STUDIO DI UN QUASI INCIDENTE
CRICCA SU SERBATOIO GPL DI NUOVA INSTALLAZIONE

F. Dattilo, - Comando VVF Vicenza, via Farini, 14, Vicenza
C. Cusin - Comando VVF Rovigo, viale Ippodromo, 4/6, Rovigo
G. Fiocca, F. Zenier – ARTES, via C. Battisti 2/A, Mirano (VE)

SOMMARIO

Il lavoro proposto analizza un "quasi incidente" avvenuto in un deposito di Gas Petrolio Liquefatto assoggettato agli obblighi di cui all'art. 8 del D.Lvo n° 334/99, individuando aree di miglioramento ed aspetti critici connessi alle fasi di preavviamento e di collaudo o verifica di serbatoi di gas infiammabili liquefatti. Aspetti che devono essere sempre considerati nelle procedure per la elaborazione di un efficiente Sistema di Gestione della Sicurezza e al fine di evitare il ripetersi di eventi similari.

1. INTRODUZIONE

Il quasi incidente oggetto della presente memoria è avvenuto presso un deposito di Gas Petrolio Liquefatto che, contenendo al massimo un quantitativo di 1100 tonnellate di GPL, è assoggettato agli obblighi di cui all'art. 8 del D.Lvo. n° 334/99.

Il deposito, esistente dagli anni '60, era stato oggetto nell'anno 1992 ad un primo adeguamento per aggiornare le misure di sicurezza al grado di evoluzione della tecnica. Nell'anno 2000, a seguito di un progetto di modifica e ristrutturazione, furono iniziati i lavori per il completo adeguamento al D.M.I. 13.10.1994 e al D.M.A. 15.5.96. Con questa seconda modifica, approvata dal Comitato Tecnico Regionale, competente per le istruttorie per il D.Lvo n° 334/99, il deposito, rientrato nella classe I° di cui al D.M.A. 15.5.1996, rispetta i criteri di compatibilità territoriale riportati nello stesso Decreto.

L'adeguamento ha comportato il rifacimento completo degli impianti ed in particolare la sostituzione dei n° 12 serbatoi fuori terra con n° 6 nuovi serbatoi da 400m^3 tumulati. (vedi fotografia n° 1 e n° 2)

Fotografia n° 1 – Momento posa serbatoio D06

Il quasi incidente, un'esigua perdita di GPL da una cricca su uno dei nuovi serbatoi, è avvenuto il 21 Dicembre 2001, cioè il giorno successivo al primo riempimento con GPL dell'ultimo dei 6 serbatoi di nuova installazione. Quel giorno il deposito riprendeva la normale attività a piena potenzialità in quanto i lavori di adeguamento erano stati quasi completati rimanendo da eseguire solo alcune opere minori, quali l'installazione dei corrimani sulle scale che conducono in sommità al tumulo dei serbatoi e l'installazione dell'impianto antintrusione.

Fotografia n° 2 – Tumulo e tubazioni zona stoccaggio

L'organizzazione del deposito prevedeva ancora la presenza di un Delegato ai Lavori che affincandosi al Responsabile del Deposito, organizzava e controllava la regolare e sicura esecuzione delle varie opere su incarico diretto del Direttore del Deposito, il Gestore di cui al D.Lvo n° 334/98.

2. DESCRIZIONE DEL QUASI INCIDENTE

Verso la metà della mattinata del 21 dicembre 2000, in corrispondenza della zona tubazioni antistante il serbatoio D06 (vedi fotografia n° 2), un operatore che stava eseguendo un'operazione di fresatura osservava un innesco di fiamma ai piedi del muro di contenimento. L'operatore stesso spegneva l'innesco gettandovi sopra un po' di terriccio, quindi provvedeva a dare l'allarme.

L'operaio segnalava immediatamente il fatto al Capo Piazzale ed al Delegato ai Lavori i quali provvedevano, seguendo le indicazioni del Piano d'emergenza del deposito, a:

- far sospendere immediatamente tutte le operazioni nel deposito;
- controllare i segnali del sistema automatico di gas detector, il quale però non rilevava presenza di gas in alcuna parte del deposito;
- avvisare il Responsabile del Deposito che nell'occasione era in missione presso l'Ufficio Tecnico Finanze e veniva raggiunto telefonicamente
- avvisare il Direttore presso la sede sociale della società.

Il Capo Piazzale ed il Delegato ai Lavori provvedevano inoltre a monitorare la zona con esplosimetro portatile al fine di accertare le cause dell'evento e definire la situazione in essere.

Mentre non risultava presente miscela infiammabile nell'area circostante i serbatoi, introducendo il sensore dell'esplosimetro nei tubi di drenaggio acqua interrati e passanti attraverso il tumulo di terreno, si rilevava una fonte di perdita dal fondo del serbatoio D06, confermata dall'analisi sul tubo di controllo dell'allineamento statico dei serbatoi e delle fondazioni; tubo che entra dall'alto del tumulo e penetra nel terreno fino alla quota di fondo dei serbatoi.

Si iniziava subito a svuotare il serbatoio D06 del GPL presente, travasandolo nei rimanenti serbatoi tramite le normali attrezzature di pompaggio del deposito. Si immetteva quindi acqua nel serbatoio dall'apposita linea connessa al tubo di fondo in modo da assicurare la bonifica del serbatoio. Si manteneva intanto il continuo controllo dell'area intorno ai serbatoi sia per mezzo del sistema di gas detector collegati al PLC, sia con esplosimetro portatile. Nel frattempo sia il Gestore sia il Responsabile del Deposito giungevano

sul luogo. I risultati negativi, nessuna presenza di gas in atmosfera, tranquillizzavano il personale dell'azienda in merito alla limitata entità dell'evento, per cui i presenti ritenevano di non dare alcun allarme alle Autorità.

3. RICOSTRUZIONE DEGLI EVENTI ANTECEDENTI

3.1 Premessa

Conformemente alle indicazioni della buona tecnica, illustrate anche nel corso tenutosi dagli istruttori del Corpo Nazionale Vigili del Fuoco nel quadro delle azioni di formazione del personale, prima di mettere in esercizio i nuovi serbatoi si era deciso di effettuare la bonifica mediante inertizzazione con azoto.

A tale scopo il Direttore aveva fatto eseguire ai propri consulenti tecnici il calcolo della quantità di azoto necessaria ad assicurare la bonifica ed aveva richiesto una offerta per la fornitura e per lo svolgimento del lavoro a due ditte specializzate, note a livello nazionale ed internazionale le quali avevano anche dato assicurazione sulla notevole esperienza maturata nel campo dell'inertizzazione, sia per serbatoi fissi a terra, sia off-shore sia nelle navi gasiere o tanker. Le ditte avevano inviato l'offerta e la direzione aveva proceduto ad affidare l'incarico.

Dato che i lavori di adeguamento del deposito prevedevano una graduale sostituzione di serbatoi esistenti con i nuovi, la prima operazione di inertizzazione era stata eseguita senza alcun problema nel luglio del 2000 per i primi tre serbatoi, D01-D02-D03, che superarono pertanto il collaudo e vennero messi in esercizio.

3.2 Sequenza degli eventi

Il 7 dicembre era stata programmata l'inertizzazione con azoto dei serbatoi D04-D05-D06 seguendo la procedura del sistema di Gestione della sicurezza elaborata appositamente per questa operazione e già utilizzata per l'inertizzazione del primo gruppo di serbatoi, il D01-D02-D03. (vedi Appendice).

L'azoto veniva prelevato da un serbatoio destinato al contenimento di gas criogenici liquefatti e fatto evaporare in apposito scambiatore della ditta fornitrice l'azoto, alimentato con acqua fornita dal deposito come precisato nelle condizioni dell'offerta.

L'alimentazione dell'azoto era cominciata, inizialmente, con il serbatoio D04, fino al raggiungimento della pressione di 4 bar; quindi si sarebbe inertizzato il D05 e successivamente il D06. Al raggiungimento della pressione di 4 bar si considerava terminata l'inertizzazione in quanto la concentrazione di ossigeno all'interno era circa il 4%, ben inferiore quindi al minimo richiesto per un'eventuale combustione (10,55% circa).

Appena iniziata l'operazione sul serbatoio D04 si verificava la rottura di una delle due manichette dell'azoto, di proprietà della ditta fornitrice la sostanza; manichette necessarie per collegare il serbatoio per gas criogenici con il vaporizzatore ad acqua e quest'ultimo con l'attacco del serbatoio. Si sospendeva quindi l'operazione e l'operatore autista della autocisterna accertava la mancanza di una manichetta di riserva a scorta del mezzo, per cui, riparata la manichetta accorciandola si spostava l'autocisterna in altro posizione per riprendere il lavoro.

Questo inconveniente comportava un ritardo di circa un'ora rispetto ai tempi programmati. Si iniziava comunque l'inertizzazione che veniva svolta regolarmente per i serbatoi D04 e D05.

Nella fase finale di inertizzazione del D06 è stato avvertito un rumore anomalo nel serbatoio, imputato ad un assestamento del recipiente a seguito della messa in pressione. Il Delegato ai Lavori per conto del Gestore, provvedeva anche a chiedere telefonicamente il parere del costruttore del serbatoio, il quale forniva indicazioni tranquilizzanti ritenendo che si trattava di un normale assestamento, comune nella fase di messa in pressione o inertizzazione.

Dopo una riflessione, si decideva cautelamente di degasare il serbatoio D06 ed eseguire una prova idraulica con acqua per avere una conferma dello stato di integrità del serbatoio e delle tenute. Nel frattempo gli altri due serbatoi precedentemente inertizzati rimanevano in pressione con azoto.

La prova idraulica del D06 veniva eseguita il 12 dicembre, ma si riscontravano delle difficoltà a riempire completamente il serbatoio a causa di bolle di azoto residue sul cielo; dopo vari tentativi si decideva di svuotare il serbatoio ed eseguire una visita interna ed una replica sul materiale della tubazione di fondo, da dove era stato immesso l'azoto, per verificare lo stato del materiale.

Il 14/12 si eseguiva la replica ed il 15/12 veniva effettuata la visita interna del serbatoio D06 da parte del Delegato ai lavori, persona diplomata con esperienza pluriennale nella realizzazione, installazione ed avviamento, con collaudo, di impianti petrolchimici, del Responsabile del Deposito e del Capo Piazzale, senza rilevare elementi che portassero a sospettare danneggiamenti. Si decideva pertanto di inertizzare di nuovo il serbatoio D06 utilizzando l'azoto che stava ancora nei serbatoi D04 e D05 ed il giorno 20/12 si iniziava ad immettere GPL in fase gas nel D06.

Dall'osservazione del sistema di controllo collegato al PLC, che riporta l'indicazione in continuo delle pressioni, livelli e temperature con vari allarmi, non veniva rilevato alcun segnale anomalo, per cui nel pomeriggio dello stesso giorno si iniziava ad alimentare anche la fase liquida. Si terminava l'operazione dopo poche ore, lasciando per la notte tutte le valvole del serbatoio chiuse. Fino al mattino del 21/12, quando fu rilevato l'evento descritto, il segnale di livello del D06 non ha mostrato variazioni che potessero far pensare a diminuzioni del livello, quindi a perdite.

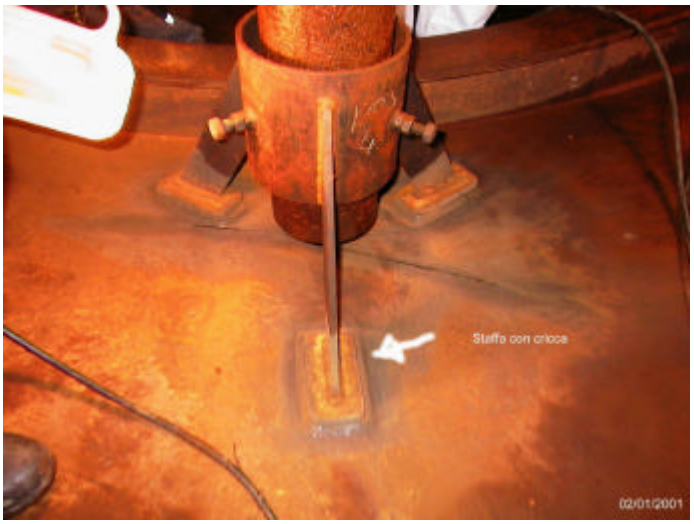
Dopo il rilievo dell'evento e il successivo immediato svuotamento e la bonifica con acqua, il serbatoio è stato messo fuori servizio per mezzo di flange cieche inserite nei collegamenti e poi con il distacco di tratti di tubazione; il tutto predisponendo apposite segnalazioni anche con cartelli segnaletici.

4. INDAGINI E VERIFICHE

4.1 Indagini effettuate

Successivamente alla perdita di GPL e alle azioni di svuotamento e bonifica del serbatoio, venivano informati dell'evento il costruttore dei serbatoi ed il fornitore dell'azoto, programmando per il 2/1/2001 una ispezione interna al recipiente al fine di accertarne la situazione.

Trascorso il periodo delle festività natalizie, il 2 gennaio si eseguiva la visita interna alla presenza di tecnici della ditta costruttrice del serbatoio e di un esperto di controlli non distruttivi incaricato dal gestore del deposito. Si rilevava la presenza di cricche passanti sul fondo del serbatoio in corrispondenza dello spazio posto fra le piastre di appoggio di un bocchello di pescaggio del serbatoio. Anche uno di questi supporti risultava lesionato. (vedi fotografia n° 3 e n° 4).



Fotografia n° 3 – Particolare cricca dall'interno del serbatoio

Fotografia n° 4 – Particolare cricca dall'esterno del serbatoio

Il gestore provvedeva quindi ad indire una riunione finalizzata soprattutto ad individuare l'Ente o Istituto cui affidare le verifiche per l'accertamento delle cause, che veniva unanimamente individuato nell'Istituto Italiano della Saldatura. Allo scopo si eseguiva il prelievo della parte danneggiata per l'invio presso laboratorio dell'Istituto. (vedi fotografia n° 5 e n° 6).

Fotografia n° 5 – Operazione prelievo parte danneggiata

Fotografia n° 6 – Elemento inviato a laboratorio per prove

Il materiale utilizzato per la costruzione dei n° 6 nuovi serbatoi cilindrici tumulati è un acciaio al carbonio/manganese del tipo FE E KT UNI 7382/75; i serbatoi sono stati sottoposti ad un trattamento termico di distensione dopo la saldatura con ricottura a 600°C, per permetterne l'uso in un campo di temperature da -45°C a +50°C.

Le indagini effettuate dall'Istituto Italiano della Saldatura sul serbatoio danneggiato D06 sono state le seguenti.

- Esami metallografici, mediante replica morfologica strutturale del materiale del fasciame in prossimità dei vertici di due rotture. Gli esami hanno evidenziato la presenza di normali strutture a grano fino di ferrite e perlite, con rari carburi dispersi nella matrice e precipitati a bordo grano. Quest'ultimo fenomeno è stato attribuito all anormale evoluzione microstrutturale conseguente al trattamento termico di distensione cui è stato sottoposto il serbatoio.
- Esami metallografici, mediante replica morfologica strutturale del materiale del fasciame in posto in zona non danneggiata del serbatoio D06 che ha dato risultati simili a quelli della zona danneggiata.
- Esame magnetoscopico della zona interessata dal fenomeno di rottura e dei giunti saldati di unione delle piastre di appoggio al fasciame del supporto del bocchello.
- Esame ultrasonoro difettoscopico in corrispondenza delle cricche rilevate e dei giunti saldati summenzionati.
- Prove di durezza del materiale base costituente il fasciame del serbatoio nelle zone esaminate mediante replica.
- Esame visivo

4.2 Cause dell'evento

I controlli non distruttivi e gli esami metallografici, mediante replica morfologica strutturale, eseguiti sul serbatoio cilindrico per GPL, denominato D06, hanno consentito di definire con precisione l'area del fasciame interessata dal fenomeno di rottura incorso durante le fasi di messa in esercizio. Da quanto emerso dalle indagini effettuate si può ritenere che le difettosità osservate, per il loro aspetto e per la tipologia di propagazione nel materiale (assenza di deformazioni, andamento di tipo prevalentemente transgranulare nella struttura metallurgica, superficie di frattura liscia), siano riconducibili a fenomeni di rottura fragile.

Tale tipo di rottura può verificarsi in presenza di sollecitazioni, anche di bassa entità, applicate in corrispondenza di intagli (quali, ad esempio difetti preesistenti e/o semplici variazioni di forma), in materiali poco tenaci alla temperatura cui viene sottoposto il componente.

Nel caso specifico tali elementi necessari per la rottura fragile si possono individuare come segue.

- Raffreddamento del materiale a temperatura inferiore a quella di transizione, determinato dall'immissione di azoto criogenico in fase liquida. Dal momento che, in base alle testimonianze, l'acqua ed i servizi forniti dal personale del deposito all'addetto della ditta fornitrice dell'azoto non sono mancati, l'immissione di azoto liquido può essere attribuita ad una eccessiva apertura della valvola che regolava la portata dell'azoto all'evaporatore e, quindi al serbatoio. Ciò comportava l'immissione nel serbatoio di azoto a circa -190°C, temperatura che coincide anche con quella prevista per un procedimento di tempra a freddo dell'acciaio.
- La ridotta tenacità del materiale è imputabile ad un abbassamento di temperatura al di sotto dei –50°C; temperatura cui risulta collaudato per verifica di tenacità il materiale costituente le virgole in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa di riferimento UNI 7382/75.
- Le sollecitazioni possono essere state indotte sia dalla messa in pressione che da tensionamenti non previsti, dovuti ad una contrazione per raffreddamento in presenza di tre punti fissi costituiti dai giunti saldati delle piastre del supporto del bocchello (il serbatoio era stato sottoposto a trattamento termico di distensione, comprese le saldature delle piastre di appoggio del bocchello, quindi i livelli di tensioni interne, indotte dalle operazioni di saldatura, avrebbero dovuto essere modesti).
- La variazione di forma è individuabile nei giunti stessi del supporto.

4.3 Ulteriori controlli effettuati

Nonostante non ci fossero evidenze che portassero ad ipotizzare un'anomalia simile per i serbatoi D04 e D05 (a differenza che nel D06, non si era rilevata la formazione di ghiaccio sul tubo di immissione azoto ed i tempi per l'inertizzazione erano stati più lunghi, quindi con portate di azoto rientranti nel campo di esercizio dell'evaporatore), il Gestore provvedeva a far eseguire anche per questi due serbatoi i seguenti controlli non distruttivi, sempre affidati all'Istituto Italiano della Saldatura (foto n° 7)

Fotografia n° 7 – Prove non distruttive su serbatoi D04 e D05

I controlli eseguiti sono stati:

- controllo magnetoscopico della superficie interna dei serbatoi su di una fascia di larghezza 2m a cavallo della generatrice interiore ed estesa a partire dal fondo lato sella sino alla 4° virola compresa;
- controllo magnetoscopico e ultrasonico da interno serbatoio delle saldature circolari, longitudinali, radiali e polari del fondo nonché delle saldature di attacco degli anelli di rinforzo,

delle connessioni dei bocchelli, del mamellone del tubo prelievo fondo serbatoio e delle selle di supporto;
- controllo magnetoscopico da esterno serbatoio delle saldature di attacco fasciame piastra rinforzo scarico di fondo e di attacco sella fissa.

I controlli svolti non hanno evidenziato la presenza di rotture e/o di altri danneggiamenti imputabili a problemi emersi durante la loro messa in esercizio e durante il breve periodo di servizio intercorso. Allo stato attuale i particolari, saldati e non, oggetto dell'indagine svolta dall'Istituto Italiano della Saldatura non mostrano variazioni rispetto alle condizioni di costruzione.

5. CONCLUSIONI

5.1 Osservazioni sul Sistema di Gestione della Sicurezza

L'esame retrospettivo degli eventi porta ad individuare alcune aree di miglioramento nell'ambito delle procedure e dei comportamenti di prevenzione di cui si è tenuto conto nell'elaborazione e revisione delle procedure Sistema di Gestione della Sicurezza.

Premesso che la procedura di bonifica, per lo stabilimento in esame, è stata modificata escludendo l'azotatura a favore del riempimento con acqua, quindi escludendo categoricamente il ripetersi di un evento simile, vanno esplicitati i seguenti aspetti.

- L'affidamento di compiti, lavori o interventi sugli impianti a personale di terzi, anche se specializzato e di ditta qualificata, va subordinato ad un controllo o supervisione da parte di personale aziendale in base alle seguenti apposite procedure:
  - Procedura di qualificazione dei fornitori;
  - Procedura per l'esecuzione di lavori tramite permessi lavoro;
  - Procedura di pianificazione lavori di modifica;
  - Procedura di avviamento impianti dopo modifica.
- L'effettuazione di interventi su impianti o apparecchi contenenti sostanze pericolose e non rientranti fra quelli normalmente eseguiti o contemplati dalle attività del deposito va procedurata, eventualmente con redazione di apposita procedura da sottoporre all'esame ed approvazione del Comitato Sicurezza dello Stabilimento, nella quale sia previsto un momento formativo ed informativo sui rischi connessi a tali interventi. Le procedure da implementare sono:
  - Procedure gestione delle modifiche e pianificazione dei lavori
  - Procedura del registro delle consegne
- Il verificarsi di anomalie, ovvero eventi imprevisti e potenzialmente pericolosi sugli impianti o apparecchi contenenti sostanze pericolose, va comunicato ai responsabili o sul registro delle consegne o avviando la procedura di non conformità, a seconda del tipo di anomalia. Il tutto va comunque segnalato anche ai compagni di lavoro per informarli e per discussione nel quadro dell'analisi dell'esperienza operativa. Le procedure interessate possono essere le seguenti.
  - Procedura del registro delle consegne
  - Procedure di non conformità
  - Procedure per le riunioni periodiche di sicurezza.
- Anche se nel caso in questione non si è configurata una situazione di emergenza, va comunque ricordato che la pianificazione dell'emergenza ed il relativo Piano d'emergenza Interno deve riportare in modo chiaro e comprensibile quelle procedure che permettono la messa in sicurezza dell'impianto. Dette procedure devono essere condensate in schede riportanti la sequenza completa delle operazioni da compiere. L'attrezzatura occorrente per l'effettuazione delle operazioni deve poi essere sempre prontamente disponibile nello stabilimento. In questo caso è stata elabora:
  - Procedura d'emergenza per l'immissione d'acqua in un serbatoio e conseguente spiazzamento del GPL in altro serbatoio.
  - Procedure per l'addestramento d'emergenza del personale e l'effettuazione d'esercitazioni

5.2 Osservazioni sull'impiantistica del sistema

La facilità con cui è stata gestita la situazione, che in condizioni diverse avrebbe anche potuto degenerare in un'emergenza, fa risaltare l'addestramento del personale e la validità delle seguenti scelte impiantistiche effettuate.

- L'aver previsto una suddivisione dello stoccaggio in un numero di almeno sei serbatoi di pari capacità. In questo modo anche con la massima quantità di GPL stoccato nel deposito, serbatoi tutti pieni, è sempre possibile trasferire in emergenza il prodotto contenuto in un serbatoio nello spazio vuoto, sopra il livello d'allarme, dei rimanenti cinque serbatoi. Per fare ciò grado di riempimento dei serbatoi non deve superare 80% e durante la gestione dell'emergenza, quando la situazione è sotto controllo, si dovrà provvedere a riportare al più presto i cinque serbatoi al massimo grado di riempimento ordinario allontanando il prodotto tramite vettori.
- L'aver installato in ogni serbatoio una linea fissa per l'immissione d'acqua, attivabile tramite l'apertura di valvole motorizzate (da PLC o manualmente) e connessa ad una motopompa dedicata con portata 100 m^3/h a 13 bar, permette di ridurre i tempi di intervento e spiazzamento del prodotto, assicurando la cessazione di una eventuale perdita nella parte bassa del serbatoio o nelle linee in tempi dell'ordine di alcuni minuti.

5.3 Osservazioni sull'analisi del rischio e sugli adempimenti di cui al D.Lvo 334/98

Quanto avvenuto evidenza inoltre la criticità di due aspetti dell'analisi del rischio che spesso per i depositi di GPL, impianti ad elevata standardizzazione, non sono sempre affrontate con la giusta attenzione.

- Il punto 1.C.1.7.4 dell'allegato I D.P.C.M. 31 marzo 1989 chiede solo di precisare se la sicurezza dell'impianto è stata valutata separatamente in condizioni normali, anomale, di prova, di partenza e di fermata. E' opportuno che nel R.d.S. si riportino gli aspetti salienti delle analisi fatte e le situazioni critiche riscontrate; situazioni che potrebbero anche eventualmente generare dei Top Event da analizzare nelle rimanenti parti del R.d.S..
- Il D.M.A. del 15.5.96 all'appendice III paragrafo "Tipologie d'eventi incidentali – rottura maggiore di serbatoio, tubazione e macchinario di movimentazione" ammette che possa essere ritenuto marginale il rischio derivante da rottura maggiore di serbatoio, tubazione o macchinario nel caso in cui siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni.
  - I serbatoi, le tubazioni ed il macchinario di movimentazione sono protetti dall'urto di mezzi mobili sull'intero loro sviluppo.
  - Le operazioni di sollevamento di carichi pesanti e l'accesso di autogrù in prossimità dell'unità è ammesso solo con tubazioni intercettate.
  - Sia adottato un sistema di gestione della sicurezza che preveda, in caso di condizione anomala per bassa temperatura, la messa fuori servizio del sistema interessato e la verifica delle zone potenzialmente coinvolte mediante esame radiografico o equivalente, per rilevare l'eventuale presenza di criccature.
  - Siano adottate procedure operative specifiche a salvaguardia dell'eccessivo abbassamento di temperatura nei serbatoi sia in fase di messa in servizio, sia in depressurizzazione.

  Si ritiene opportuno che a queste condizioni gestionali ed operative siano anche aggiunte delle condizioni rapportate alla qualità dei materiali usati ed in particolare alle temperature minime di progetto riferite alle temperature minime raggiungibili, che per il propano sono i –45°C, e alla categoria di saldature adottate. In merito si richiama la memoria dell'Ing. Petrangeli sugli aspetti della sicurezza nell'autorefrigerazione di serbatoi per gas compressi [1].

6. BIBLIOGRAFIA

[1] G. Pietrangeli, *Autorefrigerazione di serbatoi per gas compressi: aspetti di sicurezza*, Atti convegno Nazionale Valutazione e Gestione del rischio negli insediamenti civili ed Industriali, VGR 98, Pisa, (1998)

APPENDICE – ESTRATTO PROCEDURA SGS PER INERTIZZAZIONE CON AZOTO

La procedura "Svuotamento, spurgo e bonifica dei serbatoi" la paragrafo 6.3.2. "Inertizzazione con uso di azoto" riportava.

Questa procedura è prevista quando c'è l'esigenza di evitare l'ingresso di acqua nei recipienti e si effettua seguendo le indicazioni riportate di seguito.

- Richiedere quotazione della fornitura di azoto gassoso necessario per portare il recipiente almeno a 4 bar di pressione (in tali condizioni l'atmosfera all'interno del serbatoio, partendo dalla pressione atmosferica, ha un contenuto di ossigeno inferiore ai minimi richiesti per la combustione; in condizioni diverse del serbatoio è necessario determinare preventivamente la pressione di azoto da raggiungere); con la quotazione sarà anche richiesto il fabbisogno di forniture a carico del deposito per lo svolgimento del servizio da parte del fornitore dell'azoto.
- All'arrivo del mezzo del fornitore di azoto provvedere alla pesata e registrazione del carico, alla consegna dell'informativa sui rischi e sulle modalità da osservare in caso di emergenza all'interno del deposito, avvisando il Responsabile del Deposito o il Capo Piazzale che provvederanno a concordare con il fornitore (autista o tecnico del fornitore) le modalità di collegamento e la posizione in cui sosterà l'automezzo, indicando anche il personale del deposito che assisterà alle operazioni.
- Il personale del deposito adibito ad assistere alle operazioni provvederà:
    - a far posizionare l'automezzo nell'area indicata, a fornire assistenza per i collegamenti degli eventuali servizi richiesti dal fornitore dell'azoto (corrente elettrica, acqua, ecc.);
    - a collegare la manichetta o tubazione del fornitore agli stacchi in precedenza predisposti per l'azotatura sui serbatoi o linee del deposito;
    - ad assistere alle operazioni condotte dal fornitore dell'azoto per assicurare l'allertamento tempestivo e la sospensione delle operazioni in caso di emergenza in altre aree del deposito, o per eventuali necessità operative;
    - a controllare il raggiungimento della pressione prevista, segnalandolo nel caso in cui non fosse già stata rilevata, per la cessazione dell'azotatura,
    - a scollegare, su richiesta del fornitore che avrà provveduto prima a depressurizzare le linee ed intercettare l'azoto, la manichetta o tubazione dallo stacco di alimentazione dell'azoto al serbatoio, dopo aver provveduto alla chiusura della valvola di intercettazione sull'impianto al fine di isolare il serbatoio;
    - ad accompagnare l'automezzo del fornitore in portineria per la pesata e relativa registrazione prima dell'uscita dal deposito.
- Il serbatoio dovrà rimanere in pressione di azoto per almeno 24 ore e si dovrà provvedere a rilevare la pressione ogni 6 ore, segnalando al Responsabile del Deposito eventuali anomalie.
- Provvedere allo sfiato della pressione fino al valore di 1,5 bar aprendo gradualmente la valvola.
- Dopo aver controllato che nel serbatoio vi sia ancora una pressione di ca. 1,5 bar, iniziare le operazioni di immissione gas:
    a) Aprire le valvole sulla fase gas del serbatoio da rimettere in esercizio, allineando le linee con uno degli altri serbatoi
    b) Allineare la linea di alimentazione della fase liquida ad una pompa iniziando ad alimentare gas in fase liquida con portata limitata fino a fare il "piede" di liquido voluto

Come si nota detta procedura non riporta un controllo della temperatura dell'azoto immesso o del contenuto del serbatoio, ne è prevista la necessità d'installare trappole contro l'immissione di azoto liquido.

Nello stabilimento in cui è avvenuto l'incidente questa procedura è stata annullata e si è deciso di procedere all'inertizzazione solo con l'uso di acqua.