

## **“IN BREVE”**

**(Settembre 2016)**

### **ATEX DOVUTE A GAS NATURALE, GPL E NUOVA IEC 60079-10-1:2015**

© Marzio Marigo

Il gas naturale (GN) ed il gas di petrolio liquefatto (GPL) sono nostri compagni quotidiani, sia negli ambienti domestici così come sul lavoro. Essi sono spesso volte assimilati in termini di rischio poiché, nella maggior parte dei casi, vengono utilizzati per scopi analoghi (riscaldamento, cottura cibi, ecc.). Non è però sempre così, dato che le due miscele possiedono sia origini tecnologiche differenti sia utilizzi ulteriori rispetto alla loro semplice combustione.

Mi propongo con questa nota di differenziarli in termini di rischio di esplosione e, per fare questo, vista la variabilità della loro composizione, utilizzerò i parametri di infiammabilità ed esplosione dei loro costituenti principali:

- il metano (CH<sub>4</sub>) per il GN;
- il propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) per il GPL.

#### **1. I PARAMETRI CHIMICO-FISICI**

L'indicatore che maggiormente caratterizza i due gas da un punto di vista dell'applicazione è il potere calorifico inferiore (PCI). Metano e propano possiedono, in questo senso, caratteristiche analoghe poiché i PCI/kg risultano sostanzialmente assimilabili:

- PCI,m = 50,0 MJ/kg;
- PCI,p = 46,35 MJ/kg.

Ciò che li differenzia sono le modalità di stoccaggio. La capacità volumetrica di trasporto di energia risulta, in questo senso, modificata rispetto al parametro riferito alla massa.

Il GN viene prevalentemente trasmesso via “tubo” e ridotto grazie ad una serie di stadi ad alta, media e bassa pressione oppure, nel caso per esempio dell'autotrazione, stoccato sotto forma di gas naturale compresso (CNG). CNG che riesce a immagazzinare, per ogni litro, l'equivalente di circa 9 MJ (cioè 9 GJ/mc @ 240 barg).

La miscela propano/butano tipica del gas liquefatto GPL contiene, invece, con pressioni di stoccaggio molto più limitate (circa 5-7 barg), un'energia pari a circa 25 GJ/mc mentre il gas naturale liquefatto, GNL<sup>1</sup>, ottenuto per sottoraffreddamento del GN, arriva a 22 GJ/mc.

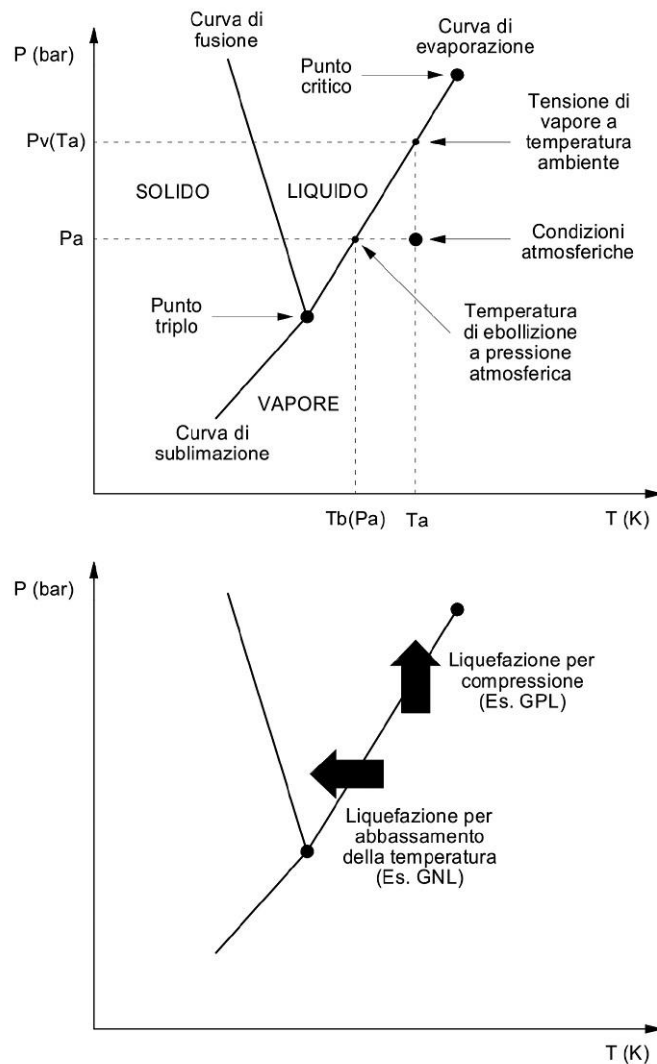
---

<sup>1</sup> La temperatura ambiente, nel GN, è spostata a destra rispetto al punto critico e non è quindi possibile la sua liquefazione per sola compressione come nel caso del GPL.

Per avere un termine di confronto, il gasolio possiede una densità energetica per volume di circa 34-35 GJ/mc. Riepilogando, quindi:

- CNG: 9 GJ/mc @ 240 barg;
- GNL: 22 GJ/mc;
- GPL: 25 GJ/mc.

Si consideri che la tecnologia di liquefazione per pressione del GPL permette una riduzione di circa 260 volte della densità dei vapori (rispetto ad iniziali condizioni atmosferiche) mentre con il CNG l'aumento di tale parametro sarà dipendente linearmente dal livello di compressione rispetto all'ambiente (200-240 barg) e, infine, il GNL aumenta di circa 600 volte la densità, sempre rispetto alle condizioni atmosferiche.



**Figura 1** – Liquefazione per compressione (GPL) e per raffreddamento (GNL)

A questo si aggiunga che la tipologia di rilascio da un contenimento di CGN risulterà indipendente dalla collocazione della sorgente di emissione sulla membratura di contenimento (si genererà sempre un rilascio jet di gas infiammabile ad alta pressione) mentre sia nel caso di GPL come nel caso del GNL lo scenario incidentale dipenderà da tale collocazione in relazione al battente di

liquido. In particolare, nel caso del GPL, se la perdita di contenimento ha luogo al di sopra del battente liquido, vi sarà un'emissione di vapori mentre se, per converso, tale guasto ha luogo al di sotto si avrà un rilascio di liquido in ebollizione con formazione di pozza al suolo che risulterà, peraltro, molto più stabile nel caso del GNL rispetto al GPL. La liquefazione per sottoraffreddamento, infatti, garantisce condizioni di equilibrio termodinamico maggiori rispetto alla liquefazione per pressione. Non nascondiamo che molte altre sono le conseguenze di un rilascio di gas liquefatto che, purtroppo per ragioni di spazio, si tralasciano.

## 2. I PARAMETRI DI COMBUSTIONE/ESPLOSIONE

Le velocità di combustione laminare delle due sostanze indagate risultano molto simili, con una leggera maggior velocità del propano che non conduce, di per sé, a particolari aggravii di pericolosità.

- $V_{cl,m} = 40 \text{ cm/s}$ ;
- $V_{cl,p} = 46 \text{ cm/s}$ .

Nemmeno nel caso della pressione massima di esplosione esistono differenze significative. Il propano, avendo una temperatura adiabatica di fiamma lievemente superiore a quella del metano, genera, nel test di esplosione in sfera di Siwek, una maggior sovrappressione:

- $P_{max,m} = 7,1 \text{ barg}$ ;
- $P_{max,p} = 7,9 \text{ barg}$ .

La prima sorpresa in termini di parametri di esplosione è evidenziata dalla costante specifica di esplosione,  $K_g^2$ , rappresentativa della velocità di incremento della pressione. Il propano possiede una velocità di incremento pressorio doppia rispetto al metano. La violenza attesa dell'esplosione è quindi molto maggiore nel caso del GPL rispetto al GN:

- $K_{g,m} = 55 \text{ bar m/s}$ ;
- $K_{g,p} = 100 \text{ bar m/s}$ .

GPL che esplosione qui oppure qui.

Tale fatto viene tenuto in considerazione, per esempio, in un particolare (e sofisticato) metodo di simulazione degli effetti dell'esplosione in ambiente non confinato (VCE) denominato Baker-Strehlow-Tang. Questa metodologia di valutazione include il metano nella classe bassa di reattività (la III) mentre il propano è ricompreso in classe II (moderata reattività). La classe I (alta reattività) è riservata ai soli acetilene, ossido di etilene ed idrogeno.

Il maggior  $K_g$  del propano determina, inevitabilmente, la necessità, in caso di sfogo dell'esplosione, di superfici di minima resistenza di ampiezza maggiore rispetto al gas naturale. Oppure, viceversa, a parità di area delle superfici di sfogo (es. finestre in un locale chiuso), il propano determinerà

---

<sup>2</sup> Il  $K_g$ , a differenza del  $K_{st}$  relativo alle polveri combustibili, non è invariante al modificarsi del volume di prova.

una pressione di esplosione ridotta ( $P_{red,max}$ ) molto maggiore rispetto a quella prodotta dal gas naturale.



**Figura 2** – Dinamica di esplosione di gas naturale all'interno di un'abitazione

Si tenga inoltre in considerazione il fatto che l'esplosione di GPL originata in un locale chiuso troverà maggiori difficoltà allo sfogo rispetto alla deflagrazione di gas naturale (che avrà luogo, verosimilmente, affacciata alle vetrate). La maggior "maturazione" dell'esplosione all'interno del locale sarà, in questo senso, un fattore aggravante, in termini di danno causato, nel GPL rispetto al gas naturale.



**Figura 3** – Dinamica di esplosione di GPL all'interno di un'abitazione

Inoltre, a fronte di energie di accensione tra loro paragonabili (sia metano che propano sono sostanze di gruppo IIA), si rileva una estensione del campo di esplosione del metano, rispetto al propano, di almeno quattro punti percentuali.

- LEL,UEL,m = 4,4-17%(vol);
- LEL,UEL,p = 1,7-10,9%(vol).

Questo fatto ha conseguenze dirette nell'ambito della classificazione delle zone a rischio di esplosione; la combinazione tra gli effetti della massa molare (molto maggiore nel propano rispetto al metano) e del LEL (meno della metà nel propano rispetto al metano) determina, infatti, un'ampiezza di zone pericolose, nel campo vicino, simile (con il metano, a parità di variabili di emissione, si calcolano distanze pericolose pari ai 3/4 di quelle del propano). Questo secondo CEI EN 60079-10-1:2010 e relativa guida CEI 31-35.

Le ampiezze delle zone di classificazione risultano invece fortemente modificate dal nuovo standard CEI EN 60079-10-1:2016 il quale include nel calcolo della zona di classificazione anche la tipologia di gas (heavy, diffusive e jet gas).

In presenza di gas densi, come è il caso del GPL, le distanze di classificazione aumentano di un ordine di grandezza rispetto ai jet di gas infiammabili leggeri (del quale il metano fa parte). Il GPL, a differenza del gas naturale, tende infatti ad avere un comportamento "passivo" rispetto al GN il quale, avendo una densità (circa) dimezzata rispetto a quella dell'aria tenderà a "galleggiare" per principio di Archimede. In altri termini se diamo al gas naturale la possibilità di "fuggire", questo lo farà con molta efficacia. Il GPL è invece un gas "pigro" che staziona in prossimità del luogo di rilascio e si sposta prevalentemente in conseguenza dei soli spostamenti locali dell'aria (attenzione però alla presenza di cavedi, tombini, ecc.). Per questi motivi, in caso di rilascio in un ambiente chiuso, l'apertura di superfici di ventilazione (es. finestrate) sarà molto più efficace nel diluire il gas naturale rispetto al GPL.

### 3. CONCLUSIONI

Alla luce delle considerazioni esposte (alcune, per la verità, appena accennate) possiamo trarre le seguenti conclusioni:

- gli stoccaggi di GPL possono essere coinvolti in gravissimi incidenti industriali (BLEVE, flashing, rainout). A tali scenari incidentali non sono invece vulnerabili i depositi di CNG;
- le esplosioni di nubi di vapori (VCE) che coinvolgono GPL evidenziano capacità distruttive molto maggiori rispetto a quelle del gas naturale;
- i rilasci di gas liquefatti (GPL, GNL) generano nubi dense e passive mentre il GN, anche se derivante da stoccaggi in forma compressa, tende a "muoversi autonomamente"<sup>3</sup> anche in assenza di ventilazione generale<sup>4</sup>;

---

<sup>3</sup> La densità relativa rispetto all'aria in condizioni atmosferiche vale 1,56 per il propano e 0,55 per il metano.

<sup>4</sup> Ovviamente la considerazione, nel caso del GPL, non è valida in presenza di spazi confinati, cunicoli o comunque volumi posti ad un livello inferiore a quello di rilascio. In queste situazioni il gas denso tende a muoversi aggravando il rischio esistente.

- lo studio della ventilazione degli ambienti chiusi risulta di straordinaria importanza e non può limitarsi al solo calcolo della portata minima di ventilazione, come già ci ha insegnato Harris più di 30 anni fa;
- la nuova norma di classificazione (IEC 60079-10-1:2015) cambierà in modo sostanziale le distanze pericolose nel caso di rilascio di gas densi. Pur essendo previsto un periodo di transizione di due anni è opportuno tenere conto di questo aspetto da subito.

#### 4. BIBLIOGRAFIA MINIMA

1. Eckhoff, R. K. (2016). Explosion hazards in the process industries. Elsevier.
2. Harris, R. J. (1983). The investigation and control of gas explosions in buildings and heating plant. E. & FN Spon in association with the British Gas Corp.
3. IEC 60079-10-1:2015. Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres.
4. Marigo, M. (2013). Rischio atmosfere esplosive. Classificazione, valutazione, prevenzione, protezione. Wolters Kluwer Italia.