

## **Progetto TDI RETE-GNL**

Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell'area transfrontaliera

### **Prodotto T2.2.1 “Linee guida per la localizzazione e dimensionamento di impianti/depositi portuali di GNL”**

## Sommario

<b>1. Aspetti introduttivi</b> .....	4
<b>1.1 Motivazioni: il quadro normativo</b> .....	5
<b>1.2 Considerazioni tecniche sull'utilizzo come combustibile navale</b> .....	7
<b>1.3 Criticità connesse all'impiego di GNL per la propulsione navale</b> .....	8
<b>1.4 Sistemi di bunkering e filiere di approvvigionamento</b> .....	9
<b>2. Componenti di impianti e depositi portuali di GNL</b> .....	12
<b>2.1 L'utenza navale</b> .....	12
<b>2.2 Trasferimento di GNL: autocisterne e container ISO</b> .....	14
<b>2.3 Trasferimento via nave</b> .....	15
<b>2.4 Stoccaggio a terra</b> .....	16
<b>3. Macro localizzazione degli impianti e depositi portuali di GNL</b> .....	19
<b>3.1 Esempi di reti di bunkering e small LNG</b> .....	20
<b>3.2 Opportunità di rifornimento</b> .....	21
<b>3.3 Utenze e organizzazione della rete</b> .....	22
<b>3.4 Esempi di valutazione entro l'area obiettivo</b> .....	23
<b>3.5 Riferimenti normativi</b> .....	25
<b>3.6 Processi autorizzativi</b> .....	27
<b>4. La microlocalizzazione degli impianti LNG</b> .....	29
<b>4.1 Generalità</b> .....	29
<b>4.2 La compatibilità urbanistica</b> .....	29
<b>4.3 L'accessibilità nautica</b> .....	30
<b>5. Il dimensionamento degli impianti e dei depositi di GNL in ambito marittimo-portuale</b> .....	32
<b>5.1 Generalità</b> .....	32
<b>5.2 Dimensionamento del deposito</b> .....	33
<b>5.3 Vincoli di sicurezza e aree di controllo</b> .....	33
<b>5.4 SIMOPS – Operazioni simultanee</b> .....	37
<b>Bibliografia</b> .....	39
<b>Appendice: quadro completo normative interessate</b> .....	41

## Indice delle figure

Figura 1. Filiere di bunkeraggio .....	11
Figura 2. Tempi di rifornimento puro (si escludono fasi di avvio, inertizzazione etc.) (4; 5) .....	12
Figura 3. Esempio di time-line per bunkering STS (6).....	13
Figura 4. Dati nominali di portacontainer (dual fuel) e Ro-Ro correnti (7).....	13
Figura 5. Percorrenza in miglia nautiche per m <sup>3</sup> di GNL in funzione del carico utile, portacontainer: elaborazione dati riportati in (8; 7) .....	14
Figura 6. Stoccaggio contenitori ISO .....	15
Figura 7. Esempi di metaniere per trasferimenti intermedi .....	16
Figura 8. Superficie occupata per m <sup>3</sup> di gas contenuto, singolo serbatoio cilindrico in pressione, esempi commerciali .....	17
Figura 9. Superficie occupata per m <sup>3</sup> di gas contenuto, singolo serbatoio cilindrico atmosferico: spessore isolamento/contenimento 1m, altezza pari al diametro.....	17
Figura 10. Esempi di serbatoi in pressione (sx) e atmosferici (dx) (9) .....	18
Figura 11. Esempi di rete: sistema Small Scale LNG norvegese (11).....	20
Figura 12. Esempi di rete: sistema Small Scale LNG nel Baltico (11).....	21
Figura 13. Large scale LNG nell'area obiettivo e zone limitrofe (13) .....	22
Figura 14. Distribuzione infrastrutture LNG nell'area obiettivo .....	23
Figura 15. Confronto tra stima ed effettivo consumo per alcune navi LNG sul mercato .....	24
Figura 16. Elenco norme e standard .....	27
Figura 17. Esempio di localizzazione di impianto LNG di larga scala: Rotterdam .....	30
Figura 18. Esempio di localizzazione di deposito GNL: Zeebrugge .....	30
Figura 19. Caratteristiche ro-pax Viking Grace (LNG) e Bithia (HFO, in servizio Genova Porto Torres).....	32
Figura 20. Safety e security zone: esempio relativo a soluzione di bunkering di tipo TPS (Stavros, 2016).....	35
Figura 21. Topologia delle safety zones, rifornimento da banchina (29) .....	36
Figura 22. Topologia safety zones, rifornimento lato mare (29) .....	36
Figura 23. Ampiezza safety zone nel porto di Göteborg .....	37
Figura 24 SIMOPS e vincoli di accesso nel caso di portacontainer.....	38
Figura 25 Riferimenti normativi (24) .....	45

## **Finalità del Prodotto T2.2.1**

Il prodotto T2.2.1 “Linee guida per la localizzazione e dimensionamento di impianti/depositi portuali di GNL”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, è volto a definire alcune linee fondamentali di indirizzo in merito alle problematiche attinenti alla localizzazione e al dimensionamento di impianti e depositi portuali di GNL, nei porti dell’Area Obiettivo ovvero Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica e Région PACA, anche in considerazione delle specificità potenzialmente connesse alle diverse opzioni tecnologiche disponibili.

La finalità del prodotto, in particolare, è quella di identificare un quadro concettuale funzionale all’assunzione di decisioni di progettazione infrastrutturale che risultino corrette in merito alla localizzazione e al dimensionamento di impianti per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale.

Il Prodotto T2.2.1, ha previsto la partecipazione dei seguenti partner di progetto (e relativi consulenti esterni), in linea con il formulario di progetto:

P1/CF (UNIGE-CIELI): definizione del framework dell’elaborato; assegnazione delle attività di realizzazione dell’elaborato medesimo al consulente esterno Università degli Studi di Udine (UNIUD) consulente del capofila, in virtù del contratto per lo svolgimento di attività di ricerca tecnico-ingegneristiche relative all’impiego di GNL nel settore marittimo e portuale nell’ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera”; esame e integrazione del report predisposto dal consulente esterno; realizzazione della scheda di sintesi del prodotto.

P2 (UNIFI); P3 (UNICA); P4 (OTC); P5 (CCIVAR): supporto al CF nella definizione del framework dell’elaborato; validazione dell’indice del prodotto; esame e fine-tuning della versione finale dell’elaborato.

Tanto premesso, si precisa quindi che tutte le sezioni comprese nel prodotto T2.2.1 sono da imputare all’Università degli Studi di Udine (UNIUD) consulente esterno del CF.

## 1. Aspetti introduttivi

### 1.1 Motivazioni: il quadro normativo

Gli obiettivi posti dalla Comunità europea, a partire dalla direttiva 2014/94/EU (1) e riproposti nella Strategia Energetica Nazionale SEN (2; 3), mirano a sviluppare la rete di distribuzione ed utilizzo di GNL. La direttiva europea ritiene “opportuno che entro la fine rispettivamente del 2025 e del 2030 sia disponibile una rete centrale di punti di rifornimento per il GNL per le navi che operano nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna”. Lo sviluppo della rete comporta la realizzazione/uso di terminali, serbatoi e container mobili di GNL nonché navi e chiatte cisterna, e la scelta dell'ubicazione dei punti di rifornimento per il GNL nei porti deve poggiare su un'analisi costi-benefici, incluso una valutazione dei benefici per l'ambiente (1).

In ambito nazionale gli obiettivi sono ribaditi dalla SEN, che sottolinea come l'uso del GNL

- riduce il gap di costo dell'energia per i consumatori e le imprese;
- accresce la competitività industriale italiana ed europea;
- opera secondo gli indirizzi di salvaguardia ambientale e di decarbonizzazione, definiti dal pacchetto europeo “Clima Energia 2020”;
- garantisce sicurezza e indipendenza di approvvigionamento;
- permette una “crescita economica sostenibile”, attraverso lo sviluppo del settore energetico.

Il documento del MISE segnala che la disponibilità di stoccaggi adeguati capaci di attrarre navi provenienti anche dai mercati emergenti “consentirebbe di godere di prezzi internazionali favorevoli, a seguito della globalizzazione del mercato del GNL e dell'attivazione di nuovi impianti di liquefazione e di rigassificazione rispettivamente nelle fasi di fornitura e di utilizzo”.

Lo stesso documento sostiene che l'impiego del GNL, per le sue caratteristiche chimiche, in sostituzione di altri combustibili fossili a maggiore impatto ambientale e a maggiore emissione di anidride carbonica “garantirebbe le esigenze sempre più pressanti della salvaguardia ambientale e del contenimento dell'effetto serra, così come risponderebbe in maniera ottimale alle esigenze di diversificazione delle fonti, degli approvvigionamenti e della logistica”. Infine, il documento conclude asserendo che lo sviluppo e la promozione dell'utilizzo e della distribuzione del GNL “favorirebbe la crescita economica in relazione agli investimenti richiesti in infrastrutture, in formazione e in distribuzione ed aprirebbe a maggiori convenienze economiche per gli operatori industriali nazionali”.

Come riportato anche da MISE, un importante motivo di interesse per promuovere l'impiego del GNL è legato ai vantaggi ambientali, non soltanto nei settori delle utenze industriali e civili di grande taglia, ma anche e soprattutto con rilievo nei settori del trasporto

marittimo e terrestre, con particolare riferimento alla propulsione navale. In questi casi, infatti, il GNL si propone come sostitutivo del gasolio o dell'olio HFO. Pertanto, soprattutto, l'utilizzo del GNL nel settore del trasporto marittimo, "può consentire di raggiungere gli obiettivi di riduzione dell'impatto derivante dalla presenza di zolfo nei carburanti, in linea con gli obiettivi posti dalla direttiva europea 2012/33/UE recepita in Italia con il D.Lgs.112/2014", dal momento che il GNL è un combustibile pulito che non contiene zolfo.

L'utilizzo del GNL può essere, inoltre, "un importante strumento per ridurre l'impatto delle navi e delle attività nei porti delle città di mare dove la riduzione delle emissioni può consentire il miglioramento della qualità dell'aria" (MISE, 2015), poiché il GNL è un combustibile di semplice struttura molecolare a basso contenuto di carbonio ed è caratterizzato da una combustione pulita con ridottissimi residui solidi, come più estesamente descritto nel seguito della presente relazione.

Il GNL può rispondere agli obblighi previsti dalla direttiva 2014/94/EU (DAFI) su richiamata, "relativi alla realizzazione di una infrastruttura di distribuzione di questo carburante"; obblighi che prevedono di rendere sempre più disponibile il GNL "lungo le principali direttrici internazionali" (rete TEN-T), producendo con ciò una sensibile riduzione delle emissioni delle flotte e realizzando consistenti benefici ambientali.

Le analisi condotte nell'ambito del documento del MISE evidenziano come l'impiego del GNL in alternativa ai combustibili attuali consenta l'azzeramento della SOx prodotta, la drastica riduzione degli NOx (circa il 50% rispetto ai motori diesel), una moderata riduzione della CO2 ed un elevatissimo contenimento del particolato (fino al 90%).

Il documento, pertanto, conclude affermando che i vantaggi saranno tanto più rilevanti per il sistema Paese quanto maggiore sarà la diffusione del GNL come carburante per la propulsione navale e rappresenteranno un utile contributo al miglioramento delle qualità ambientali, già intrapreso con l'impiego di alcune fonti energetiche rinnovabili.

La conseguente SEN (3) ribadisce ambiziosi traguardi che mirano alla copertura del 50% dei bunkeraggi e del 30% dei trasporti pesanti con GNL entro il 2030.

Il documento del MISE considera anche i vantaggi economici connessi all'impiego di GNL e fornisce assicurazioni sulle aliquote di tassazione. In particolare, viene richiamata l'esigenza di rispettare gli obiettivi di sviluppo e di promozione dell'impiego del GNL, in relazione anche agli impegni europei, con la considerazione che tale sviluppo dà impulso a differenti settori (costruzioni metalmeccaniche degli acciai speciali, costruzioni di impianti di stoccaggio e distribuzione di liquidi criogenici, ecc.) dell'industria nazionale e, in particolare, al settore della cantieristica navale. L'impiego del GNL nell'ambito della propulsione navale è destinato pertanto a realizzare un impatto diretto e significativo sulla crescita dell'economia del paese.

Tuttavia, gli obiettivi di sviluppo e di penetrazione del GNL nei diversi impieghi risultano strettamente connessi al tema della tassazione applicata. Dal documento del MISE viene

riconosciuto come attualmente il livello di tassazione in materia di accisa previsto per il gas risulti “congruo con i benefici ambientali connessi al suo utilizzo e viene rilevata l’opportunità di garantire la stabilità dell’attuale regime fiscale”, al fine di assicurare “sia la necessaria certezza per gli investimenti che gli operatori dovranno porre in essere per lo sviluppo del mercato del GNL, sia per far sì che i livelli di economicità del prodotto siano compatibili con le sue positive caratteristiche ambientali”.

## **1.2 Considerazioni tecniche sull’utilizzo come combustibile navale**

L’uso del gas naturale liquefatto (GNL, Liquefied Natural Gas) per la propulsione navale risponde a precise esigenze ambientali ed economiche. Dal punto di vista tecnico, infatti, offre ovvi vantaggi rispetto ai combustibili tradizionali quali l’HFO: inferiori emissioni di NOx, emissioni di particolato pressoché azzerate, apprezzabile riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> in fase di combustione, legate al maggior contenuto di idrogeno, assenza di zolfo, alta densità energetica. Tali vantaggi ambientali vengono correttamente valutati nell’ambito di un’analisi LCA che tenga conto del costo ambientale della filiera completa, incluso la liquefazione all’origine ed i costi di trasporto: particolare attenzione, in termini di emissioni gas serra equivalenti, andrà posta alla minimizzazione delle perdite di metano in tutte le fasi di trasporto e trasferimento, sia da fornitura (nave, camion) e stoccaggio, sia da stoccaggio a utenza finale, poiché il metano presenta un potenziale effetto serra GWP<sub>100</sub> oltre 20 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>.

Per contro, le proprietà fisiche del metano introducono problematiche caratteristiche di cui tener conto: data la bassa temperatura critica (-82°C), lo stoccaggio deve essere mantenuto a temperature criogeniche (-161°C a pressione ambiente). Ciò comporta un elevato costo di impianto per garantire l’affidabilità di materiali (infragilimento) e componenti, problemi di sicurezza (per esposizione diretta, rapida evaporazione, infiammabilità), ma richiede anche un’accurata progettazione dell’infrastruttura. Uno stoccaggio criogenico, infatti, è un sistema attivo, poiché le infiltrazioni termiche generano inevitabilmente vapori di metano (blow-off gas) che devono essere gestiti. Le soluzioni dipendono dalla taglia di impianto e spaziano, in linea di principio, dall’utilizzo di serbatoi che possono tollerare la conseguente sovrappressione, all’individuazione di possibili utenze secondarie per lo smaltimento del blow off, fino a più complessi sistemi di riliquefazione o refrigerazione. Ognuno di questi sistemi ha tuttavia un costo, economico ed energetico-ambientale: questo comporta la necessità di limitare i tempi di residenza del GNL nello stoccaggio; occorre quindi una accurata analisi della richiesta effettiva, e suggerisce di massimizzare l’uso del GNL considerando utenze accessorie a quella di puro bunkering (alimentazione di trasporti interni del porto, possibile produzione elettrica anche a servizio delle navi ormeggiate...).

La taglia dell’utenza, peraltro, risulta decisiva anche per l’identificazione del sistema di bunkering più adatto, a partire dal minimale TTS, truck-to-ship, per modeste portate, crescendo poi verso le modalità STS (ship to ship) e TPS (Terminal to Ship).

È quindi opportuno analizzare preventivamente i limiti correnti delle possibilità dei tre diversi sistemi di rifornimento, per poter definire le scelte successive.

### **1.3 Criticità connesse all'impiego di GNL per la propulsione navale**

Tra le possibili criticità connesse all'impiego di GNL in ambito marittimo-portuale e alla definizione di un sistema infrastrutturale per il bunkering di GNL è possibile indicare le seguenti:

- **Visione strategica complessiva:** ci si riferisce all'esigenza di elaborare una visione il più possibile complessiva della strategia nazionale che tenga conto di tutti gli aspetti necessari per lo sviluppo armonizzato del settore, che richiede l'apporto condiviso di molti soggetti istituzionali e delle associazioni di categoria interessate, in modo da fornire un quadro completo e stabile anche ai potenziali investitori.
- **Coordinamento:** quanto sopra indicato evidenzia la necessità di uno sforzo di coordinamento costante tra tutti gli stakeholder, anche al fine di utilizzare al meglio le opportunità di finanziamento a valere su programmi comunitari e da parte delle istituzioni finanziarie.
- **Domanda e offerta di GNL:** l'approntamento di un adeguato sistema infrastrutturale per il bunkering di GNL a livello portuale e retroportuale impone una adeguata valutazione della domanda di GNL da parte degli armatori e degli shipowner e la previsione dell'evoluzione relativa alla flotta "GNL fuelled" non solo a livello nazionale ma anche europeo. In tal senso è indispensabile valutare quali saranno le nuove connessioni commerciali e le nuove rotte che verranno servite impiegando navi a propulsione GNL. Al tempo stesso è indispensabile analizzare l'insieme di infrastrutture portuali che si stanno dotando o intendono dotarsi di sistemi di bunkering di GNL, poiché ciò determina pericolosi rischi di concorrenza tra strutture vicine.
- **Localizzazione:** la scelta dei porti ove realizzare infrastrutture per il bunkering di GNL deve avvenire considerando quanto meno: i) il sussistere di rotte commerciali rilevanti nell'ambito delle quali venga impiego naviglio per il quale sia possibile utilizzare sistemi di propulsione di tipo GNL; ii) la presenza di altri operatori economici importanti all'interno della filiera tecnologico-produttiva del GNL (per esempio: terminalisti e altri consumatori finali di GNL); iii) la morfologia attuale e prospettica delle Emission Control Areas.
- **Profilo dei porti interessati:** un ulteriore elemento critico di analisi è rappresentato dalla valutazione delle specificità e delle caratteristiche tecniche del porto potenzialmente interessato dalla realizzazione di un terminale per lo stoccaggio e il rifornimento di bunkering. Sotto questo punto di vista alcuni elementi rilevanti da tenere con considerazione sono: i) il numero di toccate-nave; ii) il tipo e la dimensione delle navi che usufruiscono dei servizi portuali.
- **Problematiche relative al prezzo del combustibile:** ovviamente, poiché la realizzazione delle infrastrutture sopra richiamate richiede importanti investimenti in impianti e



attrezzature, contraddistinte quindi dalla natura “capital intensive” e da tempi di ritorno economico-finanziario estremamente lunghi, la predisposizione di opportuni business plan atti a valutare la bancabilità delle suddette iniziative progettuali necessita di una adeguata conoscenza in merito alle condizioni di prezzo attuali e future del GNL.

- Problematiche connesse ai profili tecnologici e alla sicurezza dei terminali: uno degli aspetti più delicati connessi alla realizzazione di un terminal per lo stoccaggio e il rifornimento di GNL consiste nella valutazione dei requisiti tecnici e tecnologici dei diversi sistemi e dei componenti che costituiscono l’infrastruttura. In particolare, la presente relazione si pone l’obiettivo di analizzare i profili relativi alla sicurezza in fase di progettazione degli impianti ubicati in aree portuali e in fase di gestione delle operations connesse al rifornimento di GNL, tenuto conto della configurazione tecnologica di bunkering adottata.
- Permessi: alcune potenziali criticità possono inoltre emergere in sede di acquisizione delle autorizzazioni e dei permessi necessari alla realizzazione e/o alla gestione di impianti e terminali quali quelli sopra esaminati. In particolare, ci si riferisce alle procedure per l’ottenimento dei permessi, al soddisfacimento dei requisiti necessari sotto il profilo della valutazione e dell’assessment del rischio nonché alla gestione della sicurezza: elementi anch’essi oggetto della presente relazione.

#### **1.4 Sistemi di bunkering e filiere di approvvigionamento**

La scelta del sistema di approvvigionamento, funzione della taglia delle utenze attese e dei vincoli locali, definisce una serie di interfacce che a loro volta influenzano l’ampiezza delle zone di sicurezza, l’ingombro dell’impianto, la sua funzionalità e sicurezza. In linea di principio, considerando la filiera completa, si hanno cinque elementi, non tutti sempre necessariamente presenti, che possono interagire ed influenzare le scelte ottimali:

- L’approvvigionamento esterno, tipicamente un terminale di rigassificazione che accoglie le metaniere e dispone sia di connessione di rete CNG, sia di possibilità di trasferimento di GNL ad altri vettori. Potrebbe anche essere, ma solo per applicazione di taglia estremamente ridotta ed al di fuori dell’oggetto del presente report, un approvvigionamento di CNG e relativo impianto di liquefazione.
- Il sistema di trasporto/trasferimento nei pressi degli utenti finali. Pipeline criogeniche solo per trasferimenti locali (entro i 250m), oppure autocisterne (eventualmente container ISO), piccole navi cisterna, bettoline o chiatte.
- Uno stoccaggio intermedio nei pressi dell’utenza finale: tipicamente serbatoi di tipo C in pressione cilindrici, ospitati fuori terra, o, per larga scala, serbatoi a bassa pressione di tipo B.
- Un eventuale trasferimento secondario a breve distanza fino alla stazione di bunkering
- Il sistema di bunkering propriamente detto, che consente la fornitura del GNL alla nave, utente finale; può essere affiancato da forniture ad altri tipi di servizi (trasporto pesante su terra, utenze industriali)

Le diverse combinazioni degli elementi essenziali consentono poi una serie di combinazioni piuttosto articolata, come mostrato in Figura 1. La fase A, relativo al terminale principale di approvvigionamento GNL, così come i dettagli dei sistemi a bordo nave (E), non rientrano nell’oggetto presente analisi, che si concentrerà sulle linee guida e criteri per definire le fasi B, C e D.

Si osserva da tale figura che le strutture necessarie possono essere molto diverse, a partire da quella minimale approvvigionamento esterno – container Iso – caricamento sulla nave (A-B4-E), che potenzialmente richiede solo un piazzale di stoccaggio container e movimentazione su gru, a quelle più tipiche di sistema truck to ship TTS (A-B2-E), ship to ship STS (A-B1-E) e port to ship PTS (A-B1-C-E o A-B2-C-E).

Le soluzioni più adatte ad un servizio flessibile, in grado di alimentare con sicurezza utenze consistenti, sono tipicamente le soluzioni PTS con approvvigionamento via mare e stoccaggio intermedio (A-B1-C-E).

Per massimizzare e ottimizzare l’utilizzo di GNL, soprattutto in presenza di stoccaggi intermedi, può essere opportuno affiancare al bunkering altre utenze. Le utenze potenziali saranno diverse a seconda della disponibilità o meno di connessione alla rete di CNG. Nel primo caso l’interesse sarà essenzialmente limitato ai trasporti e movimentazioni interne al porto o all’eventuale servizio per trasporti pesanti esterni, in sostituzione del gasolio: per tali applicazioni, infatti, la bassa densità energetica per unità di volume rende impraticabile l’uso del CNG. Ogni utenza fissa, invece, troverà preferibile la connessione diretta alla rete CNG. In caso di assenza di accesso alla rete di metanodotti, invece, le possibilità diventano molto più ampie e comprendono utenze industriali e generazione di energia elettrica, sia per le esigenze portuali, sia per l’alimentazione dei servizi di bordo delle navi all’ormeggio.

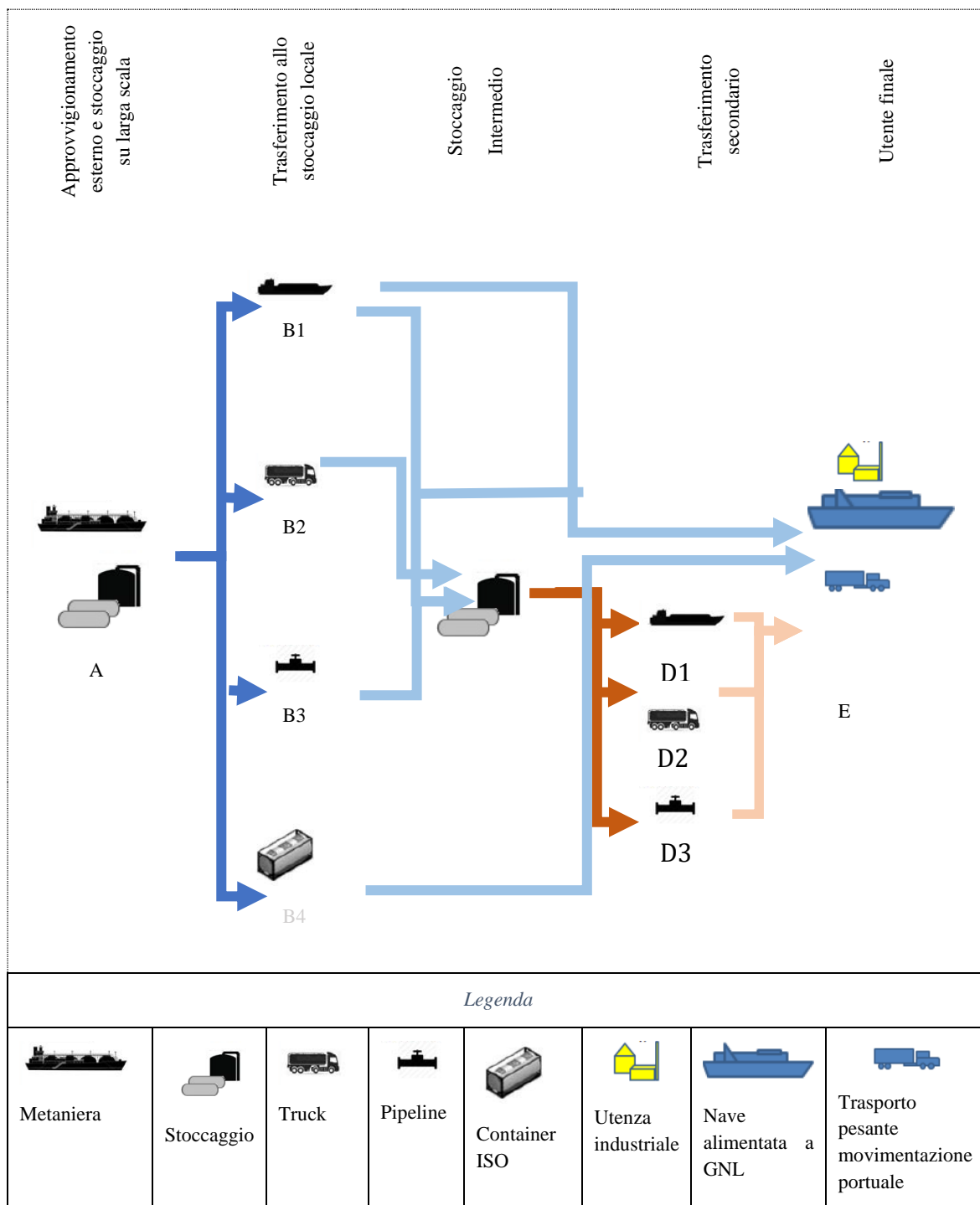


Figura 1. Filiere di bunkeraggio

## 2. Componenti di impianti e depositi portuali di GNL

Verranno ora considerati i vari elementi della catena di bunkering. Focalizzandosi sul dimensionamento e definizione dell'infrastruttura portuale, l'attenzione sarà posta non ai dettagli dei componenti tecnologici, ma ai loro impatti in termini di spazi, tempi, aggravii di gestione ed interferenza con le altre attività portuali.

### 2.1 L'utenza navale

L'uso del GNL può coinvolgere imbarcazioni di ogni taglia. Più indicate, naturalmente, le tratte con orari fissi e ripetitivi, date la relativa carenza corrente di infrastrutture. Tipicamente, traghetti e servizi di linea passeggeri, ro-ro e ro-pax e portacontainer sono possibilità, tipicamente con richieste diverse in termini di capacità, portate, criticità nelle operazioni simultanee.

Per individuare a grandi linee le caratteristiche della singola utenza, si fa riferimento anzitutto alla Figura 2, che riporta i tempi tipici, riportati in letteratura, di rifornimento 'puro', ovvero il solo tempo di trasferimento del GNL al netto delle fasi di preparazione e chiusura della procedura.

	Serbatoio [m <sup>3</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> /h]	Durata [h]	Sistema più adeguato
Imbarcazioni di servizio	50	60	¾	TTS
Ro-Ro piccola taglia	400	400	1	TTS/STS
Ro-Ro e Ro-Pax di grande taglia	800	400	2	STS
Cargo di piccola taglia	2.000-3.000	1.000	2-3	STS
Cargo di grande taglia	4.000	1.000	4	STS
Portacontainer	10.000	2.500	4	STS/PTS
Petroliere e portacontainer di grande taglia	20.000	3.000	7	STS/PTS

Figura 2. Tempi di rifornimento puro (si escludono fasi di avvio, inertizzazione etc.) (4; 5)

Per avere un valore indicativo del peso di questi ultimi, si riporta in Figura 3. Esempio di time-line per bunkering STS un esempio (6) di timesheet delle operazioni preliminari e conclusive del bunkering in un caso STS, con riferimento ad un'imbarcazione di piccola taglia.

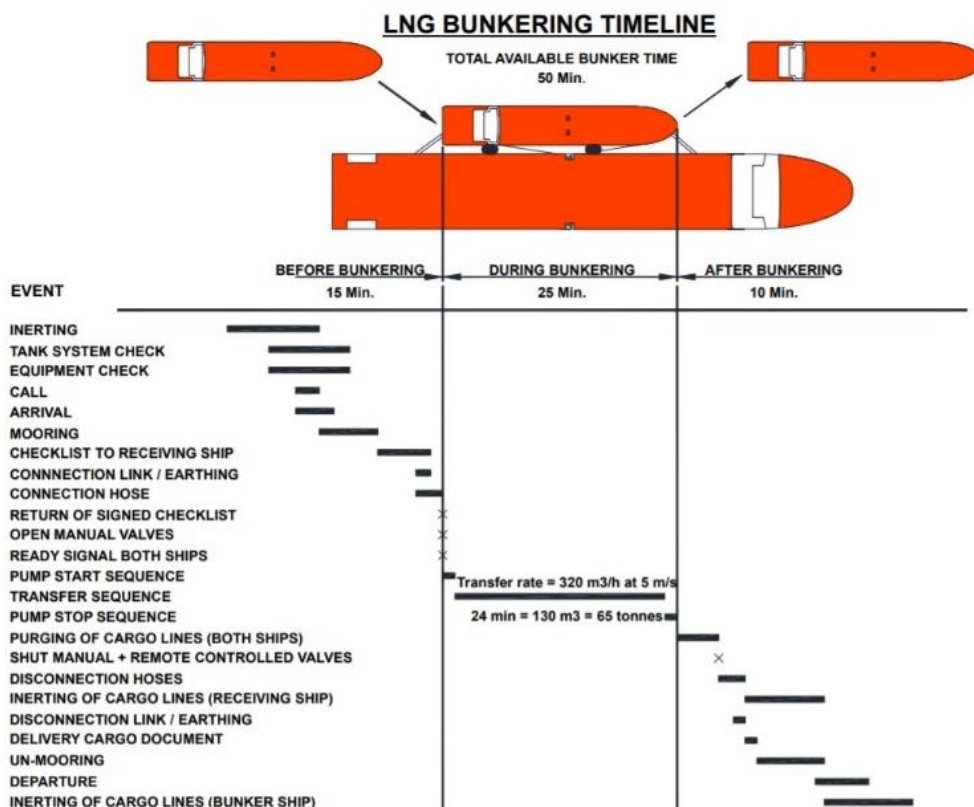


Figura 3. Esempio di time-line per bunkering STS (6)

Le dimensioni del serbatoio di bordo naturalmente determinano anche l'autonomia della nave utente. Per valutare correttamente il dimensionamento dell'impianto portuale di GNL è quindi essenziale individuare il raggio di attività dei potenziali utenti, in modo da distribuire razionalmente i punti di approvvigionamento possibili. A titolo indicativo si riportano pertanto in Figura 4 le caratteristiche, in termini di dimensione di serbatoio e autonomia, di alcune navi attualmente sul mercato.

Nome	Tank [m <sup>3</sup> ]	Teu	Stazza lorda [t]	Autonomia [nm]	Potenza [kW]	Velocità [nodi]
Kvitnos RoRo & gen. Purpose (2015)	400		9132	4300		15
WSD801400	1600	1420	16800	8800	10080	18
WSD802300	2380	2270	24100	10400	24100	17.7
WSD803800	1950	3840	41200	7750	18200	16.2
WSD842400 RoRo	2310	2400 EQ	36800	6000	26160	22

Figura 4. Dati nominali di portacontainer (dual fuel) e Ro-Ro correnti (7)

Interessante, ai fini di generalizzare i dati per valutare il dimensionamento dell'utenza da servire, riportare il percorso dichiarato per m<sup>3</sup> di GNL, così come riportato in Figura 5.

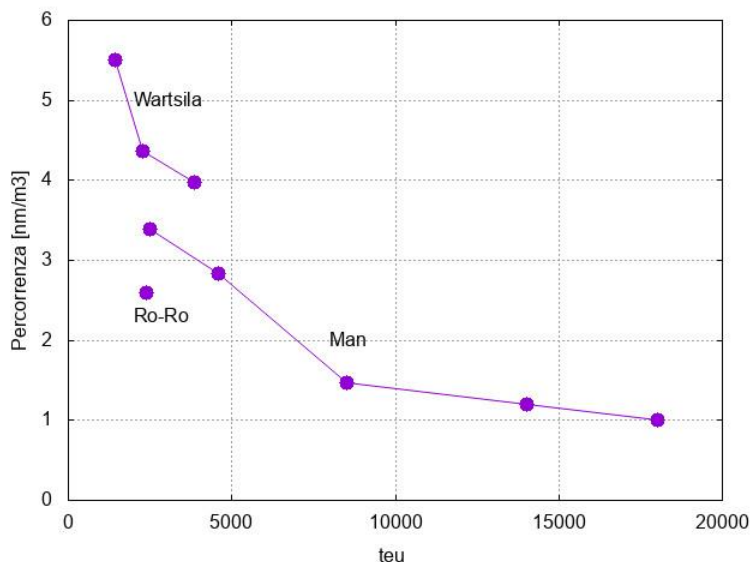


Figura 5. Percorrenza in miglia nautiche per m<sup>3</sup> di GNL in funzione del carico utile, portacontainer: elaborazione dati riportati in (8; 7)

## 2.2 Trasferimento di GNL: autocisterne e container ISO

Il caso più semplice dal punto di vista impiantistico, e con buona flessibilità, è il TTS, Truck-to-Ship, adatto però solo a esigenze modeste sia in termini di volumi trattabili, dell'ordine dei 50-60m<sup>3</sup>, sia di velocità di carico, con portate di 40-60m<sup>3</sup>/h. La pressione operativa arriva a 5-6 bar. Può essere ragionevolmente modulare, variando il numero e la frequenza di mezzi coinvolti. Ha un impatto consistente su eventuali operazioni simultanee, ingombra il molo e al crescere della richiesta crea rapidamente potenziali impatti sul traffico dell'area.

Una soluzione alternativa all'autocisterna tradizionale, che deve scaricare direttamente verso la nave o il serbatoio portuale intermedio, è data dai container ISO. Questi sono cisterne con dimensioni ed interfacce standardizzate, contenute entro una struttura di sostegno che ne consente l'impilaggio e la movimentazione in forme analoghe ai normali container. Il loro uso ridurrebbe ulteriormente la complessità di impianto, ma le taglie sono inferiori a quelle di interesse per la presente attività: un container ISO di 20 piedi (6m) contiene circa 20m<sup>3</sup>, uno di 40 piedi (12m) circa 45.

Come per ogni sistema di accumulo di GNL, un parametro significativo è il tempo di permanenza (holding time), ovvero il tempo entro il quale la sovrappressione generata dall'evaporazione del GNL (sempre presente, poiché l'isolamento termico non può essere perfetto) resta entro i limiti accettabili per la struttura del contenitore.

Il tempo di permanenza per il gas liquefatto in un contenitore ISO, a seconda delle pressioni massime, tipicamente tra 10 e 18bar, possono variare tra 50 e 80 giorni, con alcuni esempi fino a 13 giorni, con un ritmo di produzione di boil-off gas al di sotto dell'1%, fino allo 0.1%. Ciò è reso possibile da isolamenti molto spinti, con vuoto nell'intercapedine isolante dell'ordine dei  $10^{-4}$  mbar. La complessità, ed i maggiori ingombri, si trasferiscono però all'imbarcazione servita, che deve prevedere la gestione dell'interfaccia con i contenitori. Risulta pertanto adatto ad applicazioni molto specializzate, di cui non ci occuperemo.



Figura 6. Stoccaggio contenitori ISO

### 2.3 Trasferimento via nave

Il sistema STS, ship to ship, prevede una connessione diretta tra l'imbarcazione fornitrice (nave o chiatta) e la nave utente. Crescono i volumi trattabili, fino a  $1000\text{m}^3$ , e le portate raggiungono i  $1000\text{m}^3/\text{h}$ . La connessione è meno ingombrante, e facilita le SIMOPS; coinvolge costi di investimento maggiori, incluso quello relativo all'imbarcazione fornitrice; quest'ultima definisce il limite massimo di fornitura possibile. Si ha in linea di principio un elevato grado di flessibilità nella gestione portuale: il sistema STS può servire navi all'attracco, ma anche consentire il rifornimento in mare aperto, interessando quindi anche il traffico di passaggio. Nella configurazione più classica, la nave fornitrice si affianca alla nave utente dal lato opposto alla banchina: non si hanno quindi interferenze spaziali dirette con le attività di sbarco ed imbarco, ed è possibile effettuare le due operazioni in contemporanea.

La taglia massima del rifornimento è imposta dalla dimensione della nave o chiatta fornitrice, e quest'ultima deriva sia da ottimizzazioni economiche, sia dai vincoli di manovrabilità e pescaggio entro lo spazio portuale. A titolo di esempio, in Figura 7 si riportano i dati significativi di alcuni mezzi progettati per diverse taglie.

<p>FKAB L1  <b>Lunghezza fuori tutto 67m</b>  <b>Capacità GNL 800m<sup>3</sup></b>          Portata scarica 2x400 m<sup>3</sup>/h          Velocità di servizio 12.5 nodi          Potenza installata 1350 kW  <b>Pescaggio 3.5m</b></p>	
--	--



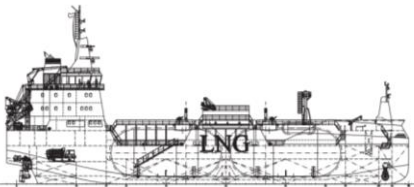
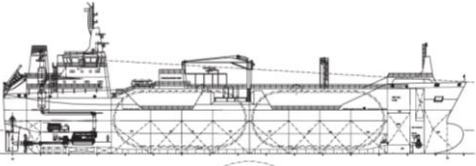
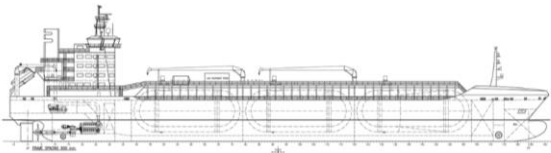
<p>WARTSILA WSD59 3K  <b>Lunghezza fuori tutto 85m</b>  <b>Capacità GNL 3000m<sup>3</sup></b>                  Velocità di servizio 12.0 nodi                  Potenza installata 3500 kW  <b>Pescaggio 4.25m</b></p>	
<p>WARTSILA WSD59 10K  <b>Lunghezza fuori tutto 125m</b>  <b>Capacità GNL 10000m<sup>3</sup></b>                  Velocità di servizio 14.0 nodi                  Potenza installata 4500 kW  <b>Pescaggio 6.6m</b></p>	
<p>FKAB L2  <b>Lunghezza fuori tutto 158m</b>  <b>Capacità GNL 16500m<sup>3</sup></b>                  Portata scarica 2x400 m<sup>3</sup>/h                  Velocità di servizio 15.2 nodi                  Potenza installata 5200 kW  <b>Pescaggio 6.2m</b></p>	

Figura 7. Esempi di metaniere per trasferimenti intermedi

## 2.4 Stoccaggio a terra

Ultimo elemento da considerare lo stoccaggio intermedio può essere pensato per diverse funzioni. Lo schema PST (port to ship) permette di arrivare a taglie maggiori, fino a 20000m<sup>3</sup> e 2000m<sup>3</sup>/h di portata di rifornimento. Adatto a progetti di grande respiro, con una utenza stabile nel tempo; la grande taglia può diventare impegnativa, in termini di aggravio del traffico portuale. È ragionevole valutare la collocazione di sistemi di questo genere in funzione della distanza da un terminale di rigassificazione, per assicurare approvvigionamento sicuro ed economico. Stoccaggi di taglia più ridotta possono invece offrire comunque versatilità consentendo di disaccoppiare nel tempo la fase di approvvigionamento e bunkering, anche nei semplici sistemi TTS.

Per piccola taglia la soluzione più frequente è con serbatoi cilindrici in pressione Type-C all'aperto. Si tratta di serbatoi cilindrici a doppio guscio, isolamento a vuoto ed in pressione. Non richiedono, nei limiti definiti dai tempi di residenza o holding time, gestione esterna dei blow off gas, rilasci a freddo o riliquefazioni. Con diametri dai 3 ai 6 metri, e lunghezze tra i 15 ed i 35 metri, e lavorano fino a pressioni di 10-17 bar (decrecenti con la taglia, per motivi di resistenza strutturale).

Volumi più elevati si ottengono collegando più serbatoi in serie, ma il tipo di struttura richiede per meri motivi geometrici aree proporzionalmente sempre più elevate. In particolare, in Figura 8 si indica la superficie occupata da un singolo serbatoio in funzione del volume contenuto, con dati di serbatoi individuati in letteratura e da cataloghi commerciali.

I tempi di residenza minimi consentiti dalle normative sono di almeno 15 giorni, ma possono crescere sensibilmente.



La modesta efficienza spaziale per gli alti volumi spinge, per depositi di grande taglia, verso serbatoi di classe B a bassa pressione (entro i 0.7 bar), che richiedono però un sistema di gestione del blow off gas, e un'attenta verifica strutturale per localizzare eventuali cricche da fatica criogenica.

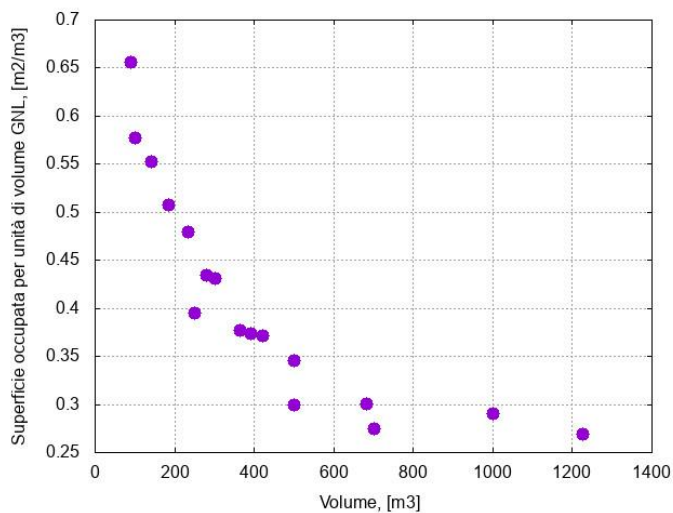


Figura 8. Superficie occupata per m<sup>3</sup> di gas contenuto, singolo serbatoio cilindrico in pressione, esempi commerciali

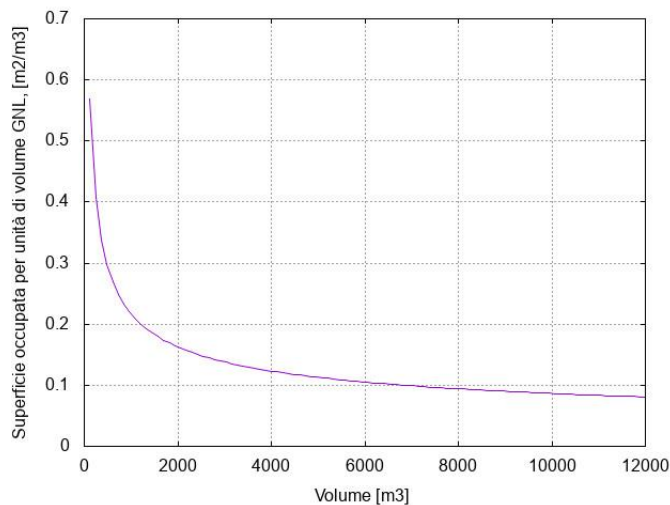


Figura 9. Superficie occupata per m<sup>3</sup> di gas contenuto, singolo serbatoio cilindrico atmosferico: spessore isolamento/contenimento 1m, altezza pari al diametro

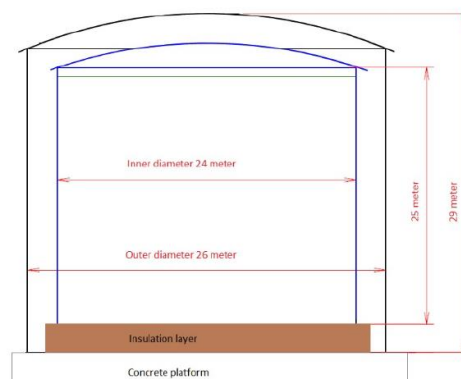


Figura 10. Esempi di serbatoi in pressione (sx) e atmosferici (dx) (9)

### 3. Macro localizzazione degli impianti e depositi portuali di GNL

La macrolocalizzazione ottimale di un'infrastruttura per bunkering da GNL è determinata da considerazioni connesse allo sviluppo della intera rete logistica interessata.

In particolare, dal punto di vista tecnico, occorre:

- Verificare la disponibilità di LNG e la sorgente di approvvigionamento più adeguata; in particolare, si tratterà di valutare la distanza dal terminale di importazione più vicino, e definire le opzioni di trasporto conseguenti.
- Valutare i potenziali utenti, in termini di richiesta prevedibile e caratteristiche di fornitura: portate, pressioni, temperature, vincoli operativi, frequenza di attracco e rifornimento, prevedibilità del servizio. Per progetti di piccola taglia si può fare riferimento a linee specifiche ripetitive, quali traghetti e ro-ro a frequenza quotidiana, che forniscono un'utenza ripetibile ed affidabile. Strutture di taglia maggiore possono rivolgersi a utenza più ampie, e richiedono quindi flessibilità più elevate.
- Scegliere l'opzione di bunkeraggio (STS, PTS, TTS, soluzione con container ISO) e verificare con l'autorità portuale le limitazioni imposte dalle altre attività presenti. Diverse soluzioni possono coesistere: in particolare, la configurazione PTS, per sua natura rigidamente legata ad uno specifico molo, con gli annessi vincoli in termini di spazi, pescaggio e rischi di interferenza con il resto del traffico portuale, può essere affiancato da un servizio STS che aumenta la flessibilità. Eventualmente considerare un'analisi di rischio per ottenere una revisione dei vincoli esistenti.
- Definire della configurazione di stoccaggio: essenziale nel sistema PTS, opzionale nel caso di TTS e STS. Richiede interazione con l'autorità portuale per la definizione degli spazi disponibili e dei vincoli di destinazione d'uso delle aree.

Le verifiche e scelte sopra descritte possono essere ricondotte alla stima e valutazione di una serie di parametri critici essenziali (10) per caratterizzare un sito ai fini di una possibile localizzazione di un impianto LNG:

Parametri correlati al mercato:

- Bilancio tra potenziali approvvigionamenti e consumi, strettamente interconnesso al dimensionamento del sistema di stoccaggio in funzione dei tempi di residenza ammessi per i serbatoi.
- Taglia del terminale, tenendo conto della possibilità di realizzare impianti modulari o scalabili, ed identificando i limiti massimi imposti
- Affidabilità dell'approvvigionamento
- Presenza di utenze on-shore
- Valutazione delle esigenze di bunkering non solo in termini di volumi, ma anche di frequenza e tempi di rifornimento.
- Caratterizzazione delle esigenze per tipologia: il traffico passeggeri, per la sua regolarità, è considerato di alto valore

- Disponibilità di reti GNC

Parametri tecnico logistici e di sicurezza:

- Caratterizzazione del traffico servibile in termini di dimensioni, manovrabilità e quindi vincoli per le banchine interessate
- Caratterizzazione dei sistemi di stoccaggio (taglia, tempi di residenza, spazi di sicurezza)
- Valutazione delle aree disponibili in funzione anche delle esigenze di sicurezza (safety zones)
- Layout portuale e facilità di accesso alle banchine interessate. Le installazioni LNG sono tipicamente all'esterno delle aree portuali principali, ma ciò non è sempre possibile.

### 3.1 Esempi di reti di bunkering e small LNG

Allo stato attuale, gli esempi di rete territoriale GNL più maturi sono localizzati in Nord Europa, ed in particolare nell'area scandinava, lungo la costa norvegese e sul Baltico (11). Nel caso norvegese, in presenza di un intenso traffico costiero tra porti e città spesso piccole e relativamente isolate, pressoché integralmente svolto in aree regolate a basse emissioni ECA, si è realizzata una rete di approvvigionamento diffusa che comprende numerose installazioni small-LNG di taglia molto piccola, alcune delle quali alimentate direttamente da installazioni off-shore nelle vicinanze. Vi sono (Figura 11) 19 stazioni di bunkeraggio, 7 stazioni di liquefazione small-scale, 2 terminali di importazione che offrono servizi accessori, 2 bettoline per LNG attive, 4 stazioni di rifornimento stradale nel Sud del paese, 1 terminale di esportazione nel Nord del paese. Il servizio TTS è sostanzialmente prevalente.

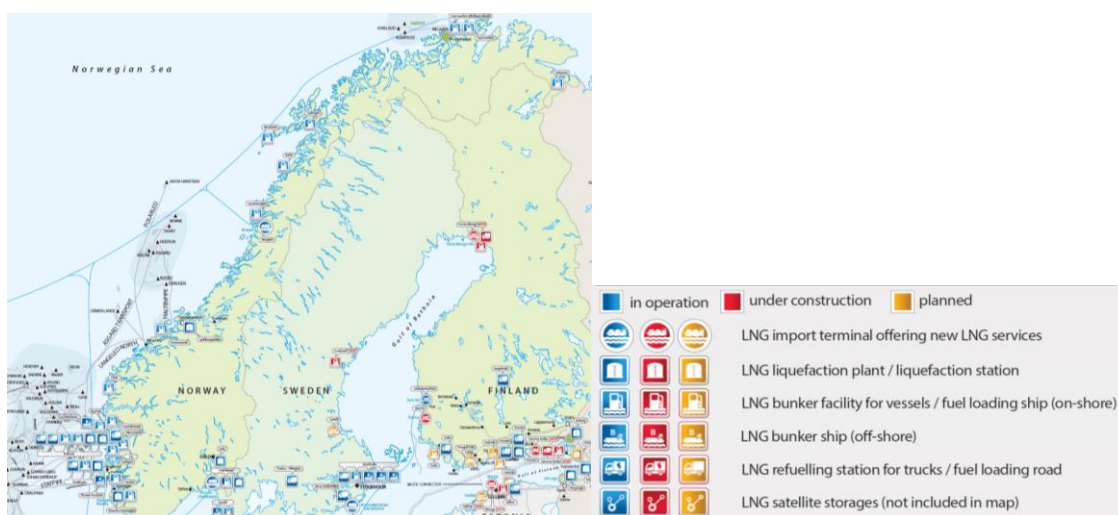


Figura 11. Esempi di rete: sistema Small Scale LNG norvegese (11)



Figura 12. Esempi di rete: sistema Small Scale LNG nel Baltico (11)

A condizioni diverse corrispondono organizzazioni diverse: nel Baltico (Figura 12), a fronte di un'area più limitata, ma di una serie di utenze a maggior densità energetica, si ha una maggior presenza di strutture di taglia maggiore, con 5 bettoline/chiatte in uso o previste ed una più nutrita presenza di terminali di importazione che offrono servizi accessori. La maggioranza delle strutture ha poi clienti differenziati, includendo, oltre al bunkering, l'alimentazione della rete locale CNG, di utenze industriali, di trasporto stradale. Gli impianti di stoccaggio distribuiti sono tutti di piccola taglia, entro i 10000m<sup>3</sup>.

In particolare, si segnala, tra i servizi coperti, la ro-pax Viking Grace, con taglia e tipologia di servizio (rotta Stoccolma – Turku, 11h di viaggio) e dimensioni è vicina alle esigenze tipiche delle rotte dell'area obiettivo tra le isole maggiori e i porti principali della terraferma.

### 3.2 Opportunità di rifornimento

Nell'interno dell'area obiettivo, o nelle sue immediate vicinanze, abbiamo la presenza di 4 terminali di rigassificazione di grande taglia: OLT di Livorno e Panigallia in Italia, e i due terminali di Tolone Fos Tonkin e Fos Cavaou (Figura 13). La rete di gas naturale compresso raggiunge già tutti i siti continentali. La possibilità di realizzare una rete nell'Alto Tirreno è già stata affrontata in progetti precedenti (2), con particolare riferimento alla possibilità di trasformazione del terminale esistente di Livorno in hub per la distribuzione di GNL via metaniere di piccola taglia (12).

È opportuno sottolineare che la linea di rifornimento di LNG può avere un peso significativo nella determinazione dell'impatto complessivo in termini di CO<sub>2</sub>, soprattutto se sono presenti schemi di trasporto (esterno o interno all'area portuale) a bassa densità ed alto impatto come le autocisterne.

Terminale	FOS Tonkin	FOS Cavaou	Livorno OLT	Panigallia
Storage [m3]	80000	330000	137000	100000
Capacità annuale [Nm3/anno]	3.00 10 <sup>9</sup>	8.25 10 <sup>6</sup>	3.75 10 <sup>9</sup>	3.4 10 <sup>6</sup>
Portata max [Nm3/h]	620 10 <sup>3</sup>	1160 10 <sup>3</sup>	592 10 <sup>3</sup>	427 10 <sup>3</sup>
Transfer STS [m3]		15000		
Transfer STS [m3/h]		4500		
Reloading small [m3] (previsto)	7500 (5000)	15000 (5000)	Previsto	In discussione
Reloading small [m3/h]	1000	4000		

Figura 13. Large scale LNG nell'area obiettivo e zone limitrofe (13)

### 3.3 Utenze e organizzazione della rete

L'area obiettivo del presente progetto è caratterizzata dalla presenza di grandi concentrazioni metropolitane e aree industriali, e anche i servizi ripetitivi ro-pax e ro-ro servono tipicamente rotte relativamente lunghe e con natanti di taglia maggiore rispetto alla maggior parte dei casi sopra descritti. Nell'area mediterranea al momento si può citare, come esempio di (singolo) servizio LNG più vicino a quelli di potenziale interesse per la nostra area, la coppia di traghetti Ro-Pax Hypatia de Alexandria e Marie Curie, in servizio tra Valencia e le Baleari: alimentati da un motore dual fuel, percorrono circa 250 miglia nautiche quotidiane con rifornimento LNG a Valencia.

Date tali condizioni, la configurazione della rete di approvvigionamento GNL può essere ragionevolmente definita nelle sue linee essenziali: in particolare, i siti di fornitura su grande scala dovranno appoggiarsi ai terminali già attivi, e gli stoccaggi/impianti intermedi saranno ragionevolmente collocabili nelle aree portuali maggiori, in modo da poter individuare possibili sinergie con altri utilizzi del GNL. Questi ultimi saranno presumibilmente limitati, nei porti continentali, a sostituzione di utenze a gasolio per trasporti e limitazioni: per altri usi, dalla generazione elettrica agli usi termici, la rete nazionale di gas naturale compresso (GNC) risulta tradizionalmente più competitiva.

Gli impianti di riferimento diventano quindi, più che le installazioni di piccola taglia del Nord Europa, i sistemi in uso nei grandi porti settentrionali.

Diversa la situazione nelle isole, dove un approdo di piccola taglia è ad esempio in corso di realizzazione ad Oristano, con una capacità di stoccaggio di 9000m<sup>3</sup> in serbatoi cilindrici orizzontali in pressione, e dove non è presente una rete di distribuzione di GNC.





Figura 14. Distribuzione infrastrutture LNG nell'area obiettivo

### 3.4 Esempi di valutazione entro l'area obiettivo

A titolo di esempio, si presentano alcune valutazioni all'interno dell'area obiettivo. Con riferimento al porto di Genova, si considerano come utenze possibili le rotte ro-pax verso le isole maggiori, scelte per le loro caratteristiche di servizio prevedibile, ripetitivo e frequente.

Il fabbisogno di GNL per le varie tratte dipenderà dalle caratteristiche delle navi coinvolte e del tipo di servizio, in particolare dalla velocità con cui opererà la nave, e quindi dalle scelte tecnico economiche dei singoli armatori.

In linea di principio, comunque, si può avere una stima grossolana del consumo di un vascello alimentato a GNL che svolga un servizio equivalente ad una nave attuale assumendo che in crociera alla velocità di servizio la potenza media utilizzata sia dell'85% della potenza installata. Ciò permette di determinare una stima del fabbisogno di combustibile per miglia nautica come

$$\dot{Q} = 0.85 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot \frac{3.6}{v} \cdot \frac{1}{\rho_{GNL} H_i}$$

Dove  $\dot{Q}$  è il consumo in [m<sup>3</sup>/nm],  $P_n$  è la potenza installata in kW,  $v$  la velocità in nodi,  $\eta$  il rendimento di conversione complessivo (assunto 0.4 per propulsori oltre i 5 MW e 0.35 per i propulsori di taglia inferiore),  $H_i$  il potere calorifico del GNL (50 MJ/kg) e  $\rho_{GNL}$  la densità del GNL (450kg/m<sup>3</sup>).

L'affidabilità della relazione è verificata con dati nominali di navi Wartsila e Remontowa, considerando Ro-Ro, Ro-pax e portacontainer, in Figura 15.

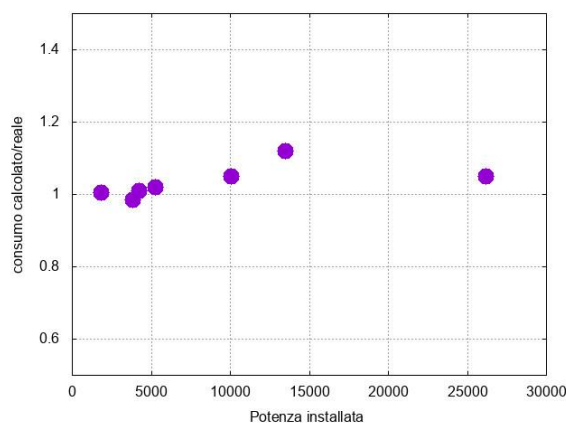


Figura 15. Confronto tra stima ed effettivo consumo per alcune navi LNG sul mercato

Il serbatoio necessario a garantire l'autonomia sarà quindi di almeno  $V = L\dot{Q}$ , con  $L$  lunghezza della tratta interessata. Nella successiva tabella riportiamo alcune delle rotte di interesse potenziale con la relativa lunghezza in miglia nautiche:

- Olbia Genova: 219 nm
- Olbia Livorno: 165 nm
- Genova Bastia: 106 nm
- Ajaccio Tolone: 149 nm
- Bastia Livorno: 61 nm
- Ajaccio Nice: 133 nm
- Ajaccio Porto Torres: 67 nm
- Livorno Genova: 79 nm

Consideriamo la rotta più impegnativa, Olbia Genova, su cui ad esempio è oggi impegnata la nave Bithia, con le caratteristiche riportate in Figura 19: la sua sostituzione comporterebbe, applicando le relazioni precedenti, la presenza a bordo di un serbatoio di almeno  $130 \text{ m}^3$  per la sola andata. Per coprire andata e ritorno con adeguati margini di sicurezza, un serbatoio di  $400 \text{ m}^3$  potrebbe essere possibile. Trattandosi di servizio quotidiano, considerando il rifornimento effettuato nel porto di partenza si avrebbe quindi una ragionevole attesa di una richiesta nell'ordine dei  $300 \text{ m}^3$  al giorno, e circa 2000 alla settimana. Si tratta, come facilmente prevedibile, di quantità importanti, che possono essere soddisfatte solo nell'ottica di un rifornimento STS, che consentirebbe, come da dati di Figura 2, un rifornimento in un tempo intorno all'ora, permettendo in contemporanea, come si discuterà nel seguito, anche le simultanee operazioni di imbarco e sbarco.

La configurazione PTS, per quanto interessante dal punto di vista della velocità di carico, avrebbe minore flessibilità, limitando ad una singola banchina il servizio agli utenti, ed imponendo compromessi inaccettabili in termini di SIMOPS.



L'architettura più adeguata, data anche la distanza dall'approvvigionamento di grande scala più vicino (Livorno, 79 miglia nautiche) che rende improponibile un traffico quotidiano di bettoline, potrebbe quindi essere un sistema del tipo A-B1-D1-E, con riferimento alla Figura 1. In particolare, piccole metaniere entro i 10000m<sup>3</sup> con frequenza settimanale o mensile tra Livorno ed un deposito intermedio all'interno o nei pressi del porto genovese, una bettolina entro i 500m<sup>3</sup> che consenta spostamenti più agevoli nei limitati spazi disponibili in area portuale per il rifornimento finale.

### **3.5 Riferimenti normativi**

Le infrastrutture portuali per GNL sono soggette ad una articolata gerarchia di normative, legislazioni e classificazioni. Il primo livello superiore è dato dalle direttive generali di indirizzo, ed in particolare dalla direttiva generale europea che promuove l'uso del GNL e la già citata 214/94/UE (1), recepita in Italia dal D.L.G.S. 257/16 (14), che fornisce le linee guida per lo sviluppo del GNL. In quest'ultimo documento si cita specificamente il caso della Sardegna, unica regione italiana non metanizzata, come area di forte interesse.

In cascata, la successiva delibera 168/2019/R/GAS (15) dell'Autorità di Regolazione per l'Energia, Reti e Ambiente stabilisce i criteri generali di regolamentazione applicabili per il servizio SSLNG fornito da terminali di rigassificazione che offrono anche servizi SSLNG e depositi di stoccaggio di GNL connessi alla rete di trasporto e dotati di impianti funzionali al processo di rigassificazione ed all'immissione in rete di gas naturale.

Ad un livello inferiore si colloca la normativa tecnica. Limitandoci all'ambito delle infrastrutture portuali, poiché i dettagli dal lato nave sono oggetto di altri documenti, oltre al quadro generale offerto dal codice ISPS (16), "The International Ship and Port facility Security code" e dalla direttiva Seveso III (17), che copre i depositi oltre le 50 tonnellate, le linee guida per l'installazione di strutture di bunkering, con riferimento alle infrastrutture a terra, sono riassunte nella norma ISO/TS 16901 (18) del 2015, che inquadra i problemi di sicurezza connessi alle strutture on-shore fino all'interfaccia con la nave e ISO/TS 18683 (19) del 2015, che riporta le linee guida sui requisiti minimi del progetto e gestione delle bunkering facilities,

A livello di standard europei, la EN1473 (20) del 2017 definisce linee guida per installazioni a terra che coinvolgano la liquefazione, lo stoccaggio, la gassificazione, il trasporto ed il transito di LNG. La EN 1532 (21) del 1997 regola la sicurezza nel transito di metaniere entro l'area portuale ed il loro scarico; è focalizzata sui terminali di grande scala.

La EN 13645 (22) del 2002, invece, copre il progetto e la costruzione di impianti di stoccaggio onshore tra le 5 e le 200t, mentre le installazioni di taglia superiore sono considerate nella EN 1473:1997 (23).

Linee guida sono anche state rilasciate dalle società di classificazione, ed in particolare IACS, DNV, ABS. In Figura 16 si riporta un quadro riassuntivo (24) delle principali norme e standard coinvolti, evidenziando ciò che è più direttamente correlato al versante portuale. Una rassegna più completa è riportata in Appendice.

A livello nazionale, in Italia non si ha un corpus di norme esplicitamente dedicato al GNL, ma il Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile) ha emesso due documenti di linee guida relative rispettivamente alle installazioni di stoccaggio al di sotto (25) e al di sopra (26) delle 50 tonnellate. Tali linee guida sono centrate sull’analisi di rischio e sul layout dell’impianto e dei suoi elementi potenzialmente pericolosi.

Documenti utili come riferimento aggiornato sono anche le linee guida di sicurezza e gestione emesse rispettivamente dai porti di Helsinki (27) (2017) e Göteborg (28) (2017).

Norma – Standard	Porto	Interfaccia bunkeraggio	Nave rifornita	Formazione	Risk assessment
<b>IGF code:</b> International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fuelled vessels			X		
<b>IGC code:</b> International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	<b>Bunker ship</b>				
<b>SEVESO III Directive 2012/18/EU:</b> On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	<b>Terminal Tank</b>	X			X
<b>ADR 2017:</b> European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	<b>Truck-Vehicle</b>			X	
<b>ADN 2017:</b> European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	<b>Bunker ship</b>			X	
<b>ISO 18683:</b> Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.		X		X	X
<b>ISO 16901:</b> Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X			X
<b>ISO 20519:</b> Ships and marine technology -Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	<b>Terminal Bunker ship</b>	X		X	X
<b>ISO 28460:</b> Petroleum and natural gas industries - Installation and equipment for LNG -- Ship-to-shore interface and port operations.	<b>Bunker ship</b>	X		X	
<b>EN 1473:</b> Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	<b>Tank</b>				X
<b>EN 13645:</b> Installations and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	<b>Tank</b>				

<b>EN 1474-2:</b> Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2: Design and testing of transfer hoses.		X			
<b>EN 1474-3:</b> Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.		X			
<b>NFPA 59°:</b> Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	<b>Terminal Tank Truck- Vehicle</b>			X	

Figura 16. Elenco norme e standard

### 3.6 Processi autorizzativi

L'iter autorizzativo rappresenta un elemento importante per la definizione di un progetto di bunkering LNG. Al di là delle specifiche esigenze nazionali italiane e francesi, è opportuno inquadrare il processo nelle sue esigenze concettuali fondamentali, come proposte nello schema europeo (4). Essenziale è prevedere, nel corso dell'iter, la partecipazione dell'opinione pubblica, poiché la sua opposizione è spesso decisiva per l'insuccesso del processo. Il dialogo con i principali stakeholder è quindi un passo obbligatorio.

Le singole legislazioni nazionali si rifanno ai due fondamentali strumenti europei definiti dalla direttiva **EIA** e dalla direttiva **Seveso**.

I passi essenziali, che richiedono autorizzazione, riguardano

1. Valutazione di impatto ambientale
2. Permessi per stoccaggio di materiale pericoloso
3. Permessi per il trattamento di materiale pericoloso
4. Concessioni edilizie

Il processo prevede quindi una serie di passi successivi, a cominciare da una **fase preliminare** di individuazione dei contenuti necessari a soddisfare le richieste del processo autorizzativo, la **preparazione dei documenti** da sottoporre all'autorità competente, la **verifica della completezza** della richiesta da inoltrare, il processo di **consultazione pubblica** formale che coinvolge il proponente, le autorità interessate e i principali stakeholder, la **fase di decisione** ed eventualmente il possibile **appello e ricorso** da parte degli stakeholders, dopo che il permesso è stato concesso.

In particolare, per il caso italiano (12), risultano necessarie:

1. Verifica degli aspetti ambientali – VIA e AIA – Ministero dell'Ambiente
2. Verifica degli aspetti di sicurezza – Rapporto di Sicurezza da parte del CTR – Comitato Tecnico Regionale

3. Verifica degli aspetti marittimi e di sicurezza della navigazione - Ordinanza di Sicurezza della Navigazione e Regolamento delle Attività del Terminale - Capitaneria di Porto
4. Verifica degli aspetti fiscali e doganali – Agenzia delle Dogane
5. Modifica del Decreto Ministeriale di costruzione ed esercizio del Terminale - Ministero dello Sviluppo Economico

## **4. La microlocalizzazione degli impianti LNG**

### **4.1 Generalità**

La proposta e approvazione della micro-localizzazione dell'impianto di bunkering all'interno dell'area portuale è tipicamente parte delle responsabilità dell'autorità portuale locale, e deve tener conto di una lunga serie di possibili fattori e vincoli. In particolare, si tratta di considerare:

1. Il tipo di nave che presumibilmente verrà servita dall'impianto
2. La scelta del sistema di bunkering (TTS, STS, TPS)
3. La possibilità di operazioni simultanee al bunkering (imbarco/sbarco passeggeri, carico/scarico della nave)
4. In analogia alla verifica delle SIMOPS, la possibilità di coesistenza con altre attività potenzialmente rischiose nelle vicinanze
5. La profondità disponibile presso il molo di attracco
6. La possibilità di doppio ancoraggio
7. La sicurezza nautica, considerando anche le necessità di manovra all'interno del bacino
8. Frequenza e tipo di traffico navale, anche per controllare l'eventuale rischio di collisioni
9. Lo spazio necessario al passaggio delle imbarcazioni, tenendo conto delle safety zones e ship exclusion zones richieste per la sicurezza delle operazioni
10. Eventuali impatti di variazioni di livello per le maree
11. Nel caso di rifornimento TTS, il massimo carico accettabile per il molo (per consentire il traffico dei mezzi di rifornimento)
12. La minima distanza dalle zone residenziali, in funzione delle singole legislazioni nazionali
13. L'impatto sulle altre attività portuali, sia in mare sia a terra
14. Le eventuali sinergie con altre utenze, oltre al bunkering
15. I vincoli di distanze di sicurezza rispetto ad altri tipi di attività presenti in area portuale
16. Problemi di security e limitazioni all'accesso del pubblico

### **4.2 La compatibilità urbanistica**

I depositi di GNL di taglia rilevante rientrano nel campo degli impianti a rischio di incidente, e pertanto entro il perimetro del D.M.LL.PP. 9 maggio 2001 - Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante. I vincoli di spazi e distanze sono quindi legati alla tipologia edilizia prevista nelle aree circostanti l'impianto interessate dalle conseguenze degli scenari incidentali ipotizzabili. Nei casi di nostro interesse l'impianto verrà tipicamente localizzato all'interno delle aree portuali, ovvero in zone già a carattere industriale, e quindi, al di là dei predetti vincoli di sicurezza, tipicamente non si dovrebbero avere conflitti con i vincoli previsti dagli strumenti di pianificazione urbanistica locale (piani urbanistici e paesistici).



### 4.3 L'accessibilità nautica

Per minimizzare il rischio di collisioni durante le procedure la localizzazione della stazione di bunkeraggio dovrebbe essere idealmente al di fuori dei bacini e dei percorsi portuali a maggior traffico, o di aree che richiedono manovre di accosto complesse o in spazi ristretti.



Figura 17. Esempio di localizzazione di impianto LNG di larga scala: Rotterdam

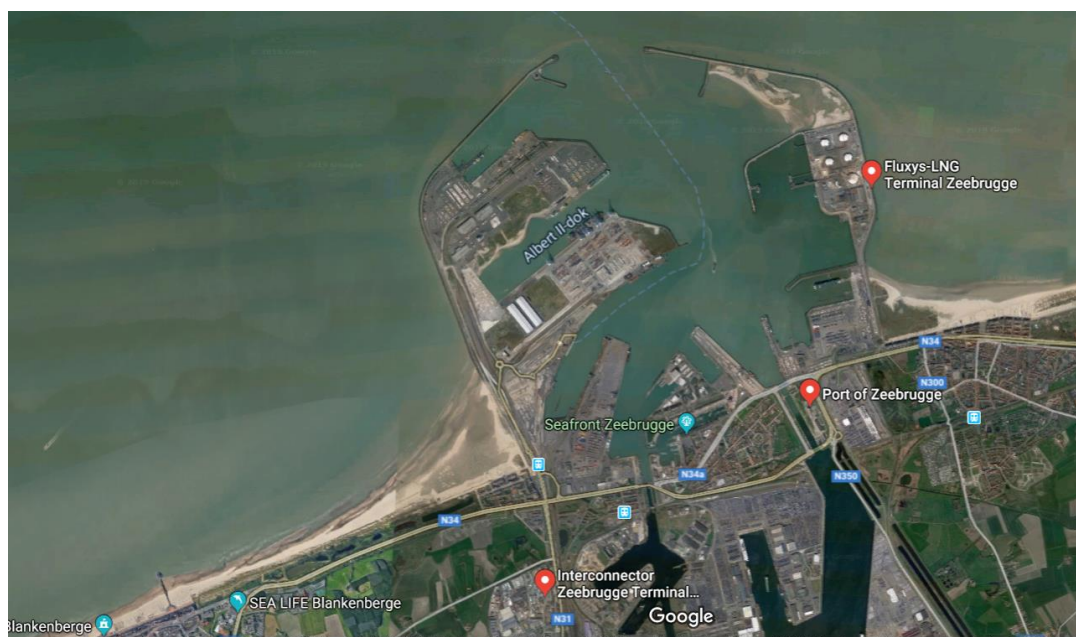


Figura 18. Esempio di localizzazione di deposito GNL: Zeebrugge

Spesso, in particolare se si guarda alle installazioni in Nord Europa, le operazioni avvengono all'esterno delle aree portuali principali, come illustrato dagli esempi delle aree di deposito di Rotterdam (Figura 17) e Zeebrugge (Figura 18).

Tale soluzione ideale non è sempre possibile: in particolare, se si hanno margini di libertà per la collocazione dei depositi intermedi di GNL, le operazioni di bunkeraggio propriamente

dette sono legate alle necessità operative della nave rifornita: tipicamente, per minimizzare il tempo di sosta, la soluzione più efficiente nel caso di una nave ro-pax è un rifornimento STS sulla banchina di attracco, da svolgersi in contemporanea con le operazioni di imbarco e sbarco dei passeggeri e del carico.

In questi casi, occorrerà un attento controllo sulle zone di interdizione e di sicurezza lato mare durante le operazioni.

In particolare, seguendo le linee guida EMSA (4), occorre tener presente due esigenze fondamentali: la vicinanza con il deposito intermedio, per minimizzare costi logistici, economici ed ambientali del trasferimento interno, e la possibilità di proteggere la locazione di bunkeraggio dal traffico principale. Si dovranno quindi identificare le restrizioni sulle aree accessibili indotte dal traffico portuale, e prevedere, in particolare nel caso di connessioni STS, un'analisi del rischio di collisione.

- Le informazioni essenziali, per permettere tale analisi, sono
- un'analisi attenta del layout portuale attuale,
- le caratteristiche (e dimensioni) sia delle bettoline e piccole metaniere che portano il GNL, sia delle navi rifornite
- la frequenza e durata attesa delle operazioni di bunkering, poiché le safety zone lato mare sono attive solo durante la fase di rifornimento.
- Informazioni sul traffico esterno alla zona di bunkeraggio (frequenze, tipologie di nave, velocità ammesse, distanze tra rotte tipiche e le installazioni
- Eventuali azioni di mitigazione del rischio: uso di rimorchiatori, piloti, limiti di velocità durante le operazioni

## 5. Il dimensionamento degli impianti e dei depositi di GNL in ambito marittimo-portuale

### 5.1 Generalità

Il dimensionamento e la scelta dei componenti effettivi dell'infrastruttura portuale sono legati alla taglia dell'impianto e dei volumi di GNL attesi. L'architettura tipica, data la presenza di numerosi porti di grande dimensione, sarà quella di un impianto di taglia significativa, con un approvvigionamento tramite metaniere di piccola scala (entro i 10000m<sup>3</sup>), un deposito locale, tipicamente, ma non necessariamente, con serbatoi in pressione fuori terra, un servizio interno al porto STS con bettoline o chiatte di piccola taglia. Può essere previsto eventualmente un servizio TTS per traffici più limitati, o per alimentare utenze secondarie. Queste ultime saranno essenzialmente i trasporti e sistemi di movimentazione portuali, dove sarà possibile sostituire il gasolio con i relativi vantaggi ambientali.

Nome	Viking Grace (LNG)	Bithia (HFO)	Hypathia (LNG)
Lunghezza	214	214	186.5
Larghezza	31.8	26.4	25
Passeggeri	2800	2700	810
Ro-ro lane [m]	1275		2180
Car lane	1000		
Potenza [MW]	31.2	51.36	20.6
Velocità [kn]	22	29	24.6
Serbatoio [m <sup>3</sup> ]	400		230
Durata tratta [h]	11	12	
Consumo tratta [m <sup>3</sup> ]	~100		

Figura 19. Caratteristiche ro-pax Viking Grace (LNG) e Bithia (HFO, in servizio Genova Porto Torres)

Per avere una stima degli ordini di grandezza dei volumi di GNL interessati, si fa riferimento ai dati in Figura 4 per quanto riguarda navi cargo, ed alla Figura 19, che riporta le caratteristiche di due imbarcazioni Ro-pax a GNL di taglia comparabile a quelle in servizio nell'area tirrenica. Si tratta della Viking Grace, in servizio tra Stoccolma e Turku nel Baltico, e della Hypathia de Alejandra, una nave molto recente in servizio tra Valencia e le Baleari.

Per quanto riguarda le utenze accessorie, a titolo di esempio si cita il consumo di gasolio per trasporti interni del porto di Genova, che come risulta da altri report di questo progetto è intorno agli 8 milioni di litri annui, sostituibili, in termini energetici, da circa 13000m<sup>3</sup> annui di GNL.



## 5.2 Dimensionamento del deposito

Come descritto nei paragrafi precedenti, per i depositi intermedi e di taglia modesta sono possibili le scelte di serbatoi in pressione o serbatoi atmosferici, dove i primi hanno un ingombro maggiore, i secondi richiedono attenta gestione del blow off-gas. Con riferimento all'esempio del porto di Genova e della rotta ro-pax per la Sardegna, le stime precedenti suggerivano un fabbisogno di 2000m<sup>3</sup> settimanali, cui se ne potrebbero aggiungere circa 250 per i servizi di movimentazione interna.

Si tratta quindi di circa 10000m<sup>3</sup> mensili, che rientrano nelle taglie tipiche di uno stoccaggio in pressione. Le massime dimensioni di tali serbatoi sono intorno ai 1500 m<sup>3</sup> e avremmo quindi 6-7 elementi. Secondo la Figura 8 avremmo un rapporto superficie/volume di 0,3, e quindi un'area sottesa ai soli serbatoi di 3000m<sup>2</sup>, per un'occupazione di suolo dell'area di stoccaggio puro di circa 5000m<sup>2</sup>, tenuto conto della necessità di distanziare i singoli serbatoi di almeno mezzo diametro. L'area effettiva occupata dal sistema risulterà peraltro molto maggiore, dovendo includere le banchine ed i sistemi di connessione con la metaniera di approvvigionamento e la bettolina verso i clienti, permettere il rispetto delle zone di sicurezza e monitoraggio che comportano tipicamente spazi aggiuntivi di ampiezza intorno ai 30m, spazi per il piping ed altro normalmente gli spazi totali impiegati (9) sono di almeno 30000m<sup>2</sup>.

Da osservare che, già per coprire la necessità di una singola rotta, le quantità di GNL sono rilevanti: facilmente, interessando altre rotte e/o servizi, si passerebbe alla necessità di stoccaggio con serbatoi atmosferici.

## 5.3 Vincoli di sicurezza e aree di controllo

Nell'ambito delle procedure e dei sistemi per la sicurezza delle aree preposte al rifornimento di GNL e di quelle circostanti è necessario considerare anche il problema delle distanze di sicurezza e delle zone che devono essere create in prossimità delle operazioni di *bunkering*.

In particolare, la creazione di **zone di "sicurezza"** e **"precauzione"** (rispettivamente Safety Zone e Security Zone) è di fondamentale importanza per prevenire il manifestarsi di eventi incidentali o contenerne gli effetti dannosi per persone e strutture. Lo scopo principale per cui queste zone vengono definite è quello di prevenire la diffusione delle perdite di gas a seguito del danneggiamento delle attrezzature ed evitarne l'innesco.

Con il termine **safety zone** si indica l'area dove solo il personale addestrato alle operazioni di *bunkering* ha accesso e dove non sono assolutamente ammesse fonti di innesco del gas. Conseguentemente, questa zona si estende in modo tale da comprendere tutte le aree dove la probabilità che perdite di GNL comportino la formazione di miscele pericolose per strutture e personale è alta. Queste probabilità devono quindi essere preventivamente determinate in sede di valutazione dei rischi, come precedentemente indicato.

La **security zone**, invece, ha l'obiettivo di creare un'area di estensione tale da mantenere altre navi, veicoli, personale e operazioni diverse dal bunkering a distanza debita per evitare il danneggiamento della strumentazione o comunque l'interferenza con il rifornimento in corso. In questo modo, gli operatori non interessati dalle attività di bunkeraggio risultano a distanza tale da evitare ferite o danni in caso di incidente. La security zone, invero, costituisce anche un meccanismo atto a evitare che altre persone diverse dal personale impiegato nelle operazioni di bunkeraggio possano intenzionalmente danneggiare o interferire con l'attrezzatura.

Per entrambi i tipi di zona, la metodologia impiegata per identificarne i confini, le modalità di protezione e rinforzo, le procedure, il personale autorizzato ad entrarvi, i dispositivi personali di protezione e altre informazioni, devono essere indicati in appositi manuali preventivamente predisposti.

L'estensione delle zone dipende da alcuni fattori che vanno esaminati in fase di valutazione dei rischi. Tuttavia, è noto che la radiazione termica proveniente da incidenti che coinvolgono il fuoco è il principale fattore a determinare le distanze di sicurezza. Con riferimento ai rischi per le persone, si tenga presente che un flusso di:

- 5 kW/m<sup>2</sup> causa ustioni di primo grado dopo 30 secondi di esposizione nel 50% dei casi;
- 12 kW/m<sup>2</sup> causa ustioni di secondo grado dopo 30 secondi di esposizione nel 50% dei casi;
- 15 kW/m<sup>2</sup> causa la morte dopo 30 secondi di esposizione nel 50% dei casi.

Le misurazioni eseguite in relazione a questo profilo (Danish Maritime Authority, 2012) non tengono in conto eventuali protezioni fornite dal vestiario. Esse, tuttavia, consentono di identificare i valori per il dimensionamento delle aree di sicurezza in modo da mantenere a debita distanza tutte le persone non dotate di appositi sistemi di protezione e addestramento.

La procedura di calcolo delle *safety* e *security zone* presuppone il completamento di molteplici attività, tra cui rientrano le seguenti:

- determinazione della configurazione di *bunkering*;
- determinazione dei fattori che influiscono sui rischi (es. numero di tubi utilizzati parallelamente, portata, durata dell'operazione ecc.);
- massima quantità rilasciabile di GNL in linea teorica;
- conseguenze del rilascio ed effetti sulle quantità rilasciate;
- identificazione delle possibilità di incendio e della possibilità di innesco della perdita;
- determinazione delle zone soggette a radiazione termica a seguito di incendi;
- calcolo della massima diffusione della nube infiammabile;
- determinazione degli accessi per personale esterno alle operazioni (in caso di necessità), per l'equipaggio e per gli operatori addetti al *bunkering*.

Sulla base delle analisi relative ai profili sopra richiamati è possibile dimensionare le aree di pericolo e a valle di ciò determinare correttamente i confini delle aree di sicurezza vere e proprie. Se vi sono più operazioni pericolose vicine tra loro occorre garantire che le stesse non risultino sovrapposte, in quanto ciò comporterebbe un significativo incremento dei rischi.

La Figura 20 riporta un esempio di zone di sicurezza relative alle operazioni di bunkering da impianto a terra.

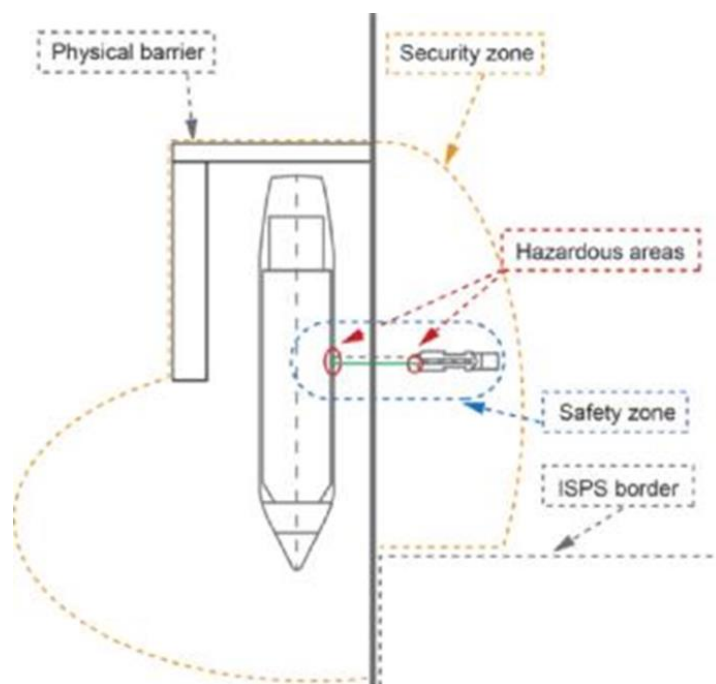


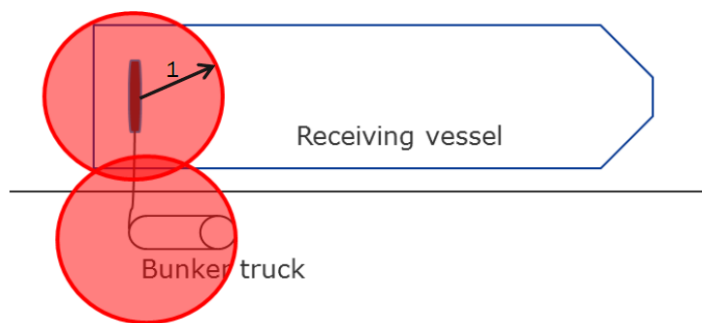
Figura 20. Safety e security zone: esempio relativo a soluzione di bunkering di tipo TPS (Stavros, 2016)

Le zone di sicurezza vengono solitamente articolate in tre diverse parti Figura 20. Safety e security zone: esempio relativo a soluzione di bunkering di tipo TPS (Stavros, 2016), in ragione del livello di criticità che le contraddistingue e quindi del grado di sicurezza che si intende seguire:

- **primo reparto:** l'accesso è consentito al solo staff adibito all'attività di *bunkering* in quanto questa è l'area che circonda le sorgenti di rischio contenenti i collettori, i tubi e le linee di ritorno del vapore. Si tratta di un'area di esclusione in cui vi sono limitazioni sia per quanto riguarda le persone che per quanto riguarda l'attrezzatura installata, che dovrà essere infatti coerente rispetto alle specifiche tecniche previste;
- **secondo reparto:** possono transitare solo personale e membri della nave con un addestramento specifico;
- **terzo reparto:** non vi è limitazione di accesso.

Tale distinzione della zona di sicurezza in tre aree non è univoca e risulta basata sul livello della radiazione termica presente, oppure, nel caso di rilasci di GNL, si basa sulla concentrazione delle nubi di vapore formatesi.

**TRUCK/ TERMINAL-SHIP**



Or Manifold Terminal

Figura 21. Topologia delle safety zones, rifornimento da banchina (29)

**SHIP-SHIP**

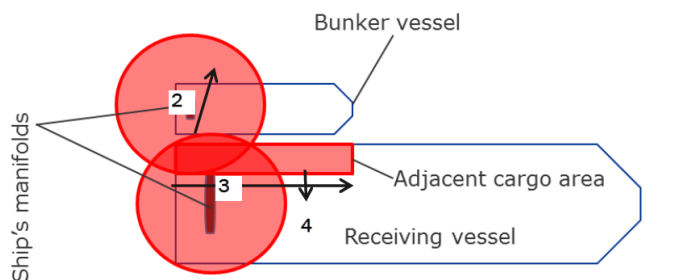


Figura 22. Topologia safety zones, rifornimento lato mare (29)

La topologia delle safety zones varia a seconda del tipo di connessione: in Figura 21 e Figura 22 si mostrano le due configurazioni con rifornimento lato banchina (da autocisterna o pipeline della stazione bunkering) e lato mare, nella procedura ship-to-ship. Si nota in Figura 22 come la safety zone lato carico, ad esempio per container, includa un intero settore del carico se anche un solo container interferisce con la detta zona.

La valutazione quantitativa delle aree di sicurezza deve essere analizzata caso per caso, in base anche alle condizioni climatiche locali, ed in particolare, alla ventosità. Come prima valutazione degli ordini di grandezza, in Figura 23 si riportano le indicazioni sulle *safety zones* relativa al porto di Göteborg, cui va aggiunto un vincolo verticale di 15m; per il caso di Antwerpen si utilizzano valori simili, con 25 m intorno alle interfacce in banchina, autocisterna-pipeline (1 in Figura 21) e 30 m intorno all'interfaccia ship-to-ship (2), cui aggiungere l'intera lunghezza della nave rifornitrice per un'ampiezza, per il caso di portacontainer, di 2 contenitori.

Tipo di natante	Lato mare	Stazione di bunkeraggio	Terminal
LNG /LPG /Tanker	25 metri	25 metri	25 metri
Container / Bulk	25 metri	15 metri	15 metri
Ro/Ro	25 metri	25 metri	15 metri
Ferries	25 metri	25 metri	25 metri

Figura 23. Ampiezza safety zone nel porto di Göteborg

#### 5.4 SIMOPS – Operazioni simultanee

Un breve periodo di sosta in porto, sia per il traffico merci sia passeggeri, rappresenta un importante elemento di forza nella gestione di una linea marittima. Dal punto di vista del solo rifornimento, se si opta per le soluzioni STS, i tempi di bunkering sono tipicamente comprimibili fino a circa un'ora per le ro-pax di medie dimensioni, e la possibilità di imbarcare e sbarcare i passeggeri durante il bunkering consente quindi di non allungare i tempi di sosta in porto. Nel caso della Viking Grace, in servizio nella tratta Stoccolma-Turku, ad esempio, l'operazione di rifornimento viene svolta in un'ora nel porto di Stoccolma. Combinato con le 11 ore di navigazione per tratta, tale tempistica consente di svolgere regolarmente il servizio quotidiano di collegamento tra i due porti.

È quindi opportuno individuare le condizioni che rendono possibili le SIMOPS. Come si è detto, l'approvvigionamento via nave risulta preferibile, poiché sposa nel lato opposto alla banchina la locazione delle aree a rischio o da proteggere. I vincoli che limitano le SIMOPS sono essenzialmente vincoli di sicurezza, e linee guida recenti a tal proposito sono riportate in (30).

Seguendo lo schema riportato in (4), si riporta in Figura 24Figura 23 uno schema delle diverse operazioni simultanee potenzialmente interessanti. In tale figura, con A si indica la movimentazione via gru del carico in contemporanea con il bunkering. Tale attività è normalmente possibile purché all'esterno della Safety zone per un margine significativo (doppio della distanza di sicurezza), mantenendo i livelli di controllo della Security zone. Se si rientra invece entro i limiti della safety zone (caso B) è opportuno condurre un'analisi di rischio specifica e impiegare misure protettive specifiche.

I casi C e D si riferiscono ad operazioni di manutenzione correttiva nella zona di interfaccia di bunkeraggio C ed all'interno della nave (D, al di fuori delle zone limitate interne). Le operazioni C sono escluse, salvo in presenza di un'analisi di valutazione quantitativa del rischio (QRA). Le operazioni D includono ad esempio manutenzione del sistema di propulsione, test dei sistemi di bordo e di allarme operazioni sulla zavorra. Al di fuori della zona di controllo, sono preferibilmente da evitarsi salvo attenta valutazione delle interazioni con il processo di bunkering.

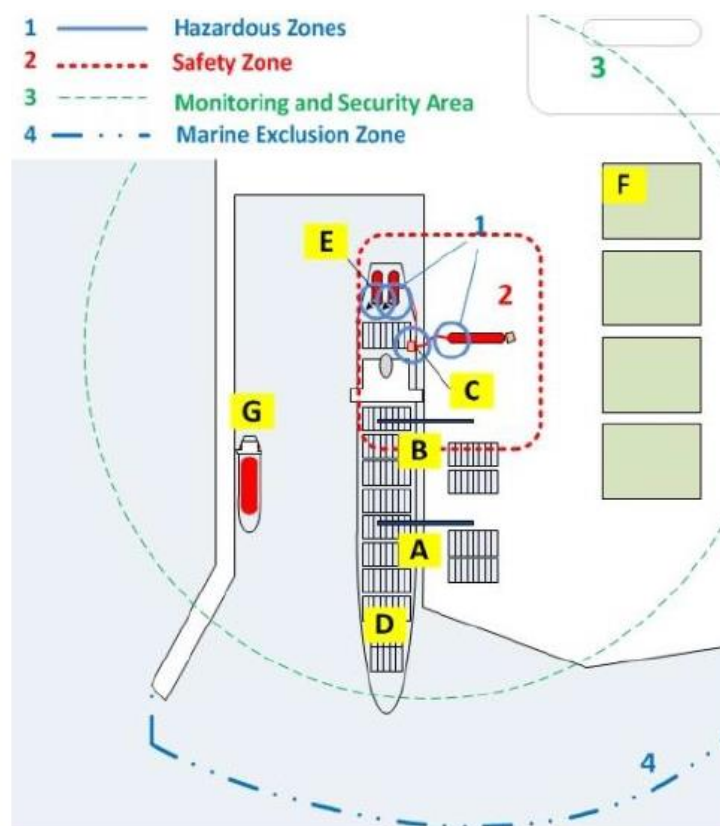


Figura 24 SIMOPS e vincoli di accesso nel caso di portacontainer

Il caso E corrisponde ad ogni operazione a bordo entro la zona di pericolo incidente. In questo caso le suddette attività sono da evitarsi, salvo attente analisi come per C.

Con F si indicano le attività entro l'area di monitoraggio più esterna. Esse vanno monitorate, definendo anche esplicitamente le responsabilità dei vari soggetti coinvolti, poiché in generale vi saranno comprese attività non di pertinenza del gestore del terminale.

L'ultimo caso G si riferisce ad attività entro la zona di controllo, ma estranee al processo di rifornimento, che coinvolgano merci pericolose. Anch'esse dovranno essere seguite identificando i vari soggetti coinvolti e le relative responsabilità, come per F.

## Bibliografia

1. UE. *DIRETTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi* . 2014.
2. MISE. *Documento di consultazione per la Strategia nazionale sul GNL*. 2015.
3. Minambiente, MISE -. *SEN 2017, Strategia Energetica Nazionale*. 2017.
4. EMSA. *EMSA Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities/Administrations*. s.l. : European Maritime Safety Agency, 2018.
5. Vandebroek, L. e Berghmans, Jan. *Chain analysis: Supplying Flemish ports* . 2012.
6. SMFT. *LNG Bunkering Ship to Ship procedure*. s.l. : Swedish Marine Technology Forum.
7. Wartsila. *WSDXXX ships datasheets*.
8. MAN. *Costs and Benefits of LNG as Ship Fuel for Container Vessels*.
9. Sweden, SSPA. *LNG in Baltic Sea Ports: LNG Handbook*. 2015.
10. DMA. *North European LNG Infrastructure Project*. s.l. : Danish Maritime Authority, 2012.
11. GIE. *Small Scale LNG Map*. 2018.
12. MISE. *Documento di consultazione per la Strategia nazionale sul GNL, Allegato 2*. 2015.
13. GIE. *LNG Map*. s.l. : Gas Infrastructure Europe, 2019.
14. *Decreto Legislativo 16 dicembre 2016, n. 257*. 2016.
15. ARERA. *168/2019/R/GAS Criteri di regolazione delle condizioni, anche econodi accesso e di erogazione dei servizi offerti mediante depositi di stoccaggio del GNL e disposizioni in materia di separazione contabile per i servizi small scale LNG*. 2019.
16. IMO. *ISPS Code (2004): The International Ship and Port facility Security code*.
17. EU. *Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC*. 2012.
18. ISO. *ISO/TS 16901:2015 Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface*.
19. —. *ISO/DTS 18683, Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships*.
20. EN. *EN 1473 Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations*. 2017.
21. —. *EN 1532 Installations and equipment for liquefied natural gas - Earth-ship interface*. 1997.
22. —. *EN 13645 Installations and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T*. 2002.
23. —. *EN 1473: Installation and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations*. 1997.



24. program, Super-LNG. *Report on International Regulations and Technical Standards for LNG in Maritime Activities*. 2019.
25. VVFF. *Guida Tecnica ed Atti di Indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto (gnl) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione*. s.l. : Circolare DCPREV 5870 18-5-2015, 2015.
26. —. *Impianti di stoccaggio GNL - Guida tecnica di prevenzione incendi per l'analisi dei progetti di impianti di stoccaggio di GNL di capacità superiore a 50 tonnellate*. s.l. : Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica, 2018.
27. Helsinki, Port of. *Safety Manual on LNG bunkering Procedures for the Port of Helsinki*. 2017.
28. Gothenburg energy, Port of. *LNG Operating Regulation Including LNG Bunkering*. 2017.
29. Antwerpen, Port of. *LNG Bunkering in the Port of Antwerpen*. 2014.
30. NCOE, LGC. *Field Notice 01-2017 - Recommended Process For Analysing Risk Of Simultaneous Operations (SIMOPS) During Liquefied Natural Gas (LNG) Bunkering*. 2017.
31. ISO. *28460:2010 Petroleum and natural gas industries -- Installation and equipment for liquefied natural gas -- Ship-to-shore interface and port operations*. 2010.



## Appendice: quadro completo normative interessate

Item	Regulation - Guideline	Port side	Bunkering interface	Receiving ship	Training	Risk assessment	Italy
<b>1. High level regulations</b>							
<b>1.1 International</b>							
<b>1.1.1</b>	<b>IGF code</b> International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fueled vessels.			X			X
<b>1.1.2</b>	<b>SOLAS convention</b> International convention for the Safety Of Life At Sea.	Bunker ship		X			X
<b>1.1.3</b>	<b>STCW code</b> Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping code.	Bunker ship		X	X		X
<b>1.1.4</b>	<b>IGC code</b> International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	Bunker ship					X
<b>1.1.5</b>	<b>ISPS Code</b> The International Ship and Port facility Security code.	Terminal		X			X
<b>1.2 EU</b>							
<b>1.2.1</b>	<b>SEVESO III Directive 2012/18/EU</b> On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	Terminal Tank	X			X	X
<b>1.2.2</b>	<b>ADR 2017</b> European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	Truck-Vehicle			X		X
<b>1.2.3</b>	<b>ADN 2017</b> European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	Bunker ship			X		
<b>1.2.4</b>	<b>EU Ports Regulation 2017/352</b> Establishing a framework for the provision of port services and common rules on the financial transparency of ports	Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X				X
<b>1.2.5</b>	<b>Directive 2014/94/EU</b> On the deployment of alternative fuels infrastructure.	Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X				X
<b>1.2.6</b>	<b>Directive 2008/68/EC</b> On the inland transport of dangerous goods.	Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X				X

2.	Standards					
2.1	ISO					
2.1.1	<b>ISO 12614:2014</b> Road vehicles -- Liquefied natural gas (LNG) fuel system components.	Truck-Vehicle		X		X
2.1.2	<b>ISO 12617:2017</b> Road vehicles -- Liquefied natural gas (LNG) refuelling connector -- 3,1 MPa connector.	Truck-Vehicle				X
2.1.3	<b>ISO 12991:2016</b> Liquefied natural gas (LNG) -- Tanks for on-board storage as a fuel for automotive vehicles.	Tank				X
2.1.4	<b>ISO/TS 16901:2015</b> Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X		X	X
2.1.5	<b>ISO 16903:2015</b> Petroleum and natural gas industries -- Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection.	Terminal Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X	X		X
2.1.6	<b>ISO 16904</b> Petroleum and natural gas industries -- Design and testing of LNG marine transfer arms for conventional onshore terminals.		X			X
2.1.7	<b>ISO 16924:2016</b> Natural gas fuelling stations -- LNG stations for fuelling vehicles.	Terminal				X
2.1.8	<b>ISO/TR 17177:2015</b> Petroleum and natural gas industries -- Guidelines for the marine interfaces of hybrid LNG terminals.	Terminal Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X	X		X
2.1.9	<b>ISO 18132:2011</b> <b>Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels -- General requirements for automatic tank gauges.</b>	Tank				X
2.1.10	<b>ISO/TS 18683:2015</b> <b>Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.</b>		X		X	X
2.1.11	<b>ISO 19970:2017</b> <b>Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels -- Metering of gas as fuel on LNG carriers during cargo transfer operations.</b>	Bunker ship	X			X

<b>2.1.12</b>	<b>ISO 20088-1:2016</b> Determination of the resistance to cryogenic spillage of insulation materials.	Under development					
<b>2.1.13</b>	<b>ISO 20519:2017</b> Ships and marine technology -- Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	Terminal Bunker ship	X		X	X	X
<b>2.1.14</b>	<b>ISO 28460:2010</b> Petroleum and natural gas industries -- Installation and equipment for liquefied natural gas -- Ship-to-shore interface and port operations.	Bunker ship	X		X		
<b>2.2 CEN</b>							
<b>2.2.1</b>	<b>EN 1473</b> Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	Tank				X	X
<b>2.2.2</b>	<b>EN 1474-2</b> Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2:Design and testing of transfer hoses		X				X
<b>2.2.3</b>	<b>EN 1474-3</b> <b>Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.</b>		X				X
<b>2.2.4</b>	<b>EN 1532</b> <b>Installations and equipment for liquefied natural gas - Earth-ship interface.</b>	Terminal Bunker ship		X			X
<b>2.2.5</b>	<b>EN 12065</b> <b>Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) - Emulsifying tests for the production of medium and high expansion foam and powders for the extinguishing of liquefied natural gas fires.</b>	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X			X
<b>2.2.6</b>	<b>EN 12066</b> <b>Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Tests on insulating coatings of liquefied natural gas containment basins.</b>	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X			X
<b>2.2.7</b>	<b>EN 12308</b> <b>Installations and equipment for liquefied natural gas – Tests of suitability for the use of gaskets for flanged fittings in LNG pipes.</b>	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X			X

2.2.8	<b>EN 13645</b> Installations and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	Tank					X
2.2.9	<b>EN 16348</b> Gas infrastructure - Safety management system (SMS) for gas transport infrastructure and pipeline integrity management system (PIMS) for gas transport pipelines Functional require/nts.		X				X
<b>2.3</b>	<b>NFPA</b>						
2.3.1	<b>NFPA 59A</b> Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	Terminal Tank Truck- Vehicle			X		X
2.3.2	<b>NFPA 52</b> Vehicular natural gas fuel systems code.		X				X
<b>3.</b>	<b>Class rules - guidelines</b>						
<b>3.1</b>	<b>IACS</b>						
3.1.1	<b>IACS REC 142</b> LNG bunkering guidelines 26			X		X	
3.1.2	<b>IACS REC 146</b> Risk assessment as required by the IGF Code			X		X	
<b>3.2</b>	<b>Class</b>						
3.2.1	<b>DNVGL-RP-G105</b> Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities (recommended practice).		X			X	
3.2.2	<b>DNVGL-ST-0026:2014-04</b> Competence related to the on board use of LNG as fuel (standard).		X		X	X	
3.2.3	<b>BV NI 618 DT R00 E</b> Guidelines on LNG bunkering (guidance note).		X		X	X	
3.2.4	<b>ABS (2017)</b> Guide for LNG Bunkering.		X			X	
3.2.5	<b>ABS: LNG Bunkering Technical and Operational Advisory</b> Advisory for LNG bunkering.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X		X	
3.2.6	<b>ABS (2014)</b> Guide for propulsion and auxiliary systems for gas-fuelled ships (guide).			X		X	
3.2.7	<b>PRS rules No. 116/P</b>	Terminal Bunker ship	X	X		X	

	Bunkering guidelines for LNG as marine fuel (rule).	Truck- Vehicle Tank					
<b>4.</b>	<b>Guidelines</b>						
<b>4.1</b>	<b>SGMF</b> Guidelines for LNG bunkering safety, simultaneous operations, and personnel training.	Terminal Bunker ship	X	X	X	X	
<b>4.2</b>	<b>SIGTTO</b> Guidelines and technical notes for all procedures of LNG operating as a fuel.	Terminal Bunker ship	X	X	X	X	
<b>4.3</b>	<b>OCIMF</b> Guidelines for mooring equipment.	Terminal Bunker ship	X	X			
<b>4.4</b>	<b>OGP Draft 118683</b> Guidelines for systems and installations for supply LNG as marine fuel.		X				
<b>5.</b>	<b>Port regulations</b>						
<b>5.1</b>	<b>GOTHENBURG ENERGY PORT</b> Regulations regarding LNG cargo handling and LNG bunkering.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X	X	X	
<b>5.2</b>	<b>PORT OF HELSINKI</b> Safety manual on LNG bunkering procedures.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X	X	X	

Figura 25 Riferimenti normativi (24)