¹⁷ I serbatoi non pressurizzati sono spesso costituiti da 2 recipienti di contenimento, un recipiente di contenimento primario contiene il prodotto in situazione nominale e l'altro recipiente di contenimento secondario potrebbe contenere il prodotto in caso di perdita di tenuta del recipiente primario. Lo spazio tra i 2 altoparlanti contiene l'isolamento.

6.5.6 Rilevamento/misurazione della temperatura

Un serbatoio non pressurizzato deve avere una strumentazione installata in modo permanente in luoghi appropriati per misurare la temperatura:

- del liquido a diverse altezze, la distanza verticale tra due sensori di temperatura consecutivi non deve superare i 2 m.
- della fase gassosa.

Inoltre, i serbatoi di tipo a piena integrità devono avere misure di temperatura:

- della parete e del fondo del recinto primario
- della parete e del fondo del recinto secondario.

6.5.7 Rilevamento/misurazione LTD

Per i serbatoi non pressurizzati, la temperatura e la densità del GNL devono essere misurabili su tutta l'altezza del liquido.

Questo cosiddetto strumento LTD ("Level, Temperature, Density") deve anche fornire il profilo di temperatura e densità del GNL nel serbatoio, in funzione del livello.

Questo strumento viene utilizzato per rilevare la formazione di strati di GNL ed evitare che si verifichi un ribaltamento che ne potrebbe derivare.

6.5.8 Rilevamento di perdite e incendi

a) Generale

In questo paragrafo sono elencati i tipi di rilevatori adatti a possibili perdite di GNL su apparecchiature e condotte.

Nelle aree associate alle apparecchiature, i rivelatori mostrati sono rivelatori di campo (o ambientali).

Per le condotte si possono considerare anche i cosiddetti rilevatori in linea (pressostato, flussometro, ecc.). Non vengono presentati in questa sede perché la loro attuazione in una catena di sicurezza può essere inadeguata su condotte che funzionano a intermittenza.

b) Rilevatori su area/attrezzatura

Queste aree sono sistematicamente dotate di 3 tipi di rilevatori:

- sensori catalitici ("esplosimetro") o sensori di punto IR,
- sensori di bassa temperatura,
- rivelatori di fiamma UV/IR o IR3¹⁸.

In alcune aree particolari (area di contenimento, sorveglianza perimetrale, ...), possono essere utilizzati sensori a raggi infrarossi¹⁹.

c) Rilevatori per condotte

Alcune condotte sono di lunghezza tale da non poter essere coperti dai rilevatori di area associati all'apparecchiatura.

Queste condotte possono essere dotate di fibre ottiche per rilevare una perdita per la caduta di temperatura associata al flusso di GNL molto freddo.

Le condotte che trasportano GNL a bassa pressione hanno un 2° rilevamento tramite sensori catalitici o IR installati nei compartimenti delle condotte quando esistono.

In punti singolari come gli attraversamenti stradali, le condotte, a doppia guaina sotto vuoto, hanno un sensore di pressione per il rilevamento delle perdite.

d) Numero e posizioni dei rilevatori

Il numero e la posizione dei rilevatori dovrebbero essere oggetto di uno studio specifico che non sarà trattato in questo documento. Infatti, i rilevatori devono essere impiantati:

- nelle aree di carico/scarico,
- al magazzino,

¹⁸ I rivelatori UV/IR combinano un sensore UltraViolet e un rivelatore a infrarossi. I distaccatori IR3 combinano 3 sensori IR.

¹⁹ Questi raggi si integrano interpretando i segnali a infrarossi la concentrazione di gas infiammabile su una linea definita tra 2 punti.

- con le relative apparecchiature di processo (riscaldatori, scambiatori di calore, ecc.)

In caso di superamento delle soglie di allarme, devono essere definite anche le azioni di emergenza, come indicato al punto 6.7.

6.6 TRATTAMENTO

6.6.1 Generale

In pratica, il trattamento può essere:

- esclusione automatica degli allarmi provenienti da rilevatori di perdite o di fiamme e da alcuni rilevatori di anomalie,
- o dagli operatori che decidono le azioni da intraprendere (premere il pulsante per l'arresto di emergenza: BAU).

In questo contesto, il numero e le sedi dei BAU devono essere studiati con almeno BAU dedicati:

- alle stazioni di trasferimento,
- in magazzino,
- vicino all'unità che raggruppa le apparecchiature per garantire il raffreddamento del GNL,
- vicino agli uffici operativi.

Quindi, sia che un'operazione di elaborazione sia automatizzata o basata sulle decisioni degli operatori, deve essere definita in anticipo, tenendo conto delle azioni di emergenza più appropriate.

Questi possono poi essere utilizzati come impostazioni di sicurezza:

- parziale quando agiscono solo in parte o in funzione parziale degli impianti,
- di seguito sono riportate le linee guida generali quando agiscono sull'intero impianto, comprese le stazioni di carico/scarico.

Nota: Le azioni di emergenza sono solitamente precedute da un allarme (nessuna azione), attivato con una soglia inferiore, per avvertire in anticipo che si sta verificando una deviazione dalle corrette condizioni di funzionamento.

Nell'ambito di tale contesto, è necessario prevedere esplicitamente l'elaborazione in caso di:

- di livello da molto alto a molto molto alto,
- da molto alta a molto alta pressione,
- pressione da molto bassa a molto molto bassa,
- rilevamento perdite, rilevamento incendi,
- ecc.

Infine, per quanto riguarda le unità di trattamento, sono possibili due tipi:

- una stazione di rilevamento centrale,
- o un sistema di sicurezza automatizzato.

Se l'analisi dei rischi mostra la necessità di 2 MMR indipendenti di "rilevamento-trattamento-isolamento" per escludere uno scenario, è necessario avere queste 2 unità in parallelo.

Altrimenti, quando, ad esempio, si accettano rilasci prolungati, è sufficiente una sola unità.

Il PLC si trova al livello SIL²⁰ "2" in modo da non penalizzare l'affidabilità dell'intera catena.

6.6.2 Trattamento degli eventi accidentali delle navi cisterna per GNL

Per una stazione "porta" occorre considerare un'interfaccia con la metaniera. Le misure di sicurezza associate ai trasferimenti devono essere progettate con:

- una stazione di scarico dotata di valvole di arresto di emergenza comandate a distanza; gli arresti di emergenza sono integrati in sequenze automatizzate,
- un cavo di comunicazione/UA (come raccomandato da SIGTTO²¹ e richiesto da codici e norme) tra la metaniera e la stazione per attivare un arresto di emergenza se necessario.
- sistema "break-away" sui tubi flessibili o PERC²² sui bracci (parte dei sistemi d'azione d'emergenza considerati nel seguente sottocapitolo).

²⁰ Dall'inglese "Safety Integrated Level". Esistono diversi livelli di SIL (1, 2, 3, ...) che indicano un'affidabilità crescente secondo la norma IEC 511.

²¹ Dall'inglese: "Society of International Gas Tanker and Terminal Operators".

²² Dall'inglese: "Powered Emergency Release Coupling".

Gli arresti di emergenza della nave metaniera e dei bracci hanno 2 livelli di azione a seconda dell'entità della deviazione/anomalia rilevata.

6.7 SISTEMI DI AZIONE D'EMERGENZA

6.7.1 Generale

Con i sistemi di azione d'emergenza, sono designati i dispositivi utilizzati per rendere sicure le installazioni chiudendo le valvole di intercettazione, fermando le pompe di trasferimento, i compressori, ...

In generale e in modo simile alla situazione della strumentazione, il sistema di azione d'emergenza va distinto dal sistema di monitoraggio del processo.

Il sistema di protezione antincendio non è incluso (non che non sia associato ad azioni di emergenza) perché ad esso è dedicato un sottocapitolo specifico.

6.7.2 Organi di isolamento

Le valvole azionate da arresti di emergenza hanno caratteristiche fondamentali che devono essere verificate prima dell'installazione e del funzionamento:

- tipo di strumento: sfera,...
- motorizzazione: elettrica, pneumatica,...
- sicurezza positiva: la valvola si sposta nella posizione di isolamento in caso di perdita dell'attuatore,
- sicurezza antincendio (controllo): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua capacità di controllo per un periodo di tempo,
- sicurezza antincendio (tenuta): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua tenuta per un periodo di tempo.

Dove il sito lo permette, le valvole di isolamento sono ad azionamento pneumatico per facilitare la sicurezza positiva (la valvola ha una posizione "fail safe").

Il gas naturale (allora chiamato "gas di servizio") può essere usato per motorizzare le valvole pneumatiche.

Tra i dispositivi di isolamento, vale la pena ricordare anche i dispositivi:

- i cosiddetti giunti "break-away" o "raccordi flip-flap" montati sui tubi flessibili, costituiti da giunti progettati per rompersi in una sezione specifica in caso di eccessiva trazione e dotati di valvole che si chiudono contemporaneamente alla rottura e naturalmente posizionati su entrambi i lati della sezione in cui la rottura è prevista,
- o il cosiddetto "PERC", che è un dispositivo idraulico che permette lo scollegamento rapido di un braccio di carico al comando dell'operatore, in caso di interruzione di corrente o di superamento dell'involuppo operativo²³ di un braccio di carico; questo dispositivo è inoltre dotato di 2 valvole comandate a distanza poste su ciascun lato del punto di scollegamento per limitare la fuoriuscita.

6.7.3 Dispositivi di controllo in caso di alta pressione

Si ricorda che la pressione dei serbatoi deve essere mantenuta tra i valori di esercizio autorizzati.

A questo scopo, nel funzionamento nominale, la pressione viene controllata mediante valvole automatiche, che consentono lo scarico del gas (se la pressione è troppo alta) o l'alimentazione del gas (se la pressione è troppo bassa, vedi capitolo successivo).

Nel funzionamento nominale (al di fuori della situazione di protezione finale), la dispersione del carico di gas può essere inviata nell'atmosfera solo durante episodi molto occasionali. I volumi di gas emessi nell'atmosfera devono essere ridotti il più possibile. La dispersione del carico nell'atmosfera è accettabile solo per piccole installazioni (tipo di impianto). Le installazioni più grandi dovrebbero prendere in considerazione dispositivi come:

- scarico del carico mediante l'invio di gas alle reti o agli utenti,
- raffreddamento della fase gassosa (ad es. mediante uno scambiatore di azoto liquido),
- raffreddamento della fase liquida (ad es. ciclo di Brayton),
- ...

Poi, tornando alle situazioni di emergenza, quando la pressione diventa eccessiva nonostante il sistema di controllo della pressione, vengono impiantate valvole di sicurezza o eventualmente dischi di rottura per sfogare il gas nelle seguenti situazioni finali:

- evaporazione dovuta all'apporto di calore, anche in caso di incendio,
- movimento dovuto ad un possibile troppopieno,

²³ Area dello spazio all'interno del quale il braccio è destinato a muoversi come richiesto.

- un flash improvviso durante il riempimento,
- improvvisi cambiamenti di pressione atmosferica,
- l'improvviso ricircolo ad alto flusso di una pompa,
- un traboccamento nello spazio interparete per i serbatoi non pressurizzati,
- il fenomeno del roll over per i serbatoi non pressurizzati

Il serbatoio deve comprendere almeno due valvole di sovrappressione. Possono rilasciare direttamente nell'atmosfera, tranne quando l'emissione di gas di emergenza porta ad una situazione inaccettabile. In questo caso le valvole devono essere collegate al sistema a torcia o al sistema di sfiato (vedi sotto). Il dimensionamento dei due dispositivi di sicurezza deve essere definito partendo dal presupposto che uno di essi sia fuori servizio.

In alternativa, è anche possibile installare una sola valvola di sicurezza e un solo disco di rottura (al posto di entrambe le valvole). D'altra parte, il feedback mostra difficoltà nel funzionamento e nell'affidabilità di questi sistemi. Non sono, quindi, consigliati.

Per ridurre al minimo le aperture delle valvole, o la rottura del disco, si raccomanda di fornire al sistema di controllo una valvola di sfiato che riduca la pressione prima di aprire le valvole.

6.7.4 Dispositivi di controllo a bassa pressione

In caso di bassa pressione, il gas di alimentazione può essere generato vaporizzando il GNL tramite un'unità PBU (accumulo di pressione). Questa unità è costituita da un vaporizzatore d'aria ambiente. Questo vaporizzatore è installato su un punto di intercettazione della linea di riempimento con un ritorno di fase gassosa dal serbatoio. Poiché questo vaporizzatore ha parti in alluminio che sono vulnerabili in caso di incendio, la linea del vaporizzatore deve essere dotata di valvole di isolamento controllabili a distanza.

6.8 SISTEMI DI RACCOLTA DELLO SFIATO

Come già detto, per ragioni operative o di sicurezza, in alcuni casi è necessario sfogare il gas. Ad esempio, in caso di sovrappressione nei serbatoi, il gas in eccesso deve essere scaricato, o attraverso un sistema di controllo o attraverso valvole come ultima risorsa, per evitare la rottura meccanica del serbatoio.

Il gas deve essere scaricato attraverso uno sfiato, o eventualmente una torcia per impianti molto grandi (se i volumi di gas rilasciati diventano troppo grandi).

Se nel flusso di gas sono presenti goccioline di liquido, il sistema di raccolta deve essere in grado di separarle e non inviarle nell'atmosfera con il gas. È quindi necessario installare sistemi di separazione liquido-gas a monte dello sfiato, come ad esempio un serbatoio di separazione.

Le funzionalità della(e) ventola(e) e delle torce sono quindi:

- recuperare/canalizzare i volumi di gas in modo che non vengano rilasciati nell'atmosfera in modo casuale in tutto il sito della stazione,
- indirizzare/dirigere i volumi di gas recuperati per il rilascio in atmosfera in luoghi specifici, localizzati e controllati,
- evitare la dispersione di gocce di GNL liquido in tutto il sito,
- promuovere la dispersione dei gas a concentrazioni inferiori ai limiti di infiammabilità.

Gli obiettivi di sicurezza sono di vario tipo:

- prevenire gli effetti domino impedendo che una nube di gas infiammabile venga inviata in un'area, o a contatto con apparecchiature o macchinari che potrebbero causarne l'accensione,
- prevenire effetti irreversibili o letali sulle persone impedendo che una nube di gas infiammabile venga inviata in un'area, o a terra, dove il personale può essere presente,
- evitare che il gas venga rilasciato all'esterno dell'involucro della stazione in concentrazioni superiori ai limiti di infiammabilità.
- impedire la formazione di una "pioggia" di gocce di idrocarburi verso aree o individui.

Il sistema di raccolta degli sfiati può essere costituito da un unico sfogo comune (o torcia) o da più piccoli sfiati distribuiti in tutto il sito. In tutti i casi, il suo orientamento o i suoi orientamenti devono soddisfare le funzionalità e gli obiettivi di cui sopra.

Pertanto, nessun elemento che possa causare un blocco involontario può essere installato tra l'ultimo dispositivo di sicurezza (di solito una valvola) e l'uscita dello sfiato (o della torcia).

Lo sfiato (o torcia elettrica) deve essere progettato anche per evitare l'accumulo di acqua (piovana) nei collettori o la costruzione di nidi per uccelli o di ripari per animali, ecc... che potrebbero ostruire l'uscita dello sfiato.

6.9 SISTEMI DI RACCOLTA DELLE PERDITE

6.9.1 Funzioni e obiettivi

Il sistema di recupero delle perdite è progettato per trattenere il GNL localmente in corrispondenza della rottura o in una sede separata.

Gli obiettivi di sicurezza sono di 2 tipi:

- ridurre l'estensione di una chiazza e di conseguenza le dimensioni di una nube esplosiva,
- impedire la formazione di un incendio di pozza che generi un flusso intenso e prolungato su una capacità di GNL (serbatoi, cisterna,...).

Il dimensionamento di un tale sistema richiede il riferimento a scenari di perdita di fase liquida e la considerazione delle condizioni e del tempo di isolamento per questi scenari (in pratica, il tempo di risposta MMR di cui sopra). Questi elementi possono essere estratti dallo Studio sui pericoli, come stabilito in Francia. In particolare, le perdite devono essere esaminate attraverso tutte le prese che non possono essere isolate da 2 dispositivi di isolamento: spina e/o valvola telecomandabile. Le frequenze di queste perdite possono infatti essere abbastanza alte da creare, insieme alla gravità, un rischio inaccettabile.

Ulteriori raccomandazioni sono riportate nei seguenti sottocapitoli, con una distinzione tra:

- aree di recupero, che devono raccogliere e "canalizzare" il GNL,
- e le aree di stoccaggio che devono "immagazzinare" temporaneamente il GNL.

6.9.3 Aree di recupero

Concretamente, le aree devono essere progettate sulla base:

- di aree in calcestruzzo, circondate da canalizzazioni,
- o vasche in cemento armato in linea con l'attrezzatura principale con sufficienti pendenze dirette verso le canalizzazioni.

Queste canalizzazioni possono essere rivestite con pannelli leggeri per:

- limitare l'evaporazione,
- ed evitare una situazione di propagazione della fiamma in un ambiente confinato e allungato che favorisce forti accelerazioni della fiamma e come risultato di esplosioni con alte sovrapressioni.

6.9.4 Capacità di contenimento

Le capacità di contenimento o i serbatoi di contenimento sono più spesso da compensare in modo che, in caso di accensione, i flussi di calore associati all'incendio di pozza non colpiscano l'apparecchiatura circostante riscaldandola pericolosamente.

Successivamente, come già indicato sopra, le capacità devono essere dimensionate tenendo conto delle quantità di GNL che possono essere accidentalmente fuoriuscite per essere estratte da studi di rischio o di sicurezza. In pratica, le ritenzioni previste per le stazioni di trasferimento devono avere almeno la capacità di un serbatoio (ferroviario o stradale, a seconda dei casi).

Il tasso di evaporazione di ogni vasca può essere ridotto al minimo per mezzo di un dispositivo di tipo a schermo galleggiante. La necessità o meno di questo tipo di apparecchiature dipende dal contesto e dai risultati degli studi sui pericoli.

Inoltre, quando la ciotola è a tenuta stagna, il punto basso è dotato di una pompa per l'acqua piovana. Si dice che questa pompa sia "sacrificale" perché verrebbe danneggiata da una perdita di GNL.

Infine, nel caso di impianti di stoccaggio non pressurizzati, gli scarichi di GNL sono a priori i più probabili che si traducano in applicazioni terrestri. In questo contesto, la migliore tecnologia è quella di posizionare le condotte (in particolare le lunghe condotte che collegano le stazioni di trasferimento delle navi all'impianto di stoccaggio) in una "condotta", con pareti laterali in cemento, situata sopra il terreno o nel terreno. Il terreno è un terreno naturale. Queste tubazioni

sono compartimentalizzate con una capacità di ogni compartimento determinata dall'analisi del rischio. Il volume richiesto dipende dal tempo di risposta del sistema di rilevamento dell'isolamento nei compartimenti.

6.10 SISTEMA DI PROTEZIONE ANTINCENDIO

La tabella seguente mostra:

- le funzioni che possono essere fornite da un cosiddetto sistema di protezione antincendio (anche se a volte anche di protezione dalle esplosioni),
- il tipo di apparecchiatura che svolge queste funzioni,
- e osservazioni/informazioni.

| Funzioni | Attrezzatura | Osservazioni |
|---|------------------------|--|
| Diluizione/dispersione delle nubi | Cortina d'acqua | La diluizione si ottiene per mezzo di aria trascinata da goccioline d'acqua. Questo dispositivo è efficace solo se la nube è a bassa velocità. È inefficace sulle emissioni dei getti. Di conseguenza, è particolarmente utile nel caso di grandi fuoriuscite di GNL a bassa pressione che generano una nube senza una quantità significativa di movimento. Permette così di evitare una deriva della nube verso una zona con punto di accensione o in presenza di persone (corsie di marcia, ecc.). |
| Prevenzione dell'accensione del serbatoio di GNL | Schiuma di sbarramento | Questo dispositivo è riservato alle grandi installazioni che richiedono una vasca offset profonda e/o di grande superficie. Per una cuvetta di questo tipo, l'analisi del rischio può infatti dimostrare che un flusso di calore intenso e prolungato genera effetti domino aggravanti. |
| Miscelazione incendio bacino GNL | Schiuma di sbarramento | |
| Estintori per autocisterne | Estintore mobile | L'incidentologia dei depositi di idrocarburi indica che un incendio di un'autocisterna può verificarsi all'arrivo sul sito. Oltre agli estintori portatili presenti nella stazione di carico/scarico, almeno un estintore da 50 kg è presente nelle vicinanze in un luogo sicuro (al riparo dalle radiazioni dell'incendio da fermare). |
| Raffreddamento delle capacità | Spruzzatura di acqua | Nel caso di cisterne e cisterne di trasporto, l'irrigazione potrebbe non essere appropriata perché: - se c'è un impatto diretto delle fiamme, le pareti esterne sono portate ad una temperatura elevata (a causa delle fiamme ma anche perché l'isolamento |

| Funzioni | Attrezzatura | Osservazioni |
|---|--|--|
| | | <p>dietro le pareti impedisce/limita il trasferimento di calore); questo porta potenzialmente all'effetto Leidenfrost dell'acqua dell'irrigatore e di conseguenza ad un raffreddamento inefficiente,</p> <p>- e se non vi è alcun impatto e i flussi di calore trasmessi per irraggiamento sono moderati, allora l'isolamento (perlite) delle capacità di GNL consente un tempo di tenuta relativamente lungo.</p> |
| Protezione dell'ufficio operativo, sala strumentazione | Spruzzatura di acqua | <p>Rispetto alle precedenti osservazioni online, tuttavia, è generalmente consigliabile raffreddare gli impianti, come ad esempio le capacità di processo, ad esempio un impianto pericoloso confinante o un ufficio operativo come rifugio per il personale operativo.</p> |
| Protezione degli impianti vicini | <p>Cortina d'acqua</p> <p>Spruzzatura di acqua</p> | |

Tabella 20: Funzioni di protezione antincendio

6.11 EFFETTI DOMINO

Dalle considerazioni del precedente sottocapitolo, sembra che una delle funzioni importanti del sistema antincendio sia quella di evitare una sequenza con sequenze di diversi fenomeni pericolosi, più spesso chiamati "effetti domino".

Lo scopo non è quello di dettagliare i criteri o le soglie che permettono di giudicare la plausibilità degli effetti domino o le modalità per tenerne conto. Come promemoria, va ricordato che il controllo degli effetti domino è in pratica spesso garantito da:

- scelte di ubicazione,
- o da barriere come ad esempio un muro di protezione

Tuttavia, si aggiunge come raccomandazione da considerare:

- in modo "convenzionale", impatti tra 2 impianti pericolosi (come ad esempio una stazione di trasferimento e un impianto di stoccaggio),
- ma anche tra un'installazione pericolosa ed elementi sensibili come, ad esempio, i principali mezzi di protezione antincendio (in particolare la stazione di pompaggio) o i luoghi che ospitano gli operatori ed i telecomandi dei mezzi di sicurezza.

7 CONCLUSIONI -SOMMARIO

Questo documento è dedicato allo studio dei rischi associati alle diverse installazioni e operazioni nei porti, che coinvolgono il GNL, come quello di Tolone.

Oltre alle introduzioni, alle conclusioni e ai riferimenti bibliografici, comprende:

- un capitolo 2 che descrive una situazione pratica, che è quella del porto di Tolone; attraverso la descrizione del porto, vengono evidenziati gli elementi tipici da prendere in considerazione per uno studio come i flussi di GNL previsti, l'ubicazione o l'ambiente degli impianti,
- si deduce quindi quali potrebbero essere i tipici impianti di stoccaggio e trasferimento di GNL, nonché i flussi tra i vari impianti. Anche le descrizioni riportate nel capitolo 3 sono a priori tipiche, dato che in un caso reale i flussi sono diversi, le dimensioni delle condotte sono diverse, ecc. dovrebbero essere da considerare. I valori utilizzati in questo documento devono tuttavia fornire un quadro di riferimento per molti casi pratici,
- poi, i pericoli associati al GNL e ai processi sono esaminati e identificati in termini di natura nel capitolo 4; emergono 28 fenomeni pericolosi che introducono altrettanti rischi tipici; tra questi vi sono principalmente i getti di fuoco e le varie esplosioni,
- tali rischi sono poi caratterizzati in termini di frequenze e conseguenze nel successivo capitolo 5; le frequenze sono espresse in classi di frequenze di accadimento per anno (considerando diverse potenze di 10: 1 oc. ogni 100 anni, ogni 1000 anni, ecc.); le conseguenze sono espresse in termini di distanze al di sotto delle quali si potrebbero avvertire effetti sulla salute umana; i rischi così caratterizzati potrebbero, nella vita reale, essere accettati o meno a seconda del sistema normativo di riferimento da applicare (tale sistema di riferimento varia da un paese dell'UE all'altro e non è definito nel presente documento),
- infine, il capitolo 6 è dedicato alle raccomandazioni che possono aiutare a ridurre i rischi.

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Flauw Y. (2015)

Proposta di un metodo semiquantitativo per la valutazione delle probabilità di accensione
ARD 71 - Operazione B
Rapporto INERIS con riferimento DRA-13-133211-12545A.

Responsabile Salute e Sicurezza (2012),

Dati relativi al tasso di guasto e agli eventi da utilizzare nell'ambito delle valutazioni del rischio.

PCAG chp_6K Versione 12 - 28/06/12

Heirman J.P. (2009)

FREQUENZE DI MANO 2009 per la redazione di un RAPPORTO DI SICUREZZA.

Numero di deposito: D/2009/3241/355

Governo fiammingo.

MEEDDM (2010)

Circolare del 10 maggio 2010 che riassume le regole metodologiche applicabili agli studi sui pericoli, alla valutazione dell'approccio di riduzione del rischio alla fonte e ai piani di prevenzione del rischio tecnologico (PPRT) negli impianti classificati ai sensi della legge del 30 luglio 2003.

Mouilleau Y., Lechaudel J.F. (1999)

Guida ai metodi per la valutazione degli effetti di un'esplosione di gas all'aria aperta
Relazione con riferimento a INERIS DRA - YMo/YMo-1999-20433.

RIVM (2009)

Manuale di riferimento Bevi Risk Assessments, versione 3.2, 01.07.2009

Istituto Nazionale della Salute Pubblica e dell'Ambiente (RIVM)