PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 20 - numero 4375 di Mercoledì 19 dicembre 2018

Il gas GNL: analisi delle caratteristiche e dei comportamenti fisici

Il gas GNL: analisi delle caratteristiche e dei comportamenti fisici, La prevenzione incendi negli impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto.

L'attuazione del quadro strategico nazionale dei combustibili alternativi, previsto con il decreto legislativo 16 dicembre 2016, n. 257 (Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi) ha dato impulso alla realizzazione di nuove installazioni per la produzione, lo stoccaggio, la movimentazione e l'impiego di tali prodotti. Fra i combustibili alternativi l'utilizzo del gas GNL sta suscitando notevole interesse ed il mercato ha previsto, per il suo impiego, la realizzazione di importanti depositi per far fronte all'incremento della richiesta di GNL e per consentire l'espansione della movimentazione di gas GNL nei porti per il carico di tale combustibile sulle navi. Questo "nuovo" gas combustibile quindi si presenta nel panorama nazionale come destinato a sostituire, quale combustibile alternativo, o quanto meno a posizionarsi sullo stesso piano delle altre tipologie di combustibile attualmente in uso in ambito artigianale ed industriale ma anche come combustibile per autotrazione.

Pubblicità
<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[CODE] ?#>

Le caratteristiche del gas GNL

Il gas naturale (GN) è composto principalmente da gas metano e, in minore percentuale, da etano, propano, butano e azoto e si trova comunemente in natura in giacimenti, allo stato fossile, insieme al petrolio e al carbone, ma è anche prodotto durante i processi di decomposizione naturale nelle discariche o nelle paludi. Il gas naturale liquefatto (GNL) si ottiene, dopo un trattamento di depurazione e di disidratazione, sottoponendo il gas naturale a successive fasi di raffreddamento e di condensazione ottenendo così un gas liquido inodore e trasparente avente una temperatura di ebollizione di circa -160 °C a pressione atmosferica. Il gas GNL ha quindi differenti caratteristiche rispetto al gas naturale da cui è derivato, ma anche rispetto al gas GPL con cui ha in comune solamente lo stato liquido che assume.

Il deposito e l'impiego del gas GNL necessita pertanto di accorgimenti impiantistici e gestionali che non coincidono perfettamente con quelli che caratterizzano gli stoccaggi di metano in fase gas e di GPL, le cui caratteristiche, anche impiantistiche, sono ormai standardizzate e conosciute dai tecnici che operano nell'attività di valutazione ed analisi dei progetti per la realizzazione dei relativi depositi. E' importante quindi la diffusione della conoscenza delle caratteristiche impiantistiche e delle peculiarità connesse alla individuazione dei rischi specifici degli impianti di stoccaggio di gas GNL, che non può prescindere dalla conoscenza delle caratteristiche fisiche e dei comportamenti di questo gas combustibile.

La massa volumica del GNL dipende dalla composizione della miscela, ed è normalmente compresa tra 430 kg/m^3 e 470 kg/m^3, anche se in casi particolari può raggiungere i 520 kg/m^3. La massa volumica dipende anche dalla temperatura del liquido e si riduce al diminuire della temperatura con un gradiente di circa -1,35 kg/m^3°C. Il gas GNL ha una temperatura di ebollizione che dipende dalla composizione della miscela, solitamente compresa tra -166°C e -157°C a pressione atmosferica. La variazione

della temperatura di ebollizione in funzione della pressione di vapore è di circa 1,25 x 10-4°C/Pa. Il gas naturale non può essere liquefatto con l'aumento della pressione a temperatura ambiente, perché si comporta come un gas compresso. Infatti, indipendentemente dalla pressione, la sua temperatura deve essere ridotta a valori inferiori a -80°C per poter liquefare il GNL. Ciò comporta, ad esempio, che anche una piccola quantità di GNL contenuta tra due valvole o in un recipiente senza alcuno sfiato o dispositivo di sicurezza, che è lasciata riscaldare, aumenta di pressione sino alla rottura del sistema di contenimento.

Si descrivono di seguito i principali effetti fisici del gas GNL.

Gas di evaporazione (Boil-off gas)

Il boil-off gas (BOG) si produce per evaporazione del GNL a causa del calore trasmesso dall'esterno del serbatoio al prodotto stoccato al suo interno. Nel BOG sono presenti, in piccole tracce, i componenti infiammabili più pesanti della miscela, cioè quelli che hanno temperature di ebollizione a pressione atmosferica molto maggiori rispetto al metano (-89°C per l'etano, -40°C per il propano). Il BOG ha densità maggiore rispetto all'aria per temperature minori di circa -113°C, in assenza di azoto, o di -85°C in presenza del 20% di azoto. Al raggiungimento della temperatura citata il BOG ha una densità pari a quella dell'aria, mentre a temperature superiori la densità diviene inferiore rispetto a quella dell'aria; a temperatura ambiente la densità è circa il 60% di quella dell'aria. Il BOG si comporta quindi, a temperature inferiori a -113°C (o a -85°C in presenza di azoto al 20%), come un gas pesante e tende a stratificare verso il basso e si comporta come un gas leggero a temperature superiori.

Dinamica dei rilasci in fase liquida

Il gas GNL è immagazzinato all'interno di serbatoi criogenici dedicati, atmosferici o in pressione. A seguito di una fuoriuscita accidentale, il GNL può disperdersi al suolo e dopo un periodo iniziale di intensa ebollizione, la velocità di evaporazione decresce rapidamente fino a stabilizzarsi su un valore costante, in funzione delle caratteristiche termiche del suolo e dei quantitativi di calore apportati dall'ambiente esterno. Ad esempio il GNL ha una velocità di evaporazione per unità di superficie di 480 kg/m^{2}h su pavimentazione di materiale inerte e di 130 kg/m^{2}h su pavimentazione di cemento normale.

In seguito alla fuoriuscita e alla successiva evaporazione, piccole quantità di liquido vengono convertite in grandi volumi di gas, con un rapporto di espansione di circa 1/600. Inizialmente il gas prodotto per evaporazione è a temperatura simile a quella del GNL e pertanto, essendo più denso dell'aria ambiente, tende a stratificarsi verso il basso: quando la temperatura del gas raggiunge valori intorno ai -113°C (o -80 °C in funzione della composizione della miscela di GNL) la miscela gassosa diventa più leggera dell'aria.

In caso di rilascio di GNL le basse temperature del prodotto fanno condensare l'eventuale vapore acqueo contenuto nell'aria, producendo nebbie lattiginose. La creazione di nebbie è associata anche ad operazioni di movimentazione di prodotto in assenza di rilasci che, a causa del contatto dell'aria umida con le parti di impianto interessate dal trasferimento del prodotto criogenico, generano tali fenomeni. In caso di rilascio da serbatoio o tubazioni in pressione, il GNL fuoriesce sotto forma di getto nell'atmosfera andando a generare una pozza ed una nube di gas, inizialmente sotto forma di aerosol.

Flash

Il flash è un fenomeno fisico di evaporazione istantanea che si registra quando un liquido, mantenuto in un sistema chiuso ad una temperatura superiore alla temperatura di ebollizione della sostanza alla pressione atmosferica, subisce una repentina perdita di pressione. Al momento della perdita di pressione il liquido ha un'energia interna superiore a quella di equilibrio, proporzionale alla differenza tra la sua temperatura e quella di ebollizione a pressione atmosferica. Tale energia viene liberata in modo istantaneo attraverso una violenta evaporazione di parte del liquido, che si trascina dietro gocce di liquido sotto forma di nebbia. Il fenomeno è tanto più importante quanto maggiore è la differenza tra la temperatura di stoccaggio (che in un sistema chiuso dipende a sua volta dalla pressione) e la temperatura di ebollizione a pressione atmosferica.

Dispersione di nubi di gas

Nella fase iniziale il gas prodotto è più denso dell'aria e si comporta come una nube pesante. Il rilascio di vapori freddi di GNL causa la condensazione dell'umidità atmosferica generando nebbie che, in caso di buona visibilità (di giorno ed in assenza di nebbia naturale), si rivelano indicatori della direzione di dispersione del gas evaporato e forniscono generalmente un'indicazione dell'estensione della nube gas naturale-aria; successivamente, a causa dello scambio di energia con l'aria e con il terreno, la nube si riscalda e conseguentemente diminuisce la sua densità fino a diventare più leggera dell'aria, disperdendosi in atmosfera.

Rilascio di GNL da contenitori in pressione

La perdita di GNL da un contenitore o da tubazioni in pressione in atmosfera avviene sotto forma di un getto che in parte evapora istantaneamente (flash) con simultanea espansione nella direzione del rilascio. Parte del GNL è presente nella nube di gas sotto forma di aerosol in continua vaporizzazione e miscelazione con l'aria, mentre la rimanente parte si depositerà al suolo sotto forma liquida per poi dare origine ad un'intensa evaporazione.

Stratificazione e roll-over

Il fenomeno del roll-over si può verificare in un serbatoio di stoccaggio di GNL a causa di una mancata miscelazione di prodotto fresco con il prodotto già presente, con la conseguente formazione di due strati a diversa densità. A causa degli scambi di calore tra il serbatoio e l'ambiente esterno, tale stratificazione può comportare un rimescolamento brusco delle due masse denominato roll-over, con una rapida produzione di vapore e conseguente rapido aumento di pressione. Al fine di scongiurare questo fenomeno devono essere usate tutte le precauzioni per assicurare la miscelazione del prodotto fresco con il prodotto già presente. Il roll-over si manifesta più facilmente nei serbatoi ad asse verticale di grande volumetria ed operanti a pressione atmosferica e quando il riempimento non avviene con modalità in grado di produrre un rimescolamento del liquido già presente all'interno del serbatoio stesso.

Il roll-over è in grado di generare, in maniera repentina, una grande quantità di vapore all'interno di un contenitore che deve essere rilasciata da appositi sistemi di sicurezza e, nel caso in cui questi sistemi non funzionano o sono sottodimensionati, il fenomeno può portare alla rottura del contenitore stesso.

Transizione rapida di fase

La transizione rapida di fase è un fenomeno fisico di rapido cambiamento di fase di un liquido a vapore e può avvenire quando due liquidi, con temperature molto diverse tra di loro, vengono a contatto. Il liquido a temperatura minore subisce quindi una rapida ebollizione producendo vapore a velocità esplosiva. Negli stoccaggi di GNL, questo può avvenire quando il GNL rilasciato accidentalmente al suolo entra in contatto con l'acqua. Sebbene non si verifichi una combustione, il fenomeno manifesta tempistiche e generazione di onde di pressione tipiche di un'esplosione dovute all'intenso scambio termico che si realizza sulla superficie a contatto dei due liquidi, che porta il liquido più freddo ad un rapido aumento di temperatura e di volume, con conseguente cambiamento di fase.

BLEVE (Boiling liquid expanding vapour explosion)

L'esplosione dovuta all'espansione di vapori di un liquido bollente (BLEVE) si verifica quando un liquido presente in un sistema chiuso in pressione, a temperatura superiore a quella di ebollizione, subisce una rapida depressurizzazione per perdita di contenimento. In seguito alla rottura del circuito o del serbatoio in pressione, l'energia contenuta nel vapore viene istantaneamente rilasciata, provocando un'esplosione fisica. Tale fenomeno è accompagnato dal flash della parte di liquido ancora presente nel serbatoio al momento della rottura. Se il vapore è combustibile come il GNL l'accensione di tale rilascio provocherà anche il fireball. Il BLEVE di un serbatoio è meno probabile se il contenitore è protetto ed isolato termicamente.

Esplosione nube di vapore (Vapor Cloud Explosion)

In una nube dispersa, non confinata da edifici o parti di impianto, l'accensione del gas naturale provoca una combustione che si propaga a bassa velocità, originando sovrappressioni trascurabili. Si possono invece generare sovrappressioni importanti quando la combustione avviene in aree congestionate o confinate, determinando esplosioni con effetti più gravi.

Jet fire, pool fire e flash fire

In caso di rilascio di GNL, l'innesco immediato del GNL comporta l'origine di un jet fire o un pool fire, in funzione della fase rilasciata e della frazione di liquido in grado di accumularsi sul terreno. Se non accadono tali eventi la dispersione del getto di gas o l'evaporazione della pozza di materiale infiammabile creano una nube infiammabile in grado di originare, in caso di innesco ritardato, un flash fire. Nel caso in cui tale nube raggiunga un'area confinata è anche probabile un'esplosione in caso di innesco.

Al momento sono in corso di realizzazione in Italia almeno sei grandi impianti, nessuno dei quali è ancora in funzione mentre sono già in esercizio sul territorio nazionale tre impianti di stoccaggio di GNL impiegati come rigassificatori.

Il Dipartimento dei Vigili del fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile ha emanato, ad oggi, le seguenti disposizioni di sicurezza antincendio inerenti l'impiego del gas GNL in vari settori:

- lettera circolare del Ministero dell'Interno 21 marzo 2013, prot. n. 3819 - Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto (GNL) con serbatoio criogenico fuori terra a servizio di stazioni di rifornimento di gas naturale compresso (GNC) per autotrazione;
- circolare del Ministero dell'Interno 18 maggio 2015, prot. n. 5870 - Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto (GNL) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione;

- circolare del Ministero dell'Interno 12 settembre 2018, prot. n. 12112 - Guida tecnica di prevenzione incendi per l'analisi dei progetti di impianti di stoccaggio di GNL di capacità superiore a 50 tonnellate.

Claudio Giacalone

Claudio Giacalone è il Comandante dei Vigili del fuoco di Alessandria. E' stato Comandante di Belluno, Dirigente Addetto al Comando di Milano ed è stato componente del gruppo di lavoro per la predisposizione del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151 e del nuovo Codice di prevenzione incendi. Nell'ambito della speciale Commissione di Vigilanza Integrata per EXPO 2015, ha curato la valutazione dei progetti e le verifiche di sicurezza dei padiglioni nazionali ed esteri dell'esposizione universale di EXPO Milano 2015.

Questo articolo è pubblicato sotto una Licenza Creative Commons.