



*Ottobre 2008*

**Osservazioni in merito al parere favorevole con prescrizioni della Commissione Tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale - VIA-VAS di data 20/06/08 relativo al terminale di rigasificazione proposto da Gas Natural Internacional SDG S.A. a Zaule nel Comune di Trieste**

**Rischio e gestione della sicurezza.**

Nella documentazione reperibile sui siti del Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti, del Congresso degli Stati Uniti, di vari stati USA, di centri universitari e di centri di ricerca statunitensi ed europei vengono affrontati con estrema attenzione i rischi per la popolazione, oltre che per le infrastrutture, che possono derivare da incidenti o da attentati in cui siano coinvolti i terminali di rigasificazione di GNL.

Da questa documentazione, da cui sono stati estratte le immagini, i grafici e le sintesi riportati nel testo, si allega in calce l'elenco.

Esempi di incidenti significativi che hanno riguardato serbatoi di stoccaggio sotto un attacco missilistico hanno prodotto sversamenti e incendi ma non esplosioni.

La probabilità di un attacco terroristico è imprevedibile. Il potenziale disastro avrebbe la caratteristica della spettacolarità e quindi sarebbe per questo un obiettivo importante per un gruppo terroristico.

Sandia (Sandia National Laboratories) afferma che le conseguenze di una breccia intenzionale consisterebbero in enormi rilasci dal o dai serbatoi che, quindi, presenterebbero impatti pesanti sulle infrastrutture e sulle popolazioni. FERC (Federal Energy Regulatory Commission) si preoccupa per l'entità delle risorse che dovrebbero essere utilizzate per mitigare gli effetti di un possibile attacco terroristico. La collocazione dei terminali offshore riduce notevolmente le possibili conseguenze su infrastrutture e popolazioni.

I peggiori scenari di potenziali attacchi terroristici sono stati analizzati per i terminali onshore e offshore, i danni peggiori a infrastrutture e popolazioni sono risultati quelli relativi a un terminale onshore. La previsione di tali eventi e la loro prevenzione deve tener conto della possibilità del terrorismo cibernetico.

I diversi scenari di rilascio di GNL includono anche scenari non terroristici come il collasso del terminale, nel caso di una struttura offshore, dei serbatoi nel caso di un terminale onshore, della gasiera nella fase di arrivo o nella fase di scarico, il rilascio durante una collisione. I peggiori scenari per un evento intenzionale includono una nave completamente carica e guasti del gasdotto o problemi riguardanti il porto di arrivo. Le dimensioni dell'impianto incrementano il livello del rischio di un incidente o di un attacco.

I serbatoi e le strutture del terminale che siano localizzati onshore sono vulnerabili al terrorismo. I serbatoi possono essere attaccati in svariati modi. I terminali a terra sono facili obiettivi di attacchi terroristici con esplosivi o altri mezzi. Altri modi di portare un attacco terroristico riguardano i sistemi di controllo computerizzati che possono subire un attacco cibernetico o l'attacco cibernetico può essere accompagnato da attacchi fisici. I terminali di GNL possono essere distrutti da altri tipi di attacchi terroristici come quelli riguardanti le reti elettriche o i sistemi di comunicazione da cui dipendono i sistemi di controllo e i sistemi di sicurezza.

Vi è un ampio dibattito fra gli esperti: sono stati valutati gli impatti derivanti dal lancio di missili contro la struttura esterna dei serbatoi del terminale, l'attacco attraverso una bomba su una piccola barca in prossimità della struttura di contenimento offshore o di una nave gasiera. Uno studio ha ritenuto possibile uno shock strutturale meccanico causato anche da piccole quantità di esplosivo. Lo studio ha concluso che un attacco deliberato risulterebbe un pericolo per la nave, il suo equipaggio, per le strutture e per la popolazione. Il disastro non consisterebbe tanto in un'esplosione,

improbabile se il gas che fuoriesce non si accumula in un luogo confinato, anche se viene fatta esplodere una bomba o se si verifica l'attacco missilistico, ma piuttosto dalla formazione di una nube fredda di metano che può, solo in certe condizioni incendiarsi.

L'energia d'impatto del missile potrebbe essere insufficiente a innescare l'accensione per l'elevato calore latente della transizione di fase.

Tale nube creerebbe un pericolo mortale per le popolazioni e una grave danno per le strutture.

La Guardia costiera ha imposto forti misure di sicurezza e una zona di rispetto di 1000 yarde (circa 1 km) e sono in corso di predisposizione norme più stringenti riguardanti il traffico marittimo, in accordo con l'organizzazione internazionale marittima (IMO).

Le norme di sicurezza federali richiedono che i terminali di GNL siano circondati da "zone di esclusione" per proteggere le comunità che vivono in prossimità dei terminali nel caso dell'incendio del GNL che viene rilasciato o della formazione di una nube e del suo successivo incendio.

Affinché il FERC esprima un parere favorevole per un sito devono essere sufficientemente estese le zone di esclusione riguardanti gli effetti dovuti all'avanzamento della nube fredda e gli effetti termici in caso di accensione. Gli studi presentati dai proponenti gli impianti generalmente tendono a sminuire gli effetti catastrofici di un attacco terroristico su serbatoi di stoccaggio che, invece, potrebbero rilasciare quantità molto più consistenti di GNL con la formazione di grandi pozze il cui incendio produrrebbe molto più intense radiazioni termiche e nubi molto più estese in prossimità dei centri abitati.

Il Congresso potrebbe bandire la costruzione di terminali onshore per il possibile pericolo che rappresentano, tali terminali non dovrebbero sorgere in prossimità di territori abitati.

In realtà gran parte delle nuove proposte di terminali sono di tipo offshore per salvaguardare la sicurezza delle popolazioni.

Un principio fondamentale nella valutazione del rischio è che il rischio dipende specificatamente dalla localizzazione dell'impianto. La valutazione del rischio riguardante il disastro relativo a una specifica localizzazione ha due componenti: il pericolo e la vulnerabilità, dove la vulnerabilità è il danno che viene arrecato alle strutture ma soprattutto alle popolazioni che possono essere coinvolte.

Un vero coinvolgimento di tutti i portatori di interesse e in particolare delle popolazioni, nella valutazione della sicurezza di un impianto e nello specifico in un terminale di rigasificazione, comporta che siano affrontati tutti gli eventi che potrebbero comportare pericolo, al di là della loro probabilità o della loro gravità, e individuare per ogni evento gli impatti sulle popolazioni, scegliendo le alternative che comportano una maggiore sicurezza rispetto a quelle che comportano un pericolo maggiore.

La possibilità di un attacco terroristico non può essere prevista, ma nonostante una bassa probabilità è prudente prepararsi per questa possibilità. Un evento come l'impatto di un aeroplano o di una barca carica di esplosivo, che causerebbero uno sversamento di GNL, non può essere anticipato o previsto. L'attrattività di un terminale come potenziale obiettivo è uno dei fattori che determinano la probabilità dell'evento.

Per proteggere le popolazioni da un incidente o da un attacco terroristico il governo federale impone numerose norme di sicurezza sui terminali di GNL. La natura e il livello del rischio associato sono al centro di un dibattito che coinvolge industrie, agenzie governative, ricercatori e comunità locali. Per mitigare i rischi aumentano i costi associati, costi che non sono affrontati tanto dalle compagnie che intendono realizzare l'impianto, quanto dalle agenzie pubbliche, come la Guardia costiera, per lo stretto controllo che deve essere effettuato nelle zone interdette al traffico, in particolare quando i siti siano collocati sulla costa invece che al largo.

### **Genesi e effetti della nube fredda.**

Quando, per qualsiasi ragione, ovvero per cedimento strutturale, malfunzionamento dei sistemi di scarico e dei sistemi di controllo delle operazioni, oppure un attacco terroristico alla struttura, si crea una frattura nel sistema di contenimento allora si libera del gas liquido che gradualmente vaporizza creando una nube fredda che può migrare anche per oltre dieci chilometri prima che si creino le condizioni per la sua accensione.

Su questo aspetto sono studiati e sintetizzati i contenuti di numerosi documenti prodotti sia da agenzie pubbliche statali e federali degli USA, sia documenti scientifici prodotti da istituti di ricerca pubblici e

privati per conto delle agenzie governative e federali. Parte dei documenti studiati è stata prodotta nell'ambito dell'Unione Europea da centri di ricerca e da Istituti universitari. Si riporta la sintesi di alcuni documenti e si allegano immagini, grafici e tabelle che sono in grado di illustrare più compiutamente i contenuti esposti.

Quando avviene una frattura del sistema di contenimento dell'GNL, il liquido che fuoriesce si stratifica sul suolo o sulla superficie d'acqua. Per esempio la forte differenza di temperatura fra il gas liquido rispetto alla superficie marina e quando il flusso termico eccede il "flusso di calore critico" può innescare un regime termico tale per cui il film liquido di metano entra in ebollizione. La formazione di bolle dipende dalla differenza di temperatura. Se avviene la coalescenza delle bolle, si ha un effetto isolante e si riduce il trasferimento di calore, diminuisce così la velocità di evaporazione (ebollizione metastabile).

Se lo spandimento avviene sul suolo l'effetto isolante può essere ancora più marcato perché il gas liquido non viene assorbito, l'umidità contenuta nei pori del suolo ghiaccia e si crea così uno strato isolante.

Il flusso di calore complessivo è formato da tre contributi: il calore che arriva dal suolo o dal mare, quello che proviene dall'aria, l'irraggiamento termico .

La vaporizzazione del GNL rallenta, si crea una nube di gas freddo più pesante dell'aria. Lo studio del comportamento della nube (visibile perché l'umidità presente nell'aria condensa e congela) utilizza i vari modelli matematici riguardanti la dispersione dei gas densi (ovvero più densi dell'aria), un classico modello utilizzato da U.S. Coast Guard e da U.S. EPA è DEGADIS (dense gas dispersion model).

Il gas rilasciato in atmosfera viene trasportato e diluito dal vento scorrendo ad un'altezza minore di 30 metri, la dispersione avviene praticamente in stato stazionario, per cui le distanze percorse sono dell'ordine dei 10 chilometri.

La dispersione di gas più denso dell'aria ambiente dà luogo a effetti speciali che condizionano la dispersione: il materiale rilasciato scende verso la superficie e si disperde radialmente: si produce una nube bassa che si espande orizzontalmente seguendo la direzione radiale del vento predominante.

Si hanno vari fenomeni nella nube: trasferimento di calore dalla superficie alla nube, vaporizzazione dell'aerosol liquido nella nube, condensazione e evaporazione dall'aerosol dell'acqua nella nube.

Il trasferimento di calore dal contorno trasforma gradualmente da negativo a positivo il galleggiamento della nube. Il tutto dipende dalla velocità di spostamento della nube e dalla differenza di temperatura, dal calore scambiato per convezione, e il flusso di calore è correlato direttamente con la differenza di temperatura.

Un effetto opposto che porta a un effetto negativo sul galleggiamento della nube (aumenta cioè la densità della nube rispetto aria circostante) è provocato dalla vaporizzazione dell'aerosol liquido che raffredda la miscela gas aria.

L'applicazione del modello del gas denso è importante particolarmente nel caso di un rilascio catastrofico, ovvero un grande volume. Un rilascio continuo dà luogo ad uno stato stazionario. Durante il processo di dispersione di un gas denso, che presenta un galleggiamento negativo, si osservano quattro fasi consecutive: una fase iniziale in cui il moto del fluido dipende fortemente dalle condizioni di rilascio, una fase di spandimento soggetto alle forze gravitazionali, una fase intermedia, in cui il movimento della nube è dovuto alla sovrapposizione dei moti turbolenti ai margini e delle forze gravitazionali, e infine una fase passiva di dispersione con riduzione della densità rispetto all'aria.

Fino a quando il gas è più denso dell'aria circostante si ha una dispersione orizzontale, si creano dei fronti gravitazionali ai margini della nube che generano vortici, il mescolamento per turbolenza atmosferica al di sopra della nube è soppresso dal gradiente di densità, la turbolenza nella nube è ridotta dalla stratificazione stabile dello strato di gas denso. Come conseguenza la nube di gas denso rimane nella parte bassa dell'atmosfera con una grande diffusione laterale.

Il GNL è infiammabile solo in particolari circostanze. Se parte della nube è infiammabile (cioè si trova nel giusto rapporto gas/ossigeno). Può avvenire l'accensione della nube e al limite si può avere l'esplosione solo se la nube è in qualche modo confinata. La nube presenta in genere tre zone: una ricca vicino al punto di rilascio, una regione povera sui margini e una regione mediana, la percentuale di metano nella nube di vapore in ogni regione varia in dipendenza di vari fattori incluso il tipo e la quantità del materiale rilasciato, la pressione di rilascio, le dimensioni dell'apertura, il grado di confinamento della nube, il vento, l'umidità etc.

L'esplosione dipende dalla velocità di propagazione della fiamma, più veloce è la propagazione maggiore sarà la sovrappressione nella fiamma che aumenta l'effetto esplosivo, la velocità laminare è dell'ordine di 5-30 m/s, insufficiente a produrre una grande sovrappressione. La turbolenza, che dipende dalle condizioni di rilascio e dalla interazione con gli ostacoli, aumenta invece la velocità di avanzamento della fiamma che da laminare diviene turbolenta.

La differenza di densità fra la nube e l'aria circostante è il parametro chiave nella dinamica del gas denso, questa differenza guida la diffusione e riduce il mescolamento verticale. La relazione fra concentrazione del gas e densità dipende dal tipo di sorgente e dall'abbassamento termico causato dall'evaporazione, cioè dalla transizione di fase, ed è spesso più importante del peso molecolare del gas, per cui la nube presenta inizialmente una densità molto maggiore dell'aria. La nube risulta visibile perché sostanzialmente è un aerosol di acqua e ghiaccio come le comuni nuvole. Successivamente l'effetto del flusso termico dal contorno o per radiazione determina una graduale riduzione di densità che produce il galleggiamento positivo della nube.

Il metano prodotto dall'evaporazione del GNL generalmente rimane più denso dell'aria fino a quando la sua concentrazione si avvicina al limite inferiore di infiammabilità (5%). Dalla simulazione utilizzata in questo lavoro si evince che la natura non colligativa della miscela permette la separazione gas/aria e quindi, in qualche caso, il galleggiamento positivo avviene prima che sia raggiunto il limite di infiammabilità inferiore del gas in evaporazione.

Il volume specifico del metano gassoso è 625 volte maggiore di quello del GNL. La temperatura di autoaccensione del metano liquido ha il valore più alto in confronto agli altri idrocarburi o alle miscele di idrocarburi liquidi. Quando il GNL si stratifica sull'acqua può avvenire un fenomeno chiamato transizione rapida di fase (TRF) che consiste in un'esplosione senza combustione dovuta al rapido passaggio di fase del metano per un rapido assorbimento termico.

La nube di vapore freddo brucia, se accesa, con un certo ritardo rispetto all'accensione, in seguito alla bassa velocità di trasferimento della fiamma

Quando la concentrazione del metano nella fase aeriforme scende al di sotto del 5% (LFL) la miscela risulta troppo povera per accendersi. Il metano che non brucia prima di essere diluito sotto il suo limite inferiore di accensione si dissipa gradualmente in atmosfera. Quando la nube non è confinata la velocità di trasferimento della fiamma è troppo lenta per generare un'esplosione. Comunque la fiamma ritorna indietro verso la fonte di emissione del metano e il pericolo viene rappresentato soprattutto dal calore irraggiato dal fuoco e dalle fiamme generati.

Se la pozza di GNL non viene accesa si forma una nube di vapore di metano che si disperde nella direzione del vento. Durante il processo di dispersione avvengono scambi termici che riducono la densità della nube. Il metano freddo, che è più denso dell'aria, assorbe calore quando passa su una superficie con cui è più facile lo scambio termico come è quella del mare e si disperde più facilmente. A una certa distanza sottovento la nube di vapore cessa di crescere in volume raggiungendo un effetto di compensazione fra la velocità di evaporazione dalla pozza di GNL e il processo di diffusione. Durante la dispersione la nube può incendiarsi se esiste una fonte di accensione, provocando un forte irraggiamento termico.

La miscela aria metano però presenta una bassa reattività. Questa bassa reattività regola la velocità di trasferimento della fiamma da una zona all'altra della nube. La nube di vapore si può formare sia per un evento intenzionale sia in conseguenza di una collisione fra navi. In ogni caso la sua velocità di evaporazione è dell'ordine di 0,135 kg/mq/s alla temperatura del vapore del gas naturale che è di  $-162^{\circ}$  sulla superficie della pozza.

In conclusione le distanze di impatto da rilasci accidentali e da eventi intenzionali sono minori della distanza di un terminale offshore posto a oltre 20 chilometri dalla costa e questo rassicura le popolazioni che sono preoccupate per il rischio rappresentato da un terminale posto invece onshore, infatti non sono previste conseguenze credibili a più di 10 - 15 chilometri dal terminale offshore.

Il modello matematico utilizzato per le simulazioni è un modello computazionale fluidinamico (CFD model).

Se lo spandimento di GNL avviene in prossimità di una fonte di accensione il gas che evapora in concentrazione opportuna per raggiungere il limite di accensione brucia sopra la pozza di GNL. Il fuoco della pozza (pool fire) si diffonde come la pozza si espande lontano dalla fonte e continua ad evaporare. Questo pool fire è intenso, bruciando produce un calore molto più elevato di qualsiasi altro fuoco derivante da altri idrocarburi. Non è possibile estinguerlo e continua fino a quando tutto il GNL è stato consumato.

Poiché il pool fire generato dalla combustione del GNL è estremamente caldo la sua radiazione termica può incenerire qualsiasi essere vivente dove la sua intensità raggiunge i 37,5 kW/mq (la radiazione incidente del sole allo zenith presenta un flusso di calore di 1,2 kW/mq) nelle stesse condizioni anche le infrastrutture sono danneggiate.

Se lo spandimento non comporta un'accensione immediata il gas naturale che evapora forma una nube di vapore che può viaggiare a distanza considerevole dallo spandimento. Se la nube non risulta confinata non si verifica alcuna esplosione ma il fuoco generato provoca danni consistenti.

La nube fredda che non si accende rappresenta di per sé un danno considerevole per le popolazioni e per le infrastrutture.

In molti degli scenari che sono stati identificati dalle simulazioni modellistiche e fisiche, per spandimenti molto consistenti la nube fredda generata può diffondersi anche a oltre 10 km. In aree densamente popolate è facile che si presenti una fonte di accensione, in aree remote o sul mare a grande distanza dalla costa una fonte di accensione è molto meno probabile. Nel caso in cui si formi una grande nube di vapore, e in caso di accensione, le fiamme si propagano sotto vento ma anche verso la fonte dello spandimento. Poiché esiste la possibilità che l'accensione della nube avvenga a significativa distanza dallo spandimento le zone di pericolo termico devono essere molto estese perché il flusso termico generato è estremamente pericoloso per le popolazioni.

Il GNL ha una densità che è circa la metà di quella dell'acqua, per cui galleggia sull'acqua dolce e salata. L'apporto termico esterno produce una graduale evaporazione del GNL creando una nube che ricorda una nebbia molto fitta.

Il GNL che proviene da uno sversamento si disperde sotto forma di nube più velocemente sull'oceano piuttosto che sul terreno perché l'acqua fornisce un'enorme quantità di calore, per cui molti analisti degli impatti prodotti dai terminali di rigasificazione concludono che i rischi associati a terminali offshore sono molto minori di quelli associati con terminali collocati in zone costiere.

La nube generata dallo spandimento di GNL diventa meno densa dell'aria a  $-108^{\circ}\text{C}$ , la sua densità è 1,5 volte maggiore dell'aria a  $-162^{\circ}\text{C}$  rispetto all'aria circostante a  $25^{\circ}\text{C}$ . Tipicamente un rilascio di GNL produce nell'atmosfera una nube che non supera i 30 metri di altezza fino a quando la sua dispersione non corrisponde alla concentrazione corrispondente al LFL (minimo livello di accensione) che è del 5%.

Gli obiettivi della gestione del rischio per un certo tipo di localizzazione di un terminale vanno determinati in cooperazione con tutti i portatori di interesse che corrispondono alle popolazioni coinvolte, alle agenzie che si occupano della salute pubblica e alle amministrazioni di vario livello, alle associazioni degli industriali, agli enti che sono preposti alla sicurezza dei porti e dei trasporti, ai rappresentanti di associazioni dei cittadini, alla magistratura, alle compagnie di navigazione.

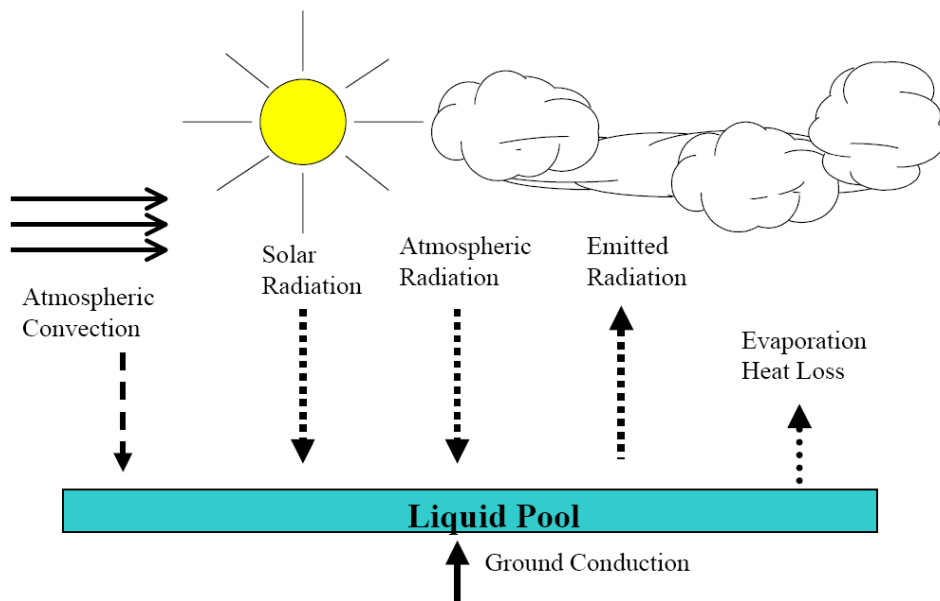


Figure 4-3. Heat Transfer Mechanisms with Puddle Source Configuration.

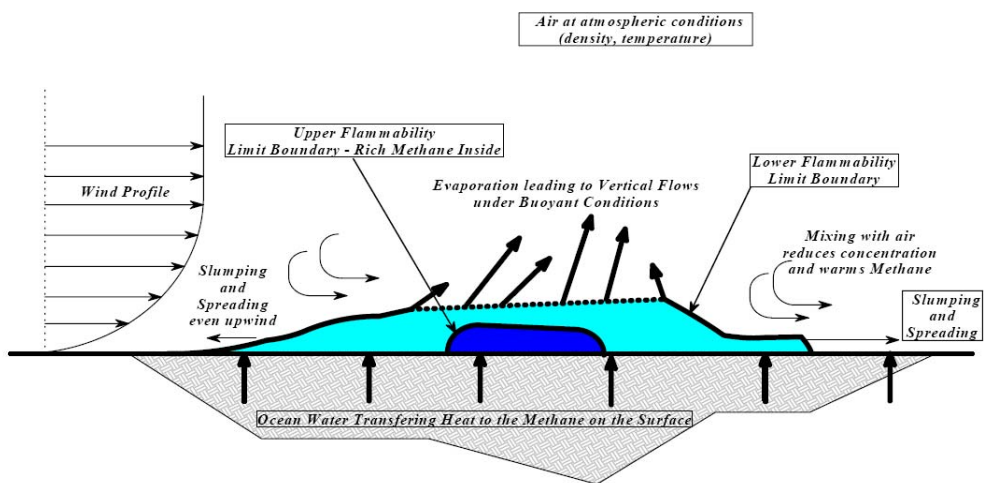


Figure 2.2 – LNG Dispersion Process

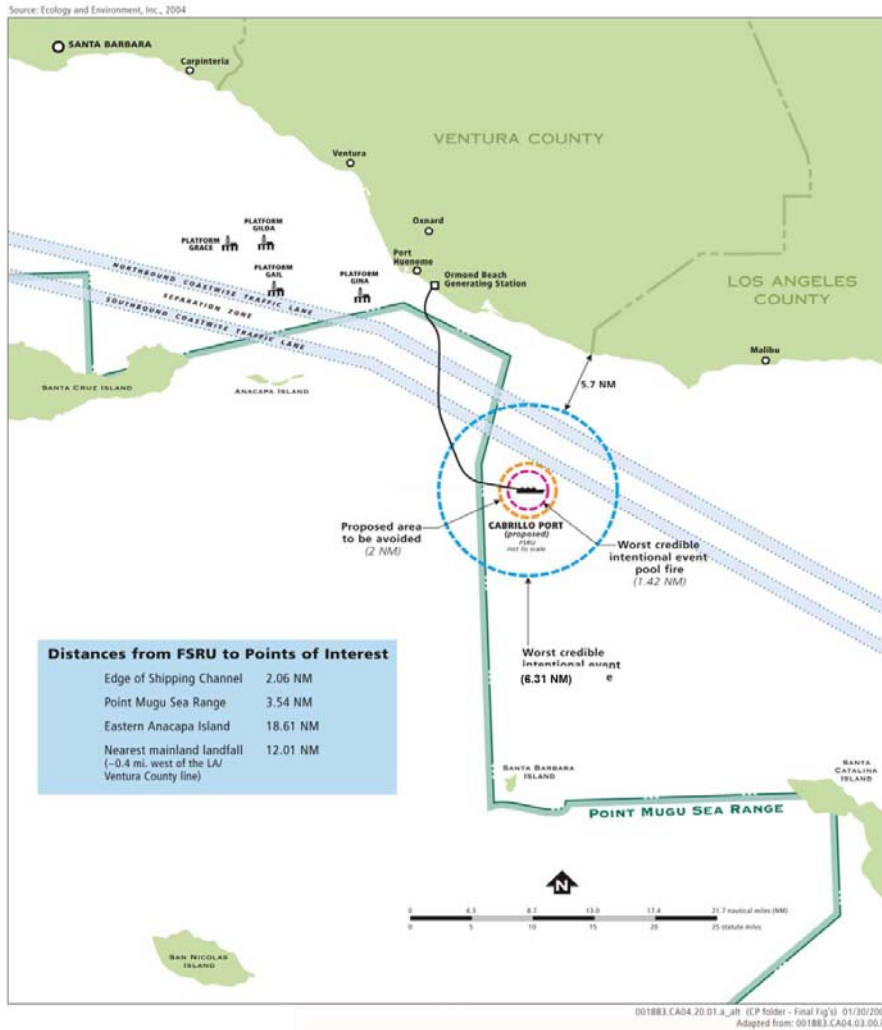


Figure ES.3 – Consequence Distances Surrounding the FSRU Location for Worst Credible Events

Table 3.8 – Summary of Consequence Distances

	Marine Collision <sup>a</sup>	Intentional <sup>a</sup>	Escalation <sup>b</sup>	
Breach size	1300 m <sup>2</sup> of area	7 m <sup>2</sup> & 7 m <sup>2</sup>	7 m <sup>2</sup> & 1300 m <sup>2</sup>	7 m <sup>2</sup> & 2x1300 m <sup>2</sup>
Number of tanks	1 (50% volume)	2	2 (one at 100% second at 50%)	3 (one at 100% second & third at 50%)
Release quantity (gal / m <sup>3</sup> ) <sup>c</sup>	13,000,000 / 50,000	52,000,000 / 200,000	40,000,000 / 150,000	53,000,000 / 200,000
<b>Pool Spread Distance</b>				
Distance down range (NM / miles / m)	0.40 / 0.45 / 730	0.35 / 0.40 / 650	0.33 / 0.38 / 610	0.43 / 0.50 / 800
<b>Pool Fire</b>				
Radiative flux distance > 5 kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	1.60 / 1.85 / 2,970	1.42 / 1.64 / 2640	1.35 / 1.56 / 2510	1.74 / 2.01 / 3,230
Radiative flux distance > 12.5kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	0.99 / 1.14 / 1,830	0.87 / 1.01 / 1620	0.83 / 0.96 / 1,540	1.07 / 1.24 / 1,990
Radiative flux distance > 37.5kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	0.49 / 0.57 / 910	0.44 / 0.50 / 810	0.42 / 0.48 / 770	0.54 / 0.62 / 1000
<b>Vapor Cloud Dispersion (No Ignition)</b>				
Average flammable height (feet / m)	59 / 18	98 / 30	<b>Immediate Ignition No Vapor Cloud Hazard</b>	
Maximum distance to LFL (NM / miles / m)	2.85 / 3.29 / 5,290	6.03 / 6.95 / 11,180		
Time for maximum distance (min) <sup>d</sup>	50	89		
<b>Vapor Cloud (Flash) Fire</b>				
Radiative flux distance > 5 kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	3.57 / 4.11 / 6,610	6.31 / 7.27 / 11,700		
Radiative flux distance > 12.5kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	3.29 / 3.79 / 6,100	6.21 / 7.15 / 11,500		
Radiative flux distance > 37.5kW/m <sup>2</sup> (NM / miles / m)	3.06 / 3.52 / 5,670	6.12 / 7.05 / 11,340		

Notes:

Pool fire or vapor cloud fire results given.  
All radiative flux distances given from release location.  
Wind speed = 2 m/sec; temperature = 21 C.

<sup>a</sup>Mass balance flux rate = 0.282 kg/m<sup>2</sup> sec.

<sup>b</sup>Mass balance flux rate = 0.135 kg/m<sup>2</sup> sec.

<sup>c</sup>Tank volume of 100,000 m<sup>3</sup> used for ease of calculations.

<sup>d</sup>Time includes liquid dispersion and evaporation.

**Table 3.3 – Marine Collision Vapor Cloud Fire Scenario Results**

Wind speed (m/sec)	2 meters per second
Maximum distance downwind to the LFL	5290 m
Time to maximum vapor cloud mass	50 minutes
Maximum vapor cloud height	21 m
Timing of exposure of shipping lane	From 28 to 55 minutes after release
Distance downwind to thermal radiation level	
5.0 kW/m <sup>2</sup>	6610 m
12.5 kW/m <sup>2</sup>	6100 m
37.5 kW/m <sup>2</sup>	5670 m

**Table 6: Common, Approximate Thermal Radiation Damage Levels**

Incident Heat Flux (kW/m <sup>2</sup> ) <sup>*</sup>	Type of Damage
35 – 37.5	Damage to process equipment including steel tanks, chemical process equipment, or machinery
25	Minimum energy to ignite wood at indefinitely long exposure without a flame
18 – 20	Exposed plastic cable insulation degrades
12.5 – 15	Minimum energy to ignite wood with a flame; melts plastic tubing
5	Permissible level for emergency operations lasting several minutes with appropriate clothing

\*Based on an average 10 minute exposure time  
[Barry 2002]

**Table 5: Final Dispersion Results**

Scenario	Wind speed (m/s)	Max distance to LFL (m)
2-tank, 7 m <sup>2</sup> hole	2	11,175
	4	9,420
	6	8,280

**Table 7: ACE Pool Fire Results**

Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)
37.5	810
12.5	1620
5	2640



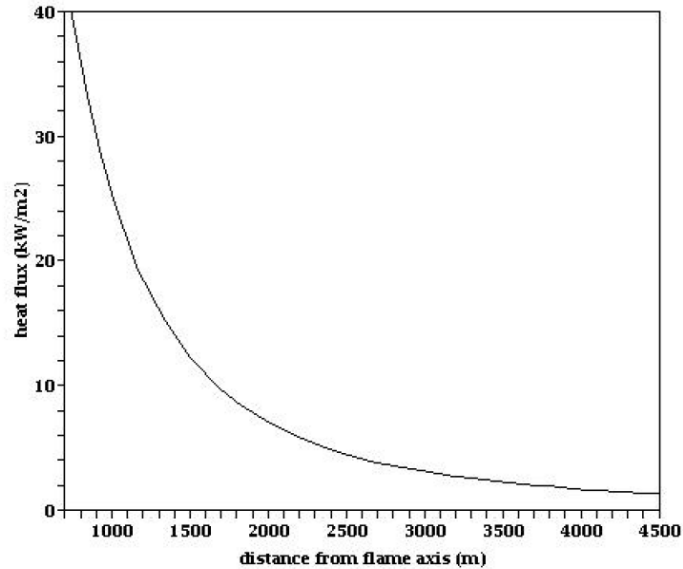


Figure 4: Sandia calculation of pool fire hazards.

Riferimenti documentali.

ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) Computer Code Application Guidance for Document Safety Analysis. Final Report. *U.S. Department of Energy, Office of Environment, Safety and Health.*

Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers. *ABSG Consulting Inc. for the Federal Energy Regulatory Commission of USA.*

Dense Gas Dispersion in the Atmosphere. *Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark.*

Evaluation of Liquefied Natural Gas Receiving Terminals for Southern California. *University of California, Santa Barbara.*

Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas Spill Over Water. *Sandia National Laboratories for the United States Department of Energy.*

Independent Risk Assessment of the Proposed Cabrillo Port Liquefied Natural Gas Deepwater Port Project. *Ecology and Environment, Inc. Federal Energy Regulatory Commission.*

International and National Efforts to Address the Safety and Security Risks of Importing Liquefied Natural Gas: a Compendium. *Aspen Environmental Group for California Energy Commission.*

Liquefied Natural Gas Import Terminals: Siting, Safety and Regulation. *CRS Report for Congress of USA.*

Liquefied Natural Gas in California: History, Risks, and Siting. *California Energy Commission.*

Liquefied Natural Gas in U.S. Energy Policy: Infrastructure and Market Issues. *CRS Report for Congress of USA.*

Liquefied Natural Gas Infrastructure Security: Background and Issues for Congress. *CRS Report for Congress of USA.*

LNG Facilities in Urban Areas: A Security Risk Management Analysis for Rhode Island. *Good Harbour Consulting, Llc.*

LNG Safety and Security. *Center for Energy Economics of University of Texas at Austin.*

Maritime Security: Potential Terrorist Attack and Protection Priorities. *CRS Report for Congress of USA.*

Method for the calculation of Physical Effects due to release of hazardous materials. **Yellow Book.** *Research performed by TNO – The Netherlands Organization of Applied Scientific Research. The Committee for Prevention of Disaster By Hazardous Material. Ministrie van Verkeer en Waterstaat.*

Review of Independent Risk Assessment of the Proposed Cabrillo Liquefied Natural Gas Deepwater Port Project. *Sandia National Laboratories for the United States Department of Energy.*

UMD (Unified Dispersion Model) Version 6.0 for SMEDIS (Scientific Model Evaluation of Dense Gas Dispersion) . *Cambridge Environmental Research Consultants, Ltd. for European Union.*

Vulnerability of Concentrated Critical Infrastructure: Background and Policy Options. *CRS Report for Congress of USA*

**Prof. Lino Santoro**

**Presidente del circolo Legambiente di Trieste**

**Circolo Verdazzurro LEGAMBIENTE di TRIESTE**

**Via Donizetti, 5 – 34133 Trieste**

**Tel. 366-43430369 – Fax 040 – 9890553**

**[www.legambientetrieste.it](http://www.legambientetrieste.it) email : [info@legambientetrieste.it](mailto:info@legambientetrieste.it)**

**C.F.90031460323**

**conto corrente postale 12559340**