

STUDIO DEL BLEVE DI UNA ATB AL PUNTO DI TRAVASO IN UN DEPOSITO DI GPL

Ing. Giuseppe Clarino
ARPA CAMPANIA: Via G.Porzio 4 – Centro Direzionale,
Isola E/5 –80143 Napoli:
[e-mail:giuseppeclarino@virgilio.it](mailto:giuseppeclarino@virgilio.it)

Ing. Massimo Mauro
Ing. Umberto Nisticò
IN.TE.SI. S.n.c.
Via Masullo 65, Quarto – 80010 Napoli:
[e-mail:info@intesi-ing.it](mailto:info@intesi-ing.it)

PREFAZIONE

Il presente studio nasce dall'esigenza di stimare, per uno stabilimento di stoccaggio e travaso GPL con elevanti standards costruttivi e gestionali, la probabilità che si verifichi il "BLEVE DI UNA ATB IN TRAVASO", a seguito di un rilascio consistente sul punto di travaso stesso e successivo innesco.

I contenuti sono estratti da analisi e valutazioni dei rischi, sviluppate nell'ambito di impianti di GPL rientranti nel art.8 del Dlgs 334/99 per i quali, pur essendo classificati in "I Classe" (con travaso in "categoria A") secondo i criteri del D.M.A 15/05/1996, non sono verificate tutte le ipotesi che permettono di ritenere marginale il rischio associato all'evento in esame (*Appendice III punto 3 DMA 15/05/1996*). In particolare si è lavorato su stabilimenti che, per tipologia di attività, utilizzano autocisterne di differenti società, e che quindi non possono assicurare la presenza di apprestamenti impiantisti adeguati a garantire una interruzione automatica (20-60 sec) di un'eventuale rilascio lato ATB.

Le ipotesi ed i risultati utilizzati sono relativi ad un impianto di stoccaggio GPL in serbatoi fissi per complessivi 2000mc e con 4 punti di travaso (3 per ATB ed 1 per FTB), con progetto di costruzione e gestione che ha permesso di classificare lo stabilimento in "I Classe" ed i punti di travaso in "categoria A".

In estrema sintesi la dimostrazione che la probabilità dell'evento in esame sia sotto la soglia di credibilità si basa sulle seguenti considerazioni:

- conoscenza dello scenario incidentale;
- conoscenza della probabilità di accadimento degli eventi incidentali che possono contribuire a determinare eventuali rilasci al punto di travaso;
- conoscenza della massima radiazione termica incidente sulla ATB in travaso, nel caso di evento incidentale più gravoso;
- conoscenza della probabilità di indisponibilità dell'impianto antincendio;
- conoscenza del comportamento termico di un'ATB in travaso soggetta a radiazione termica incidente;

Quindi, assunte le risultanze dei precedenti punti, si può asserire che il corretto dimensionamento dell'impianto di raffreddamento (DM 13/10/1994) ed una sua corretta gestione, sia in termini di mantenimento dell'efficienza (SGS) che di corretto utilizzo in emergenza (PEI), minimizzano la probabilità di accadimento (portandola sotto la soglia di credibilità) del "BLEVE DI UNA ATB IN TRAVASO".

LO SCENARIO INCIDENTALE IN STUDIO (BLEVE)

Quando un serbatoio contenente GPL è soggetto ad incendio incidente dovuto a cause esterne (pool-fire sottostante, Jet-Fire incidente) il liquido si riscalda e la tensione di vapore aumenta. Nel serbatoio sono in equilibrio la fase liquida con quella vapore, le fiamme lambiscono entrambe le fasi. Mentre nella zona liquido il calore è assorbito dal liquido stesso, nella zona vapore non avvengono scambi termici e di conseguenza si ha l'innalzamento della temperatura del mantello con la perdita delle caratteristiche meccaniche e la possibile frattura del serbatoio di dimensioni apprezzabili. La frattura determina una forte depressurizzazione all'interno del serbatoio e se il liquido si trova ad una temperatura superiore ad un determinato valore (per il propano 53°C) si verifica la "nucleazione spontanea", cioè una evaporazione rapidissima accompagnata da forte sovrappressione con conseguente scoppio del contenitore e proiezione di grossi frammenti a grande

distanza (circa 1 km). Il prodotto evaporato, sospinto dalla sovrappressione, viene proiettato verso l'alto in condizioni sovrasure. Spostandosi verso l'alto carbura e, entrato nel campo di infiammabilità, in presenza di innesco si incendia determinando un FIRE-BALL (palla di fuoco) la cui durata e ampiezza dipendono dalla quantità di prodotto coinvolto.

L'analisi storica degli incidenti accaduti indica che le conseguenze sono particolarmente significative qualora si giunga al collasso di un serbatoio con formazione di una sfera di fuoco (BLEVE e FIRE-BALL), ovvero quando una notevole quantità di prodotto fuoriuscito deflagra (UVCE).

GLI EVENTI INCIDENTALI AL PUNTO DI TRAVASO

Di seguito un elenco delle ipotesi incidentali, la cui probabilità di accadimento è sopra la soglia di credibilità, ed all'origine di eventuali rilasci con quantità significativa di GPL che, se successivamente innescati, potrebbero contribuire all'esplosione della ATB.

Le probabilità che si verifichi un singolo evento sono stimate correlando l'evento considerato ad una serie di eventi elementari, per i quali siano note le frequenze di accadimento.

Nel presente studio, al fine di determinare le frequenze di accadimento di ognuna delle ipotesi incidentali è stata utilizzata la metodologia "FTA", del tipo top-down (incidente-causa primaria), al fine di investigare sulle possibili cause primarie che possono condurre all'evento incidentale.

I valori di frequenze, associate agli eventi elementari sono estratti del *Rapporto Rijnmod*. In particolare, per le frequenze di accadimento relative alle carenze operative è stato utilizzato l'abaco "*Probability of human error arising from different operations*"; per le frequenze di accadimento relative alle rotture di apparecchiature è stato utilizzato l'abaco "*Base failure rate data*".

Le ipotesi fatte (tempi di utilizzo, numero di travasi, tempi di trasferimento del prodotto, ...etc.), sulla base delle quali è stato impostato il calcolo delle frequenze di guasto, sono:

- ❑ $\approx 250g$, con 8h/g lavorative;
- ❑ tempi di utilizzo degli organi di travaso $\approx 1600h$;
- ❑ numero di operazioni di travaso ≈ 2600 ;
- ❑ ogni punto di travaso è attrezzato da bracci di carico metallici sia sulla fase liquida che vapore;
- ❑ l'impianto fisso è dotato di valvole a sezionamento pneumatico collegate ad un sistema centrale di gestione (rilevazione gas ed incendio, pulsanti di shut-down);
- ❑ i dipendenti cui sono demandate le operazioni di travaso sono formati sull'attuazione di specifiche procedure da attuare durante il carico/scarico delle ATB;
- ❑ l'autista ATB è informato sulle procedure interne di travaso;

Con il termine rottura/fessura si è inteso assimilare ogni eventuale perdita di prodotto, scaturita durante operazioni di carico/scarico cisterne, associabile alla rottura/fessura degli organi di collegamento tra impianto fisso e mobile, dei tronchetti di collegamento su ATB o al mancato rispetto delle procedure di carico/scarico.

Di seguito si riportano gli eventi assimilati ad una generica rottura/fessura del braccio metallico:

- ❑ distacco delle flangie di collegamento dovuto a difetti di accoppiamento tra braccio di carico ed ATB;
- ❑ sconnessione degli organi di collegamento prima di aver sezionato le valvole lato impianto fisso e/o mobile;
- ❑ rottura/fessurazione del braccio di carico per difetti intrinseci, dovuta alla mancata manutenzione e/o mancato rispetto della periodicità di verifica;
- ❑ rottura/fessurazione per difetti intrinseci del tronchetto di tubazione che si dispone tra il serbatoio ATB e la flangia di collegamento;
- ❑ rottura/fessurazione del tratto di tubazione che si dispone tra la flangia del braccio di carico e l'ultima valvola pneumatica dell'impianto fisso;
- ❑ rottura/fessurazione del braccio di carico e/o tronchetto di allaccio ATB per la partenza dell'automezzo prima di aver scollegato le connessioni ed aver concluso le operazioni di travaso;

- difetti di accoppiamento tra braccio di carico ed ATB, o intervento parziale del giunto debole (flip-flap) nel caso di partenza della ATB con braccio di carico ancora collegato;

LE ROTTURE	
Incidente	Frequenza occ/anno
rottura netta o distacco braccio di carico metallico al punto di travaso	E1 = 1,6E-2
fessurazione e/o difetto di tenuta dei bracci di carico sul punto di travaso	E2 = 2,9E-2

Tabella 1. Rotture sul braccio di carico.

Di seguito si evidenziano le conseguenze di ogni rottura o fessurazione, al fine di caratterizzare il contributo in termini di quantità di prodotto, la cui frequenza di accadimento è sopra la soglia di credibilità.

Sono stati utilizzati i diagrammi “*cause conseguenze*” che hanno consentito, con maggiore accuratezza di quanto permesso dall’applicazione degli “*alberi degli eventi*”, l’evoluzione di un incidente con particolare riguardo alle possibilità di intervento dell’operatore e dei sistemi di sicurezza previsti.

Ai fini della valutazione d’adeguatezza dei termini di sorgente, impiegati per la determinazione delle conseguenze, si assumono i tempi previsti dal D.M.A. 15/05/1996 Appendice III – punto 4, attestandosi sull’estremo inferiore degli intervalli perché l’unità logica è in categoria “A”:

- Si assume un tempo di 20sec associato all’intervento del sistema di blocco automatico comandato da rilevatori di GAS/incendio.
- Si assume un tempo di 1min associato all’intervento degli operatori che, qualora riscontrino il mancato intervento legato ai rilevatori di gas, attivino uno dei pulsanti di shut-down, installati in più punti dello stabilimento. La probabilità residua associata all’eventualità di mancato intervento del suddetto operatore, nell’attivazione della funzione di shut-down, è 1,0E-3 (Rijnmond).
- Si assume un tempo di 5 min associato all’intervento di uno degli operatori sulla valvola ad azionamento remoto manuale da un solo punto (es. valvola di fondo ATB). La probabilità residua che, nel tempo ipotizzato, fallisca l’intervento del suddetto operatore è 1,0E-3 (Rijnmond). Tale intervento è ritenuto possibile solo in caso rilasci parziali (fessurazione).
- Si assume un tempo di 10 min associato all’intervento di uno degli operatori su valvola manuale. La probabilità residua che, nel tempo ipotizzato, fallisca l’intervento del suddetto operatore è 1,0E-3 (Rijnmond). Tale intervento è ritenuto possibile solo in caso rilasci parziali (fessurazione).

I RILASCI		
Distacco di un braccio di carico al punto di travaso durante lo scarico ATB (E1)		
Sequenza	Frequenza occ/anno	Tipo rilascio
R4	1,6E-2	Rilascio lato impianto fisso per 20”
R5	1,6E-5	Rilascio lato impianto fisso per 20”+ quantità GPL nel tubo di servizio al travaso
R6	1,6E-5	Rilascio lato impianto fisso per 1’
R7	1,6E-5	Rilascio lato impianto fisso per 20”+ intero contenuto ATB
Fessurazione di un braccio di carico al punto di travaso durante lo scarico ATB (E2)		
R13	2,9E-2	Rilascio lato impianto fisso per 20”+ rilascio di 5’ lato ATB
R14	2,9E-5	Rilascio lato impianto fisso per 20”+ quantità GPL nel tubo di servizio al travaso + rilascio di 5’ lato ATB
R15	2,9E-5	Rilascio lato impianto fisso per 1’+ rilascio di 5’ lato ATB
R16	2,9E-5	Rilascio lato impianto fisso per 20”+ intero contenuto ATB

Tabella 2. Rilasci generati da rotture e/o fessurazioni al punto di travaso

Durante il rilascio in studio, generato dalla rottura netta degli organi di collegamento, non si considera credibile l’ipotesi di intervento manuale sulle valvole di fondo della ATB, mentre nel caso di rilascio generato dalla fessura degli organi di collegamento, si considera credibile l’ipotesi di intervento sui comandi della valvola di fondo, posti in posizione ritenuta sicura data l’evoluzione prevista per l’evento in esame.

- ❑ riserva idrica con capacità geometrica per 3h di erogazione, dimensionata per il massimo incidente ipotizzabile;
- ❑ gruppo elettrogeno auto-avviante dimensionato in modo da garantire l'utilizzo di tutte le utenze necessarie alla gestione dell'emergenza (compresa l'elettropompa antincendio).

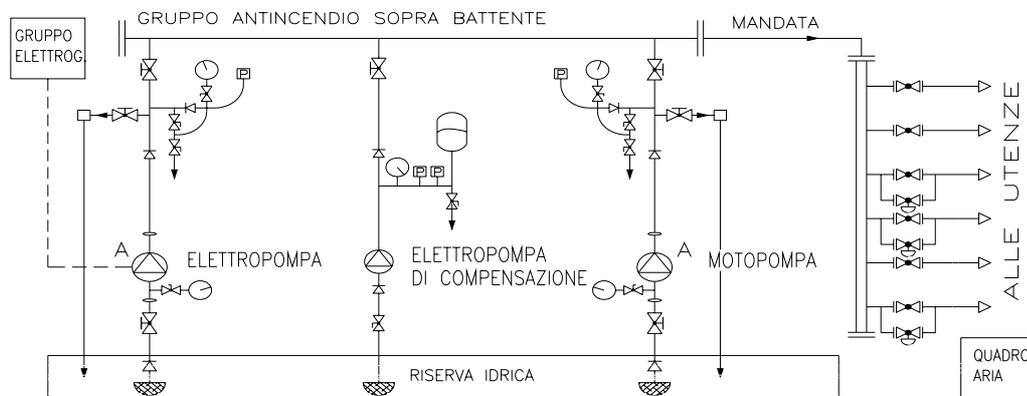


Figura 1. Schema gruppo antincendio.

Sono inoltre state assunte le seguenti ipotesi:

- ❑ i supporti delle linee antincendio sono protetti da vernice intumescente R90;
- ❑ vengano svolte verifiche e controlli dell'impianto antincendio, con cadenza mensile (valvole, ugelli, livello carburante, pulsanti shut-down, carica batterie, accensione pompe,.....etc.);
- ❑ il rateo di guasto assegnato alle valvole di fondo è lo stesso di quello di una generica valvola manuale, opportunamente corretto per tenere conto dell'impossibilità di verifiche visive dovuta alla posizione di installazione. Tale ipotesi è supportata dalla presenza di filtri a cestello che minimizzano il rischio di bloccaggio per presenza di corpi estranei;
- ❑ il malfunzionamento della pompa jockey, demandata a mantenere in pressione l'impianto, è un evento auto-segnalato, infatti produce l'avviamento del gruppo di spinta e conseguente segnalazione dell'anomalia;
- ❑ il PEI prevede che durante l'emergenza uno degli operatori della squadra di emergenza si porti in sala antincendio per gestire eventuali malfunzionamenti del sistema remoto di avviamento dell'impianto idrico;
- ❑ la posizione e la struttura della sala antincendio saranno tali da ritenere altamente improbabile l'eventualità che il gruppo di spinta sia reso indisponibile dagli effetti dello stesso incidente.

Di seguito il FTA dell'indisponibilità del sistema antincendio:

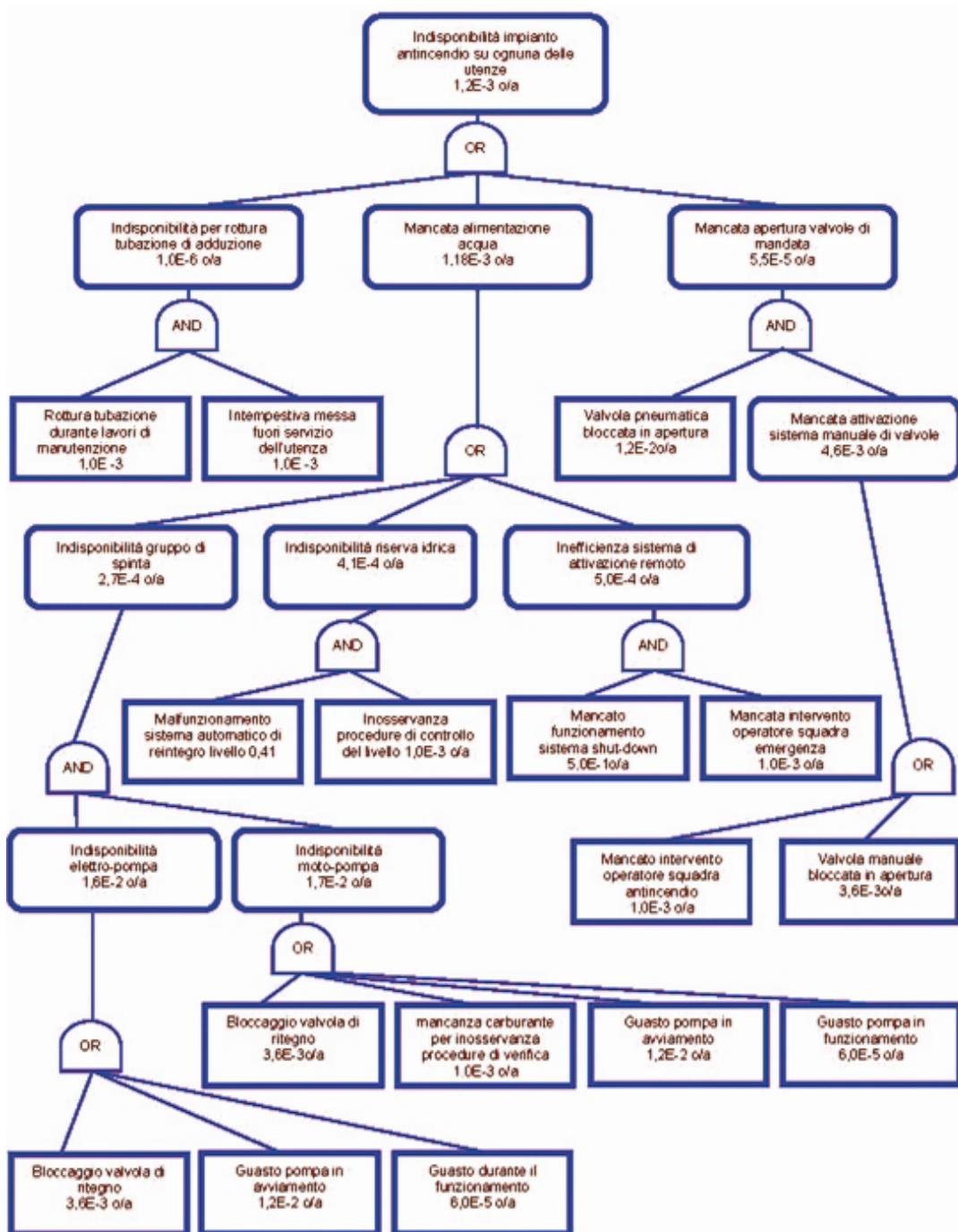


Figura 2. Albero di guasto con probabilità per i vari rami.

E' evidente che la schematizzazione, molto semplificata, del sistema di spinta antincendio conferisce allo studio carattere di conservatività, infatti gli impianti ad alto standard tecnologico hanno in prevalenza un gruppo di spinta almeno conforme alla norma UNI 9490, con evidente miglioramento delle condizioni di sicurezza.

COMPORAMENTO TERMICO DI UN SERBATOIO SOGGETTO A RADIAZIONE TERMICA INCIDENTE, PROTETTO DA SISTEMA IDRICO

Il calcolo é stato sviluppato con l'obiettivo di valutare, pur se sulla base di un modello semplificato, l'andamento della temperatura su di un serbatoio contenente GPL e soggetto a radiazione termica incidente. Tutte le ipotesi, anche mirate a semplificare il modello matematico, garantiscono conservatività dei risultati.

Il serbatoio, date le sue dimensioni, può essere schematizzato con una lastra piana, per la quale si consideri l'asse X ortogonale alla lastra e l'asse Y giacente nel piano della lastra e parallelo alla portata di acqua. All'inizio dell'evento si considera che la lastra sia irraggiata e che non sia ancora intervenuto il sistema antincendio.

Il calcolo viene effettuato nell'ipotesi (molto cautelativa) che nella lastra non vi sia scambio termico né per conduzione né per convezione. Oltre alla potenza termica irraggiata per unità di superficie si stabilisce lo spessore della lastra, il suo calore specifico e la sua densità. È inoltre necessario indicare la durata di tale transitorio.

Da questi dati è possibile ricavare l'incremento di temperatura della lastra

$$\Delta T = \frac{wt}{c_m \rho_m s} \quad (1)$$

Con:

ΔT	Incremento di temperatura della lastra durante il transitorio
w	Potenza termica irraggiata per unità di superficie
t	Durata del transitorio
c_m	Calore specifico della lastra
s	Spessore della lastra
ρ_m	Densità della lastra

Successivamente si considera la presenza di una determinata portata d'acqua lungo la lastra. In questa fase si ipotizza che la potenza termica irraggiata sia totalmente assorbita dalla lastra, che l'acqua sia trasparente all'irraggiamento, che la capacità termica della lastra sia nulla e che la temperatura del fluido contenuta nel serbatoio sia costante vista la relativa brevità del fenomeno.

Si trascura lo scambio termico conduttivo nell'acqua e attraverso la lastra, e si ritiene costante la temperatura dell'acqua lungo lo spessore del film a causa del suo ridotto spessore. Il valore dello spessore del film h si ottiene dalla formula

$$h = \left(\frac{3Q\nu}{\rho_w g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

Con:

Q	Potata massica di acqua per unità di lunghezza
ν_w	Viscosità cinematica dell'acqua
ρ_w	Densità dell'acqua
g	Accelerazione di gravità

Introducendo ulteriori ipotesi semplificative quali, il trascurare la conduzione nell'acqua e la convezione acqua-aria rispetto alla convezione acqua-lastra in direzione Y, il fenomeno è descritto dalla relazione:

$$\rho_w c_w h \frac{\partial T}{\partial t} + Q c_w \frac{\partial T}{\partial Y} = w \quad (3)$$

con:

h	Spessore del film d'acqua
c_w	Calore specifico dell'acqua

Le condizioni iniziali per integrare la precedente equazione sono:

$T(0,t)=T_0$ temperatura della lastra per $Y=0$ (inizio della lastra) pari a quella dell'acqua

$T(Y,0)=T^*$ temperatura della lastra all'inizio del transitorio in presenza d'acqua

T^* dipende dalla storia termica precedente della lastra ossia, nella presente schematizzazione, dal transitorio in assenza di acqua.

L'incremento massimo di temperatura in questa fase è proporzionale al rapporto w/Q . A regime il problema si riduce alla relazione:

$$Qc_w \frac{\partial T}{\partial Y} = w \quad (4)$$

che integrata diviene:

$$T = T_0 + \frac{w}{Qc_w} Y \quad (5)$$

per cui a regime la temperatura della lastra dipende dal rapporto w/Q e dalla dimensione della lastra lungo Y .

Se ci riferiamo ad una portata d'acqua per unità di superficie q anziché alla portata per unità di lunghezza l'espressione precedente diviene:

$$T = T_0 + \frac{w}{qc_w} \quad (6)$$

con:

q Portata massica di acqua per unità di superficie

Questa equazione indica pertanto che la temperatura a regime è funzione della portata specifica dell'acqua di raffreddamento q e della potenza irraggiata w . La risoluzione del bilancio termico per una generica ATB soggetta a radiazione termica incidente da jet-fire, è:

	<i>Temp. in assenza di acqua</i>	<i>Temp. nel transitorio in presenza di acqua</i>	<i>Temp. a regime in presenza di acqua</i>
<i>Potenza irraggiata [kw/m²]</i>	62	62	62
<i>spessore lastra [mm]</i>	12	12	12
<i>calore specifico acciaio [kJ/kgK]</i>	0,47	0,47	0,47
<i>densità acciaio [kg/m³]</i>	7800	7800	7800
<i>Potata d'acqua [lt/min m²]</i>		7	7
<i>durata transitorio senza acqua [s]</i>	60		
<i>temperatura iniziale lastra [°C]</i>	15	87	
Temperatura max lastra [°C]	87	194	142

Tabella 4. Massima temperatura raggiunta dalla lastra

Dai dati sopra esposti risulta l'andamento della temperatura sulla lastra di acciaio, rappresentativa della parete di una ATB, soggetta alla radiazione termica prodotta da un jet-fire per rottura equivalente di 2", che incide da una distanza molto prossima all'automezzo.

I picchi di temperatura, raggiunti in ognuna delle 3 fasi, pur in condizioni di apporto idrico molto inferiore a quello reale, al fine di considerare un'eventuale effetto dispersivo del vento, sono molto al di sotto del valore di 427°C, ritenuto dalla letteratura specialistica il limite oltre il quale si raggiunge lo sverramento dell'acciaio.

I risultati sono peraltro in linea con le indicazioni riportate nella norma *API Standard 2510 "Design and Construction of Liquefied Petroleum GAS (LPG) Installations"*, che considera sufficiente una protezione antincendio con apporto idrico di ≈ 4 lt/min/m² su un serbatoio contenente GPL e soggetto a radiazione termica stazionaria prodotta da pool-fire (un apporto di ≈ 10 lt/min/m² è ritenuto sufficiente a sopprimere ad eventuali dispersioni idriche dovute alla presenza del vento).

Nella stessa norma il serbatoio si considera parimenti protetto, se soggetto ad un jet-fire, qualora l'effetto dell'incendio di vapori effluenti ad alta velocità sia contrastato dalla presenza di un getto idrico dovuto ad un monitore (con portata non minore di ≈ 1000 lt/min), a distanza sufficientemente cautelativa ed in zona dove l'operatore possa ritenersi protetto.

Al fine della trattazione in oggetto è molto interessante analizzare i risultati del bilancio termico, rappresentati in termini grafici, dai quali risulta il comportamento termico (a regime) della lastra di acciaio soggetta ad una radiazione termica stazionaria di $\approx 60 \text{ kw/m}^2$ e protetta da acqua di raffreddamento. I grafici riportano il precedente bilancio termico, ed evidenziano che l'azione dell'acqua, passando da 2 lt/min/m^2 a 4 lt/min/m^2 , determina situazioni fondamentalmente differenti; nel 1° caso la temperatura della lastra eccede quella di svervamento dell'acciaio, mentre nel 2° caso la temperatura resta ben sotto di tale valore.

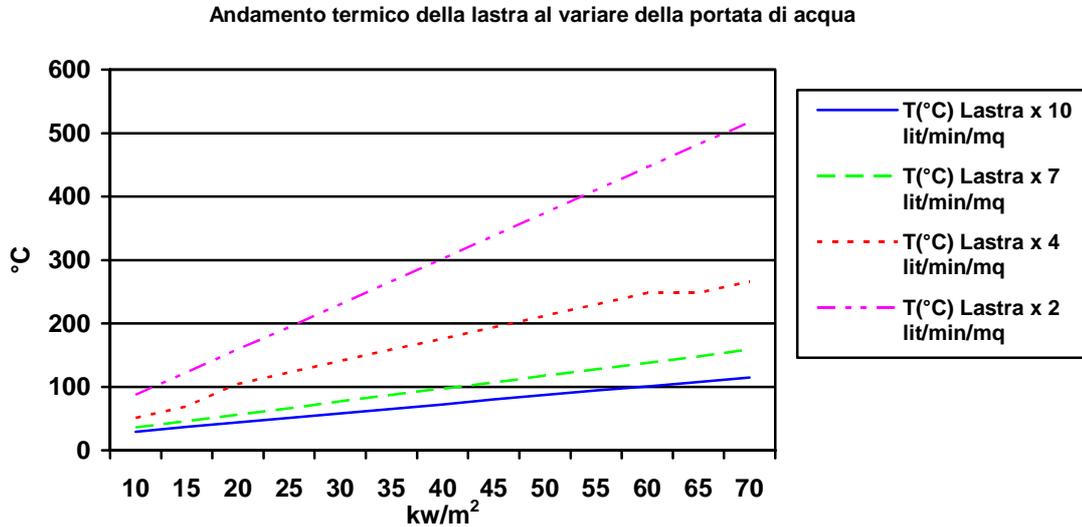


Figura 3. Andamento termico della lastra al variare della portata di acqua.

EVOLUZIONE DELLO SCENARIO INCIDENTALE

Di seguito l'analisi del "Bleve" generato da un rilascio consistente al punto di travaso, e successivo innesco.

A seguito di un'analisi approfondita dell'impianto in esame, ed al fine di rendere maggiore chiarezza all'evoluzione del fenomeno, sono stati identificate due differenti condizioni:

- **1° condizione:** si assume l'ipotesi che al travaso siano presenti solo ATB dotate del sistema di chiusura automatica delle valvole di fondo, coordinato con le funzioni di shut-down del deposito;

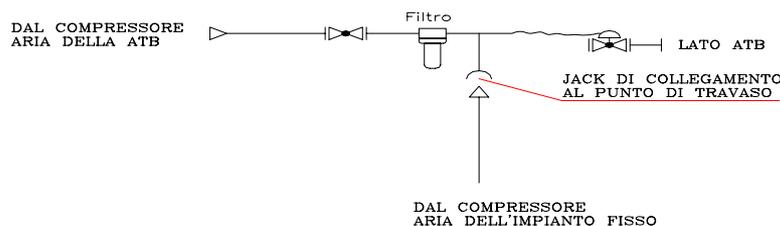


Figura 4. Rappresentazione schematica automatismo valvola di fondo ATB

- **2° condizione:** si assume l'ipotesi che al travaso siano abilitate anche ATB che non sono dotate di sistema di chiusura automatica da remoto delle valvole di fondo.

Nella **1° condizione** si possono considerare validi i concetti di marginalità del rischio, previsti al punto-3 dell'Appendice III del D.M. 15/05/1996, relativi al cedimento catastrofico a seguito di BLEVE di ATB.

Infatti il punto di travaso è in categoria «A», e dotato di apprestamenti impiantistici sufficienti a garantire un tempo di intervento tra 20-40sec degli impianti automatici. In particolare si ipotizzano siano rispettate le seguenti condizioni:

- il punto di travaso è schermato da possibili fonti persistenti di incendio, rispetto agli altri punti pericolosi.

- l'impianto fisso di raffreddamento eroga 10 lt/min/m² per la superficie totale della ATB;
- l'unità di travaso è priva di sistemi di pesatura a bascula con apparecchiature sotto il piano di campagna.
- il punto di travaso sarà dotato di sistema di intercettazione rapida a distanza lato ATB e lato impianto fisso. In particolare sull'ATB si ipotizza siano presenti valvole pneumatiche (aria-apre) che durante le operazioni di travaso sono alimentate dal sistema interno dell'aria compressa. In caso di rilascio avviene la chiusura automatica delle valvole pneumatiche dell'impianto fisso e delle valvole di fondo lato ATB.

Nella **2° condizione** non si possono considerare validi i concetti di marginalità del rischio, previsti al punto-3 dell'Appendice III del D.M. 15/05/1996, relativi al cedimento catastrofico a seguito di BLEVE di ATB. In questo caso viene e meno l'ipotesi che assume la presenza su ogni automezzo di un apprestamento di chiusura rapida a distanza lato ATB.

Ciò evidenzia la necessità di valutare nel dettaglio la frequenza dell'incidente in oggetto e di studiare l'evoluzione dello scenario incidentale dovuto ad un rilascio consistente di GPL durante le operazioni di travaso, successivo innesco e conseguente radiazione termica incidente sull'automezzo in travaso.

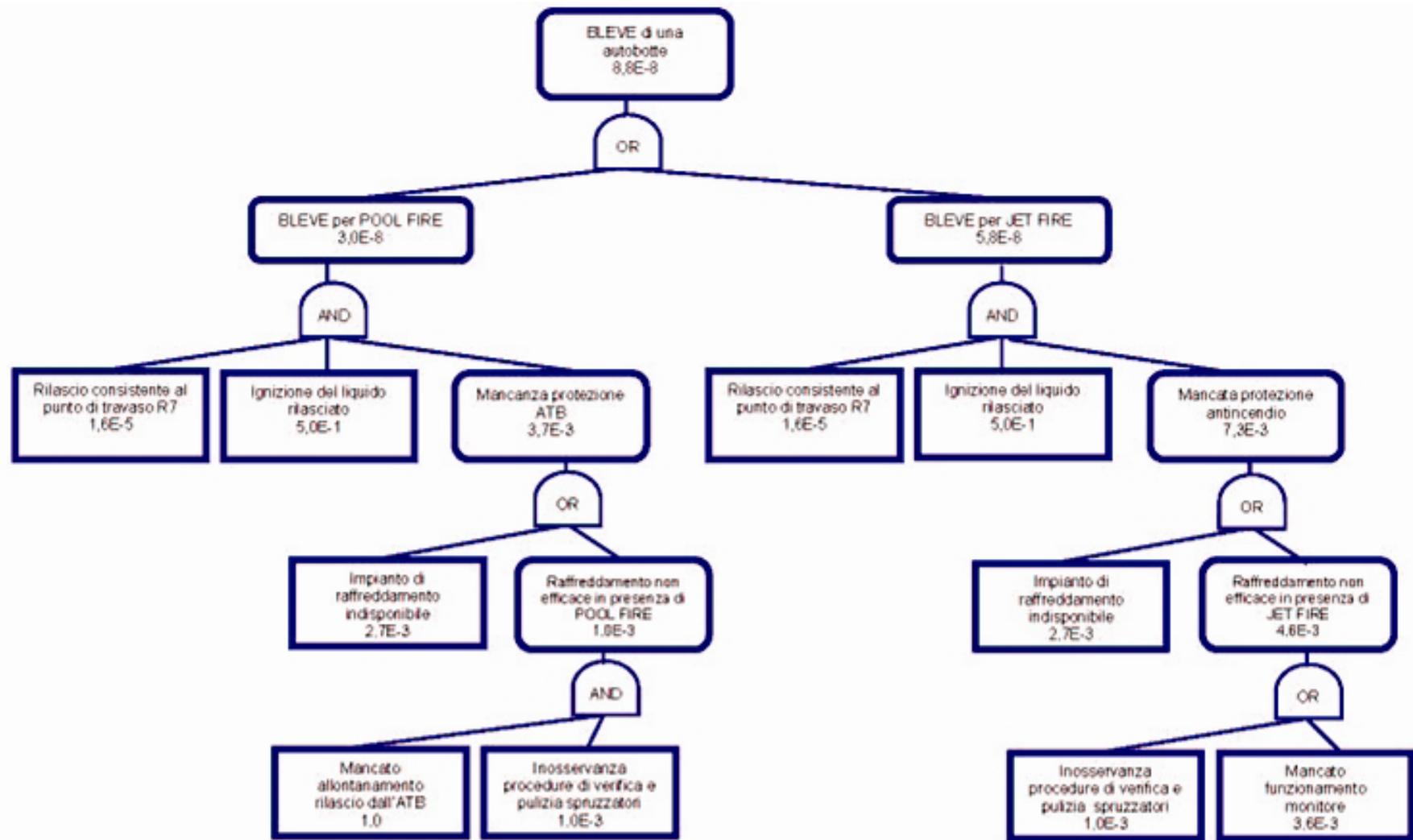
Alla luce di quanto esposto al DMA 15/05/1996 si ritiene nullo, ai fini dell'evoluzione del BLEVE della ATB, il contributo di rilasci prontamente intercettati (tempi tra 20sec ed 1min), lato impianto fisso ed ATB.

Gli elementi alla base dello studio in oggetto sono costituiti essenzialmente da:

- conoscenza degli scenari incidentali caratterizzati da irraggiamento persistente (pool-fire e jet-fire);
- conoscenza della frequenza di accadimento relativa alla "indisponibilità dell'impianto idrico antincendio";
- conoscenza delle procedure in emergenza. In merito ad una momentanea inefficienza dell'impianto antincendio è di fondamentale importanza la presenza, già dalle prime fasi di attivazione dell'emergenza, di un operatore specializzato che si porti in sala antincendio. L'operatore avrà l'incarico di presidiare il locale antincendio, attivare procedure correttive in riscontro di eventuali mal-funzionamenti.
- conformazione del terreno in corrispondenza dei punti di travaso dei mezzi mobili.

Di seguito la stima della frequenza di accadimento, valutata con l'ausilio del metodo FTA, relativa all'evento ritenuto più gravoso (BLEVE auto-cisterna).

L'albero è strutturato tenendo presente che il BLEVE può verificarsi a carico di serbatoi di GPL, esposti ad irraggiamento termico e non adeguatamente protetti da impianti di raffreddamento.



Dall'analisi del precedente albero risulta che la probabilità di accadimento, associata all'evento in esame, è sotto la soglia di credibilità, fissata in letteratura al valore di $1,0E-6$ occ/anno.

CONCLUSIONI

Dalle considerazioni riportate nei precedenti paragrafi è evidente che il "BLEVE DI ATB IN TRAVASO", a seguito di un rilascio consistente sul punto di travaso stesso e successivo innesco, risulta improbabile, qualora sia realizzata un sistema di raffreddamento della ATB altamente efficace ed in grado di neutralizzare l'eventuale radiazione termica persistente sul mantello della ATB.

In particolare, il sistema di protezione antincendio, oltre ad essere realizzato in rispondenza al D.M.13/10/1994, deve essere integrato da un monitore con portata sufficiente a contrastare gli effetti di un eventuale jet-fire (vapori effluenti ad alta velocità) che, per sua natura, produrrebbe uno spostamento dell'acqua di raffreddamento, proporzionato alla sua quantità di moto, e che inficerebbe l'azione di raffreddamento dell'impianto a pioggia.

È inoltre evidente quanto sia importante l'aspetto procedurale di gestione dell'impianto, sia in termini di efficienza del sistema di raffreddamento, che in termini di tempi di intervento durante l'emergenza, anche in relazione al fatto che la stessa radiazione termica stazionaria incidente su una ATB, in assenza di raffreddamento adeguato, porterebbe a superare la temperatura di sverramento dell'acciaio in un tempo di ≈ 10 min, e quindi con probabile esplosione fisica del contenitore.

GLOSSARIO

BLEVE – Boiling liquid expanding vapour explosion

UVCE– Unconfined vapour cloud explosion

FTA – Fault Tree Analysis

ATB – Autocisterna per gas di petrolio liquefatto

FTB – ferrocisterna per gas di petrolio liquefatto

SGS – Sistema di gestione della sicurezza

PEI – Piano di emergenza interno

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.M.A 15/05/1996 "Criteri di analisi e valutazioni dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (GPL)"
- [2] D.M. 13/10/1994 "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di GPL in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5mc e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5000kg"
- [3] API 2510 "Design and Construction of Liquefied Petroleum GAS (LPG) Installations",
- [4] A Report to the Rijnmond Public Authority "Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the rijnmond area, a pilot study",
- [5] M. Mossa Verre, C. La Marca, F. Marotta "Raffreddamento dei serbatoi Irraggiati contenenti gas liquefatti sotto pressione, mediante scambio termico con flusso d'acqua" – Convegno Nazionale VGR 98
- [6] P. Galbiati "Protezione da incendio di serbatoi tramite scambi termici con flussi d'acqua" – 51° Congresso ATI (Udine 1996)
- [7] Le esplosioni BLEVE: rischi e misure preventive – Antincendio agosto 1987