

	PROGETTISTA  <i>Tecnologia Ricerca Rischi</i>	COMMESSA	UNITA' -
	LOCALITA' REGIONE LIGURIA	REL-MEC-E-15001	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Rev. 1

Rif. TRR: 72438

**EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)**

FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

**Rapporto Preliminare di Sicurezza
per la fase di Nulla Osta di Fattibilità (NOF)
ai sensi del D.Lgs. 105/15**

**Allegato D.2.2
Analisi Degli Incidenti Indotti**

1	Emissione per Enti	TRR	G.Romano	G. Lanza	Marzo 2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data



***Tecnologia
Ricerca
Rischi***



FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

**Rapporto Preliminare di Sicurezza
per la fase di Nulla Osta di Fattibilità (NOF)
ai sensi del D.Lgs. 105/15**

Allegato D.2.2 Analisi degli Incidenti Indotti





INDICE

1	CRITERI ADOTTATI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI EFFETTI DOMINO	3
2	ANALISI DEGLI EVENTI INDOTTI	6
2.1	Metodologia applicata per l'analisi degli effetti domino	6
2.2	Descrizione dello scenario primario e prima analisi degli sviluppi	7
2.3	Individuazione dei bersagli significativi e seconda analisi degli sviluppi	8
2.4	Conseguenze dell'effetto domino	8

ALLEGATI

Allegato 1 Scenari primari e prima analisi degli sviluppi





1 CRITERI ADOTTATI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI EFFETTI DOMINO

Con il termine “Effetto Domino” si intende il meccanismo che propaga uno scenario incidentale iniziale, detto “primario”, generando eventi e/o scenari “secondari” su altre apparecchiature, con potenziale espansione delle zone di danno (per effetto di irraggiamento, sovrappressione o ingolfamento nelle fiamme causate dallo scenario iniziale). L’evento secondario, a seconda dei casi, potrà risultare analogo al primario per tipologia e/o estensione delle conseguenze, oppure dare luogo a scenari diversi.

Al fine di effettuare una valutazione sistematica del rischio associato all’effetto domino a seguito degli scenari incidentali identificati nell’ambito dell’analisi di rischio di cui al paragrafo C.4.1, sono state seguite le indicazioni riportate nell’Allegato E del D. Lgs 105/2015.

Criteria di Esclusione

Di seguito si riportano i passaggi seguiti per escludere alcune tipologie di scenario primario ritenute non critiche per lo sviluppo di effetti domino; i rimanenti scenari del Rapporto di Sicurezza che saranno esaminati nel seguito saranno denominati “SIGNIFICATIVI PER EFFETTO DOMINO”:

1. **Esclusione degli scenari primari aventi frequenze minori di $1,0 \cdot 10^{-6}$;**
2. **Taglio degli scenari primari che soddisfano alle caratteristiche specificate nella seguente Tabella 1;**

Tabella 1 - CRITERI DI ESCLUSIONE	
Tipologia di scenario	Giustificazione dell’esclusione
Dispersione gas tossici	Non si ritiene che tale tipologia di scenario possa essere origine di effetti domino.
Jet Fire flangia di testa colonna	E’ stato verificato in campo che tale scenario, sia per la limitata lunghezza del getto incendiato che per la posizione a quota elevata non può coinvolgere in modo significativo alcuna apparecchiatura, salvo rari casi che saranno considerati.
Jet Fire da compressori/linee, con lunghezza del getto inferiore a 2 m	E’ stato verificato in campo che tale scenario, per la limitata lunghezza del getto incendiato, non può coinvolgere altre apparecchiature di processo contenenti quantità significative di sostanze infiammabili e/o tossiche.
Pool Fire di durata inferiore a 5’	Si è assunto che irraggiamenti di intensità inferiori o uguali al potere emissivo della fiamma e persistenti per tempi inferiori ai 5’ (considerati anche gli interventi operativi) non possano provocare danni significativi agli elementi.
Flash Fire	Non si ritiene che tale tipologia di scenario possa provocare danni alle apparecchiature tali da generare effetti domino; potrebbe provocare invece l’accensione di altro materiale infiammabile o combustibile esposto (non confinato); tale condizione non è normalmente presente negli impianti petrolchimici ove viene escluso il deposito/permanenza dei suddetti materiali che possono essere accidentalmente presenti solo in quantità non significative. Inoltre, tale fenomeno ha durata limitata nel tempo. Quanto sopra in congruenza con le linee guida fornite dal gruppo di lavoro per il “Piano d’area” ove tal evento non viene considerato.





3. Esclusione degli scenari primari con probabilità di effetto domino pari a 0 secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle, tratte dall'Appendice A dell'Allegato E del D.Lgs. 105/2015:

Tabella A.1 – Probabilità di effetto domino per irraggiamento		
Effetto sorgente	Probabilità di effetto domino	Nota
Ingolfamento in fiamma da Jet Fire con durata ≤ 5 minuti	0	
Ingolfamento in fiamma da Jet Fire con durata tra 5 e 10 minuti	0.5	
Ingolfamento in fiamma da Jet Fire con durata > 10 minuti	1	
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata inferiore a 10 minuti	0	1
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 minuti (per obiettivi come serbatoi atmosferici)	1	2
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 minuti (per obiettivi come serbatoi pressurizzati e tubazioni)	0.5	2
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² con durata superiore a 20 minuti	1	2
Irraggiamento inferiore a 12,5 kW/m ²	0	1
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² e 37,5 kW/m ² con durata inferiore a 10 minuti	0	1
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² e 37,5 kW/m ² con durata superiore a 10 minuti	Vedi nota	3
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² e 37,5 kW/m ² con durata superiore a 20 minuti	Vedi nota	3

Note alla tabella:

1. Salvo i casi in cui sia ipotizzabile una propagazione dell'incendio a causa di materiale strutturale o componentistico infiammabile (es. pannellature di materiale plastico, ecc.), ovvero un danneggiamento di componenti particolarmente vulnerabili (es. recipienti o tubazioni in vetroresina, serbatoi o tubazioni con rivestimenti plastici, ecc.);
2. Nel caso in cui siano presenti sistemi di protezione attivi (raffreddamento) automatici o manuali, aventi probabilità P di mancato intervento su domanda o di inefficacia per tutta la durata dell'effetto sorgente, le probabilità di effetto domino vanno moltiplicate per P. Nel caso in cui siano presenti sistemi di protezione passiva (fire proofing, interrimento, barriere tagliafiamme) le probabilità di effetto domino sono trascurabili per durata dell'effetto fisico pari o inferiore a quello eventuale di resistenza del sistema;
3. Probabilità interpolata linearmente rispetto alle probabilità corrispondenti ai due estremi del valore di irraggiamento.





Tabella A.2 – Probabilità di effetto domino per sovrappressione		
Effetto sorgente	Probabilità di effetto domino	Nota
Sovrappressione inferiore a 0,3 bar	0	
Sovrappressione inferiore a 0,6 bar (per obiettivo serbatoi e apparecchiature atmosferici)	1	1
Sovrappressione inferiore a 1,0 bar (per obiettivo serbatoi e apparecchiature in pressione e tubazioni)	1	1
Sovrappressione tra 0,3 e 0,6 bar (per obiettivo serbatoi e apparecchiature atmosferici)	Vedi nota	2
Sovrappressione tra 0,3 e 1,0 bar (per obiettivo serbatoi e apparecchiature in pressione e tubazioni)	Vedi nota	2

Note alla tabella:

1. Per la distinzione tra apparecchiature atmosferiche e in pressione, si può fare riferimento alla pressione di progetto, che per apparecchiature in pressione deve essere superiore a 2 bar assoluti;
2. Probabilità interpolata linearmente rispetto alle probabilità corrispondenti ai due estremi del valore di sovrappressione.

Applicando il procedimento sopra esposto agli scenari del Rapporto Preliminare di Sicurezza è stato predisposto l'elenco degli scenari primari ritenuti significativi per l'analisi degli effetti domino e delle rispettive conseguenze.

In particolare, tenendo conto dei tempi di intervento definiti per i singoli scenari incidentali e della tipologia di eventi attesi, è stato individuato un solo scenario in grado di generare effetto domino ovvero lo scenario di jet fire conseguente ad una perdita significativa dal giunto rotante del sistema torretta (scenario 11R).

I potenziali bersagli individuati sono tutti presenti sulla FSRU stessa e/o sulla gas carrier.





2 ANALISI DEGLI EVENTI INDOTTI

2.1 METODOLOGIA APPLICATA PER L'ANALISI DEGLI EFFETTI DOMINO

L'analisi di dettaglio degli scenari più significativi per Effetto domino è stata condotta come segue:

- Descrizione dello scenario primario. Sono riportati i parametri significativi dello scenario generante il possibile Effetto domino.
- Analisi degli sviluppi. Sono identificati tutti i possibili bersagli, il loro hold-up, le distanze dal centro dello scenario iniziale, la probabilità di generare effetto domino e le protezioni in loco.
- Stima della frequenza di accadimento dell'effetto domino. Sono elencate le apparecchiature-bersaglio più critiche tra quelle identificate al punto precedente, scelte in base al tipo / quantità di sostanza contenuta e alla probabilità di generare un Effetto domino; per queste è calcolata la frequenza di accadimento dell'Effetto domino utilizzando la frequenza dello scenario iniziale, la probabilità dell'effetto domino e la probabilità di mancato intervento delle protezioni.
- Conseguenze dell'effetto domino. Sono stimate le conseguenze e i raggi dei cerchi di danno secondario con centri nei baricentri delle apparecchiature identificate al punto precedente e aventi frequenza di accadimento $\geq 10^{-7}$ occ./anno.

Qualora tali frequenze di accadimento fossero inferiori a 10^{-7} occ. / anno si ritiene l'Effetto domino non ragionevolmente credibile.

I criteri utilizzati per la seguente analisi di rischio sono i medesimi impiegati per l'individuazione delle ipotesi e la caratterizzazione degli scenari del Rapporto Preliminare di Sicurezza.





2.2 DESCRIZIONE DELLO SCENARIO PRIMARIO E PRIMA ANALISI DEGLI SVILUPPI

La prima fase dell'analisi dell'Effetto Domino è stata articolata in descrizione dello scenario primario, prima analisi degli sviluppi e stima iniziale della frequenza di accadimento dello scenario secondario.

Descrizione dello scenario primario

Sono riportati i parametri significativi dello scenario generante il possibile Effetto domino ovvero:

- Ipotesi incidentale con termine sorgente, frequenza di accadimento e sostanza coinvolta.
- Tipologia di scenario primario con relativa frequenza e durata dell'evento.
- Dimensioni caratterizzanti (diametro del Pool Fire o lunghezza del Jet Fire) e relative distanze di danno per le condizioni meteo che comportano gli effetti più severi.

Prima analisi degli sviluppi

Seguendo le indicazioni di cui all'Allegato E del D.Lgs. 105/2015, sono state distinte le aree in cui i livelli di irraggiamento e di sovrappressione risultano in grado di generare un sicuro scenario secondario, ovvero le aree in cui i livelli di irraggiamento sono superiori a $37,5 \text{ kW/m}^2$ (aree all'interno del diametro della pozza incendiata o colpite dal getto incendiato) o i livelli di sovrappressione sono superiori a 1, dalle aree in cui i livelli di irraggiamento risultino compresi tra $37,5 \text{ kW/m}^2$ e 12 kW/m^2 o i livelli di sovrappressione risultino tra 1 e 0,3 bar.

All'interno delle suddette aree, sono stati individuati i possibili bersagli e per ciascuno di essi è stata determinata la probabilità di effetto domino in funzione della distanza dalla sorgente dello scenario primario, così come indicato nelle tabelle di cui all'appendice A del citato Allegato E del D.Lgs. 105/2015.

Stima iniziale della frequenza di accadimento dello scenario secondario (Effetto Domino)

Per ciascuno dei bersagli individuati infine sono stati considerati tre fattori di compensazione, uno geometrico e due relativi alle protezioni antincendio (attive e passive). In particolare i valori associati sono di seguito indicati.

Fattore di compensazione geometrico

Tale fattore è stato assunto pari a $1/8$ per gli scenari di Jet Fire, per tenere conto della direzionalità del getto incendiato, mentre è stato posto pari ad 1 per scenari primari di pool fire o di esplosione.





Fattore di compensazione resistenza al fuoco

Tale fattore è stato assunto pari a 0,1 per le attrezzature per le quali è stata prevista una protezione passiva con fireproofing. In via conservativa, è stato utilizzato un fattore pari ad 1 (no protezione fireproofing). Questa ipotesi potrà essere meglio caratterizzata nel Rapporto Definitivo di sicurezza.

Fattore di compensazione antincendio manuale

Il fattore antincendio manuale considera la possibilità di intervenire con efficacia sullo scenario primario, grazie agli impianti di rivelazione e allarme e mediante la rete e le attrezzature antincendio.

Esso è stato assunto pari a 0,1 per gli scenari di Pool Fire, in cui l'azione antincendio è finalizzata allo spegnimento delle fiamme ed al raffreddamento delle apparecchiature esposte.

Per gli scenari di Jet Fire è stato assunto pari a 0,1, in quanto un efficace raffreddamento delle apparecchiature bersaglio determina una protezione delle stesse tale da permettere di escludere ulteriori scenari secondari.

Il fattore antincendio manuale è invece stato assunto pari ad 1 per gli scenari primari di esplosione, in cui l'azione antincendio risulta inefficace.

Fattore di compensazione antincendio automatico

Il fattore antincendio automatico considera le installazioni automatiche disponibili nelle aree in esame ed analogamente al precedente fattore è stato considerato pari a 0,1 per gli scenari primari di pozze o getti incendiati e pari ad 1 per gli scenari di esplosione.

Combinando quindi la frequenza iniziale dello scenario primario con le probabilità definite secondo l'Allegato E del D.Lgs. 105/2015 e i fattori di compensazione sopra indicati, è stata determinata la frequenza iniziale dello scenario secondario.

La tabella disponibile in allegato riporta i risultati di questa prima fase di analisi. Si evidenzia in particolare la presenza del sistema F&G a protezione di tutti i potenziali bersagli.

2.3 INDIVIDUAZIONE DEI BERSAGLI SIGNIFICATIVI E SECONDA ANALISI DEGLI SVILUPPI

Applicando la metodologia sopra descritta non sono stati individuati scenari secondari credibili e pertanto non sono attese conseguenze da incidenti indotti

2.4 CONSEQUENZE DELL'EFFETTO DOMINO

Applicando la metodologia sopra descritta non sono stati individuati scenari secondari credibili e pertanto non sono attese conseguenze da incidenti indotti.





ALLEGATO 1

Scenari primari e prima analisi degli sviluppi





Ipotesi	Frequenza ipotesi	Sostanza	Tipologia di scenario primario	Frequenza scenario primario	Durata evento	Meteo	D pozza	L getto	Distanza [m] delle soglie di irraggiamento [kW/m ²]				Distanza [m] delle soglie di sovrappressione [bar]					Livello di irraggiamento [kW/m ²]	Livello di sovrappressione [bar]	Bersagli	Distanza da origine [m]	Probabilità Domino ex All.E DLgs 105/2015	Fattori di compensazione			Frequenza iniziale scenario secondario
	[occ/anno]			-					[occ/anno]	[min]	[m]	[m]	12.5	7	5	3	1						0.3	0.14	0.07	0
10R – Linea di mandata gas a sistema torretta PERDITA SIGNIFICATIVA	5.5 · 10 ⁻⁵	GNV	Jet Fire	2.2 · 10 ⁻⁶	5.32	D5	-	75	105	118	128	146	-					Ingolfamento da fiamma	-	FSRU	<75	0.500	0.125	1.00	0.1	1.4 · 10 ⁻⁸
11R - Giunto Rotante sistema Torretta PERDITA SIGNIFICATIVA	2.0 · 10 ⁻⁴	GNV	Jet Fire	8.0 · 10 ⁻⁶	6.51	D5	-	75	105	119	129	148	-					Ingolfamento da fiamma	-	FSRU	<75	0.500	0.125	1.00	0.1	5.0 · 10 ⁻⁸

