

## **Progetto TDI RETE-GNL**

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

### **Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”**



TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”



### Sommario

<b>1. DESCRIZIONE PROGETTO E OUTPUT T1.1.1</b> .....	<b>5</b>
<b>2. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T1.1.1 (LINEE GUIDA PER LA STANDARDIZZAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER IL BUNKERING).</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1. Finalità del prodotto T1.1.1</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2. GNL: natura, composizione e caratteristiche</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3. La supply chain del GNL</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4. Profili normativi e giuridici</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5. Componenti infrastrutturali e per il rifornimento di GNL</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.1. Quadro concettuale di sintesi</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.2. Unità di approvvigionamento</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5.3. Impianti di trattamento, rigassificazione e di liquefazione</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5.4. Stazione di pompaggio e pompe criogeniche</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5.5. Sistemi di piping (tubature)</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5.6. Tubi criogenici flessibili, bracci di carico e giunti girevoli</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5.7. Sistemi, valvole e componenti per la sicurezza</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5.8. Sistemi di gestione del vapore</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5.9. Impianto per l'azoto</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5.10. Serbatoi a terra e sistemi di stoccaggio di GNL</b> .....	<b>21</b>
<b>2.6. Rilevanza del Prodotto T1.1.1</b> .....	<b>22</b>
<b>3. SCHEDA DI SINTESI PRODOTTO T1.1.2 “SWOT ANALYSIS DELLE OPZIONI TECNOLOGICHE PER IL BUNKERING DI GNL NEI PORTI”</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1. Finalità del prodotto T1.1.2</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2. Aspetti introduttivi sul GNL</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2.1. Natura e composizione del GNL</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2.2. La filiera tecnologico-produttiva del GNL: cenni</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3. Analisi SWOT: profili metodologici e review della letteratura</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.1. Review della letteratura</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.2. Analisi SWOT delle tecnologie per il bunkering di GNL in ambito portuale: quadro concettuale e metodologia</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4. Analisi SWOT delle configurazioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale.</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4.1. Configurazione Truck to Ship (TTS)</b> .....	<b>31</b>
<b>3.4.2. Configurazione Ship to Ship (STS)</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4.3. Configurazione Port to Ship, Terminal to Ship o via pipeline (PTS)</b> .....	<b>36</b>
<b>3.4.4. Configurazione Mobile Fuel Tanks</b> .....	<b>38</b>
<b>3.4.5. Benchmarking e confronto tra configurazioni alternative</b> .....	<b>40</b>
<b>3.5. Applicazione dell'analisi SWOT a specifici business cases</b> .....	<b>41</b>
<b>4. SCHEDA DI SINTESI PRODOTTO T1.1.3 “BEST PRACTICES RELATIVE ALLE PROCEDURE DI BUNKERING E STOCCAGGIO DI GNL IN AMBITO PORTUALE”</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1. Finalità del prodotto T1.1.3</b> .....	<b>43</b>



**Interreg**



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



<b>4.2.</b>	<b>Business Cases di Livorno</b> .....	<b>46</b>
<b>4.3.</b>	<b>Business Case Porto di Cagliari</b> .....	<b>48</b>
<b>4.4.</b>	<b>Business Case Porto di Oristano</b> .....	<b>54</b>
<b>4.5.</b>	<b>Business Case Porto di Genova</b> .....	<b>59</b>
<b>4.6.</b>	<b>Business Case Porto di Vado</b> .....	<b>61</b>
<b>4.7.</b>	<b>Business Case Porti della Corsica</b> .....	<b>64</b>
<b>4.8.</b>	<b>Business Case Porto di Tolone</b> .....	<b>69</b>

**TDI RETE-GNL**

**Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”**



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Indice Figure

Figura 1. Il cluster INTERREG del GNL: partenariato & planning integrato dei progetti. ....	6
Figura 2. Adesione al protocollo d'intesa per la promozione, diffusione, realizzazione e accettazione sociale di una rete di distribuzione del gas naturale liquefatto in Liguria.....	7
Figura 3. Tipica configurazione di un terminale di ricezione di GNL. ....	14
Figura 4. LNG supply chain.....	15
Figura 5. Schema semplificato di linea per il bunkering di GNL.....	16
Figura 6. Sistema di gestione del vapore: schema logico.....	21
Figura 7. La filiera del gas naturale .....	25
Figura 8. Matrice SWOT-esempio di applicazione in ambito aziendale.....	29
Figura9. LNG supply chain – bunkering.....	30
Figura 10. Potenziali configurazioni di bunkering di GNL.....	31
Figura 11. Rifornimento di GNL secondo configurazione TTS.....	32
Figura 12. Analisi SWOT della configurazione TTS.....	33
Figura 13. Rifornimento di GNL secondo configurazione STS.....	34
Figura 14. Analisi SWOT della configurazione STS .....	36
Figura 15. Rifornimento di GNL secondo configurazione PTS.....	36
Figura 16. Analisi SWOT della configurazione PTS .....	38
Figura 17. ISO-container criogenici.....	39
Figura 18. Analisi SWOT della configurazione Mobile Fuel Tanks.....	40
Figura 19. Schema dei differenti metodi di bunkering di una nave .....	66
Figura 20. Step fase operativa di un'operazione di bunkering .....	67

## Indice Tabelle

Tabella 1. Prodotti previsti nell'Attività T1.1.....	9
Tabella 2. Normative GNL .....	15
Tabella 3. Ulteriori componenti del processo di bunkering .....	19
Tabella 4. Funzioni e specificità tecniche delle valvole impiegate nei sistemi di piping, ESD e ERS .....	20
Tabella 5. Swot analysis opzioni tecnologiche di bunkering di GNL: profili investigati .....	24
Tabella 6. Fasi della filiera tecnologica-produttiva del GNL-Descrizione .....	26
Tabella 7. Benchmarking e confronto tra le configurazioni tecnologiche per il bunkering di GNL .....	41
Tabella 8. Tabella sinottica best practices di ogni business case .....	45
Tabella 9. Quadro normativo per tipo di attività.....	65

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”

## 1. DESCRIZIONE PROGETTO E OUTPUT T1.1.1

Il progetto Interreg Italia-Francia Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera” (TDI RETE-GNL) è finalizzato a migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali, contribuendo alla riduzione delle emissioni attraverso il supporto alla pianificazione e allo sviluppo di infrastrutture per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dall’area di Programma. L’obiettivo perseguito è infatti quello di favorire l’impiego del gas naturale liquefatto (GNL) come combustibile alternativo per il trasporto navale, con riferimento a diverse tipologie di naviglio. Il progetto TDI RETE-GNL è un progetto afferente alla categoria “semplice”, della durata di 30 mesi il cui partenariato è costituito da:

- ✓ Capofila: Università di Genova - Centro Italiano di Eccellenza sulla logistica le infrastrutture e i trasporti (UNIGE-CIELI), Responsabile Scientifico di progetto Prof. Giovanni Satta,
- ✓ Partner 2: Università di Pisa, Responsabile Scientifico partner Prof. Romani Giglioli,
- ✓ Partner 3: Università di Cagliari -Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali (UNICA-CIREM), Responsabile scientifico partner Prof. Paolo Fadda,
- ✓ Partner 4: Office des Transports de la Corse (OTC), Responsabile partner Dott. Josè Bassu,
- ✓ Partner 5: Chambre de Commerce et d’Industrie du Var (CCIV), Responsabile partner Dott.ssa Elena Tonon.

Tenuto conto della necessità di sviluppare un approccio sistemico e integrato al problema relativo alla disponibilità di servizi di bunkering e di storage di GNL nell’ambito dei porti dell’area di Programma, il progetto ha identificato le basi comuni da adottare nello spazio transfrontaliero marittimo Italia-Francia che consentano la realizzazione di una rete di distribuzione primaria di GNL basata su caratteristiche tecnologiche omogenee e sull’adozione di procedure attinenti alle operations di bunkering che siano quanto meno note e condivise tra gli attori della relative supply chain nei medesimi porti.

Il sistema complessivo d’offerta di servizi di bunkering di GNL in ambito marittimo portuale e la relativa supply chain dovranno infatti essere pianificati (in termini di localizzazione, dimensionamento e selezione delle opzioni tecnologiche da adottare) sia dai policy makers competenti sia dei soggetti privati interessati alle suddette attività (es. terminalisti, compagnie di navigazione, ecc.), allo scopo di rispondere alle esigenze quantitative e qualitative espresse dalla domanda armatoriale e da altri potenziali utilizzatori e clienti della filiera tecnologico-produttiva. A questo fine, il progetto si è posto l’obiettivo di identificare operativamente soluzioni innovative in risposta alle esigenze di trasporto e di connessione logistica tra aree geograficamente prossime, che consentano di incrementare la sostenibilità nel lungo termine delle attività marittimo-portuali, mediante la diffusione del GNL quale combustibile alternativo.

Il progetto, attraverso lo sviluppo di specifici prodotti tecnici e scientifici dedicati (descritti e sinteticamente esaminati nel proseguo) ha conseguito gli output conoscitivi previsti in sede di definizione del formulario di progetto. Nel dettaglio, il progetto TDI RETE-GNL ha previsto la realizzazione di due output finale che consistono nella predisposizione di un report per la definizione degli standard tecnologici e delle procedure comuni per il bunkering di GNL (a cui si riferisce il presente documento), e di un piano d’azione integrato a beneficio dei porti. Complessivamente inteso, il progetto, mediante la collaborazione e l’integrazione tra i diversi partner e il continuo dialogo con gli stakeholder rilevanti, permette di definire:

### TDI RETE-GNL

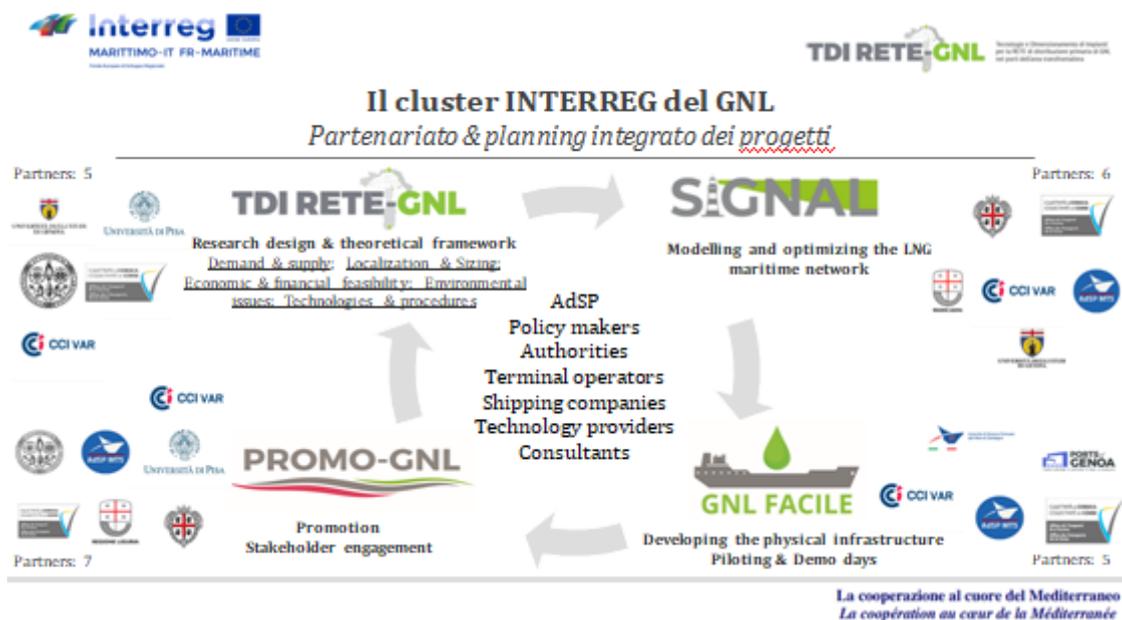
**Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”**

- le possibili soluzioni tecnologiche standardizzate nonché le possibili procedure e protocolli operativi condivisi da applicare nell’ambito delle attività di rifornimento e stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma (Componente T1 “Linee guida per la standardizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”);
- uno studio propedeutico alla realizzazione di un piano d’azione comune per i porti che consideri simultaneamente la possibile localizzazione e il dimensionamento (ottimale) degli impianti/depositi della rete di distribuzione primaria, verificandone le esternalità e la sostenibilità finanziaria (Componente T2 “Predisposizione del Piano d’azione comune integrato per la pianificazione e lo sviluppo di impianti per il bunkering di GNL nei porti dell’area di Programma”).

Nel portare avanti le azioni e gli obiettivi progettuali comuni, il partenariato del progetto TDI RETE-GNL ha sempre perseguito un approccio sistemico prevedendo durante la vita del progetto molteplici azioni di capitalizzazione e diffusione dei risultati.

Ciò è avvenuto attraverso l’attività di coordinamento tecnico e scientifico rispetto al CLUSTER GNL (progetti del II Avviso Interreg Marittimo Italia Francia :TDI RETE-GNL, SIGNAL, PROMO, GNL FACILE), ma anche mediante la partecipazione a vari eventi organizzati nell’ambito Westmed- Blue Economy Initiative-National Hub, supportato dalla Commissione Europea (si veda in tal senso la partecipazione all’Euromaritime di Marsiglia), e il coinvolgimento in altre iniziative di collaborazione quali la partecipazione al tavolo di dialogo con il MIT e MISE per individuare nuovi scenari nell’ambito della cooperazione sulle tematiche del GNL.

Figura 1. Il cluster INTERREG del GNL: partenariato & planning integrato dei progetti.



Inoltre, il Capofila di Progetto UNIGE-CIELI ha aderito in qualità di soggetto firmatario insieme a Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e Orientale, Capitaneria di Porto, Città Metropolitana e Comune di Genova e altre istituzioni al protocollo d’intesa per la

**TDI RETE-GNL**

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”

promozione, diffusione, realizzazione e accettazione sociale di una rete di distribuzione del gas naturale liquefatto in Liguria, a partire dal 2 dicembre 2019<sup>1</sup>.

*Figura 2. Adesione al protocollo d'intesa per la promozione, diffusione, realizzazione e accettazione sociale di una rete di distribuzione del gas naturale liquefatto in Liguria.*



Tanto premesso, il presente documento costituisce l'output di progetto T1.1.1 "Linee guida per la standardizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma", ovvero la sintesi e la rilettura in chiave analitica dei diversi prodotti tecnici sviluppati dal partenariato nell'ambito dell'Attività T1.1 di cui alla componente T1. Detta attività, in particolare, è stata finalizzata a fornire: le principali linee guida con riferimento alle procedure di bunkering e stoccaggio di GNL ai gruppi target e agli stakeholders di progetto; gli strumenti manageriali a supporto di decisioni complesse in merito alle possibili opzioni di scelta di tecnologie per il bunkering/storage i GNL in ambito marittimo-portuale (SWOT analysis); le possibili procedure operative e le migliori best practices da impiegare su base comune italo-francese nell'ambito del cluster di porti di cui all'Area Obiettivo.

L'utilità e la validità dell'Output dipendono anche dall'effettiva capacità di diffondere e disseminare i risultati di ricerca in oggetto, raggiungendo in modo mirato i diversi gruppi target e le varie categorie di stakeholders di natura pubblica, privata o mista che risultano interessati dalle attività in esame.

Proprio per questo, l'Attività T.1.1, la predisposizione dei relativi prodotti e la formulazione dell'Output T.1.1.1 sono state progettate e sviluppate in stretta collaborazione fra tutti i partner di progetto che hanno concorso ai risultati finali e si sono occupati, ciascuno per la parte di competenza di sviluppare un network tecnico funzionale a ottenere un'ampia disseminazione sul territorio transfrontaliero dei risultati tecnici e scientifici condivisi e la massima diffusione degli standard tecnologici e delle best practices operative e gestionali da impiegare nell'ambito degli impianti in esame.

L'output poggia sulla realizzazione di una serie di studi congiunti tra loro integrati al fine di pervenire a un documento di sintesi che presenta una struttura logica «a scheda». Tale soluzione formale, scelta

---

<sup>1</sup> Il protocollo siglato rappresenta un unicum nel territorio nazionale e ha l'obiettivo di introdurre il GNL come carburante alternativo per attività portuali più rispettose dell'ambiente e fornire una risposta alla crescente domanda di GNL lato-terra, oltre che rappresentare un quadro interpretativo unitario per spiegarne i vantaggi in termini ambientali e di sicurezza. Il protocollo, inoltre, consente agli attori che lo hanno firmato di partecipare attivamente all'individuazione di luoghi dove collocare eventuali impianti di bunkeraggio e storage per la domanda lato-mare.



**Interreg**



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dal partenariato, è strettamente funzionale a far sì che il documento possa diventare uno strumento “agile” e “smart”, ma al tempo stesso tecnicamente dettagliato, per veicolare i risultati di progetto alle diverse categorie di gruppi target e di stakeholders che presentano fabbisogni informativi, competenze tecniche, know-how ed esigenze funzionali rispetto al tema di GNL assai eterogenee.

La struttura formale scelta risulta anche congeniale alla necessità di mettere a disposizione dei suddetti gruppi target e stakeholder una serie di strumenti analitici a supporto dei processi decisionali che risultino sufficientemente snelli ed efficienti da assicurarne la natura user-friendly e l'efficacia di impiego. Detto profilo appare particolarmente rilevante se si considera che tali strumenti devono anche consentire di supportare i policy makers nell'ambito delle decisioni relative alle tematiche del GNL nel contesto marittimo-portuale. Ovviamente, oltre al presente output di progetto, rimane la possibilità per tutte le categorie di gruppi target e di stakeholder di consultare ed esaminare i singoli prodotti tecnici di progetto che fanno parte dell'Attività T1.1. e quindi sono documenti finali a supporto dell'Output T1.1.1. La relativa documentazione è infatti disponibile presso la sezione dedicata a TDI RETE-GNL della piattaforma web messa a disposizione dal Programma INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

È inoltre appena il caso di evidenziare che, tenuto conto della natura dei principali partner di progetto e del ruolo del progetto medesimo rispetto al cluster GNL, le attività, i prodotti tecnici e gli output finali di TDI RETE-GNL, presentano anche un valore e una rilevanza di natura accademica e scientifica, che risulta significativa rispetto all'imparzialità dei risultati e alle finalità di ricerca. Larga parte dei findings, infatti, hanno avuto validazione tecnica e scientifica attraverso la condivisione e il feedback ottenuto nell'ambito di importanti consessi accademici e scientifici quali The International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019 di Atene, la IAME Conference 2020 di Hong Kong e la partecipazione a eventi quali la Genoa Shipping Week del 2019, la Conferenza GNL del 2019 e la Naples Shipping week del 2020.

Sempre con riferimento alla natura condivisa e partecipativa del progetto, è necessario evidenziare come lo stesso poggi sul coinvolgimento di gruppi target identificati, in linea con il formulario di progetto, in 3 categorie fondamentali, ovvero:

- ✓ Organismi di diritto pubblico: il progetto ha previsto il coinvolgimento di autorità portuali e port manager ed altri enti territoriali competenti nell'ambito delle attività di definizione degli standard tecnologici e procedurali per lo stoccaggio e il rifornimento di GNL. Il coinvolgimento attivo nel progetto di organismi di diritto pubblico provenienti da diverse zone geografiche incluse nell'area di Programma rafforza la valenza transfrontaliera del progetto e diviene essenziale al fine di assicurare concrete opportunità di diffusione sul territorio dei risultati tecnici e scientifici condivisi.
- ✓ Organismi pubblici: il progetto ha previsto una strategia volta a costruire un network di relazioni esistenti tra i partner scientifico-tecnologici inclusi nell'iniziativa e una molteplicità di enti regionali e territoriali di natura pubblica interessati all'area di Programma e allo sviluppo di soluzioni nei porti di Genova, Savona, La Spezia, Cagliari, Tolone e Bastia. Il coinvolgimento attivo nel progetto di organismi pubblici ha rappresentato una fonte importante di informazioni in ragione della loro conoscenza dei territori interessati dal progetto e delle problematiche relative al GNL sia dal punto di vista della domanda di trasporto sia dei sistemi attuali di offerta di infrastrutture di trasporto legate al progetto, e per il loro potenziale ruolo nella promozione e diffusione del GNL in ambito portuale.
- ✓ Organismi privati: il progetto prevede ha visto il significativo coinvolgimento di player privati quali terminalisti, armatori, fornitori di servizi portuali operanti nelle aree portuali del Programma e anche molteplici consulenti ed esperti esterni con estese competenze sul GNL al

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma”

fine di assicurare la piena rispondenza dei profili scientifici e teorici rispetto all’effettive esigenze funzionali e tecniche empiricamente riscontrabili nell’ambito oggetto di approfondimento. Il coinvolgimento attivo di tale gruppo target ha rappresentato una fonte indiscutibile di informazione e di know how tecnico in ragione della conoscenza che questi operatori hanno in relazione alla definizione degli standard tecnologici da adottare nei singoli contesti, da un punto di vista economico e organizzativo-operativo. Questo gruppo target, unitamente ai due cluster precedentemente descritti, ha quindi contribuito alla identificazione dei protocolli operativi e dei più idonei siti di stoccaggio e distribuzione del GNL in relazione ai porti in esame.

Più nel dettaglio, la Componente T1 “Standard tecnologici e procedure operative per impianti di rifornimento/ stoccaggio di GNL in ambito portuale” è finalizzata a raggiungere “l’obiettivo specifico 1” del progetto che consiste nell’identificazione di soluzioni tecnologiche da applicare per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma, che siano basate su standard e procedure condivise.

All’interno della Componente T1 è prevista l’Attività T1.1 “Analisi dello stato dell’arte in merito alle opzioni tecnologiche e alle componenti impiegate nell’ambito di sistemi di alimentazione e bunkering di LNG e definizione di standard tecnologici e procedure condivise”.

Detta attività tecnica ha condotto all’esame sulle principali criticità e dei vantaggi connessi alle configurazioni di bunkering di GNL in ambito portuale (Truck-to-Ship; Ship-to-Ship; Port-to Ship; Mobile Fuel Tanks) in ragione dell’attuale stato dell’arte dell’industria. L’attività, inoltre, si è concretizzata nell’analisi sotto il profilo tecnico e ingegneristico delle diverse componenti impiantistiche relative a ciascuna soluzione tecnologica richiamata e nello sviluppo di un patrimonio di conoscenza comune e condiviso in merito alle opzioni tecnologiche. Dal punto di vista operativo, inoltre, le attività di ricerca hanno consentito di delineare specifiche linee guida per la standardizzazione delle tecnologie e delle procedure operative per il bunkering e lo storage di GNL nell’area di Programma, non solo in relazione agli specifici requisiti “tecnici” che sono ovviamente soggetti a sistemi ufficiali di certificazione a livello nazionale e sovranazionale, ma anche dal punto di vista delle dimensioni gestionali ed organizzative che si traducono nelle “operations” concretamente realizzate e dal punto di vista della condivisione di buone pratiche e di casi si studio effettivamente rilevanti rispetto alle specificità locali dei porti dell’area obiettivo. La successiva Tabella 1 riporta gli elementi di dettaglio relativi ai 3 prodotti tecnici previsti a formulario in relazione all’Attività tecnica T1.1.

*Tabella 1. Prodotti previsti nell’Attività T1.1*

<b>Prodotto numero</b>	<b>Titolo del Prodotto</b>	<b>Descrizione del Prodotto</b>
Prodotto T1.1.1	Report linee guida per la standardizzazione delle tecnologie per il bunkering	Documento di sintesi (report) per la diffusione delle principali conoscenze di base attinenti alle diverse componenti di un sistema di bunkering per il GNL in ambito portuale.
Prodotto T1.1.2	Swot analysis delle opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL nei porti	SWOT analysis relativa alle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale. Il documento in oggetto costituisce la preconditione per la definizione delle linee guida di standardizzazione delle tecnologie per il GNL.
Prodotto T1.1.3	Best practices relative alle procedure di bunkering e stoccaggio di GNL in ambito portuale	Documento di sintesi relativo alle best practices connesse alle procedure di bunkering e di stoccaggio nell’ambito di impianti GNL in ambito portuale. Il documento considererà disgiuntamente le procedure attinenti alle varie opzioni tecnologiche.

Il presente documento in cui si sostanzia l'Output T1.1.1. di progetto, nei successivi capitoli, riporta in modo analitico ma sintetico i principali risultati connessi ai singoli prodotti tecnici richiamati, impiegando, come già indicato la struttura logica e la forma della “scheda di sintesi”.

Prima di procedere nell'analisi di dettaglio, si precisa che, ciascuno dei suddetti prodotti tecnici (T1.1.1., T1.1.2, T1.1.3), nella loro versione estesa integrale, sono stati presentati nell'ambito del Workshop sul piano di azione comune e integrata per il GNL intitolato “Presentazione dei risultati della Componente T1 e diffusione delle Linee guida per la standardizzazione delle soluzioni tecnologiche e delle procedure operative per lo stoccaggio/rifornimento GNL presso i gruppi target” che ha coinvolto in modo proattivo e proficuo tutti i partner di progetto, i rispettivi consulenti esterni e i rappresentanti degli stakeholders e dei gruppi target. L'evento richiamato ha avuto luogo il 24 gennaio 2020 a Bastia e ha visto tra gli altri la fattiva e collaborativa partecipazione di: Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale Mar Ligure Orientale, Autorità di Sistema Portuale Mar Ligure Occidentale, Autorità di Sistema Portuale del Mar di Sardegna, Capitaneria di Porto-Autorità marittima della Spezia, Autorità di Sistema portuale Mar Tirreno Settentrionale, nonché esperti e consulenti esterni ufficialmente coinvolti nell'attività di progetto T1 in qualità di provider di servizi esterni di consulenza a beneficio dei partner di progetto UNIGE-CIELI, CCIV e OTC, ovvero AMP Solutions Srl, Tractebel, Gazocean, Elengy e SeeUp.

Si precisa altresì che all'evento in oggetto hanno partecipato anche molteplici stakeholders rilevanti quali i rappresentanti di: Conferenza GNL, Assocostieri, Assogasliquidi/ Federchimica, REF-E, National HubWestMed Blue Economy Initiative. Tutti i soggetti richiamati hanno concorso, mediante indicazioni puntuali, integrazioni, suggerimenti, riflessioni comuni condivise a fornire feedback puntuali sui prodotti in esame allo scopo di assicurare l'upgrading e la validazione tecnica di settore dei prodotti in oggetto.

## 2. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T1.1.1 (LINEE GUIDA PER LA STANDARDIZZAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER IL BUNKERING).

Nell'ambito delle attività di cui al prodotto T1.1.1 "Linee guida per la standardizzazione delle tecnologie per il bunkering" rientra la predisposizione, realizzazione e il fine-tuning dei report e della documentazione che è stata realizzata, secondo quanto previsto nel formulario da:

- CF: UNIGE-CIELI (con l'apporto del consulente esterno AMP Solutions Srl)
- P5: CCIV (con l'apporto del consulente esterno TRACTEBEL<sup>2</sup>)

I documenti integrali realizzati sono disponibili sul portale del Programma Interreg Marittimo1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



### 2.1. Finalità del prodotto T1.1.1

Il prodotto T1.1.1 "Linee guida per la standardizzazione delle tecnologie per il bunkering" costituisce un documento di sintesi condiviso tra i partner di progetto finalizzato alla diffusione delle principali conoscenze tecniche in relazione alle diverse componenti alla base dei diversi sistemi per il bunkering e lo storage di GNL in ambito portuale. Per tali fini, il report realizzato dal Capofila e dai partner del progetto TDI RETE-GNL, anche con il supporto dei relativi consulenti esterni, chiarisce dapprima le motivazioni in virtù delle quali il GNL debba essere considerato una soluzione transitoria possibile per la riduzione delle emissioni atmosferiche e gli inquinanti in ambito marittimo e portuale, e richiama brevemente aspetti essenziali connessi a questo combustibile alternativo con un linguaggio tecnico ma comunque "accessibile" alle diverse categorie di stakeholder a favore dei quali il prodotto è pensato e concepito. In particolare, il prodotto T1.1.1. esamina la composizione e le caratteristiche principali del GNL, la filiera tecnologico-produttiva e la supply chain, i profili normativi e giuridici indispensabili che ne regolano l'impiego in ambito marittimo portuale, le diverse componenti infrastrutturali e sovrastrutturali, nonché le diverse componenti e parti d'impianto e di sistema che caratterizzano le facilities per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo portuale. Le successive sezioni forniscono una sintesi dei contenuti del prodotto in esame funzionali alla costituzione di un patrimonio comune di conoscenze con diversi livelli di dettaglio tecnico a favore dei diversi gruppi target, rimandando alla versione integrale del relativo prodotto, per una più completa ed esaustiva analisi dei contenuti tecnici di progetto.

---

<sup>2</sup> Il partner P5 CCIV ha affidato al consorzio Elengy, TRACTEBEL, Gazocéan e ENGIE Lab CRIGEN il contratto denominato Lotto n. 2: Guide per la standardizzazione delle tecnologie di bunkeraggio e per l'implementazione delle procedure di bunkeraggio e stoccaggio di GNL. Il contratto è suddiviso come segue: Esecuzione del report T1.1.1 da parte di TRACTEBEL "Linee guida per la standardizzazione delle tecnologie di bunkeraggio", esecuzione del report T1.1.3 da parte di GAZOCEAN "Buone pratiche relative al bunkeraggio e allo stoccaggio di GNL".

## 2.2. GNL: natura, composizione e caratteristiche

Il GNL è un mix di idrocarburi composto prevalentemente da metano (in misura variabile tra l'87% e il 99% in mole), seguito da altri idrocarburi più nobili, in genere il C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, azoto, tracce di zolfo (inferiore a 4 ppmv) e CO<sub>2</sub> (50 ppmv).

Il GNL è un liquido criogenico inodore, incolore e non corrosivo alla normale pressione atmosferica. Infatti, quando il GNL viene vaporizzato e utilizzato come combustibile per gas naturale, genera emissioni di particelle molto basse ed emissioni di carbonio significativamente inferiori rispetto ad altri combustibili idrocarburici. I prodotti della combustione del GNL contengono esclusivamente tracce di ossidi di zolfo e un basso livello di ossidi di azoto, di conseguenza il GNL viene considerato una fonte di energia relativamente "pulita". Il GNL è un liquido criogenico che, impiegato come combustibile alternativo, può supportare il superamento di alcune delle principali problematiche connesse all'impiego dei tradizionali prodotti energetici caratterizzati da un impatto ambientale complessivamente più significativo, determinando così effetti positivi non solo sulla riduzione delle emissioni climalteranti e inquinanti, ma anche, soprattutto in ambito trasportistico, sul rumore prodotto dai motori. Inoltre, il GNL allo stato liquido può essere facilmente stoccato e trasportato, anche via mare, grazie ad apposite navi metaniere; il che permette un'ulteriore diversificazione delle fonti di approvvigionamento, con conseguenti ricadute positive sulla sicurezza energetica nazionale. I benefici connessi all'impiego del GNL sono molteplici, sia con riferimento al relativo impiego per la produzione di energia elettrica per l'industria e per usi residenziali, soprattutto laddove l'accesso ad una rete di distribuzione non risulti praticabile, sia con focus al relativo impiego nel settore dei trasporti, ambito in cui l'utilizzo del GNL come combustibile contribuisce nel facilitare il raggiungimento degli 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. n.112/2014 e dalla Direttiva 2014/94/UE<sup>3</sup>.

Tra i principali benefici del GNL nell'industria marittima, predomina quello connesso al rispetto dei limiti legati al tenore di zolfo nei combustibili marini imposti (ad esempio, quelli imposti nelle regioni ad emissioni controllate - aree SECA – da parte delle normative concordate nel quadro dell'International Maritime Organisation o, nell'area del Mediterraneo, da parte delle legislazioni ambientali sulle emissioni da attività marittime) oppure dei limiti sempre più restrittivi in termini di emissioni di sostanze inquinanti e climalteranti in atmosfera, come gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

Purtuttavia, nonostante i possibili benefici di natura ambientale connessi all'impiego del GNL in ambito marittimo-portuale, lo stato dell'arte della conoscenza tecnica in merito a questo combustibile impone di considerarne anche i possibili elementi di rischio a cui è infatti dedicata un'intera attività di progetto (e relativi prodotti) costituita dalla T2.4 a cui si rimanda per approfondimenti. È noto, infatti, come, con il rilascio del GNL nell'ambiente, si possa creare un "effetto nube" formato dai vapori freddi che determinano la condensazione del vapore acqueo presente nell'aria, rendendo il vapore del GNL visibile a basse temperature sottoforma di nebbia e che l'effetto nube possa diffondersi con la possibilità di

---

<sup>3</sup> La Direttiva 2014/94/UE, nata nell'ambito del pacchetto "Clean Power for Transport", messo a punto dalla Commissione Europea, richiede agli Stati membri di incrementare nei trasporti l'uso di combustibili alternativi, tra i quali, infatti, il GNL, al fine di perseguire il duplice obiettivo di ridurre al minimo la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto ambientale nel settore, sia sotto il profilo degli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria, sia di riduzione delle emissioni climalteranti.

innescare un principio di incendio, una volta raggiunto il range di infiammabilità. Inoltre, una volta rigassificato il GNL acquista un elevato livello di infiammabilità.

Il punto di ebollizione del GNL varia con la sua composizione, in genere pari a  $-162\text{ °C}$ ; la densità cade tra i  $430\text{ kg/m}^3$  e  $470\text{ kg/m}^3$ , valore inferiore alla metà della densità dell'acqua.

L'esame della natura e delle proprietà del GNL ne evidenzia gli elementi di rilevanza in relazione all'impiego per la propulsione marittima (e non solo) al fine della riduzione degli impatti ambientali in ambito marittimo portuale ma consente di evidenziare la necessità di avere la consapevolezza dei possibili problemi tecnici di impiego, dei rischi e delle complessità gestionali che originano dalla manipolazione di questo combustibile (si pensi in tal senso l'importanza di garantire l'affidabilità delle attrezzature e delle componenti di impianti criogenici).

### 2.3. La supply chain del GNL

La concreta diffusione del GNL come combustibile alternativo in ambito marittimo e portuale non può prescindere, come ormai evidenziato in numerosi studi e report dalla progettazione e realizzazione in tempi certi di un'infrastruttura diffusa e capillare che assicuri agli attori economici interessati la disponibilità dei servizi di bunkering di GNL nei porti di interesse nonché l'affidabilità degli approvvigionamenti e la garanzia degli standard qualitativi del combustibile e dei servizi di bunkering in oggetto a prezzi compatibili con i modelli di business e le strutture di costo degli armatori e degli altri operatori che optino per questa soluzione tecnologica.

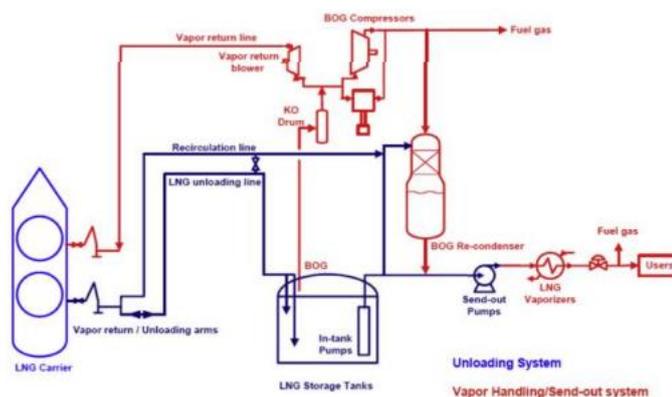
L'effettivo successo di questa strategia energetica non può pertanto prescindere da una approfondita conoscenza delle diverse dimensioni tecniche, economiche e gestionali che ne caratterizzano la filiera tecnologico-produttiva e la relativa catena logistica (supply chain). Ciò impone significativi investimenti in componenti infrastrutturali e in asset di natura capital intensive che vedono coinvolti sia diversi soggetti pubblici con un ruolo di pianificatore e di garante sia di molteplici operatori privati che, nel pieno rispetto dei canoni di safety & security richiesti da questo tipo di tecnologia, non possono, per essa stessa natura, non ragionare nel rispetto dei principi di economicità e sostenibilità finanziaria del proprio business.

La progettazione e la conseguente realizzazione e gestione di impianti per il bunkering e lo storage di GNL a livello marittimo-portuale, quindi, devono essere pianificate alla luce di una profonda e dettagliata conoscenza delle specificità della filiera tecnologico-produttiva in oggetto e della relativa supply chain. Sotto questo punto di vista, tradizionalmente, si è soli articolare la filiera e la catena di approvvigionamento del GNL nelle seguenti fasi o stadi fondamentali:

- **Produzione:** la progettazione dell'impianto e dei suoi requisiti dipende dalle condizioni del sito, dalle condizioni del gas di alimentazione, dalle composizioni e dalle specifiche dei prodotti;
- **Trattamento del gas di alimentazione:** il gas naturale al suo arrivo viene trattato all'interno di un separatore che rimuove i liquidi e indirizza il gas verso un secondo separatore ad alta pressione (HP).
- **Liquefazione:** successivamente il gas entra nell'unità di liquefazione che raffredda e liquefa il gas in un processo di refrigerazione. Tipicamente, il GNL proveniente dall'impianto di liquefazione viene compresso alla pressione di stoccaggio dell'azoto, essendo il componente più leggero, viene eliminato e rimosso; i vapori ricchi di azoto sono compressi e recuperati come gas combustibile. La rimozione dell'azoto mediante processo di separazione criogenica è il processo di rimozione dell'azoto per eccellenza per la produzione di GNL.

- **Caricamento del GNL:** in ragione della richiesta del cliente, il GNL può essere caricato su camion GNL e/o su navi per GNL attraverso pompe di carico.
- **Trasporto del GNL:** il GNL viene trasportato fino alla rigassificazione delle strutture attraverso navi specializzate con serbatoi isolati a doppio scafo e camion nel caso i consumatori siano situati nell'entroterra (autotrasporto con attrezzature mobili come rimorchi stradali, contenitori criogenici ISO o unità di consegna più piccole).
- **Terminali di ricezione GNL:** il terminal di ricezione riporta il GNL in uno stato gassoso; il gas naturale viene consegnato agli utenti per mezzo di condotte di distribuzione. Il GNL viene scaricato per mezzo delle pompe della nave ai bracci di scarico sul molo e poi al serbatoio di stoccaggio attraverso le linee di scarico; viene quindi pompato ad alta pressione attraverso vari componenti dove viene riscaldato in un ambiente controllato; una volta rigassificato, il gas naturale viene consegnato nelle condutture di distribuzione ai diversi usi o stazioni di generazione di energia (Figura 3).

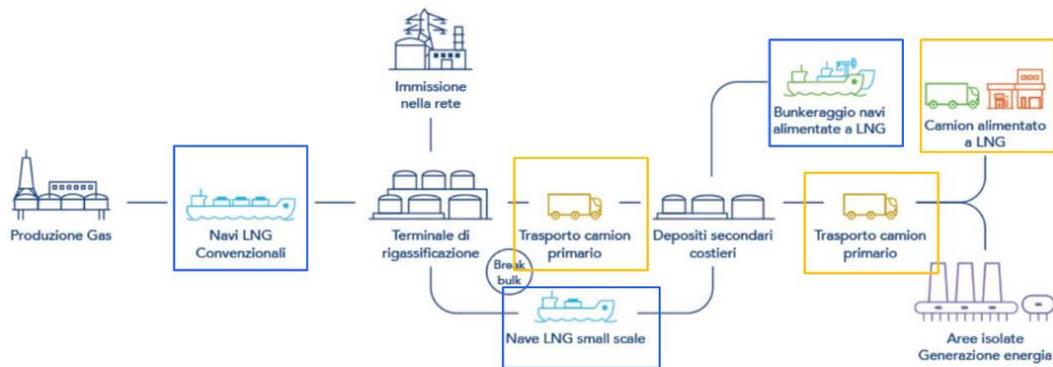
Figura 3. Tipica configurazione di un terminale di ricezione di GNL.



Fonte: Lemmers, 2009.

Osservando l'intera supply chain del gas naturale liquefatto (riportata in Figura 4), è possibile identificare le diverse tipologie di mezzi di trasporto impiegati lungo l'intera filiera, sia per quanto concerne il lato mare che il lato terra. Con riferimento al trasporto marittimo, gli spostamenti di GNL in import/export avvengono per mezzo di metaniere (navi LNG convenzionali), ossia navi dotate non solo di elevato contenuto tecnologico ma anche di standard qualitativi impiantistici, di sicurezza e di protezione ambientale tra i più elevati a livello internazionale. All'arrivo a destinazione, il GNL viene scaricato nel terminale di importazione al fine di poter, da un lato, raggiungere capillarmente l'intero territorio nazionale per mezzo dell'immissione all'interno della rete (in seguito alla fase di rigassificazione), e, dall'altro, essere trasferito verso depositi secondari. Per questo scopo il GNL, oltre alla poter essere trasportato allo stato liquido per mezzo di autocisterne (trasporto su gomma), può essere trasferito attraverso piccole navi metaniere, ossia bettoline o navi SSLNG (Small Scale LNG) verso depositi costieri secondari. Una volta giunto alla destinazione intermedia, il GNL può essere impiegato per il bunkeraggio di navi alimentate a GNL (LNG-propelled ship) o destinato al trasporto primario via camion per raggiungere, ad esempio, aree isolate destinate alla generazione di energia.

Figura 4. LNG supply chain.



Fonte: <https://www.snam.it/en/Natural-gas/green-energy/liquefied-natural-gasxLNGx/>

→ **Rigassificazione di GNL:** la scelta ottimale di un sistema di vaporizzazione di GNL è determinata dal sito del terminal, dalle condizioni ambientali, dai limiti normativi e considerazione sull'operabilità; la selezione del sistema è il risultato di un'analisi economica finalizzata a massimizzare il VAN del progetto e soddisfare i requisiti sulle emissioni.

#### 2.4. Profili normativi e giuridici

La crescente attenzione alle tematiche della propulsione navale mediante GNL e del relativo bunkeraggio presso apposite aree portuali dedicate, trova nella problematica della sostenibilità ambientale dei sistemi di trasporto un driver di sviluppo fondamentale.

A livello normativo e giuridico le più importanti istituzioni internazionali hanno emanato una serie di provvedimenti per far fronte alle problematiche legate alla sostenibilità del trasporto marittimo (Xu et al., 2015). Qui di seguito viene riportata una tabella riassuntiva (Tabella 2) che richiama le principali norme che regolano la disciplina del GNL approfondite nel prodotto T1.1.1., distinte a livello internazionale ed europeo.

Tabella 2. Normative GNL

Normative internazionali	Normative europee
- Convenzione Oilpol, 1954	- Direttiva 2005/33/CE in relazione al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo.
- Convenzioni di Bruxelles, 1969, "Intervention" e "Civil Liability Convention"	
- Convenzione di Londra, 1972 "Dumping"	
- <b>Convenzione Marpol 73/78</b> per la prevenzione dell'inquinamento navale	
- Convenzione di Barcellona, 1976, sulla protezione del Mediterraneo	
- Convenzione Diritto del Mare di Montego Bay, 1982	
- Convenzione delle Nazioni Unite sullo Sviluppo di Rio de Janeiro	

Fonte: Ns. Elaborazione.

## 2.5. Componenti infrastrutturali e per il rifornimento di GNL

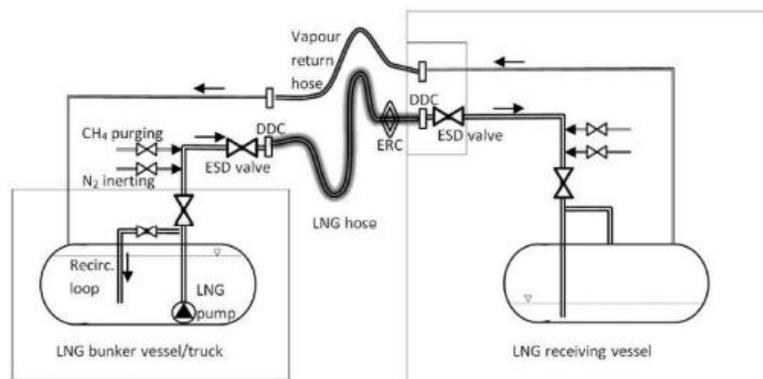
### 2.5.1. Quadro concettuale di sintesi

Il prodotto T1.1.3 prosegue analizzando le diverse componenti infrastrutturali e le attrezzature necessarie nell'ambito di un sistema di bunkeraggio di GNL. Per quanto concerne, infatti, le principali configurazioni per il bunkeraggio di GNL in ambito marittimo portuale, occorre distinguere tra le seguenti:

- Configurazione Ship to Ship (STS), che prevede il trasferimento di GNL da una chiatta rifornitrice o da una bettolina/bunkerina ad una nave LNG-propelled.
- Configurazione Truck to Ship (TTS), la quale, invece, prevede, invece, il trasferimento di GNL da un camion cisterna o un'autobotte ad una nave LNG-propelled ormeggiata al molo o al pontile per mezzo di una tubatura flessibile criogenica, maggiormente adatta, in ragione delle ridotte quantità di prodotto che possono essere trasferite, al rifornimento di mezzi navali dotati di piccoli serbatoi (ad esempio rimorchiatori, pescherecci o naviglio di minori dimensioni).
- Configurazione Via Pipeline o Terminal /Port To Ship (TPS), che garantisce quantità di flusso maggiore in quanto prevede il trasferimento del GNL da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra ad una nave LNG-propelled attraverso l'impiego di una linea criogenica dotata di bracci di carico caratterizzati da un'estremità flessibile (Pipeline) oppure tramite l'utilizzo di tubature proprie della nave ormeggiata (Shore).
- Configurazione Mobile Fuel Tanks, la quale prevede l'impiego di cisterne mobili o ISO-container criogenici come depositi movimentabili di carburante GNL (possono essere facilmente caricate su navi, per mezzo delle gru dedicate ai containers, oppure su autotreni in modalità Ro-Ro).

La linea di bunkeraggio semplificata prevede la presenza di due aree distinte: l'unità di rifornimento a sinistra e la nave ricevente a destra; la pompa per il GNL, attraverso l'LNG hose, consente il trasferimento del GNL tra le due unità (Figura 5).

Figura 5. Schema semplificato di linea per il bunkeraggio di GNL



Fonte: DNV, 2015 (“D. 2.3.1. LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures”).

Con riferimento alle componenti di sistema rilevanti, oltre alle valvole di chiusura del serbatoio principale, la linea prevede due valvole *Emergency Shut Down* e un sistema di *Emergency Release Coupling* o di *Safe Breakaway Coupling*; le flange di collegamento dei tubi sono anche dotate di *Dry Disconnect Couplings* per prevenire qualsiasi fuoriuscita o sfiato dai tubi; inoltre, a seconda del tipo di configurazione tecnica adottata per il bunkeraggio di GNL possono essere presenti linee per il ritorno

del vapore (*vapour return hose*). Tali specifiche procedure e dispositivi risultano necessarie in quanto il GNL è un liquido criogenico che richiede adeguati livelli di safety& security.

Al fine di realizzare un'overview completa del sistema di bunkeraggio di GNL, nell'ambito del prodotto T1.1.1. vengono descritti sotto il profilo tecnico ed operativo tutte le componenti di sistema, ivi includendo: l'unità di approvvigionamento; gli impianti di trattamento, rigassificazione e di liquefazione; la stazione di pompaggio e pompe criogeniche; i tubi criogenici flessibili, bracci di carico e giunti girevoli; i sistemi, valvole e componenti per la sicurezza; i sistemi di gestione del vapore; l'impianto per l'azoto; i serbatoi a terra e sistemi di stoccaggio di GNL. Di seguito si descrivono sinteticamente gli elementi in oggetto, rimandando al Prodotto T1.1.1. per un esame più puntuale dei medesimi.

### **2.5.2. Unità di approvvigionamento**

L'unità di approvvigionamento del GNL può essere di diversi tipi: nave di bunkeraggio o chiatta; camion, autobotte o rimorchio; installazione fissa; contenitore mobile; galleggiante di bunkeraggio/isola artificiale. Per ciascuna tipologia nell'ambito del Prodotto T1.1.1 sono state esaminate le implicazioni che la scelta dell'unità di approvvigionamento di GNL può determinare in relazione alla scelta degli altri componenti del sistema, evidenziando quando necessario anche le conseguenze connesse agli spazi portuali richiesti da tali tipi di unità, ai rischi e alle criticità che possono determinare e gli investimenti che si rendono necessari.

Sotto questo profilo il prodotto in esame considera nel dettaglio:

- Nave di bunkeraggio o chiatta: opzione molto flessibile, adeguata nel caso di grandi volumi di GNL; opzione che necessita di elevati costi di investimento.
- Camion, autobotte o rimorchio: opzione più nota e diffusa; adatta all'alimentazione dei serbatoi di piccoli volumi; opzione che richiede l'accesso stradale; investimenti iniziali contenuti; elevata flessibilità.
- Installazione fissa: a terra; opzione che necessita di elevati costi di investimento; opzione che necessita inoltre di spazi portuali elevati; necessario il rispetto di una molteplicità di norme tecniche CEN e ISO.
- Contenitore mobile: o mobile fuel tank; opzione scelta nel caso in cui non si disponga di un'infrastruttura fissa; i serbatoi sono inseriti all'interno di una struttura robusta e risultano facilmente trasportabili.
- Galleggiante di bunkeraggio/isola artificiale: isola in mare, dotata di serbatoi di stoccaggio e attrezzature per carico/scarico del GNL; tempi di costruzione più rapidi rispetto alle installazioni a terra con conseguente facilità nel definire la collocazione e i permessi per la loro costruzione

### **2.5.3. Impianti di trattamento, rigassificazione e di liquefazione**

La categoria "impianti di trattamento/rigassificazione e liquefazione" include molteplici tipologie di componenti di sistemi ed equipment tecnico quali, separatori liquido-gas, forni di riscaldamento del gas, sistemi di disidratazione e degasolinaggio, componenti per il trattamento di purificazione e gli impianti di liquefazione.

I separatori liquido-gas permettono di dividere i vapori d'acqua dal gas attraverso due passaggi, ovvero, la separazione della nebbia dalla fase gas e la separazione della schiuma dalla fase liquida. Esistono diverse tipologie di separatori classificati in base alla loro configurazione o al valore della pressione di esercizio: i separatori orizzontali (alternativa più economica per grandi volumi di gas); i separatori verticali (con capacità inferiore rispetto ai serbatoi orizzontali, maggiormente utilizzati nelle

piattaforme off-shore perché occupano aree più ristrette); i separatori ad alta pressione; i separatori a bassa pressione.

I gas, una volta separati dai liquidi, sono riscaldati attraverso forni a fiamma indiretta finalizzati ad elevare la temperatura del gas per poterlo trasferire senza il rischio di formazione di idrati. I forni a fiamma indiretta sono costituiti da un cilindro al cui interno scorrono due serpentine: una attraversata dal gas da riscaldare, l'altra attraversata dai fumi prodotti dalla combustione del gas; entrambe sono immerse in acqua a pressione atmosferica e temperatura controllata, mantenuta al di sotto di 90 °C. La regolazione del forno è automatica: in base alla temperatura che deve raggiungere il gas, è presente un termoregolatore che interrompe il flusso di combustibile che giunge al bruciatore.

Per effetto dell'alta pressione e della bassa temperatura, in una miscela di idrocarburi allo stato gassoso, può avvenire la formazione di composti idrati, solidi, causa di possibili intasamenti, evitati attraverso un processo di disidratazione (per assorbimento con glicol; per raffreddamento mediante espansore; con refrigeratore esterno; con assorbimento con setacci molecolari).

Prima dell'immissione in condotta il gas naturale viene sottoposto al degasolinaggio al fine di separare gli idrocarburi superiori e di ridurre le possibili contaminazioni in condotta e di renderlo trasportabile grazie alla rimozione degli idrocarburi pesanti e superiori (etano, propano e butani). Il gas viene inoltre sottoposto a diversi processi di purificazione finalizzati alla rimozione di composti dannosi presenti nel gas naturale tra cui: l'assorbimento con alcanolammine; l'assorbimento con carbonato potassico; il filtraggio mediante membrane; il recupero dello zolfo; la rimozione di composti mediante solvente fisico; la rimozione del solfuro di idrogeno con processi ossidativi. Questi processi sono noti come trattamenti di addolcimento del gas naturale e hanno lo scopo di eliminare i gas acidi presenti, tra cui CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e COS ed eventualmente dei mercaptani, se presenti in quantità eccessive. Infine un trattamento molto importante è rappresentato dalla rimozione del mercurio, il quale, a bassa temperatura, raggiunge la condizione di saturazione e ha effetti dannosi per i componenti in leghe di alluminio ed in altri materiali spesso utilizzati nell'industria del gas; l'unità per la rimozione del mercurio è costituita da un reattore su supporto solido con una configurazione molto simile a quella di un filtro a carbone attivo (quando il mercurio passa attraverso il filtro, reagisce formando composti solforati che ne consentono il recupero e la manipolazione in sicurezza).

Il gas viene successivamente portato a temperature sufficientemente basse dagli impianti di liquefazione con un sistema di refrigerazione in cascata (caratterizzato da un ciclo a tre stadi a propano, che permette di raggiungere la temperatura di -40°C a 1,08 bar assoluti, seguito da un ciclo a due stadi, che utilizza come fluido refrigerante l'etano; estendendo questa procedura ad un sistema con tre fluidi che evaporano in cascata si ottiene la temperatura necessaria a liquefare il gas naturale, di circa -162°C) o sistemi *Mixed Refrigerant Fluid* (caratterizzati da una maggiore flessibilità e semplicità operativa poiché utilizza, anziché un componente pure, una miscela di composizione variabile di più refrigeranti al fine di adeguare la curva di evaporazione all'andamento di quella del fluido da refrigerare).

#### **2.5.4. Stazione di pompaggio e pompe criogeniche**

Essenziale per la realizzazione del bunkering di GNL è la presenza di un sistema di pompaggio, costituito da una pompa criogenica impiegata per trasferire il GNL dall'unità di approvvigionamento all'unità ricevente.

La stazione di pompaggio non ha esclusivamente la funzione di trasferire il GNL, ma svolge un ruolo fondamentale nell'ambito delle attività connesse alla misurazione e al controllo della pressione, alla gestione del sistema di ritorno del vapore e al monitoraggio del boil-off gas. Le pompe impiegate per il trasferimento del GNL sono di tipo centrifugo e sono completamente immerse all'interno del serbatoio contenente il liquido criogenico; nelle pompe criogeniche di progettazione più recente è presente un

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

sistema di bilanciamento finalizzato a ridurre le spinte assiali consentendo di incrementare la durata della pompa senza dover ricorrere a manutenzioni continue e di eliminare problemi di allineamento del motore. La pompa criogenica può essere mono o multistadio ed è dotata di giranti chiuse (contro disco) che permettono un flusso misto (assiale e radiale) e con un design simile alle turbine Francis. I motori possono avere 2, 4 o 6 poli e, generalmente, sono tarati con frequenza di 50 o 60 Hz, ma possono essere dotati di variatori di frequenza.

### **2.5.5. Sistemi di piping (tubature)**

I sistemi di piping utilizzati nel processo di bunkering di GNL sono legati alla criogenia del liquido. Le soluzioni tecniche e progettuali scelte e impiegate per lo sviluppo di un sistema di bunkeraggio di GNL, in linea con i requisiti di sicurezza necessari, devono infatti impedire un innalzamento della temperatura del GNL che attraversa le tubature ed evitare il verificarsi del fenomeno del boil-off gas.

Nella progettazione del sistema di piping è inoltre necessario considerare il fatto che le tubature devono essere sottoposte a preraffreddamento, depurazione ed inertizzazione prima ancora che avvenga l'effettiva operazione di bunkering. Pertanto, è necessario l'inserimento di elementi in grado di assorbire le variazioni termiche cui il sistema è sottoposto nel corso dell'espletamento delle procedure per il trasferimento del GNL: con riferimento, in particolare, al loop di espansione e concentrazione. Il progetto delle tubazioni deve prevedere la possibilità di evaporazione per ebollizione del GNL da eventuali falle e il loro riscaldamento a seguito delle condizioni ambientali; inoltre, la fase di progettazione deve prevedere il calcolo a fatica dei carichi sostenuti ed espansioni termiche, che ne influenzano il dimensionamento.

Al fine di soddisfare le esigenze (quali materiale, dimensioni, isolamento, componenti, saldature etc.) imposte dai sistemi di bunkering di GNL vengono impiegate diverse tecnologie: design di tipo pipe-in-pipe (con pre-isolamento in schiuma poliuretanicca); isolamento a vuoto dei tubi; impiego di Invar (una lega che contiene il 64% di Ferro e il 36% di Nichel, in sostituzione dell'acciaio inossidabile austenitico SS304L).

### **2.5.6. Tubi criogenici flessibili, bracci di carico e giunti girevoli**

Nelle diverse configurazioni di bunkering, oltre ai sistemi di piping, sono necessari molteplici ulteriori componenti finalizzati ad assicurare il trasferimento di GNL, descritti in modo sintetico nella tabella sottostante.

*Tabella 3. Ulteriori componenti del processo di bunkering*

<b>Ulteriori componenti del processo di bunkering</b>	<b>Caratteristiche principali</b>
Tubi criogenici flessibili	Impiegati prevalentemente nel bunkering STS e nel trasferimento di GNL da autocisterne a stazioni satellite; ampio range di soluzioni tecnologiche; movimentazione dei tubi attraverso gru.
Bracci di carico	Alternativa ai tubi criogenici flessibili; necessario un ampio livello di flessibilità dei bracci per seguire i movimenti della nave nelle procedure di bunkering; impiegati nei terminali di importazione ed esportazione, nel bunkering STS o TTS.
Giunti girevoli	Bracci di carico attrezzati con giunti girevoli finalizzati a garantire la massima flessibilità al sistema durante il rifornimento; necessari per evitare perdite nel sistema di piping, per ridurre le manutenzioni e per garantire connessioni molto flessibili.

Fonte: Ns. elaborazione.

### 2.5.7. Sistemi, valvole e componenti per la sicurezza

Il processo di bunkering di GNL prevede anche la presenza di numerose valvole e altri sistemi specificatamente dedicati all'espletamento in sicurezza delle operazioni di rifornimento. A livello internazionale esiste una molteplicità di codici e normative predisposti da organismi tecnici internazionali volti alla definizione di standard di progettazione e di standard tecnici relativi ai suddetti componenti. Tra di essi assolvono un ruolo fondamentale l'UNI EN 12567, l'API (American Petroleum Institute) e l'ASME (American Society of Mechanical Engineers). Il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza è assicurato dalla rispondenza di tutti i materiali nel sistema stesso rispetto alla norma UNI EN 1160 "Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto-Caratteristiche generali del gas naturale liquefatto". Tanto premesso, il report analizza le funzioni e le specificità tecniche relative alle valvole impiegate nei sistemi di piping, nei sistemi ESD e nei sistemi ERS, descritte nella tabella sottostante.

Tabella 4. Funzioni e specificità tecniche delle valvole impiegate nei sistemi di piping, ESD e ERS

Valvole di sicurezza	Funzioni e specificità tecniche
Valvole nel sistema di piping	Utilizzate per aprire o chiudere il sistema durante il regolare svolgimento delle <i>operations</i> o in caso di emergenza, o per l'isolamento di un settore dell'infrastruttura complessive. Principali tipologie di valvole criogeniche: valvole a globo, valvole a sfera, valvole a farfalla.
Emergency Shutdown System (ESD)	Sistema di interruzione di emergenza finalizzato ad evitare pericolosi incrementi di pressione all'interno dei tubi di trasferimento mediante la chiusura di apposite valvole. Sistema che può azionarsi automaticamente tramite i rilevatori di gas nella zona di bunkering oppure essere azionato manualmente.
Emergency Release System (ERS)	Sistema di rilascio di emergenza finalizzato a prevenire le conseguenze che possono originare da un movimento eccessivo della nave rifornita rispetto all'unità di approvvigionamento, che può derivare da moti ondosi o forte vento durante le operazioni di bunkering; importante in particolare nel caso di impiego di tubi flessibili.

Fonte: Ns. elaborazione.

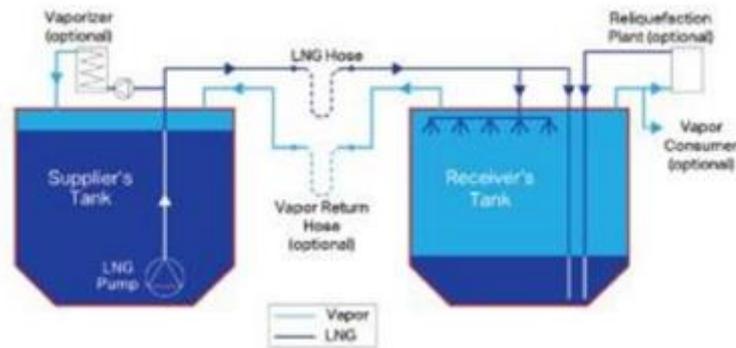
### 2.5.8. Sistemi di gestione del vapore

Nel caso in cui sussistano differenze tra le temperature a cui si trova il GNL già presente all'interno dei serbatoi della nave da rifornire e il GNL nei serbatoi dell'unità di approvvigionamento le conseguenti differenze di pressione che si creano devono essere compensate per evitare i rischi di incidenti. Una delle soluzioni per compensare tale differenza è la possibilità di riempire il serbatoio sia dall'alto che dal basso come metodo per regolare la pressione al suo interno. Durante il riempimento dal basso, infatti, la pressione tende ad aumentare gradualmente; questa può invece essere abbassata spruzzando GNL dall'altro sul vapore.

Un'ulteriore funzione del vaporizzatore nel serbatoio da cui si preleva il liquido, è quella di aumentare la pressione al suo interno fino ad ottenere un valore superiore a quello presente nelle tubature (rigide o flessibili) impiegate per il trasferimento. In questo modo è possibile assicurare la portata di GNL richiesta.



Figura 6. Sistema di gestione del vapore: schema logico



Fonte: STAVROS, 2016 (“LNG Bunkering: Technical and Operational Advisory“).

### 2.5.9. Impianto per l'azoto

Nell'ambito delle procedure di rifornimento viene spesso impiegato l'azoto liquido per eseguire le operazioni di inertizzazione dei tubi ed evitare così la formazione di miscele esplosive durante il bunkering; a tal fine il sistema di rifornimento deve quindi essere dotato di un impianto per l'azoto. In alcuni casi l'azoto liquido viene utilizzato anche per mantenere l'attrezzatura a temperature criogeniche, sfruttando la sua bassa temperatura di liquefazione (pari a  $-195,82^{\circ}\text{C}$ ).

### 2.5.10. Serbatoi a terra e sistemi di stoccaggio di GNL

Nell'ambito di un sistema di rifornimento di GNL complessivo sono previsti anche impianti di stoccaggio primario o più semplici sistemi satellite. Gli impianti primari di stoccaggio risultano genericamente suddivisi in varie sezioni: stoccaggio, *unloading*, recupero vapori *boil-off*, *bunkering* e *truck loading*. Per lo stoccaggio vengono utilizzati serbatoi onshore (principalmente a fondo piano “*flatbottom*”; e cilindrici “*bullet tanks*” o “a proiettile”) e serbatoi a bordo di navi metaniere o a propulsione GNL. Ciascuna tipologia di serbatoi presenta specifici punti di forza e di debolezza come diffusamente descritto nel prodotto T1.1.1. di progetto.

Nelle operazioni di bunkering è fondamentale tener conto dei diversi fattori che influenzano la capacità di riempimento dei serbatoi al fine di assicurare lo svolgimento delle attività in piena sicurezza, che includono: la temperatura di caricamento; la temperatura di riferimento; il limite di riempimento; il limite di carico; l'heel (volume di GNL che normalmente rimane nei serbatoi prima della procedura di bunkering); la capacità utilizzabile (differenza tra il limite di carico e l'heel). Durante l'espletamento delle operazioni di rifornimento è quindi fondamentale valutare gli effetti di questi fattori. Generalmente all'interno dei serbatoi, per quanto essi possano essere isolati, si ha la formazione di una certa quantità di vapore, che risulterà essere in equilibrio con il liquido. Tuttavia, man mano che continua a penetrare calore attraverso l'isolamento, la densità del liquido tende a diminuire a seguito dell'aumento di temperatura. Di conseguenza, lo spazio a disposizione del vapore, già poco se il serbatoio è quasi pieno, diminuisce ulteriormente, causando un aumento di tensione di vapore. Se l'incremento non viene controllato, si raggiungerà il valore limite a cui sono impostate le valvole di sfogo. Aumentando la pressione impostata alle valvole di sfogo, l'intervallo di tempo che intercorre fino all'apertura delle valvole stesse è maggiore, tuttavia la densità alla temperatura di riferimento sarà ulteriormente bassa, riducendo pertanto il limite di caricamento. È necessario quindi trovare un compromesso tra capacità di caricamento e tempo fino all'apertura delle valvole.

## **2.6. Rilevanza del Prodotto T1.1.1**

In conclusione, il prodotto in oggetto T1.1.1 “Report linee guida per la standardizzazione delle tecnologie per il bunkering” fornisce informazioni tecniche e di dettaglio in merito alle principali componenti di un sistema di bunkering/storage di GNL, tenuto conto delle specificità degli equipment e delle facilities prevalentemente impiegati in ambito marittimo-portuale. Il documento fornisce con un lessico e una terminologia accessibile anche stakeholder non necessariamente dotati di esteso background tecnico un quadro di sintesi sufficientemente dettagliato con riferimento alle caratteristiche principali del gas naturale liquefatto, alle diverse fasi della supply chain, ai profili normativi e giuridici di riferimento e all’analisi in dettaglio di ciascuna componente infrastrutturale ed attrezzatura utilizzata nell’ambito del rifornimento di GNL. Tali informazioni rappresentano la base per lo sviluppo dell’Attività T1.1, ovvero l’analisi dello stato dell’arte in merito alle opzioni tecnologiche e alle componenti impiegate nell’ambito di sistemi di alimentazione e bunkering di GNL e la definizione di standard tecnologici e linee guida per la standardizzazione di procedure operative condivise per il GNL nei porti dell’Area di Programma.

### **3. SCHEDA DI SINTESI PRODOTTO T1.1.2 “SWOT ANALYSIS DELLE OPZIONI TECNOLOGICHE PER IL BUNKERING DI GNL NEI PORTI”.**

Il report realizzato nell’ambito del prodotto T1.1.2 “SWOT Analysis delle opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL nei porti” è stato realizzato dal CF UNIGE-CIELI con supporto del consulente esterno AMP. Il documento integrale è disponibile sul portale del Programma Interreg Marittimo.



#### **3.1. Finalità del prodotto T1.1.2**

Il prodotto T1.1.2 “SWOT Analysis delle opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL nei porti” è finalizzato ad esaminare le criticità e i vantaggi connessi alle configurazioni di bunkering. Il Capofila UNIGE-CIELI, con il supporto dei partner del progetto TDI RETE-GNL, a valle di una costante attività di interazione con gli operatori e i soggetti che svolgono un ruolo di controllo e di regolamentazione rispetto alla gestione delle operations di bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale, ha realizzato una SWOT analysis relativa alle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL nelle suddette aree. Il documento rappresenta un utile supporto per i decisori pubblici coinvolti nei processi autorizzativi di impianti di bunkering e storage di GNL in ambito marittimo-portuale, da adottare nelle fasi di valutazione preliminare. Il prodotto, inoltre, rappresenta un elemento di partenza funzionale alla definizione delle linee guida di standardizzazione delle tecnologie per il GNL.

Nel prodotto T.1.1.2 viene dapprima definito il quadro teorico di riferimento e viene descritta la metodologia “SWOT Analysis”, prima di impiegare la stessa tecnica analitica allo scopo di esaminare le diverse opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito portuale. A questo scopo, il gruppo di lavoro del CF, in linea con la principale letteratura accademica sul tema (Piercy e Giles, 1989; Pickton e Wright, 1998; Grea, 2000; Leigh e Pershing, 2006) e con gli sviluppi che caratterizzano le buone pratiche diffuse nel settore, ha esaminato nel dettaglio le principali caratteristiche che contraddistinguono le seguenti opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito portuale (EMSA, 2018), ovvero:

- Configurazioni Truck to Ship (TTS);
- Configurazioni Ship to Ship (STS);
- Configurazioni Port to Ship (PTS);
- Configurazioni Mobile Fuel Tanks.

Nel prodotto finale, in particolare, in relazione a ciascuna opzione tecnologia viene fornita un’analisi di dettaglio con riferimento a punti di forza, punti di debolezza, opportunità e minacce, considerando separatamente i seguenti profili (evidenziati nella Tabella 5)

- ✓ volume di GNL gestiti/gestibili;
- ✓ velocità delle operazioni di bunkering;
- ✓ applicazioni in ambito marittimo portuale;
- ✓ vantaggi/svantaggi gestionali;
- ✓ vantaggi/svantaggi economici;
- ✓ vantaggi/svantaggi socio-ambientali.



L'analisi SWOT è stata preceduta da una panoramica su aspetti generali del gas naturale liquefatto, al fine di meglio comprendere la natura, le caratteristiche e il comportamento strategico dei diversi attori coinvolti nella stessa.

Tabella 5. Swot analysis opzioni tecnologiche di bunkering di GNL: profili investigati

	Configurazione Truck to Ship [TTS]	Configurazione Ship to Ship [STS]	Configurazione Terminal to Ship [TPS]	Configurazione Mobile fuel tanks
<i>Volumi di GNL</i>	Inferiori a 200 m <sup>3</sup>	Compresi tra 1.000 e 10.000 m <sup>3</sup>	Nessun limite in termini di volumi	Compresi tra 20 e 50 m <sup>3</sup> per unità
<i>Velocità delle operazioni di bunkering</i>	Bassa	Media	Alta	Medio-Alta
<i>Vantaggi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevata flessibilità operativa;</li> <li>- Assenza di investimenti infrastrutturali;</li> <li>- Basso investimento iniziale;</li> <li>- Reversibilità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilità di effettuare SIMOPs (turn-around times ridotti);</li> <li>- Assenza di impiego di spazi portuali dedicati;</li> <li>- Flessibilità nella localizzazione e nei volumi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempistiche di bunkering molto contenute;</li> <li>- Flessibilità nei volumi gestiti;</li> <li>- Modularità nella definizione della capacità complessiva della stazione di bunkering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semplicità distributiva;</li> <li>- Assenza di investimenti infrastrutturali dedicati;</li> <li>- Basso investimento iniziale;</li> <li>- Le navi non devono navigare sino a una specifica localizzazione nel porto.</li> </ul>
<i>Svantaggi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocità e portata del rifornimento molto limitata;</li> <li>- Capacità di stoccaggio contenuta;</li> <li>- Rischi connessi all'assenza di personale tecnico specializzato;</li> <li>- Elevati costi di trasporto per m<sup>3</sup> di GNL;</li> <li>- Presenza di truck in banchina con conseguente incremento dei rischi per le persone e le merci.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevati investimenti in navi e chiatte per il rifornimento;</li> <li>- Costi operativi superiori a altre soluzioni tecniche;</li> <li>- Aumento del rischio connesso a collisioni tra navi e incidenti;</li> <li>- Maggiore complessità nella gestione delle operazioni di bunkering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obbligo per le navi di raggiungere una specifica location nel porto;</li> <li>- Impossibilità di svolgere SIMOPs (allungamento delle tempistiche di turn-around);</li> <li>- Elevati investimenti in dotazioni infrastrutturali e attrezzature;</li> <li>- Occupazione di ampi spazi portuali.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ridotta capacità di stoccaggio per singolo tank;</li> <li>- Riduzione della capacità di carico a uso commerciale della nave rifornita;</li> <li>- Maggiore pericolosità delle operazioni connesse al sollevamento dei serbatoi;</li> <li>- Necessità di avere gru di carico (in banchina o in dotazione alla nave da rifornire).</li> </ul>
<i>Applicazioni in ambito portuale</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localizzazioni contraddistinte da bassa frequenza di bunkering di GNL;</li> <li>- Start up delle attività di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti con molteplici terminal che richiedano l'assegnazione di aree per il bunkering;</li> <li>- Porti remoti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porti con traffico misto (inland e seagoing ships);</li> <li>- Porti caratterizzati da ampi specchi acquei;</li> <li>- Porti non esposti a elevati rischi meteorologici.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porti di medie o grandi dimensioni;</li> <li>- Porti caratterizzati da elevata frequenza di operazioni di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti caratterizzati da domanda di GNL stabile o facilmente prevedibile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Start up delle attività di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti ove transitano numerose portacontainer.</li> </ul>

Fonte: Ns. elaborazione.

Nel proseguo vengono sintetizzati i principali contenuti del prodotto T.1.1.2.

### 3.2. Aspetti introduttivi sul GNL

#### 3.2.1. Natura e composizione del GNL

Prima di applicare la metodologia SWOT all'analisi delle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo-portuale, il prodotto T1.1.2 approfondisce la natura e la composizione del GNL quale combustibile a composizione variabile, formato da metano per oltre 90% e da minori quantità di etano, propano, idrocarburi superiori e modeste impurità di componenti azotati.

Il confronto con altri combustibili tradizionali (quali oli combustibili e gasolio) in relazione alle loro caratteristiche e proprietà fornisce spunti di riflessione interessanti: gli oli combustibili comprendono distillati pesanti o residui della distillazione o altre operazioni di raffineria, sono classificati in base alla viscosità e al contenuto di zolfo e hanno un potere calorifico medio di 10.000 kcal/kg<sup>6</sup>.

Il gasolio è derivato dalla distillazione primaria del petrolio greggio, contiene diverse classi di idrocarburi come paraffine, aromatici e naftenici in proporzioni che variano da gasolio a gasolio. La sua principale caratteristica è l'elevato potere calorifico medio di 15.000 kcal/kg<sup>6</sup>; il gas naturale o metano è il più semplice degli idrocarburi ed ha un potere calorifico medio di 13.500 kcal/kg<sup>6</sup>.

È importante anche confrontare gli altri combustibili con il gas naturale in relazione alle emissioni nocive in ambiente. Nel dettaglio, le emissioni di particolato risultano più elevate nella combustione di olio combustibile, seguite dal gasolio e dal gas naturale; le emissioni derivanti dal gas naturale non contengono carboniosi, benzene e polveri ultrasottili (PM10), inoltre non contengono biossido di zolfo, sostanza notoriamente molto inquinante. A parità di calore prodotto, il gas naturale sviluppa soltanto anidride carbonica e ossidi azoto, in misura però inferiore al carbone e petrolio. Complessivamente, il gas naturale presenta effetti sull'ambiente significativamente meno dannosi rispetto ai carburanti e ai combustibili tradizionalmente impiegati nell'ambito della propulsione marina.

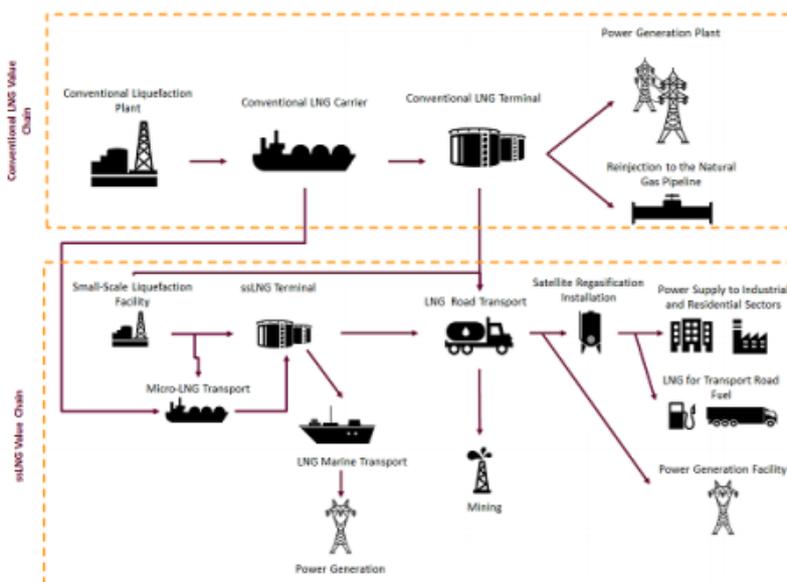
Ai fini dell'analisi SWOT, è stato analizzato il legame che sussiste tra le caratteristiche tecnologiche dei motori marini prevalentemente impiegati ed il tipo di carburante/combustibile utilizzato. I motori progettati per l'impiego di GNL sono caratterizzati da rendimenti superiori rispetto a quelli che impiegano carburanti tradizionali, a parità di condizioni. Le indagini condotte in relazione alle principali tipologie di motori marini a GNL mostrano che la combustione nel motore è completa, priva di residui, e realizza una forte riduzione dell'usura in tutte le parti mobili del motore, consentendo, di conseguenza, l'aumento della vita media della macchina. La riduzione dei residui, inoltre, riduce la necessità di interventi di manutenzione con conseguente risparmi di costi per il soggetto armatoriale.

L'impiego di sistemi di propulsione navale a GNL appare quindi come soluzione feasible per gli armatori anche sotto il profilo economico-finanziario in quanto consente l'abbattimento delle emissioni nocive per l'ambiente (con possibili implicazioni commerciali positive), una drastica riduzione dei costi di manutenzione degli impianti motore e costi operativi compatibili con le condizioni di mercato che caratterizzano altre soluzioni per la propulsione navale.

### 3.2.2. La filiera tecnologico-produttiva del GNL: cenni

L'analisi prosegue con l'approfondimento della filiera tecnologico-produttiva del GNL (Figura 7) ad integrazione di quanto esaminato già nel prodotto T1.1.1, identificando gli stadi e le fasi fondamentali della catena del valore, nonché le relative caratteristiche fondamentali (Tabella 6).

Figura 7. La filiera del gas naturale



Fonte: <http://www.sia-partners.com>

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"



Tabella 6. Fasi della filiera tecnologica-produttiva del GNL-Descrizione

<b>Fasi della filiera GNL</b>	<b>Principali caratteristiche</b>
<b>1.Produzione del gas</b>	Produzione del gas dall'estrazione convenzionale del gas dal sottosuolo, intrappolato nella maggior parte dei casi insieme al petrolio sotto uno strato di roccia; il gas fuoriesce spontaneamente a valle della trivellazione, successivamente convogliarlo in una tubazione, indirizzarlo verso destinazioni finali o in siti di stoccaggio. Nuove tecniche di estrazione: <i>shale gas</i> e <i>coal bed methane</i> .
<b>2.Liquefazione</b>	Processo mediante il quale viene reso possibile il trasporto di grandi volumi di gas naturale dai paesi produttori verso quelli importatore consentendo di ridurre il volume del gas di circa 600 volte rispetto al suo stato gassoso; il cambio di fase viene realizzato portando il gas naturale alla temperatura critica di -162°C a pressione atmosferica. Impianti onshore o offshore. Il GNL viene poi immesso in serbatoi criogenici per lo stoccaggio e il deposito, prima di essere caricato in navi metaniere.
<b>3.Trasporto</b>	Il gas naturale liquefatto viene trasportato a temperatura costante, a pressione atmosferica, su speciali navi metaniere ( <i>LNG carriers</i> ); il trasporto navale permette l'accesso al GNL anche ad aree geografiche, irraggiungibili da pipeline.
<b>4.Rigasificazione</b>	Processo che consente di portare il gas naturale allo stato liquido (GNL) utile durante la fase di trasporto, allo stato gassoso e compresso (GNC), per effettuare il trasporto terrestre e permetterne il consumo finale. Impianti onshore o offshore su navi <i>Floating Storage and Rigasification Unit</i> . Il GNL proveniente dalla nave metaniera viene trasferito all'impianto di rigasificazione, dapprima inviato a un vaporizzatore costituito da scambiatori di calore (fasci tubieri); il conseguente aumento di pressione viene gestito da serbatoi di espansione e il gas viene poi immesso nella rete di distribuzione.
<b>5.Logistica distributiva</b>	Il gas, dopo il processo di rigasificazione, viene trasportato mediante condotte nel mercato interno per soddisfare la domanda ad usi civili o industriali in vasti network distributivi.

Fonte: Ns. elaborazione.

Con riferimento alla supply chain complessiva del GNL, pare opportuno evidenziare come la filiera dello Small Scale LNG costituisca la modalità di gestione, su piccola scala, del gas naturale liquefatto, in cui il GNL viene trasformato allo stato gassoso per essere poi immesso nella rete distributiva nazionale. Riferendosi sostanzialmente all'impiego diretto del GNL nella sua forma liquida, in contrapposizione al modello tradizionale di rigasificazione e successiva introduzione nella rete di trasmissione del gas, la distribuzione del gas naturale liquefatto su piccola scala è destinata alla propulsione navale o all'autotrazione e costituisce un'opportunità per ridurre l'impatto ambientale nel settore di trasporti. La SSLNG determina inoltre nuove opportunità di business per gli operatori del settore, trattandosi di un mercato relativamente giovane e non ancora adeguatamente presidiato.

Tale tipologia di distribuzione del GNL, presenta però anche una serie di problematiche che si mostrano di difficile risoluzione: sussiste ancora un certo livello di disequilibrio tra domanda e offerta, la supply chain complessiva non presenta ancora adeguati livelli di capillarità, il quadro normativo è ancora incerto e piuttosto eterogeneo a livello internazionale.

Gli impianti di liquefazione su piccola scala sono dotati di una capacità produttiva inferiore a 500.000 tpy (tonn per year) e, inoltre, consentono di rifornire sia gli utenti finali localizzati in luoghi ed aree difficili da raggiungere per mezzo delle infrastrutture tradizionali, sia i consumatori che richiedono, appunto, combustibile in forma liquida. I principali impieghi del GNL su piccola scala sono sostanzialmente tre, ossia il marine fuel (bunkering), il rifornimento nel comparto dell'heavy road transport e il power generation in off-grid locations.

Tanto premesso, l'obiettivo della successiva sezione del report è quello di identificare strumenti manageriali da applicare, in particolare la SWOT Analysis al fine di valutare soluzioni tecnologiche alternative per l'offerta di servizi di bunkering di GNL nell'ambito della filiera downstream dello Small Scale LNG.

### **3.3. Analisi SWOT: profili metodologici e review della letteratura**

La SWOT analysis (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) viene proposta alla fine degli anni '50 dall'economista statunitense Humphrey come strumento manageriale finalizzato alla razionalizzazione dei processi aziendali in contesti caratterizzati da incertezza e forte competitività. Rappresenta uno strumento manageriale di supporto alle scelte strategiche, che consente di organizzare i processi decisionali di dell'impresa, evidenziando gli elementi interni di forza e debolezza, nonché le opportunità e le minacce derivanti da fattori esterni (Piercy e Giles, 1989; Leigh e Pershing, 2006). L'analisi SWOT, quindi, consente di sistematizzare e razionalizzare la raccolta di dati e informazioni rilevanti rispetto all'assunzione di una scelta nell'ambito di qualsiasi processo decisionale, favorendo l'identificazione dell'opzione più adatta a conseguire gli obiettivi strategici che guidano il processo decisionale stesso.

Date le sue caratteristiche, l'analisi SWOT rappresenta uno strumento particolarmente indicato per valutare la fattibilità economico-finanziaria e l'impatto ambientale e/o sociale delle differenti soluzioni tecnologiche impiegate per il bunkeraggio di GNL in ambito portuale.

In particolare, la scelta di una specifica soluzione tecnologica dipende non soltanto dai vantaggi intrinseci che la stessa è in grado di apportare in termini operativi (ad esempio, volumi di GNL gestiti, velocità delle operazioni di bunkeraggio, flessibilità operativa, ecc.), economico finanziari (ivi intendendosi sia le dimensioni connesse agli investimenti iniziali e alle capital expenditures – CAPEX – sia quelle relative agli operating expenses – OPEX), e socio ambientali, ma è anche funzione di una pluralità di fattori esterni e dimensioni situazionali che attengono alle specificità del contesto empirico in cui la medesima soluzione tecnologica trova applicazione.

Nel caso di specie, sotto questo profilo, la scelta della soluzione tecnologica da adottare per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale, non può aprioristicamente prescindere da variabili esogene rispetto alla tecnologia medesima, quali per esempio la localizzazione e la dimensione del porto oggetto di studio, i volumi di domanda di GNL, il grado di accettazione da parte delle comunità locali, le specificità della normativa applicabile.

In tal senso, l'approccio metodologico riconducibile all'analisi SWOT permette di esprimere una prima valutazione in merito a come i punti di forza o di debolezza connessi ad una determinata soluzione possano determinare opportunità o rischi connessi alle variabili esogene pocanzi richiamate. Ciò consente di:

- Valutare congiuntamente le variabili endogene e quelle esogene rispetto alla tecnologia che sono rilevanti nell'ambito della scelta;
- Identificare i driver da considerare in via prioritaria;
- Selezionare dei criteri di scelta;
- Individuare, costruire e monitorare indicatori di performance (KPIs) funzionali alla raccolta e alla diffusione delle informazioni.

#### **3.3.1. Review della letteratura**

Nell'ambito del prodotto T1.1.2, è stata eseguita una revisione della letteratura accademica relativa all'impiego dell'analisi SWOT con finalità coerenti rispetto a quelle del progetto. Nell'ambito della systematic literature review condotta sono stati selezionati 19 papers principali (che rappresentano il

37% del sample inizialmente estratto dai database accademici consultati,) in ragione della rilevanza del contributo scientifico e della pertinenza rispetto alle finalità del prodotto tecnico.

Da un punto di vista temporale, il campione copre un periodo di 19 anni (2000-2019), dei quali il 50% dei contributi è stato pubblicato negli ultimi 5 anni, a conferma del crescente interesse di accademici e professionisti verso tale tecnica di valutazione di scenari alternativi in ambito marittimo.

Le analisi empiriche condotte evidenziano l'esistenza di tre filoni principali di impiego della SWOT analysis in relazione alle tematiche oggetto di approfondimento nell'ambito del progetto TDI RETE-GNL. In particolare, ci si riferisce a:

1. SWOT-port: impiego della SWOT per la valutazione di investimenti in ambito portuale (15 contributi);
2. SWOT-navi GNL: (da 2 contributi);
3. SWOT-infrastrutture GNL: impiego della SWOT in relazione alla valutazione di progetti infrastrutturali in ambito marittimo-portuale (2 contributi).

La realizzazione della literature review ha evidenziato la potenziale utilità dell'analisi SWOT a supporto dei processi decisionali sottostanti alla scelta di soluzioni tecnologiche per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo portuale in quanto consente ai diversi soggetti decisori coinvolti nel processo decisionale di includere nella valutazione preliminare delle diverse opzioni realizzative sia fattori endogeni sia esogeni. Inoltre, l'approccio SWOT appare particolarmente utile con riferimento alla valutazione degli investimenti infrastrutturali richiesti, quando si renda necessario ridurre le ipotesi progettuali da approfondire nel dettaglio. L'analisi SWOT appare anche uno strumento coerente rispetto all'adozione di una logica di gestione strategica dei rapporti con i diversi stakeholder rilevanti (Stakeholder Relationship Management), in ragione del fatto che questo strumento analitico a supporto delle decisioni può anche essere impiegato per comunicare con un linguaggio accessibile alle diverse categorie di portatori di interessi le principali motivazioni che portano ad escludere specifiche opzioni potenziali e a focalizzarsi su determinate soluzioni tecnologiche.

### ***3.3.2. Analisi SWOT delle tecnologie per il bunkering di GNL in ambito portuale: quadro concettuale e metodologia***

L'analisi SWOT consente di effettuare un'attenta comparazione tra le principali opzioni tecnologiche impiegate a livello internazionale, europeo e nazionale per il bunkeraggio e lo stoccaggio (storage) di GNL in ambito marittimo-portuale. Tale strumento è stato quindi impiegato per esaminare a livello generale le diverse soluzioni tecnologiche di bunkering nei porti dell'area obiettivo, considerando le specificità tecnologiche, gestionali ed economico-finanziarie delle seguenti opzioni: Truck to Ship (TTS); Ship to Ship (STS); Port to Ship (PTS); Mobile Fuel Tanks. Successivamente la SWOT analysis è stata applicata concretamente su specifici *business cases* rilevanti ai fini del progetto.

Dal punto di vista metodologico, l'impiego dell'analisi SWOT prevede due fasi fondamentali. La fase preliminare inquadra il fenomeno e definisce i criteri di valutazione, lo schema concettuale e i parametri di misurazione, coinvolgendo gli stakeholders e gli esperti di settore. Nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL, per le finalità del prodotto T.1.1.2, sono stati coinvolti diversi stakeholders, tra cui le due associazioni di categoria rappresentative del mondo dello shipping (CONFITARMA ed ASSARMATORI), l'ufficio tecnico dell'AdSP del Mar Ligure Occidentale e la società CNH INDUSTRIAL del gruppo IVECO.

La fase successiva vede la definizione di dettaglio dei criteri e dei parametri da impiegare per implementare la valutazione che conduce alla predisposizione della versione matriciale dell'analisi SWOT articolata in 4 quadranti:

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

- i. Forze (strengths)
- ii. Debolezza (weaknesses)
- iii. Opportunità (opportunities)
- iv. Minacce (threats)

Figura 8. Matrice SWOT-esempio di applicazione in ambito aziendale

SWOT ANALYSIS		ANALISI INTERNA	
		Forze	Debolezze
ANALISI ESTERNA	Opportunità	1 Strategie S-O: Sviluppare nuove metodologie in grado di sfruttare i punti di forza dell'azienda.	2 Strategie W-O: Eliminare le debolezze per attivare nuove opportunità.
	Minacce	3 Strategie S-T: Sfruttare i punti di forza per difendersi dalle minacce	4 Strategie W-T: Individuare piani di difesa per evitare che le minacce esterne acuiscono i punti di debolezza.

Fonte: Ns. elaborazione.

Per i punti forza e di debolezza è necessario considerare i principali profili inerenti all'assetto tecnologico, organizzativo, finanziario, relazionale, produttivo e ambientale dei diversi stakeholders; le opportunità e le minacce emergono invece dalla valutazione dei fattori socio-economici, politici, ambientali e demografici dell'ambiente esterno; i fattori endogeni ed esogeni vengono organizzati secondo una logica matriciale finalizzata a migliorare la loro comprensione in un'ottica d'insieme. L'obiettivo è quello di valorizzare gli elementi di forza e sfruttare le opportunità offerte dall'ambiente esterno in relazione a ciascuna soluzione tecnologica potenziale (dapprima) e a quella effettivamente scelta (successivamente), difendendosi, da eventuali minacce connesse all'adozione di quella specifica opzione tecnologica.

In un'ottica di definizione degli obiettivi di pianificazione strategica del quadro infrastrutturale per il GNL e di valutazione preliminare di specifici progetti di investimento l'analisi SWOT consente di mettere in luce i principali benefici di ciascuna opzione tecnologica esaminata, ossia Truck to Ship, Ship to Ship, Port to Ship, Mobile Fuel Tanks, nonché i relativi punti di debolezza.

Le macrocategorie impiegate nell'analisi di dettaglio a cui sono state ricollegate le caratteristiche di ciascuna configurazione tecnologica per il bunkering di GNL sono:

- capacità di stoccaggio/trasporto;
- efficienza delle operazioni di bunkering;
- scalabilità dell'impianto;
- flessibilità;
- investimenti richiesti e profili eco-fin;
- requisiti specifici dell'impianto;
- sicurezza e rischi;
- impatto ambientale ed esternalità.

Questi profili, combinati con la valutazione delle specifiche condizioni di contesto, ovvero delle variabili esogene che contraddistinguono l'area portuale relativa all'intervento oggetto di valutazione e

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

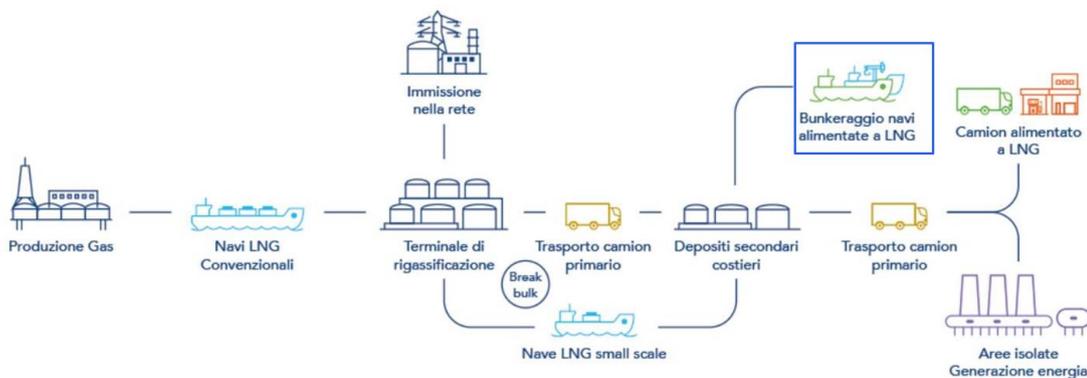
delle variabili di mercato riconducibili alle specificità della domanda che insiste sulla facility per il bunkering e lo storage di GNL, sono i driver che determinano la maggiore o minore coerenza delle diverse opzioni tecnologiche rispetto alla specifica situazione contingente; il che ovviamente può condurre a diversi risultati in relazione all'analisi SWOT relativa al singolo sito localizzativo in ambito marittimo-portuale.

### 3.4. Analisi SWOT delle configurazioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale.

Nei sottoparagrafi di seguito verranno approfondite le diverse configurazioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale al fine di elaborare, per ognuna di esse, un'analisi SWOT per individuare nel dettaglio i punti di forza e di debolezza, le minacce e le opportunità connessa a ciascuna configurazione. In relazione alla fase di bunkeraggio di navi LNG-propelled (in Figura9 si identifica la “posizione” di tale fase lungo la supply chain - riquadro blu), occorre identificare le quattro principali sopracitate configurazioni per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale, tenuto conto non solo delle caratteristiche tecniche del GNL ma anche delle opzioni per il bunkeraggio citate in letteratura, unitamente ai singoli sistemi presenti a livello internazionale ed europeo. Di seguito le potenziali configurazioni di rifornimento di GNL (in Figura 10 vengono rappresentate graficamente tutte e quattro le soluzioni tecnologiche):

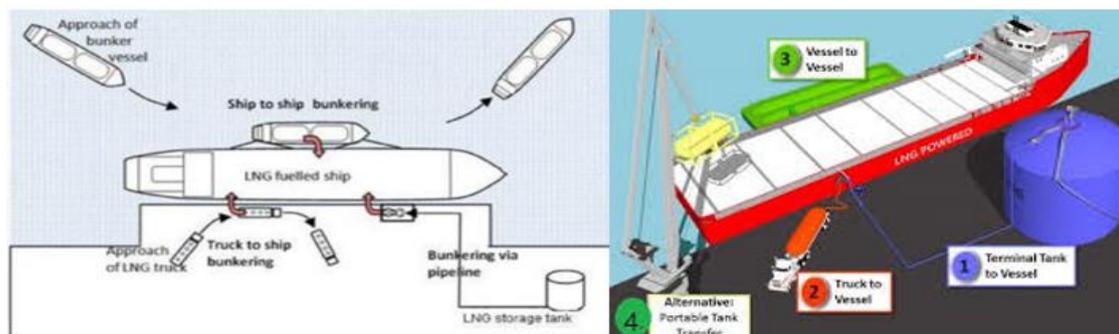
1. Configurazione Truck to Ship (TTS);
2. Configurazione Ship to Ship (STS);
3. Configurazione Terminal/Port/Pipeline To Ship (PTS);
4. Configurazione Mobile Fuel Tanks.

Figura9. LNG supply chain – bunkering



Fonte: <https://www.snam.it/en/Natural-gas/green-energy/liquefied-natural-gasxLNGx/>

Figura 10. Potenziali configurazioni di bunkering di GNL.



Fonte: DNV, “LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures” (2015).

Le quattro opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL differiscono tra loro con riferimento ai seguenti profili:

- capacità di stoccaggio/trasporto, ossia il volume di GNL immagazzinato all’interno del mezzo impiegato per il rifornimento oppure all’interno del deposito di stoccaggio;
- efficienza delle operazioni di bunkering che si traduce nella possibilità di operare in diverse situazioni (ad esempio in condizioni meteo avverse) oppure nella possibilità di effettuare operazioni simultanee, le cosiddette simultaneous operations (SIMOPs);
- scalabilità dell’impianto, ossia la possibilità di adattare la capacità d’impianto al variare delle condizioni dell’ambiente competitivo (es. incremento dei livelli di domanda nel breve termine);
- flessibilità, ossia la capacità dell’impianto di adattarsi ad esigenze specifiche espresse dall’utenza;
- investimenti richiesti e profili economico-finanziari che discende dall’evidenza che ogni configurazione richiede, per poter essere implementata, investimenti CAPEX, OPEX e anche il sostenimento di spese di manutenzione;
- esigenze tecniche e requisiti specifici dell’impianto, ossia tutti i profili gestionali e tecnici rilevanti quali, ad esempio, la quantità di aree occupate o il sussistere di specifiche problematiche connesse all’accessibilità nautica o stradale;
- sicurezza e rischi/criticità che caratterizzano non solo le differenti configurazioni nel loro complesso, ma anche le singole operazioni (es. sotto il profilo gestionale, di safety& security);
- impatto ambientale ed externalità, ossia gli aspetti rilevanti all’interno del business in oggetto, soprattutto tenuto conto del tipo di commodity energetica che questi impianti di storage e bunkering sono chiamati a manipolare

#### 3.4.1. Configurazione Truck to Ship (TTS)

La configurazione “Truck to Ship”(TTS) prevede che il rifornimento della nave avvenga mediante l’impiego di un camion cisterna o un’autobotte adibiti allo stoccaggio e al trasporto di GNL (Figura 11). Di conseguenza, dal punto di vista delle operations, per questo tipo di configurazione tecnologica è necessario che la nave sia ormeggiata al molo o al pontile e che il camion cisterna o l’autobotte raggiunga, dopo essere stato rifornito presso grandi terminal per lo stoccaggio di GNL oppure presso terminali intermedi lungo la filiere, oppure, ancora in prossimità di impianti di liquefazione, la banchina al fine di essere posizionato in prossimità della nave da rifornire.

Figura 11. Rifornimento di GNL secondo configurazione TTS.



Fonte: <http://www.donga.com/news/article/all/20190921/97506677/1>

Per quanto riguarda i punti di forza della configurazione TTS, occorre evidenziare gli elevati livelli di flessibilità e di reversibilità che lo caratterizzano. La flessibilità di impiego della soluzione tecnologica Truck To Ship, deriva non solo dall'assenza di ingenti investimenti idiosincratici per la realizzazione ma anche dalla possibilità di affiancare il camion alla nave LNG-propelled da rifornire lungo diverse zone della banchina, oppure lungo differenti banchine o aree del porto, salvo quando richiesto diversamente dalle procedure di sicurezza previste nella specifica area portuale. Questa caratteristica comporta inoltre l'opportunità di poter impiegare la medesima unità (autobotte o camion cisterna) su differenti terminal e porti, da cui deriva la possibilità di ripartire i costi connessi alla configurazione TTS tra diversi stakeholder. A fronte di ridotti investimenti infrastrutturali che caratterizzano la predisposizione delle operations per tale configurazione, la soluzione di tipo TTS viene considerata come un'opzione di bunkering "di prova", ovvero che può essere implementata allo scopo di verificare l'eventuale convenienza economica da parte del terminal (o di altri stakeholder volenterosi a sviluppare l'attività di rifornimento di GNL in porto), prima di procedere con investimenti infrastrutturali più consistenti e meno reversibili, come ad esempio quelli concernenti l'implementazione di una configurazione di tipo PTS o STS.

Per quanto riguarda, invece, i punti di debolezza della configurazione di tipo TTS, individuiamo innanzitutto la ridotta capacità dei serbatoi dei camion e delle autobotti (40-80 m<sup>3</sup>), da cui deriva che tale tecnologia può essere implementata esclusivamente per il rifornimento di navi LNG-propelled che richiedono volumi fino a 200-400 m<sup>3</sup> di GNL. Oltre alla ridotta capacità dei serbatoi dei camion cisterne, un'ulteriore criticità della configurazione tecnologica di tipo TTS consiste nella limitata velocità di trasferimento del GNL, che si aggira intorno ai 40-60 m<sup>3</sup>/h. Ciò comporta lunghe tempistiche per il rifornimento del GNL e, di conseguenza, una ridotta competitività della presente configurazione rispetto alle altre tipologie, soprattutto in presenza di navi LNG-propelled da rifornire dotate di serbatoi di elevata capacità<sup>4</sup>. Al contrario, in presenza di unità navali che necessitano di rifornimenti contenuti di GNL (o poiché dotate di serbatoi di piccole dimensioni o poiché caratterizzate da consumi contenuti di carburante per ogni viaggio, ad esempio perché si tratta di unità ro-pax impiegate su brevi tratte), le operazioni di bunkeraggio si dimostrano efficienti anche impiegando un numero limitato di camion o autocarri. In queste circostanze, la gestione delle operations appare semplice poiché si riducono non

---

<sup>4</sup>Infatti, in caso di grandi navi a GNL da rifornire, risulta necessario l'impiego di un numero molte elevato di camion/autobotti che realizzino più viaggi: tutto ciò comporta un incremento delle tempistiche di bunkering, un aumento non trascurabile della complessità di gestione delle operazioni stesse e dei costi logistici di approvvigionamento e, inoltre, un incremento dei rischi tecnici connessi alle operations presso la banchina o le banchine coinvolta/e.

solo le tempistiche di rifornimento ma anche eventuali problematiche relative alla sicurezza in banchina (poiché ad accedervi sarebbe esclusivamente un singolo camion/autobotte).

Inoltre, la tipologia di bunkeraggio di GNL di tipo TTS può comportare molteplici rischi in relazione alle attività di handling di merci/persone condotte in simultanea rispetto alle attività di rifornimento. Ciò appare particolarmente rilevante quando il conducente del camion o dell'autobotte non fa parte dello staff predisposto allo svolgimento delle operations presso le aree portuali a ciò preposte, per cui egli, non appartenendo alla categoria del personale dedicato, non risulta presenta familiarità con le procedure, le skills e le competenze relative allo svolgimento dei task connessi al rifornimento della nave. Di conseguenza, con riferimento alla presente tipologia di configurazione tecnologica per il bunkering di GNL, assume una notevole importanza l'insieme degli aspetti procedurali connessi alla sussistenza di idonei livelli di safety & security per tutte le attività concretizzate, soprattutto quando in presenza di personale non dedicato.

Un ulteriore punto di debolezza relativo alle soluzioni tecnologiche di tipo TTS è rappresentato dal costo variabile unitario per m<sup>3</sup> di GNL trasferito, in quanto su di esso incide significativamente il costo del trasporto (che include anche eventuali pedaggi) poiché esso spesso può superare nel medio-lungo termine e in relazione a elevati volumi movimentati i benefici connessi ai ridotti investimenti iniziali richiesti. Per compensare o risolvere tale criticità, spesso viene incrementata la capacità di carico dei singoli camion/autobotti per mezzo dell'aggiunta di rimorchi (impiegando soluzioni analoghe ai multi-trailer) oppure dell'impiego di più autobotti collegate tra loro contemporaneamente (rifornimento di tipo "Multi Truck-To-Ship bunkering").

Altre criticità connesse configurazione Truck To Ship sono correlate ad eventi quali:

- rottura serbatoio criogenico,
- innesco di incendi o esplosioni del GNL fuoriuscito accidentalmente,
- eventuale effetto domino,
- incremento della congestione e del traffico stradale (ed eventuali conseguenti incidenti e/o interferenze con altre attività portuali), ecc.

Di seguito riassumiamo i punti forza e di debolezza, le minacce e le opportunità sopracitate con riferimento alla configurazione tecnologica di bunkering di GNL di tipo Truck To Ship (Figura 12).

Figura 12. Analisi SWOT della configurazione TTS

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flessibilità operativa e gestionale</li> <li>▪ Basso costo degli investimenti e ridotti <i>sunk costs</i></li> <li>▪ Rifornimento navi anche in condizioni meteo avverse</li> <li>▪ Offerta di bunkering rivolta prevalentemente a domanda spot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ridotta capacità dei serbatoi</li> <li>▪ Ridotta velocità delle operazioni di bunkering</li> <li>▪ Regolamenti sulla sicurezza specifici</li> <li>▪ Necessità di utilizzare diverse unità per il rifornimento</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizzo delle singole unità su diversi terminal/porti: ripartizione dei costi tra diversi stakeholder</li> <li>▪ Soluzione idonea per testare il mercato del bunkering di GNL</li> <li>▪ Configurazione utilizzata per favorire la transizione al GNL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Distanza dagli impianti di stoccaggio e rifornimento di GNL</li> <li>▪ Costi di carburante e pedaggi</li> <li>▪ Congestionamento stradale nelle aree di accesso e limitrofe al porto</li> <li>▪ Rallentamento delle operazioni di carico/scarico merci e persone</li> </ul>

Fonte: Ns. elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

### 3.4.2. Configurazione Ship to Ship (STS)

La configurazione “Ship to Ship” (STS) prevede l’impiego di chiatte o piccole unità navali rifornitrici (dette anche bettoline/bunkerine o *Small Scale LNG Carrier*) per le operazioni di bunkering effettuate sia in mare aperto che nelle acque del porto. Le unità navali di rifornimento, denominate anche SSLNG ship, si affiancano alle navi da rifornire ed effettuano il trasferimento del GNL con tubature flessibili e sistemi di pompaggio (Figura 13).

Figura 13. Rifornimento di GNL secondo configurazione STS



Fonte: [https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/news--and--events/news/may2016\\_2](https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/news--and--events/news/may2016_2)

Soprattutto in ragione della capacità dei serbatoi delle chiatte rifornitrici compresa tra i 1.000 e i 20.000 m<sup>3</sup>, la configurazione tecnologica di tipo Ship To Ship permette di rispondere all’esigenza di rifornimento di volumi di GNL anche fino a 10.000 m<sup>3</sup>, che risulta essere notevolmente superiore rispetto a quella dei serbatoi di cui sono dotati mediamente i camion e le autobotti impiegate nella configurazione di tipo Truck To Ship.

Inoltre, la presente tipologia di configurazione tecnologica permette di garantire non solo il rifornimento di navi impossibilitate ad approdare in certi porti dotati di deposito in loco (ad esempio poiché tali depositi sono dotati di caratteristiche remote in ragione dell’assenza di specifiche strutture per il bunkeraggio di GNL), ma anche l’attività di bunkering presso un deposito costiero oppure un terminale destinato alla consegna di GNL alla nave da rifornire.

La configurazione di bunkering STS consente un’elevata velocità di trasferimento del GNL tra i due natanti, fino ad arrivare a 1.000 m<sup>3</sup>/h, da cui deriva il vantaggio economico e gestionale della configurazione di tipo Ship To Ship soprattutto in caso di rifornimento di navi che operano su distanze brevi e che necessitano quindi di minimizzare i tempi di permanenza presso le infrastrutture portuali in relazione alle attività di rifornimento, di carico/scarico delle merci, dei passeggeri, ecc.

Un ulteriore vantaggio connesso alla configurazione in esame consiste nella possibilità di concretizzare le operazioni di bunkeraggio senza impiegare ed occupare di aree e spazi portuali, in quanto, l’attività di rifornimento della bunkerina/bettolina (o SSLNG ship) o della chiatta rifornitrice avviene normalmente presso un terminal o un impianto per lo stoccaggio di GNL all’interno del porto oppure in prossimità dello stesso.

In relazione alle differenti tipologie di unità per il rifornimento, può rivelarsi necessaria la presenza di differenti strumenti volti a supportare l’attività di bunkeraggio della metaniera impiegando la configurazione tecnologica STS: in presenza di chiatte, spesso è fondamentale la presenza di appositi

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



rimorchiatori per il traino o la spinta di tale unità fino ad affiancarla alla metaniera da rifornire; in caso di impiego di navi da rifornimento di GNL di grandi dimensioni, esse possono essere dotate a bordo di gru e/o altre strutture idonee al sollevamento delle tubature di rifornimento di GNL.

Normalmente le operazioni di bunkering mediante la configurazione STS non interferiscono con le operazioni di carico/scarico delle merci o dei passeggeri, che possono infatti essere condotte simultaneamente alla fase di rifornimento di GNL, dal momento in cui la nave oggetto del rifornimento attracca su un lato della banchina e viene rifornita sull'altro.

Oltre ai presenti vantaggi, la configurazione Ship To Ship presenta anche alcune criticità, tra le quali assume un ruolo rilevante la necessità di ingenti investimenti iniziali connessi alla necessità di navi/unità/chiatte da rifornimento per eseguire le attività di bunkering. Oltre ai costi di acquisizione delle suddette unità (10-15 milioni di euro per le chiatte più piccole, fino a 80 milioni di euro per le micro-metaniere più grandi), risultano elevati anche i costi operativi che originano dalla logistica di approvvigionamento e dalla gestione tecnica dell'asset (si pensi, ad esempio, al personale altamente specializzato e alle situazioni in cui la nave da rifornire non si trova in prossimità del terminale portuale o dell'impianto di stoccaggio di GNL presso cui la "bunkerina" si rifornisce).

Ulteriore criticità connessa alla configurazione STS risulta il rischio di collisione tra le unità coinvolte nelle operazioni di rifornimento, soprattutto in situazioni in cui le operations vengano eseguite in mare aperto. Tale rischio aumenta in caso di coinvolgimento anche di terze parti eventualmente presenti in zona, in presenza di condizioni meteomarine avverse e in relazione al fatto che l'equipaggio coinvolto deve occuparsi contestualmente della navigazione e delle operazioni di rifornimento.

Durante la fase di bunkering, nella configurazione di tipo Ship To Ship, sussistono ulteriori rischi di natura tecnico-operativa, quali:

- la tensione esercitata sul tubo flessibile di bunkeraggio con eventuale conseguente rottura della tubazione stessa dovuta a bruschi movimenti della nave,
- la perdita di GNL durante le fasi di carico/scarico,
- l'incremento del traffico marittimo (e la commistione di flussi di navi diverse),
- la rottura del serbatoio criogenico,
- l'innesco di incendi/esplosioni del GNL fuoriuscito accidentalmente,
- difficoltà ad accedere al luogo dell'incidente da parte delle squadre di emergenza eventualmente coinvolte.

Di seguito riassumiamo i punti forza e di debolezza, le minacce e le opportunità sopracitate con riferimento alla configurazione tecnologica di bunkering di GNL di tipo Ship To Ship (Figura 14).



Figura 14. Analisi SWOT della configurazione STS

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevata capacità di stoccaggio delle unità navali impiegate per il rifornimento</li> <li>▪ Velocità del rifornimento</li> <li>▪ Flessibilità operativa: SIMOPS</li> <li>▪ Assenza di impiego di spazi portuali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forti investimenti iniziali</li> <li>▪ Elevati costi di manutenzione</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riduzione esternalità negative per zone costiere e comunità locali (rifornimento <i>offshore</i>)</li> <li>▪ Maggiore accessibilità al servizio</li> <li>▪ Riduzione degli investimenti per impianti ed attrezzature in ambito portuale</li> <li>▪ Riduzione delle inefficienze legate alle attività portuali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Distanza dagli impianti di stoccaggio costieri</li> <li>▪ Rischio connesso alle condizioni meteorologiche e collisioni (rifornimento <i>offshore</i>)</li> <li>▪ Estensione del bacino portuale: rischio danni a terzi (per rifornimento all'interno del porto)</li> </ul>

Fonte: Ns. elaborazione.

### 3.4.3. Configurazione Port to Ship, Terminal to Ship o via pipeline (PTS)

La configurazione “Port to Ship” o “Terminal to Ship” o “Pipeline to Ship”(PTS) prevede il rifornimento della nave LNG-propelled attraverso tubazioni (pipeline) provenienti da una stazione di bunkering GNL a terra (presso una banchina o un pontile dedicato), dove le navi, una volta attraccate, effettuano il rifornimento (Figura 15).

Figura 15. Rifornimento di GNL secondo configurazione PTS.



Fonte: <https://www.unitest.pl/?p=3131>; <https://www.manntek.se/lng/applications/ship-to-shore>

La presente configurazione prevede che le operazioni di bunkering di navi LNG-propelled avvengano mediante apposite tubazioni caratterizzate da rigidità nella parte iniziale e flessibilità in quella finale (il tubo dell'impianto di rifornimento) al fine di garantire un maggior livello di adattabilità e conformità

non solo del layout ma anche degli impianti e delle strumentazioni rispetto alle esigenze operative richieste dalla nave da rifornire.

La configurazione PTS richiede la presenza di un serbatoio di stoccaggio di GNL a terra, il quale viene fornito normalmente tramite autobotti, oppure navi metaniere o ancora metanodotti (mediante impianto di liquefazione) qualora sia localizzato in ambito marittimo-portuale e in prossimità di depositi costieri secondari. Tale serbatoio presenta caratteristiche differenti a seconda dell'apparato che lo rifornisce, delle esigenze di bunkeraggio, dello spazio disponibile in banchina, delle differenti possibilità di approvvigionamento, ecc. Esso può essere di dimensioni ridotte e in pressione, se alimentato da treni, autobotti, bettoline o impianti di liquefazione, oppure di grandi dimensioni e a pressione atmosferica, se il GNL proviene da un impianto di rigassificazione. Una volta decisa e selezionata la capacità del serbatoio, la scelta del numero di serbatoi dipende anche da altri parametri quali limiti tecnici, costi, flessibilità operativa, superficie disponibile, impatto visivo, estensioni prevedibili, ecc.

Come riportato in molteplici studi (DNV, 2014), le unità navali LNG-propelled da rifornire possono attraccare direttamente al molo dove è localizzata la stazione o l'impianto di rifornimento, oppure possono essere collegate a ponti galleggianti (direttamente collegati a terra attraverso apposite condutture) in cui viene stoccato il carburante. In quest'ultimo caso risulta necessaria la presenza di apposite infrastrutture in grado di minimizzare i movimenti della piattaforma galleggiante, dovuti ad esempio al moto ondoso, frequente causa di danneggiamento all'attrezzatura di rifornimento del GNL.

La configurazione tecnologica di tipo Port To Ship assicura una flessibilità elevata rispetto alle altre soluzioni di bunkering, poiché non risente delle variazioni del livello del mare: la differenza di altezza tra la nave LNG-propelled rifornire e l'impianto si adatta continuamente e quindi rimane pressoché invariata.

Tale soluzione di bunkeraggio è caratterizzata dalla possibilità di rifornire grandi volumi di GNL (fino ad arrivare anche a 20.000 m<sup>3</sup>), grazie all'elevata capacità di stoccaggio della stazione o dell'impianto di rifornimento. Grazie alla sua velocità di erogazione del combustibile compresa tra 1.000 e 2.000 m<sup>3</sup>/h, la tecnologia di tipo PTS risulta molto vantaggiosa rispetto alle altre, poiché consente di ridurre notevolmente i tempi di rifornimento. Inoltre, la stazione di rifornimento di GNL presente a terra può essere utilizzata anche come stazione di servizio per altri veicoli (di terzi oppure interni al porto) alimentati a GNL, rendendo così il terminale nodo di approvvigionamento e fornitura di GNL ad uso marittimo e terrestre.

Nonostante i vantaggi citati, la configurazione via pipeline presenta anche notevoli punti di debolezza tra i quali la minore flessibilità operativa rispetto alla soluzione STS poiché l'unità LNG-propelled, per essere rifornita, deve necessariamente raggiungere il molo (prolungando così la durata delle operazioni nautiche presso lo scalo e delle manovre in porto). Inoltre, tendenzialmente, durante la fase di bunkeraggio, non possono essere concretizzate operazioni di carico/scarico di merci, container o persone, anche se in realtà in alcuni porti europei e mondiali viene prevista la possibilità di svolgere SIMOPs.

Oltre alle criticità tipicamente connesse a qualsiasi sistema di configurazione di bunkering (quali la rottura del serbatoio criogenico e/o delle tubazioni, l'innescò di incendi o esplosioni del GNL fuoriuscito accidentalmente e l'eventuale effetto domino, ecc.) il sistema di bunkeraggio di tipo PTS presenta alcuni svantaggi specifici sotto il profilo tecnico-operativo ma anche economico-gestionale. Tra questi ultimi la necessità di ingenti investimenti per lo sviluppo di tutte le infrastrutture, attrezzature ed equipment fondamentali per il corretto svolgimento delle operations: tali investimenti vengono configurati come sunk cost poiché impossibili da riconvertire in caso di abbandono del presente

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

business. L'investimento necessario all'implementazione della presente configurazione è assai variabile in ragione della capacità di stoccaggio installata e delle sovrastrutture approntate presso la banchina, ma solitamente richiede alcune decine di milioni di euro. Sono peraltro previste anche regole molto stringenti in relazione alla certificazione dell'equipment relativo alle installazioni e alla formazione/gestione del personale impiegato nelle diverse operazioni di manipolazione del GNL

In ragione dell'infrastruttura necessaria all'implementazione della configurazione di tipo PTS, quest'ultima risulta un'opzione indicata in caso di porti caratterizzati da una domanda di rifornimento di GNL elevata e stabile nel lungo periodo.

Di seguito riassumiamo i punti forza e di debolezza, le minacce e le opportunità sopracitate con riferimento alla configurazione tecnologica di bunkering di GNL di tipo Port To Ship (Figura 16).

Figura 16. Analisi SWOT della configurazione PTS

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevata capacità di stoccaggio</li> <li>▪ Velocità del rifornimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forti investimenti iniziali</li> <li>▪ Elevati costi di manutenzione</li> <li>▪ Rigidità operativa</li> <li>▪ Occupazione delle aree portuali</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rifornimento costante e regolare per navi di linea</li> <li>▪ Collegamento diretto con metanodotti ad impianti dell'entroterra (approvvigionamento rapido)</li> <li>▪ Flessibilità dei volumi gestiti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esternalità negative sul territorio circostante</li> <li>▪ Regolamenti fortemente restrittivi in tema di sicurezza</li> <li>▪ Accessibilità del porto e del terminal</li> </ul>

Fonte: Nt. elaborazione.

#### 3.4.4. Configurazione Mobile Fuel Tanks

La configurazione tecnologica "Mobile Fuel Tank" prevede l'impiego di serbatoi mobili per il rifornimento di GNL che possono essere impiegati sia da terra, per essere collegati alla nave da rifornire, sia da bordo, caricandoli direttamente sull'unità LNG-propelled, per poi essere impiegati durante la navigazione come veri e propri serbatoi di GNL per la stessa. Si tratta di cisterne o ISO-container criogenici con isolamento a doppia parete o in poliuretano a parete singola, utilizzati come deposito temporaneo di carburante: al manifestarsi della domanda tali serbatoi sono trasportati sulle banchine del porto per effettuare il rifornimento delle navi.

La configurazione di tipo mobile fuel tanks rappresenta una soluzione versatile poiché ha il vantaggio di essere un deposito movimentabile e trasferibile ovunque ce ne sia richiesta e necessità, nonostante presenti il rischio di caduta accidentale dei serbatoi stessi. Mentre gli ISO-container da 20 e 40 piedi sono i cosiddetti "standard" e, quindi, tra i più diffusi sul mercato poiché intermodali in quanto trasportabili mediante autocarri, fungendo da cisterne, oppure collocati su portacontainer o vagoni pianale, gli ISO-container da 53 piedi, non avendo una dimensione standard, perdono il vantaggio connesso alla gestione della relativa logistica secondo logiche intermodali in relazione al trasporto marittimo, ma possono comunque essere trasportati per mezzo di autocarri o specifici vagoni pianali.

Esistono inoltre ISO-container criogenici di dimensioni superiori a 53 piedi, i quali possono viaggiare su strada esclusivamente su convogli eccezionali.

*Figura 17. ISO-container criogenici.*



Fonte: [https://it.made-in-china.com/co\\_longtengindustrial/product\\_T75-Cryogenic-Liquid-Gas-LNG-Lo2-Ln2-20FT-ISO-Tank-Container\\_egsosuesy.html](https://it.made-in-china.com/co_longtengindustrial/product_T75-Cryogenic-Liquid-Gas-LNG-Lo2-Ln2-20FT-ISO-Tank-Container_egsosuesy.html)

In seguito al trasferimento in banchina di tali ISO-container criogenici (mediante navi cargo oppure trasporto terrestre, ovvero camion, oppure trasporto ferroviario, attraverso appositi convogli), essi vengono caricati a bordo della nave normalmente per mezzo di una gestione tipica delle merci pericolose, per le quali sussistono procedure e regole dedicate, oppure mediante gru o altri sistemi di sollevamento. Tali serbatoi vengono quindi collocati a bordo delle navi da rifornire, in particolare sul ponte oppure in zone adibite all'immagazzinamento, rendendo così la presente soluzione estremamente vantaggiosa soprattutto in presenza di spazio limitato nella zona macchine della nave, anche se, allo stesso tempo, riduce, con la sua presenza, lo spazio disponibile sul ponte.

La soluzione tecnologica di tipo Mobile Fuel Tanks risulta estremamente vantaggiosa, in ragione soprattutto dei bassi investimenti iniziali richiesti e della significativa riduzione dei tempi di bunkering, per non parlare dell'estrema flessibilità dal punto di vista operativo, poiché favorisce una maggiore capillarità del sistema di distribuzione e consente lo svolgimento di altre operazioni in simultanea alle operazioni di rifornimento (SIMOPs). Ne deriva l'attrattiva di tale configurazione soprattutto in presenza di impiego di navi container o navi operanti con gru: in questo modo è possibile concretizzare, contestualmente alle operazioni di bunkering, anche le attività di handling delle merci.

Tra gli svantaggi e le criticità operative, la ridotta capacità dei mobile fuel tank rispetto a dei veri e propri serbatoi a LNG viene riscontrata soprattutto durante il rifornimento di navi che necessitano di stoccare un elevato quantitativo di serbatoi criogenici, o poiché di grandi dimensioni o poiché vengono impiegate su tratte molto lunghe. Da ciò deriva la necessità di ampi spazi a bordo nave con conseguente minore capacità di stiva della nave per le merci a fini commerciali. Inoltre, dal punto di vista dell'armatore/compagnia di navigazione, la soluzione Mobile Fuel Tanks comporta un significativo incremento del rischio di perdita di liquido a temperatura criogenica e quindi estremamente pericolosa poiché richiede di replicare più volte le attività di connessione e disconnessione dei serbatoi dalla rete di alimentazione della nave.

Nonostante i succitati vantaggi relativi alla configurazione di tipo Mobile Fuel Tanks, quest'ultima risulta essere, a causa delle criticità appena descritte, poco diffusa nella pratica.

Di seguito riassumiamo i punti forza e di debolezza, le minacce e le opportunità con riferimento alla configurazione tecnologica di bunkering di GNL di tipo Mobile Fuel Tank (Figura 18).



Figura 18. Analisi SWOT della configurazione Mobile Fuel Tanks

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flessibilità operativa</li> <li>▪ Possibilità di movimentare il serbatoio all'interno dell'area portuale</li> <li>▪ Possibilità di caricare direttamente l'ISO container a bordo nave</li> <li>▪ Contenuti investimenti iniziali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limitata capacità dei serbatoi</li> <li>▪ Limitata velocità di trasferimento del combustibile</li> <li>▪ Necessità di connessione alla rete elettrica</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Scalabilità del sistema</li> <li>▪ Possibilità di sopperire a domande spot</li> <li>▪ Possibilità di effettuare SIMOPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rischi connessi alla movimentazione del serbatoio in porto</li> <li>▪ Definizione di aree di sosta per i mezzi di trasporto</li> </ul>

Fonte: Ns. elaborazione.

### 3.4.5. Benchmarking e confronto tra configurazioni alternative

A valle delle analisi realizzate per ciascuna configurazione, è possibile fornire un quadro comparativo sinottico in relazione alle diverse soluzioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale, atto a individuare i principali benefici e le possibili criticità che caratterizzano sotto il profilo operativo, gestionale, economico-finanziario e ambientale ciascuna delle suddette opzioni.

Alla luce dall'analisi condotta e dei risultati sinteticamente riportati nella Tabella 7, risulta evidente come la scelta della configurazione tecnologica più idonea a soddisfare le specifiche esigenze dei porti dell'area obiettivo dipenda fortemente da una molteplicità di elementi relativi a fattori endogeni della tecnologia e fattori esogeni relativi al contesto nel quale il porto si inserisce. Infatti, a conferma delle considerazioni svolte in precedenza, è possibile notare come, all'aumentare della capacità dei serbatoi delle singole unità navali, vadano necessariamente privilegiate soluzioni tecnologiche di bunkering di tipo Ship To Ship e Port To Ship, a scapito della configurazione Truck To Ship, prediletta, in ragione della ridotta capacità di stoccaggio di GNL delle autocisterne e delle autobotti impiegate per l'attività di bunkering, per il rifornimento di unità navali di piccole dimensioni dotate di capacità limitata dei serbatoi (inferiore a 500 m<sup>3</sup>), come imbarcazioni di servizio e unità Ro-Ro di piccola taglia.

Tabella 7. Benchmarking e confronto tra le configurazioni tecnologiche per il bunkering di GNL

	<b>Configurazione Truck to Ship [TTS]</b>	<b>Configurazione Ship to Ship [STS]</b>	<b>Configurazione Port o Terminal to Ship [PTS]</b>	<b>Configurazione Mobile fuel tanks</b>
<i>Volumi di GNL</i>	Inferiori a 200 m <sup>3</sup>	Compresi tra 1.000 e 10.000 m <sup>3</sup>	Nessun limite in termini di volumi	Compresi tra 20 e 50 m <sup>3</sup> per unità
<i>Velocità delle operazioni di bunkering</i>	Bassa	Media	Alta	Medio-Alta
<i>Portata caratteristica di trasferimento</i>	50 m <sup>3</sup> /h	1000 m <sup>3</sup> /h	2000 m <sup>3</sup> /h	50 m <sup>3</sup> /h
<i>Vantaggi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevata flessibilità operativa;</li> <li>- Assenza di investimenti infrastrutturali;</li> <li>- Basso investimento iniziale;</li> <li>- Reversibilità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilità di effettuare SIMOPs (turn-around times ridotti);</li> <li>- Assenza di impiego di spazi portuali dedicati;</li> <li>- Flessibilità nella localizzazione e nei volumi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempistiche di bunkering molto contenute;</li> <li>- Flessibilità nei volumi gestiti;</li> <li>- Modularità nella definizione della capacità complessiva della stazione di bunkering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semplicità distributiva;</li> <li>- Assenza di investimenti infrastrutturali dedicati;</li> <li>- Basso investimento iniziale;</li> <li>- Le navi non devono navigare sino a una specifica localizzazione nel porto.</li> </ul>
<i>Svantaggi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocità e portata del rifornimento molto limitate;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevati investimenti in navi e chiatte per il rifornimento;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obbligo per le navi di raggiungere una</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ridotta capacità di stoccaggio per singolo tank;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacità di stoccaggio contenuta;</li> <li>- Rischi connessi all'assenza di personale tecnico specializzato;</li> <li>- Elevati costi di trasporto per m<sup>3</sup> di GNL;</li> <li>- Presenza di truck in banchina con conseguente incremento dei rischi per le persone e le merci.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costi operativi superiori a altre soluzioni tecniche;</li> <li>- Aumento del rischio connesso a collisioni tra navi e incidenti;</li> <li>- Maggiore complessità nella gestione delle operazioni di bunkering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- specifica location nel porto;</li> <li>- Impossibilità di svolgere SIMOPs (allungamento delle tempistiche di turn-around);</li> <li>- Elevati investimenti in dotazioni infrastrutturali e attrezzature;</li> <li>- Occupazione di ampi spazi portuali.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riduzione della capacità di carico a uso commerciale della nave rifornita;</li> <li>- Maggiore pericolosità delle operazioni connesse al sollevamento del serbatoio;</li> <li>- Necessità di avere gru di carico (in banchina o in dotazione alla nave da rifornire).</li> </ul>
<i>Applicazioni in ambito portuale</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localizzazioni contraddistinte da bassa frequenza di bunkering di GNL;</li> <li>- Start up delle attività di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti con molteplici terminal che richiedano l'assegnazione di aree per il bunkering;</li> <li>- Porti non serviti dalla rete di rifornimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porti con traffico misto (inland e seagoing ships);</li> <li>- Porti caratterizzati da ampi specchi acquei;</li> <li>- Porti non particolarmente soggetti a condizioni meteo avverse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porti di medie o grandi dimensioni;</li> <li>- Porti caratterizzati da elevata frequenza di operazioni di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti caratterizzati da domanda di GNL stabile o facilmente prevedibile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Start up delle attività di bunkering di GNL;</li> <li>- Porti ove transitano numerose portacontainer.</li> </ul>

Fonte: Ns. elaborazione.

### 3.5. Applicazione dell'analisi SWOT a specifici business cases

La metodologia proposta e i doversi quadri sinottici proposti con specifico riferimento al bunkering di GNL in ambito marittimo portuale, possono proficuamente essere usati dai diversi attori e decisori

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

pubblici coinvolti nei processi di pianificazione e programmazione degli investimenti relativi a impianti di bunkering e stoccaggio di GNL nei porti dell'Area di Programma nelle fasi di assessment preliminare circa le concrete opzioni tecnologiche potenzialmente applicabili allo specifico contesto portuale oggetto di valutazione. I risultati delle attività di ricerca condotte, inoltre, tenuto conto del format "agile" e "smart" che li contraddistingue, favorisco la diffusione della conoscenza in merito al fenomeno oggetto di studio anche presso audience non tecnici ma comunque interessati all'argomento.

Con riferimento alla realtà portuale di Genova e Savona, l'AdSP del Mar Ligure Occidentale ha iniziato a valutare la fattibilità di alcune soluzioni tecnologiche per assicurare l'installazione di impianti di bunkering navale presso uno dei propri scali; ne risulta che due soluzioni sembrano ad oggi perseguibili: "Ship to Ship" e impianto GNL su chiatta galleggiante ormeggiata in porto.

Considerazioni analoghe possono essere fatte in relazione al contesto dell'AdSP del Mar Ligure Orientale dove ne mese di ottobre 2020 verrà effettuato il primo rifornimento di GNL sulla nave Costa Smeralda (Costa Crociere) nel porto di La Spezia e prevederà la possibilità di effettuare rifornimento "ship to ship". Questa opzione tecnologica era stata infatti individuata attraverso l'analisi SWOT condotta dal team di UNIGE-CIELI all'interno del progetto TDI RETE-GNL come la più consona per le aree del porto di La Spezia considerate (si segnalano infatti le importanti restrizioni che il traffico portuale dovrà rispettare per rispettare la security, nonché le necessarie condizioni meteo marine).

In conclusione, l'applicazione e la diffusione di questo approccio metodologico al preliminary assessment delle opzioni concretamente adottabili in ogni specifica realtà portuale di cui all'Area Obiettivo, rappresenta un valido supporto al processo decisionale che caratterizza due tipologie di gruppi target del Progetto TDI RETE-GNL, ovvero gli organismi pubblici (Regioni, Comuni, Città Metropolitana, VVFF, Capitanerie) e gli organismi di diritto pubblico (AdSP e Port Authority). Infatti, data l'importanza del tema, la Regione Liguria ha organizzato, presso la sua sede una giornata di formazione svoltasi il 15/11/2019.

#### 4. SCHEDA DI SINTESI PRODOTTO T1.1.3 “BEST PRACTICES RELATIVE ALLE PROCEDURE DI BUNKERING E STOCCAGGIO DI GNL IN AMBITO PORTUALE”.

I report realizzati nell’ambito del prodotto T1.1.3 “Best practices relative alle procedure di bunkering e stoccaggio di GNL in ambito portuale” sono stati realizzati dal CF UNIGE-CIELI, dal partner P2 UNIPI, dal partner P3 UNICA-CIREM, dal partner P4 OTC e dal partner P5 CCIV, secondo la ripartizione dei task previsti a formulario. I partner P4 e P5 si sono inoltre avvalsi dei consulenti esterni Elengy, Tractebel, Gazocean e SeeUp, mentre il CF si è avvalso del supporto esterno da parte di AMP. I documenti integrali realizzati sono disponibili sul portale del Programma Interreg Marittimo (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



##### 4.1. Finalità del prodotto T1.1.3

Il prodotto T1.1.3 “Best practices relative alle procedure di bunkering e stoccaggio di GNL in ambito portuale” prevede la realizzazione di un report di sintesi relativo alle best practices connesse alle procedure di bunkering e di stoccaggio nell’ambito di impianti GNL, che potrebbero essere usate nei porti dell’Area Obiettivo (Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica e Région PACA), in ragione delle specificità morfologiche, tecniche e localizzative che interessano i siti in oggetto, considerando a tal fine le diverse opzioni tecnologiche per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale.

Per la realizzazione del prodotto il Capofila di progetto UNIGE-CIELI ha definito un modello concettuale da adottare al fine di realizzare schede di sintesi omogenee atte ad approfondire le principali best practices in relazione alla gestione delle operations di bunkering e le relative procedure con riferimento ai porti inclusi nel formulario. La realizzazione delle attività di ricerca in oggetto non è risultata semplice in ragione della scarsità di casistiche empiriche già operative nei porti dell’area. Il modello concettuale relativo alla scheda di sintesi in oggetto è stato poi validato dai partner i quali, ciascuno per i porti di propria competenza geografica hanno proceduto alla raccolta dei dati e allo studio dei casi.

La scheda di sintesi in oggetto prevede diverse sezioni funzionali alla raccolta di dati e informazioni di diversa natura. Oltre a informazioni riguardanti la zona d’interesse, l’autore della scheda, e il Porto/Business case analizzato, il format prescelto consente di sintetizzare numerose informazioni in merito a:

- ✓ valutazione del metodo/soluzione tecnologica più idonea per il bunkeraggio di GNL nel caso di specie;
- ✓ indicazione della capacità di stoccaggio;
- ✓ descrizione delle operazioni di bunkeraggio previste;
- ✓ stato autorizzativo dell’impianto;
- ✓ indicazioni in merito alle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza;
- ✓ eventuali piani di formazione del personale previsti in relazione alla facility in oggetto;

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”

- ✓ natura e caratteristiche dei sistemi di monitoraggio degli impianti e delle operations per il bunkering di GNL nel caso di specie.

Nel dettaglio i contributi predisposti dai partner sono i seguenti:

- Business case relativo al porto di Livorno realizzato dal Partner P2 DESTEC-UNIPI; tale contributo ha permesso di indagare con particolare interesse gli aspetti di tipo autorizzatorio in merito alle condizioni dell'impianto.
- Business case relativo al porto di Cagliari (Progetto ISGAS Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari) e business case Porto di Oristano (Impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL proposto dalla IVI Petrolifera nel Porto di Oristano – Santa Giusta) realizzato dal Partner P3 UNICA-CIREM; tali contributi hanno evidenziato in modo dettagliato la configurazione, il funzionamento e il procedimento autorizzatorio dei due impianti in oggetto.
- Business cases relativi al porto di Genova (Sampierdarena Port basin – Calata Oli Mineralquay) e al porto di Vado Ligure (Deposito in testata piattaforma) realizzato dal CF UNIGE-CIELI; tali contributi hanno analizzato alcune delle principali ipotesi localizzative per la predisposizione di impianti di stoccaggio e bunkeraggio di GNL in relazione ai porti dell'AdSP del Mar Ligure Occidentale.
- Business cases relativi ai porti della Corsica; il Partner P4 OTC, data l'essenza ad oggi di progetti focalizzati su una possibile realizzazione di una facility per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Corsica, ha affidato alla società consulente esterna SeeUp lo sviluppo di uno studio ad hoc sulle best practices legate al bunkering e stoccaggio in generale e con particolare riferimento ai porti della Corsica con la presentazione di un demo-day. Il report nella sua versione integrale viene allegato al presente prodotto in qualità di "ANNEX II".
- Business case relativo al porto di Tolone realizzato dal Partner P5 CCIVar; tale contributo ha permesso di descrivere lo stato dell'arte del GNL nel porto in oggetto; il Partner P5 CCIVar ha altresì affidato al consulente esterno Gazocéan uno studio volto a considerare le best practices procedurali con particolare attenzione all'analisi e alla gestione del rischio. Il report nella sua versione integrale viene allegato al presente prodotto in qualità di "ANNEX I".

Al fine di fornire un'overview del prodotto, ovvero delle principali best practices legate alle procedure di bunkering e di stoccaggio e delle conseguenti differenti opzioni tecnologiche impiegate nell'ambito di impianti GNL utilizzate o ipotizzate nei porti dell'Area Obiettivo del progetto, vengono di seguito presentati gli aspetti di maggiore importanza di ogni business case realizzato dai partner di progetto, riassunti in modo schematico nella tabella sinottica sottostante e vengono successivamente riportati integralmente i contributi presentati da ciascun partner.

Tabella 8. Tabella sinottica best practices di ogni business case

<i>Business cases</i>	<i>Area Obiettivo</i>	<i>Soluzione bunkering idonea</i>	<i>Capacità di stoccaggio</i>	<i>Procedure di sicurezza</i>	<i>Piani di formazione</i>	<i>Sistemi di monitoraggio</i>
<b>Porto di Livorno</b>	Toscana	n.a.	5.000m <sup>3</sup>	Consegnato rapporto di sicurezza preliminare e progetto antincendio.	Addestramento di personale di banchina.	n.a.
<b>Porto di Cagliari (Progetto ISGAS Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari)</b>	Sardegna	Ship-to-Ship; Truck-to-Ship, Port-to-Ship	22.078m <sup>3</sup>	Sistema di raccolta delle possibili fuoriuscite di GNL; aree che permettono il deflusso di liquidi; vietata la presenza nel deposito di fonti di rischio mobile.	Idonea informazione, formazione e addestramento per sicurezza e prevenzione degli incidenti per il personale dipendente e esterno che opera nel terminal e per visitatori.	Sistema di controllo distribuito (DCS); sistema di emergenza (ESD); sistema di controllo.
<b>Porto di Oristano (Impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL IVI Petrolifera-Santa Giusta)</b>	Sardegna	Ship-to-Ship	880.000m <sup>3</sup>	Politica di Prevenzione degli Incidenti Rilevanti (PPIR); organizzazione di un Sistema di Gestione della Sicurezza.	Corsi personale direttivo (per sviluppo cap manageriali, aspetti tecnico-gestionali, di sicurezza e preservazione ambiente) e maestranze (teorico-pratici).	Monitoraggio di componenti ambientali quali l'atmosfera, il rumore e le acque superficiale marine e sotterranee.
<b>Porto di Genova (Sampierdarena Port basin – Calata Oli Mineral quay)</b>	Liguria	Truck-to-Ship; Port-to-Ship	20.000m <sup>3</sup> + ulteriore 100m <sup>3</sup>	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Porto di Vado Ligure (Deposito in testata piattaforma)</b>	Liguria	Port-to-Ship	10.400m <sup>3</sup> + 5.000m <sup>3</sup>	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Porti della Corsica</b>	Corsica	Mobile Fuel Tank	n.a.	Valutazione dei potenziali rischi; definizione di una zona di sicurezza attorno alle installazioni di bunkering con limiti di entrata.	Ruoli, le responsabilità e il percorso di formazione cambiano a seconda degli stakeholders.	Persona in carica (PIC) designata per supervisionare l'operazione di bunkering e controllare la zona.
<b>Porti di Tolone</b>	Région PACA	Truck-to-Ship; chiatta galleggiante	n.a.	Operatori portuali soggetti a severe norme di comportamento, restrizioni e divieti per natura del GNL (merce pericolosa).	n.a.	n.a.

## 4.2. Business Cases di Livorno

Zona di interesse: Toscana.

Autore: Università di Pisa – DESTEC.

Porto/Business case: Porto di Livorno.

Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL



### **Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkering più idoneo.**

La società "Livorno LNG Terminal Spa" (LLT), costituita il 21 febbraio 2018 come joint venture paritaria tra Costiero Gas Livorno SpA (CGL) e NVI (appositamente costituita tra Neri Depositi Costieri SpA e Società Italiana Gas Liquidi S.p.A.), ha tra le sue finalità l'attività di progettazione, costruzione, mantenimento e gestione di un terminal per il deposito e stoccaggio (sia costiero che interno) nonché per la movimentazione di gas naturale liquefatto e prodotti derivati e affini sempre di natura gassosa, sia via terra che via mare, tramite la gestione di banchine dedicate che consentano l'ormeggio, lo scarico ed il carico di navi atte al trasporto di GNL. L'Autorità Portuale presenta pubblicamente al MIT il proprio "Progetto strategico LNG nel cluster portuale e industriale di Livorno" 2015/02/26 valutando diversi siti per allocare uno Small Scale LNG. L'area che corrisponde a tutti i requisiti è quella in concessione alla Neri Depositi Costieri descritta di seguito.

### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

L'impianto avrà una capacità di 5.000 mc (inizialmente previsti 9000 mc) di stoccaggio di GNL e sarà costituito da 4 serbatoi da 1.250 mc orizzontali per un throughput annuo di 150.000 t; l'impianto sarà dotato di 4 pensiline di carico in grado di rifornire da 20 a 25 autobotti al giorno.

### **Definizione delle operazioni di bunkering.**

L'impianto sarà rifornito da navi con size variabile tra 3.000 e 7.500 mc.

### **Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell'impianto.**

- 2015/02/26 l'Autorità Portuale presenta pubblicamente al MIT il proprio "Progetto strategico LNG nel cluster portuale e industriale di Livorno" valutando diversi siti per allocare uno Small



Scale LNG. L'area che corrisponde a tutti i requisiti è quella in concessione alla Neri Depositi Costieri descritta di seguito.

- 2015/01/01 Decorre il rinnovo alla Neri Depositi Costieri di una concessione per licenza di 8.690 mq. sui quali sono collocati serbatoi per lo stoccaggio di lattice di gomma. La licenza n. 64 scadrà il 31.12.2018. Una area attigua di 3.900 mq è utilizzata come area di cantiere dall'Autorità Portuale e se ne prevede la restituzione a fine lavori di banchinamento.
- 2016/02/15 Neri Depositi Costieri avanza istanza di parere preventivo di compatibilità del progetto al Piano Regolatore Portuale, allega Studio Preliminare di Fattibilità facendo riserva, nel caso di parere positivo, di produrre la documentazione tecnica.
- 2016/03/03 l'Autorità Portuale comunica - Prot. 2235 PEC - che la Commissione Tecnica di Valutazione prevista dall'art. 33 del Regolamento d'uso delle aree demaniali marittime ha espresso parere di conformità alle previsioni del Piano regolatore Portuale.
- 2016/12/30 NDC richiamando il parere della Commissione Tecnica di Valutazione avanza istanza (Protocollo generale TXT dell' AP) per il rinnovo anticipato della concessione che scadeva il 31.12.2018 integrando lo scopo "storico" con la previsione di affiancarvi uno Small Scale LNG.
- 2017/01/31 la G.U. pubblica il Decreto Legislativo n. 257 che disciplina il recepimento della Direttiva comunitaria prevedendo che le concessioni rilasciate nell'ambito delle autorizzazioni per gli impianti e le infrastrutture energetiche strategiche (come LNG) siano "almeno decennali".
- 2017/03/16 NDC facendo riferimento alla predetta normativa avanza istanza, integrando la precedente, con la richiesta di concessione decennale.
- 2017/04/13 con Prot. 3076 PEC l'AP dispone che gli aspetti concessori dell'istanza presentata da NDC siano subordinati ai sensi del D. Lgs.257 all'autorizzazione che dovrà essere rilasciata in conferenza dei servizi convocata dal MISE.
- 2017/10/11- 11 progetto viene presentato in prima istanza al MISE dove riceve parere preliminare favorevole dai funzionari della (Divisione V - Mercati e infrastrutture di trasporto ed approvvigionamento del gas naturale)
- 2017/12/6 NDC, nelle more della procedura avviata presso il Ministero competente, presenta, mediante Mod.02 richiesta di rinnovo della licenza 64/2015 per un periodo di 48 mesi.
- 2018/02/21 è costituita L.L.T. Spa Livorno LNG terminal Spa tra Costiero Gas (Eni/Liquigas) e NVI (Neri Vulcangas).
- 2018/03/8 Parere favorevole sovrintendenza archeologica delle arti e del paesaggio di Pisa e Livorno in merito all'impatto paesaggistico.
- 2018/08/2 Riunione presso MATTM per definizione iter autorizzativo ed applicabilità procedura VIA ai fini del rilascio Autorizzazione Unica da parte del MISE.
- 2018/10/23 LLT completa la selezione delle società di ingegneria da invitare alla gara inerente all'ingegneria di dettaglio e la costruzione del Deposito.
- 2018/10/22 Chart Ferox completa l'ingegneria Basic/FEED per approntare il Rapporto di Sicurezza ai fini Seveso III e per richiedere le offerte alle società invitate alla gara per la costruzione.
- 2018/11/9 l'Autorità di Sistema Portuale Mar Tirreno Settentrionale comunica, con Prot. 0020725 PEC che potrà dare corso alla richiesta di rinnovo per 48 mesi unicamente come deposito del lattice non conoscendo lo stato dell'iter ministeriale.
- 2019/05/13 con Prot. 0015735 PEC l'Autorità comunica che con provvedimento n. 38/2019 è stata rinnovata la concessione scaduta il 31.12.2018 per 48 mesi e quindi fino al 31.12.2022.

TDI RETE-GNL

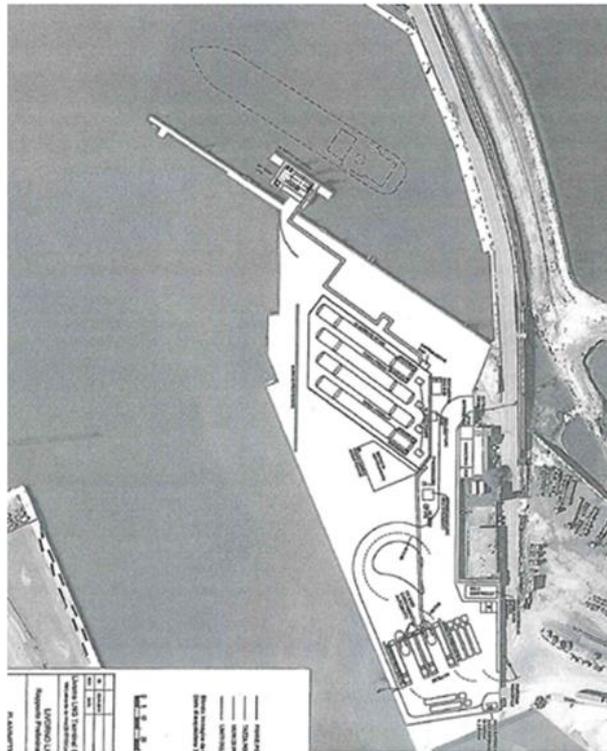
Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

- 2019/06/13 il CTR Toscana nomina il gruppo di lavoro incaricato di istruire la pratica per il rilascio del Nulla Osta di Fattibilità per la costruzione del Deposito ed a seguire parere favorevole al progetto antincendio.

### **Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

La documentazione attualmente esistente non è di dominio pubblico.

- 2018/12/20 LLT assegna ad Eidos il contratto per lo studio degli aspetti inerenti la sicurezza per gli obblighi di cui alla normativa Seveso III
- 2019/04/16 Consegnato Rapporto di Sicurezza preliminare per richiesta nulla osta di fattibilità deposito ai fini Seveso III presso CTR Toscana.
- 2019/04/16 Consegnato Progetto Antincendio, incluso nel Rapporto di Sicurezza preliminare, per Valutazione progetto ai fini DPR 151/2011 al Comando Regionale dei VVF Toscana (e a seguire ai VVF Livorno).



### **Piani di formazione del personale.**

Alcune attività dell’Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale (ad esempio il progetto Interreg GNL-Facile a valere sul II Avviso, attualmente in corso) prevedono anche l’addestramento di personale di banchina.

### **Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

Informazione non disponibile.

#### **4.3. Business Case Porto di Cagliari**

Zona di interesse: Sardegna.

Autore: Unica- CIIREM

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”



Porto/Business case: Porto di Cagliari, Progetto ISGAS Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari

Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL



Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL Porto Canale di Cagliari



### **Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkering più idoneo.**

Le infrastrutture del Terminal GNL proposto nel Porto Canale di Cagliari sono state concepite per creare un efficiente “Bunkering Point” (Ship to Ship STS, Truck to Ship TTS, o Pipe to Ship PTS) nel Mediterraneo. Tenuto conto che non esiste un’unica modalità di bunkering in grado di soddisfare tutte le esigenze degli stakeholders portuali, il progetto del terminal del Porto Canale di Cagliari è stato concepito per poter essere in grado di poter fornire tutti e tre le tipologie di servizio di bunkering sopra richiamate. Occorre però sottolineare come i servizi più efficienti e maggiormente richiesti saranno quelli che adotteranno il trasferimento del GNL via:

- TTS: sistema ritenuto più adatto per rifornire le navi con serbatoi piccoli (ad esempio, rimorchiatori) e come soluzione temporanea per garantire il bunkering in assenza dell’infrastruttura dedicata (ad esempio, rifornimento traghetti).
- PTS: sistema ritenuto più adatto a soddisfare le esigenze di rifornimento di serbatoi di grandi dimensioni attraverso partnership con operatori di navi bunkering navale

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”



Al fine di garantire condizioni adeguate al transito e alla manovra delle navi gasiere all'interno del Porto Canale di Cagliari è stata condotta una verifica degli spazi e delle profondità disponibili all'interno del porto stesso, sia lungo la rotta di accesso che nell'area di evoluzione. Sono stati esaminati i seguenti elementi:

- Caratteristiche dei fondali, con esplicito riferimento alla profondità degli stessi;
- Rotte di accesso e canali di manovra, con esplicito riferimento alle dimensioni dei canali lungo le rotte di accesso ed uscita;
- Aree di evoluzione: ampiezza, con esplicito riferimento alla dimensione del cerchio di evoluzione;
- Scenari di transito delle navi (Passing Ship), in riferimento al passaggio delle navi davanti alla banchina ove sono posizionate le navi metaniere
- Scenario ipotetico ed improbabile di rischio (Flash Fire), dovuto al rilascio di LNG a seguito di rottura del braccio di carico della nave metaniera attraccata nella banchina in progetto.

Le navi di riferimento per le quali sono stati effettuati i relativi calcoli hanno un pescaggio che varia a seconda delle condizioni di carico da 3,3 m a 3,6 m. Le metaniere presentano pescaggi massimi inferiori ad 8,6 m, nelle condizioni più sfavorevoli di pieno carico e considerando anche le condizioni più sfavorevoli di marea. Il Canale di accesso del porto presenta profondità superiori a 16 m.

Vista la differenza tra la profondità del canale di accesso (>16 m) ed il pescaggio delle navi a pieno carico ed in condizioni di marea, non si evidenziano problematiche di pescaggio lungo il canale di accesso (anche in condizioni locali di agitazione ondosa interna).

La larghezza minima necessaria al transito delle navi gasiere lungo il canale di accesso, secondo le Linee Guida SIGTTO<sup>5</sup>, deve essere circa 5 volte la larghezza della nave in transito.

La nave più larga delle navi di riferimento è la Coral Energy che presenta una capacità pari a 15.600 m<sup>3</sup> ed una larghezza di circa 25 m. La larghezza minima necessaria al transito risulta dunque pari a 125 m. Il canale di accesso al porto presenta dimensioni di circa 300 m e quindi compatibili con la larghezza minima sopra esposta. Per quanto concerne l'area di evoluzione, la verifica degli spazi necessari a consentire la manovrabilità delle navi gasiere all'interno del porto è stata condotta con riferimento alle Linee Guida SIGTTO, che definiscono che il diametro minimo del cerchio di evoluzione deve essere pari a circa 2-3 volte la larghezza della nave. La verifica risulta positiva in quanto:

- La larghezza massima della nave di progetto risulta pari a 22,7 m;
- Il diametro minimo del cerchio di evoluzione risulta pari a circa 70 m (maggiore di 3 volte la larghezza massima delle navi di progetto), mentre il diametro dell'area di evoluzione del porto canale supera i 500 m, valore pertanto compatibile con le caratteristiche del porto.

#### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

Il volume complessivo dei 18 serbatoi è pari a 22.068 m<sup>3</sup>. Il terminale è stato progettato e dimensionato in considerazione dei seguenti aspetti:

- attracco di navi metaniere fino ad una capacità massima di 15,000 m<sup>3</sup> (7500 m<sup>3</sup> per il primo lotto funzionale);

---

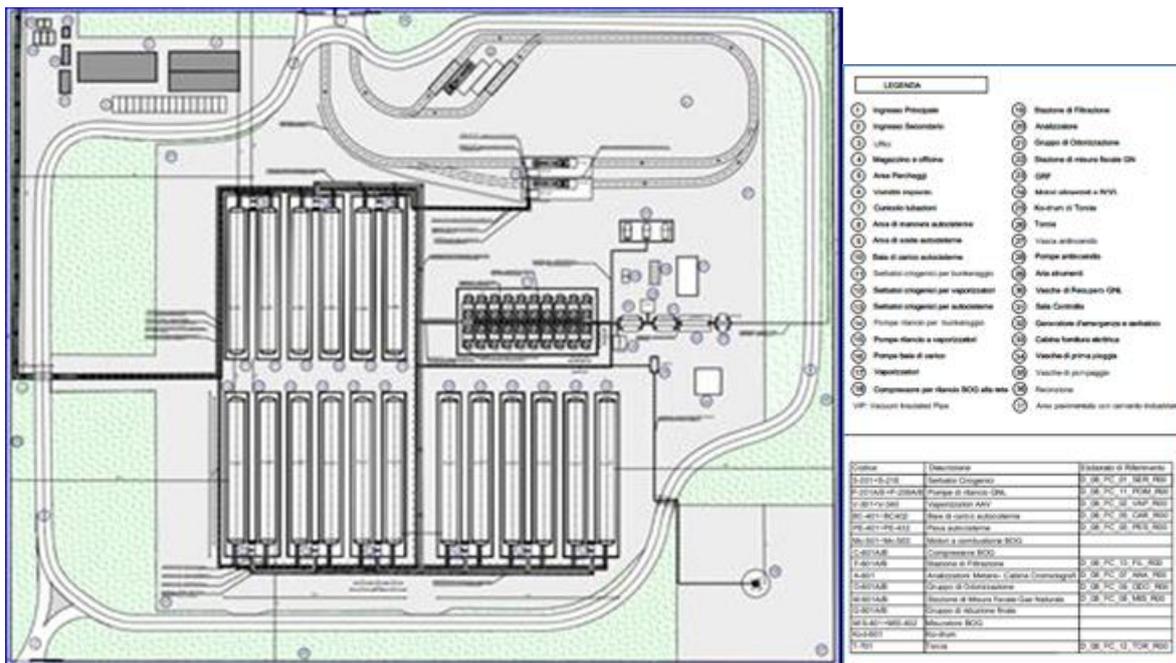
<sup>5</sup> Society of International Gas Tanker and Terminal Operators.

- capacità utile di stoccaggio nei serbatoi fissi pari a circa 22,000 m<sup>3</sup> di GNL (1226 m<sup>3</sup> per serbatoio, 18 serbatoi totali);
- approvvigionamento minimo stimato pari a 360,000 m<sup>3</sup>/anno di GNL (2 carichi mensili da 15,000 m<sup>3</sup>);
- GNL trasferito via autobotti/bettoline pari a 120,000 m<sup>3</sup>/anno;
- GNL rigassificato e inviato a rete pari a 240,000 m<sup>3</sup>/anno;
- capacità di rigassificazione di 832 milioni di m<sup>3</sup>/anno.

### Definizione delle operazioni di bunkeraggio.

Il carico del GNL alle navi è reso possibile dal funzionamento di due pompe di rilancio collegate ai serbatoi. Le pompe di rilancio GNL attingono dai serbatoi tramite tubazioni da 6” per rilanciarlo alla pressione adeguata nel collettore principale da 6” posto in uscita dai serbatoi e durante la marcia normale. Le pompe inviano il GNL alla banchina e attraverso il braccio di carico, utilizzando la stessa linea di scarico delle navi ma in verso opposto, eseguono il rifornimento. Le pompe saranno installate in adiacenza ai serbatoi e saranno accoppiate con funzionamento alternato. Le stesse con configurazione adeguata permettono il ricircolo del GNL fino alla banchina per il raffreddamento delle tubazioni di scarico.

Schema dei componenti dell'impianto ISGAS



Le pompe sono dimensionate in configurazione alternata sulla massima capacità di rifornimento delle imbarcazioni dell'ordine di 250 m<sup>3</sup>/h ad una pressione massima di 5 bar.

Il carico delle navi potrà essere eseguito utilizzando il collettore da 12” presente in banchina che si riduce a 10” nel braccio di carico o, in alternativa, dalla linea GNL da 8”- che si sviluppa dall'impianto alla banchina per poi immettersi nel collettore e nel braccio. Tale linea è predisposta per le operazioni di raffreddamento della condotta principale, oltre ovviamente alla linea del BOG per l'equilibrio delle pressioni.



Il flusso di trasferimento è regolato attraverso due valvole la cui portata di lavoro è impostata dall'operatore in sala controllo a seconda delle caratteristiche della nave in fase di carico e delle condizioni nelle quali avviene il trasferimento. Anche in questa fase è possibile procedere al contemporaneo carico delle autocisterne mentre non sarà possibile procedere al ricircolo e raffreddamento delle linee di trasferimento. La gestione del BOG avverrà secondo il seguente ordine di priorità:

- Il rilancio nella rete di trasporto cittadina/metanodotto
- Alimentazione dei generatori elettrici di impianto
- Mantenimento della pressione massima definita per le navi in fase di ricarica
- Esecuzione di procedure di raffreddamento e/o variazione di pressione di lavoro.

**Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell'impianto (serbatoi, stazione di bunkeraggio, movimentazione delle valvole ecc.).**

Non sono presenti informazioni sul progetto riguardo a queste parti.

**Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

Il progetto del Terminal è stato concepito per minimizzare la possibilità di fuoriuscita accidentale o perdite di GNL. Il sistema di raccolta delle possibili fuoriuscite di GNL è progettato per raccogliere e contenere eventuali sversamenti intorno e al di sotto dei serbatoi, di valvole, tubazioni e apparecchiature. Essendo il GNL un fluido criogenico, tale peculiarità fa sì che in caso di perdite anche di una certa rilevanza, esso vaporizzi istantaneamente formando prevalentemente nubi di gas infiammabile o getti. Eventuali pozze di GNL formatesi a fronte dei rilasci sarebbero quindi di dimensioni molto limitate. Le aree del terminal saranno pavimentate e realizzate in maniera tale da permettere il deflusso di liquidi (es. acqua piovana) verso canaline che scaricheranno in una vasca di raccolta.

Nel deposito non si prevede siano normalmente presenti fonti di rischio mobili. L'eventuale accesso di mezzi mobili quali ad esempio mezzi di sollevamento per l'effettuazione di operazioni di manutenzione sarà governato e controllato dal personale di impianto. Per evitare danni per la caduta di oggetti o da collisione che potrebbero comportare perdite di GNL verranno presi opportuni accorgimenti per la manutenzione e l'installazione delle apparecchiature e delle linee. I lavori attorno alle apparecchiature saranno soggetti a valutazione del rischio, ma in generale non saranno consentite operazioni di sollevamento con mezzi mobili nei pressi delle apparecchiature. L'accesso al terminale sarà permesso esclusivamente alle persone autorizzate. Il confine del deposito sarà delimitato da una recinzione di idonee caratteristiche di altezza e robustezza, e sarà monitorato attraverso strumenti di security quali telecamere a circuito chiuso etc., come previsto dalle normative vigenti. Presso il terminale sarà presente un servizio di guardia h24 7 giorni su 7. L'area della Banchina è all'interno di un'area portuale non pubblica ovvero interdetta ai non autorizzati. Tutte le operazioni di carico, scarico etc. saranno opportunamente presidiate da personale addetto.

Nei periodi in cui non saranno effettuate operazioni di carico-scarico di navi o bettoline, i bracci di carico "a riposo" e completamente svuotati, saranno delimitati da recinzione con muro di robusta realizzazione e rete metallica. Tale accorgimento garantirà la protezione da urti accidentali e qualsiasi atto di sabotaggio.

Prima della fase di realizzazione sarà predisposto il piano di security, che sarà condiviso con gli Enti interessati. Il terminale di GNL sarà protetto da rete idrica antincendio o rete idranti opportunamente



dimensionata e realizzata in accordo alle norme e standard di riferimento (UNI 10779, UNI 12845 etc.). Il Terminale di GNL disporrà di un impianto antincendio costituito da una rete idrica sviluppata ad anelli e costantemente mantenuta in pressione e in circolazione da pompe dedicate. Dalla rete si staccheranno idranti a colonna soprasuolo con bocche UNI 70.

Gli idranti saranno dislocati ad una distanza reciproca in media pari a circa 45 m e saranno ubicati perimetralmente lungo le singole installazioni. Le strade interne che costeggiano le varie installazioni del deposito costituiscono le principali “vie di fuga”. I percorsi d’esodo saranno opportunamente segnalati in osservanza al D.Lgs. 81/08 e D.M. 10 marzo 1998.

A livello tecnico-procedurale saranno definite modalità di interscambio e comunicazione con il personale delle aree adiacente alle installazioni del terminale, con particolare riferimento alle attività svolte nelle aree limitrofe, quali ad esempio l’area banchina gestita dalla società Grendi, le aree adiacenti alla banchina interessate da Corpi dello Stato (es. Guardia di Finanza) etc.

Saranno definite modalità univoche di comunicazione ed allertamento sia per l’effettuazione di fasi quali lo scarico delle navi metaniere, sia a fronte di eventuali ipotetici scenari incidentali che dovessero verificarsi durante tali fasi operative (ad esempio scenario di rilascio da braccio di carico durante scarico metaniera).

In particolare, il monitoraggio delle condizioni meteo (velocità e direzione del vento), il presidio costante delle fasi operative da parte di personale specializzato, l’installazione di dispositivi atti a segnalare eventuali ed improvvise condizioni di emergenza, consentirà un immediato allertamento. Inoltre, le operazioni di scarico delle navi metaniere sarà effettuato, nei limiti del caso, prevalentemente in orario notturno quando è ridotta l’operatività delle adiacenti installazioni.

### **Piani di formazione del personale.**

Sarà prevista idonea informazione, formazione e addestramento relativo alla sicurezza e alla prevenzione degli incidenti per tutto il personale dipendente, nonché di un programma di informazione per i dipendenti delle imprese esterne che opereranno nel Terminale e per i visitatori. Il personale che opererà nel terminale sarà opportunamente formato ed addestrato per svolgere in piena sicurezza le proprie mansioni.

Sia il personale direttivo che le maestranze saranno periodicamente impegnate in corsi di formazione. Il personale direttivo sarà sottoposto a formazione per lo sviluppo delle capacità manageriali sia per gli aspetti tecnici gestionali che di sicurezza e di preservazione dell’ambiente. Le maestranze addette agli impianti ed alla manutenzione parteciperanno ad attività di formazione sia all’atto dell’assunzione che durante lo svolgimento delle attività assegnate, partecipando a corsi di formazione ed addestramento teorico-pratici come previsto dalla normativa vigente, D.Lgs. 81/2008 e s.m.i e D.Lgs. 105/15. I corsi avranno lo scopo di approfondire gli aspetti operativi, le conoscenze normative e le basi teoriche di più frequente applicazione nell’attività operativa, con particolare attenzione agli aspetti di Prevenzione Sicurezza ed Igiene Ambientale, gestione dei grandi rischi e situazioni di emergenza.

### **Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

L’impianto sarà dotato di un sistema di controllo distribuito (DCS) che permetterà, attraverso la stazione operatore, il monitoraggio ed il controllo completo del processo, la registrazione dati, la gestione degli allarmi, l’interfacciamento con il sistema di emergenza (ESD) e con i sistemi package aventi un proprio sistema di controllo (PLC), la gestione e l’elaborazione dei dati attraverso l’attuazione delle logiche funzionali quali calcoli, algoritmi e sequenze operative. Il sistema DCS sarà costituito da:

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”



- strumenti dedicati alle funzioni di comando controllo e supervisione dell'impianto (stazioni e/o terminali operatore, etc.);
- strumenti dedicati all'acquisizione, elaborazione e smistamento dei dati (interfacce seriali dedicate, apparecchiature di sincronizzazione, interfacce di rete, etc.);
- armadi periferici equipaggiati con i controllori programmabili, dotati di apparati I/O per il collegamento con il campo, adibiti alla gestione delle logiche di processo.

La postazione operatore sarà collocata nella sala controllo principale, la quale sarà dotata di stazione operatore del sistema DCS da cui sarà possibile avere il controllo completo del processo, eseguire la registrazione dei dati, gestire gli allarmi, l'interfaccia con il sistema ESD ed i package forniti di dedicato sistema PLC.

Una seconda postazione sarà locata nei pressi della banchina al fine di monitorare le operazioni, come ad esempio quelle sui bracci di carico, che verranno eseguite nei pressi dei bracci stressati. Seppure le operazioni di ingresso ed ormeggio nel porto canale delle navi metaniere saranno definite e regolamentate da apposite ordinanze che stabiliranno termini e condizioni meteo marine limite, in area banchina sarà posizionata una apposita centralina di monitoraggio della direzione ed intensità del vento in grado di segnalare una eventuale condizione anomala improvvisa (es. forte vento improvviso) e allertare il personale al fine di procedere con la fermata, se necessario, delle operazioni di trasferimento GNL.

#### **4.4. Business Case Porto di Oristano**

Zona di interesse: Sardegna

Autore: Unica-CIREM

Porto/Business case: Porto di Oristano, Impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL proposto dalla IVI Petrolifera nel Porto di Oristano – Santa Giusta

#### **Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL Porto Oristano Santa Giusta – dettaglio**



#### **Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkeraggio più idoneo.**

Le motivazioni che hanno spinto la società IVI Petrolifera a realizzare il progetto del Terminale GNL nel porto di Oristano-Santa Giusta è quella di alimentare prioritariamente le reti dei gasdotti interni al territorio regionale della Sardegna in gran parte realizzati ed operativi. L'impianto ha inoltre l'obiettivo di distribuire parte del GNL approvvigionato via mare e via terra alle utenze regionali. Inoltre, l'idea progettuale nasce dalle seguenti ulteriori considerazioni di carattere generale:



- la realizzazione del progetto aumenterà la capacità di importazione di GNL in Italia, contribuendo alla diversificazione delle fonti energetiche del Paese e favorendo la sicurezza degli approvvigionamenti;
- i terminali di rigassificazione, rispetto ai gasdotti, presentano una maggiore flessibilità di approvvigionamento, la facilità di espansione della loro capacità di rigassificazione e l'ingresso diretto di nuovi operatori nel mercato italiano del gas naturale;
- la realizzazione di un nuovo Terminale GNL consente di diversificare i paesi di provenienza del gas naturale, favorendo la sicurezza degli approvvigionamenti;
- l'incremento dell'uso di gas naturale e la possibilità di distribuire direttamente il GNL mediante bunkering su nave e autobotti, in linea con le future necessità del mercato, favorirà la sostituzione di altri combustibili fossili, contribuendo ad una riduzione delle emissioni in atmosfera e facilitando il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni previsti nel protocollo di Kyoto e nelle direttive europee sul miglioramento della qualità dell'aria e di sostituzione dei combustibili nel trasporto marittimo;
- la realizzazione del progetto comporterà ricadute positive in termini economici e ambientali, a livello locale, connesse all'impiego del GNL nel settore navale e dei trasporti terrestri;
- il progetto infine asseconderebbe la crescente richiesta di GNL nel settore dei trasporti marittimi derivante dalle disposizioni dell'International Maritime Organization (IMO) circa i limiti di contenuto di zolfo nei combustibili marittimi.

#### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

Il terminale sarà approvvigionato mediante l'arrivo di massimo 220 metaniere annue di capacità compresa tra 4.000 e 5.000m<sup>3</sup>. I volumi massimi annui stoccati saranno pari a 880.000 m<sup>3</sup> di GNL. Il progetto prevede la predisposizione delle aree e dei punti di connessione ai sistemi necessari per il trasferimento del GNL rispettivamente su autocisterne per la distribuzione del prodotto nel territorio interno e bettoline per il rifornimento di navi alimentate a GNL. Per il caricamento delle bettoline sarà prevista la possibilità di inversione del flusso (reverse flow) della linea di scarico GNL. Nel progetto è prevista la distribuzione via mare di circa il 20% del GNL approvvigionato al deposito mentre il restante 80% sarà distribuito via gomma internamente al territorio regionale verso i centri di consumo. Per lo svolgimento delle attività via mare si stimano le seguenti tempistiche:

- Manovra di ingresso al porto e presa di ormeggio: 3 ore;
- Tempo di carico/scarico: 12 ore;
- Disormeggio e manovra di uscita: 3 ore.

Per quanto riguarda la distribuzione via terra tramite autobotti, si prevede l'utilizzo di massimo 100 unità annue. Le attività di carico delle autobotti avranno una durata di circa 1.5 ore. L'impianto sarà operativo per circa 310 giorni l'anno e potrà operare in maniera continuativa per almeno 25 anni. Il progetto si basa su un flusso continuo di GNL in grado di consentire una portata di rigassificazione di 60.000m<sup>3</sup>/h (equivalente a 100 m<sup>3</sup>/h di GNL);

- Il carico dell'autobotte può essere effettuato per due autobotti contemporaneamente;
- È previsto ritorno di vapore dall'autobotte al serbatoio GNL;
- Non è previsto ritorno di vapore dai serbatoi di stoccaggio GNL alla nave che trasporta GNL;
- Il rifornimento delle bettoline può essere effettuato contemporaneamente al carico dell'autobotte
- La rigassificazione può essere effettuata in contemporanea alle operazioni di movimentazione GNL di cui sopra.

TDI RETE-GNL



Nelle tabelle seguenti vengono forniti alcuni valori relativi alle caratteristiche dell'impianto per le operazioni di carico di GNL alle navi e alle autobotti.

<b>Carico Nave</b>	
<b>Capacità LNGC, min/max</b>	4.000-5.000 m <sup>3</sup>
<b>Tonnellaggio massimo pontile</b>	50.000 DWT
<b>Dimensioni massime del pontile, lunghezza</b>	170-190 m
<b>Limitazione di pescaggio del pontile</b>	11.5 m
<b>Tempo di scarico</b>	12 ore

<b>Carico Autocarro</b>	
<b>Numero stazioni di carico autocarro</b>	1
<b>Numero banchine di carico autocarro per stazione</b>	2
<b>Frequenza di esportazione LNG mensile</b>	4.000 m <sup>3</sup>
<b>Frequenza di carico autocarro per giorno lavorativo</b>	3-4

#### **Definizione delle operazioni di bunkeraggio.**

Il rifornimento di LNG viene effettuato da pompe di travaso con una linea dedicata al condotto del liquido comune nella stazione di rifornimento della nave. La tubazione tra il collettore del liquido e la stazione di riempimento della nave è la stessa utilizzata per lo scarico della nave. La portata di riempimento per rifornimento della nave è progettata per 250 m<sup>3</sup>/h. È presente un tubo flessibile di rifornimento della nave (liquido). La procedura di rifornimento è un'operazione condotta dall'equipaggio in cui sono richiesti operatori sulla nave e sul lato del terminal.

Il rifornimento alla bettolina viene effettuato tramite un tubo flessibile di rifornimento della nave per una durata complessiva di scarico di circa 2 ore, senza includere la durata di ormeggio, ancoraggio e disormeggio. Il riempimento del serbatoio viene effettuato dal collettore di liquido alla mandata della pompa. Il riempimento di GNL e la pressione del serbatoio della nave trasporto, vengono regolata da opportune valvole. La pressione aumenta per correggere il flusso di carico durante l'avviamento e si abbassa a zero al termine della sequenza di riempimento automatico. I tubi sono flessibili e sono dotati di attacco rapido e raccordi di distacco manuale che consentono un funzionamento sicuro e affidabile tra il terminale e la bettolina. I tubi e i raccordi devono essere opportunamente conservati in appositi armadi dopo lo scarico di GNL. Il terminale è inoltre dotato di collegamento ESD pneumatico. Il rifornimento di GNL viene effettuato azionando le 3 pompe di travaso dedicate che pompano GNL, attraverso una linea dedicata, alla stazione di rifornimento della bettolina. La tubazione tra il collettore del liquido e la stazione di rifornimento è la stessa utilizzata per lo scarico delle metaniere, La stazione di carico della bettolina è dotata di:

- Bracci di carico per il trasferimento del GNL;
- Raccordo del flessibile con attacco rapido e raccordi di distacco manuale;
- Valvola a doppio blocco e sfiato per l'isolamento manuale;
- Valvola On/Off automatica;
- Valvola di regolazione per aumentare il flusso;
- Sensore di misura della temperatura, adeguatamente installato in banchina per rilevare grandi perdite di GNL;
- Flussometro e totalizzatore per la misura fiscale;
- Trasmettitori di temperatura e pressione;

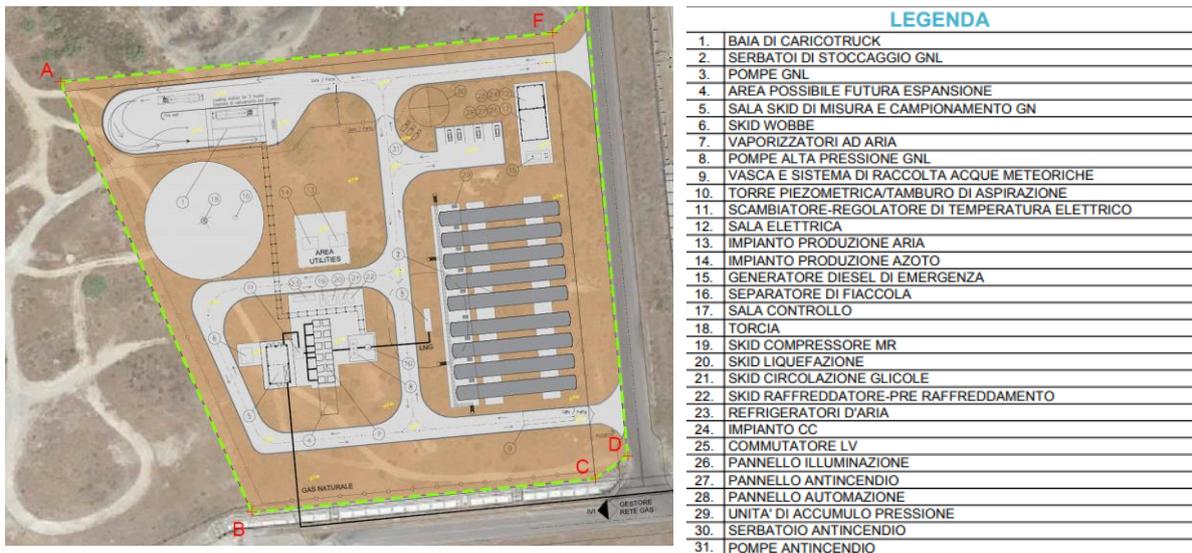
TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

- Valvola di spurgo azoto;
- Rilevatori di incendi e gas;
- Pulsante di arresto ed emergenza;
- Luci di segnalazione.

In caso di emergenza e qualora la bettolina avesse necessità di rimuovere il proprio carico, tale operazione sarà effettuata mediante l'uso di azoto. La bettolina può quindi collegare il tubo per l'azoto disponibile sulla banchina per forzare il GNL verso i serbatoi a terra.

### Schema dei componenti dell'impianto IVI Petrolifera



### Schema del molo di attracco carico/scarico



**Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell'impianto (serbatoi, stazione di bunkeraggio, movimentazione delle valvole ecc.).**

Nel progetto non vengono riportate queste informazioni.



### **Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

Nel progetto è prevista l'attuazione di una Politica di Prevenzione degli Incidenti Rilevanti, PPIR, e l'organizzazione di un Sistema di Gestione della Sicurezza proporzionato ai pericoli, alle attività industriali e alla complessità dell'organizzazione nello stabilimento e basato sulla valutazione dei rischi. Il sistema integrerà la parte del sistema di gestione generale che comprende struttura organizzativa, responsabilità, prassi, procedure, procedimenti e risorse per la determinazione e l'attuazione della politica di prevenzione degli incidenti rilevanti. Il Sistema di Gestione della Sicurezza tratterà i seguenti aspetti:

- organizzazione e personale: ruoli e responsabilità del personale addetto alla gestione dei pericoli di incidente rilevante a ogni livello dell'organizzazione, unitamente alle misure adottate per sensibilizzare sulla necessità di un continuo miglioramento. Identificazione delle necessità in materia di formazione del personale e relativa attuazione; coinvolgimento dei dipendenti e del personale di imprese subappaltatrici che lavoreranno nello stabilimento e che dovesse essere rilevanti sotto il profilo della sicurezza;
- identificazione e valutazione dei pericoli rilevanti: adozione e applicazione di procedure per l'identificazione sistematica dei pericoli rilevanti derivanti dall'attività normale o anomala comprese, se necessario, le attività subappaltate e valutazione della relativa probabilità e gravità;
- controllo operativo: adozione e applicazione di procedure e istruzioni per il funzionamento in condizioni di sicurezza, inclusa la manutenzione dell'impianto, dei processi e delle apparecchiature e per la gestione degli allarmi e le fermate temporanee; tenendo conto delle informazioni disponibili sulle migliori pratiche in materia di monitoraggio e controllo al fine di ridurre il rischio di malfunzionamento del sistema; monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento delle attrezzature installate nello stabilimento e alla corrosione; inventario delle attrezzature dello stabilimento, strategia e metodologia per il monitoraggio e il controllo delle condizioni delle attrezzature; adeguate azioni di follow-up e contromisure necessarie;
- gestione delle modifiche: adozione e applicazione di procedure per la programmazione di modifiche da apportare agli impianti, ai processi o ai depositi o per la progettazione di nuovi impianti, processi o depositi;
- pianificazione di emergenza: adozione e applicazione di procedure per identificare le emergenze prevedibili tramite un'analisi sistematica e per elaborare, sperimentare e riesaminare i piani di emergenza per poter far fronte a tali emergenze, e impartire una formazione ad hoc al personale interessato. Tale formazione riguarderà tutto il personale che lavorerà nello stabilimento, compreso il personale interessato di imprese subappaltatrici; controllo delle prestazioni: adozione e applicazione di procedure per la valutazione costante dell'osservanza degli obiettivi fissati nella PPIR e nel sistema di gestione della sicurezza adottati, nonché di meccanismi per la sorveglianza e l'adozione di azioni correttive in caso di inosservanza. Le procedure comprenderanno il sistema di notifica in caso di incidenti rilevanti o di quasi incidenti, soprattutto se dovuti a carenze delle misure di protezione, la loro analisi e le azioni conseguenti intraprese sulla base dell'esperienza acquisita. Le procedure potranno includere indicatori di prestazione, come quelli in materia di sicurezza e altri indicatori pertinenti;
- controllo e revisione: adozione e applicazione di procedure relative alla valutazione periodica e sistematica della PPIR, all'efficacia e all'adeguatezza del sistema di gestione della sicurezza. Revisione documentata, e relativo aggiornamento, dell'efficacia della politica in questione e del

sistema di gestione della sicurezza da parte della direzione, compresa la presa in considerazione e l'eventuale integrazione delle modifiche indicate dall'audit e dalla revisione.

### **Piani di formazione del personale.**

Sia il personale direttivo che le maestranze saranno periodicamente impegnati in corsi di formazione. Il personale direttivo sarà sottoposto a formazione per lo sviluppo delle capacità manageriali sia per gli aspetti tecnici gestionali che di sicurezza e di preservazione dell'ambiente. Le maestranze addette agli impianti ed alla manutenzione parteciperanno ad attività di formazione sia all'atto dell'assunzione che durante lo svolgimento delle attività assegnate, partecipando a corsi di formazione ed addestramento teorico-pratici come previsto dalla normativa vigente, D.Lgs. 81/2008 e s.m.i e D.Lgs. 105/15. I corsi avranno lo scopo di approfondire gli aspetti operativi, le conoscenze normative e le basi teoriche di più frequente applicazione nell'attività operativa, con particolare attenzione agli aspetti di Prevenzione Sicurezza ed Igiene Ambientale, gestione dei grandi rischi e situazioni di emergenza.

### **Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

Le attività di monitoraggio specifiche che si prevede di svolgere in relazione alle componenti ambientali sono:

- Atmosfera,
- Rumore,
- Acque Superficiali Marine ed Acque Sotterranee.

In particolare, per ciascuna delle suddette componenti è stato definito uno schema di monitoraggio articolato in:

- finalità del monitoraggio;
- localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni/punti di monitoraggio;
- parametri analitici monitorati e metodologie di campionamento;
- durata e frequenza del monitoraggio.

La scelta e l'ubicazione finale delle stazioni/punti di monitoraggio è stata definita preliminarmente e potrà essere confermata prima dell'avvio delle attività di campionamento. In merito a tale scelta si evidenzia che dal punto di vista metodologico le linee guida ministeriali relative al PMA indicano che per ogni componente ambientale sia identificata un'area di indagine "ovvero una porzione di territorio entro la quale sono attesi impatti significativi sulla componente". Per quanto riguarda le componenti atmosfera e rumore, dal momento che i potenziali impatti sono legati alla presenza di recettori antropici/industriali, piuttosto che definire un'area di indagine sul territorio si è scelto di identificare dei punti di indagine costituiti dagli stessi recettori e che costituiscono i bersagli dei potenziali impatti su tali componenti. Relativamente alle acque marine, l'area di potenziale influenza è stata definita tenendo conto della rotta dei mezzi navali in transito e all'accosto esistente di IVI Petrolifera. Con riferimento alle acque sotterranee, in considerazione dell'indicazione di ARPAS riportata in introduzione non è stata definita un'area di indagine e sono state selezionate le posizioni dei piezometri sui lati dell'area di impianto. Inoltre, si segnala che il crono-programma completo delle attività di monitoraggio verrà elaborato nelle successive fasi di sviluppo dell'iniziativa e comunque inviato con congruo anticipo ad ARPAS, al fine di poter consentire lo svolgimento di tutte le attività di controllo necessarie.

### **4.5. Business Case Porto di Genova**

Zona di interesse: Liguria

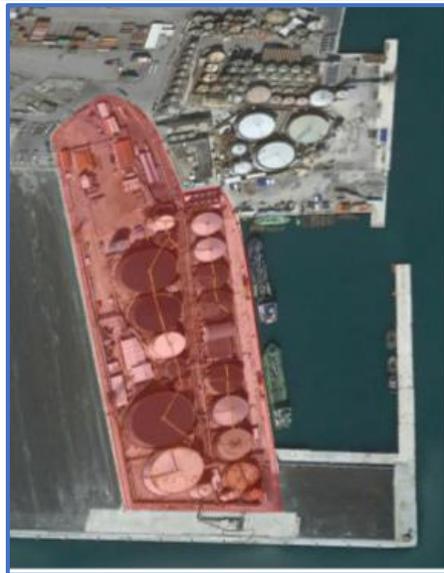
TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

Autore: UNIGE-CIELI

Porto/Business case: Genova – Sampierdarena port basin – Calata Oli Mineralquay.

**Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL Sampierdarena port basin-Calata Oli Mineralquay**



**Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkering più idoneo.**

Una delle ipotesi localizzative proposte dal documento “Engineering studies, final version - Technical report” (2016), con focus sul porto di Genova a cura del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nell’ambito del progetto GAINN4CORE, prevede la realizzazione di un deposito di GNL nelle aree già adibite ai servizi di bunkering del porto di Sampierdarena, in particolare nel sito di Calata Oli Minerali. Le soluzioni tecnologiche per il bunkering che risultano essere più idonee alla configurazione del sito sono: TTS (Truck-To-Ship) e PTS (Port-To-Ship). La tecnologia Truck-to-Ship prevede la realizzazione dell’operazione di bunkering mediante l’impiego di uno o più camion autocisterne che, tramite un sistema di tubature flessibili e un sistema di pompaggio a cui collegarsi, forniscono l’unità navale col GNL presente nelle loro cisterne. La tecnologia Port-To-Ship prevede

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”

invece la costruzione di un sistema di condotte fisse che collegano direttamente l'unità navale accostata alla banchina con il deposito presente su quest'ultima

#### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

L'ipotesi preliminare in analisi prevede la realizzazione di un deposito GNL a terra composto da quattro serbatoi di stoccaggio per una capacità complessiva pari a 20.000 m<sup>3</sup> a cui si aggiunge un'ulteriore facility di stoccaggio da 100 m<sup>3</sup>.

#### **Definizione delle operazioni di bunkeraggio.**

L'ipotesi di Calata Oli Minerali prevede l'utilizzo delle soluzioni tecnologiche TTS o PTS per la realizzazione del bunkeraggio. Non sono presenti ulteriori informazioni sul progetto in merito alla definizione delle operazioni di bunkeraggio.

#### **Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell'impianto (serbatoi, stazione di bunkeraggio, movimentazione delle valvole ecc.).**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alla determinazione delle autorizzazioni dei componenti dell'impianto.

#### **Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alla determinazione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.

#### **Piani di formazione del personale.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito ai piani di formazione.

#### **Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito al monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.

### **4.6. Business Case Porto di Vado**

Zona di interesse: Liguria

Autore: UNIGE-CIELI

Porto/Business case: Savona-Vado ligure – Deposito in testata piattaforma.



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



**Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL Vado Ligure**



**TDI RETE-GNL**

**Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’area di Programma”**



### **Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkeraggio più idoneo.**

Le ipotesi preliminari presentate nel report “Deposito Small Scale LNG – Ipotesi preliminari” (2018) a cura di A.Vienna, con focus sul porto di Vado Ligure (SV) e proposto da Eni Spa, Gruppo Autogas, Fratelli Cosulich Spa e Ottavio Novella Spa, ossia l’ipotesi Vado Ligure – Deposito sul molo sud modificato, Vado Ligure – Caso con Espansione della banchina principale e, in particolare, l’ipotesi specificamente analizzata Vado Ligure – Deposito in testata piattaforma, prevedono il bunkeraggio di GNL attraverso l’utilizzo del deposito analizzato. La soluzione tecnologica per il bunkeraggio più idoneo risulta essere quindi la Port-to-Ship o Terminal-to-Ship o Pipeline-to-Ship. La configurazione Port-to-Ship rappresenta la soluzione tecnologica in cui da una stazione di rifornimento a terra, localizzata su una banchina o un pontile dedicato, si riforniscono le navi attraverso pipelines, ovvero tubazioni rigide finalizzate a velocizzare il trasferimento del carburante che terminano, nella parte finale, in tubazioni flessibili per consentire il collegamento con differenti navi, riuscendo ad offrire un ampio grado di adattabilità e flessibilità della facility di rifornimento.

### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

L’ipotesi preliminare analizzata, relativa alla realizzazione di un deposito GNL a terra, in particolare in testata piattaforma, prevede la presenza di due serbatoi da 200 m<sup>3</sup> e dieci serbatoi da 1.000 m<sup>3</sup> a cui si aggiungono due pontoni caratterizzati da una capacità di 5.000 m<sup>3</sup>.

### **Definizione delle operazioni di bunkeraggio.**

L’ipotesi di Vado Ligure prevede l’utilizzo della soluzione tecnologica-produttiva Port-to-Ship (PTS) per la realizzazione del bunkering di GNL, in particolare attraverso la facility oggetto del presente report. Il report fornisce informazioni circa gli equipment del deposito sia in termini di distanze e lunghezze. In termini di distanze il report fornisce i seguenti dati:

- bracci di carico – manifold serbatoi 1.000 m<sup>3</sup>: 90 m;
- bracci di carico – manifold serbatoi 200 m<sup>3</sup>: 90 m;
- bracci di carico – manifold pontoni: 50/120 m;
- bracci di carico nave – pensilina: 110 m;
- manifold serbatoi 200 m<sup>3</sup> – pensilina: 60 m.

In termini di lunghezze delle linee il report fornisce i seguenti dati:

- bracci di carico - serbatoi 1.000 m<sup>3</sup>: 120/160 m (min/max);
- bracci di carico – serbatoi 200 m<sup>3</sup>: 100 m;
- bracci di carico – pontoni: 50/120 m;
- serbatoi 1.000 m<sup>3</sup> –serbatoi 200 m<sup>3</sup>: 120/170 m;
- serbatoi 200 m<sup>3</sup> – pensilina : 60 m.

### **Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell’impianto (serbatoi, stazione di bunkeraggio, movimentazione delle valvole ecc.).**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alla determinazione delle autorizzazioni dei componenti dell’impianto.

### **Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alla determinazione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.

### **Piani di formazione del personale.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito ai piani di formazione.

### **Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito al monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.

#### **4.7. Business Case Porti della Corsica**

La Società SeeUp ha realizzato per il partner P4 OTC uno studio ad hoc sulle buone pratiche relative al bunkering e allo stoccaggio di GNL con particolare riferimento ai porti della Corsica, che viene integralmente riportato nell'ANNEX II. Lo studio è stato consegnato dal partner OTC entro il mese di luglio 2020, secondo le tempistiche decise nel V CdP del 06.02.2020 di Tolone.

#### **Introduzione**

Lo studio realizzato dal Partner OTC è composto da **6** capitoli (**1.** Introduzione; **2.** Obiettivi dello studio; **3.** Regolamenti e procedure amministrative per il bunkering e lo stoccaggio del GNL; **4.** Best practices relative al bunkering di GNL; **5.** Best practices relative allo stoccaggio di GNL; **6.** Procedure amministrative e operative per la realizzazione del demo-day) relativi all'approvvigionamento, lo stoccaggio e il bunkeraggio di GNL nei porti della Corsica.

#### **Obiettivi dello studio**

Il presente studio oltre alla descrizione delle procedure di bunkering e stoccaggio di GNL, illustra il quadro normativo vigente, i principali metodi di bunkering, lo svolgimento passo per passo di un'operazione di bunkering, le tecnologie dei serbatoi per lo stoccaggio e la loro gestione. Infine, viene approfondita una dimostrazione di bunkering "demo-day" in Corsica.

#### **Regolamenti e procedure amministrative per il bunkering e lo stoccaggio del GNL**

Il quadro normativo francese in materia di GNL regola da una parte le installazioni e gli equipment per lo stoccaggio di GNL e dall'altra le operazioni di bunkering.

Le facility di stoccaggio e distribuzione del GNL possono rientrare:

- nel codice ambientale e nella legislazione ICPE per le strutture classificate per la protezione dell'ambiente: in ragione dei rischi che ne derivano, seguono un diverso regime amministrativo. Ad esempio, la realizzazione di una stazione terrestre fissa di GNL con una capacità di stoccaggio superiore a 50t con classificazione Seveso "Seuil Bas" e quella di una stazione terrestre fissa di capacità superiore a 200t con classificazione Seveso "Seuil Haut" saranno oggetto di diverse procedure di esame;
- nel codice ambientale e nella legislazione IOTA per le installazioni, opere, lavori e attività: secondo la legge Loi Sur L'Eau.

Le operazioni di rifornimento di GNL nei porti sono regolate dalle normative in materia di trasporto e movimentazione delle merci pericolose nei porti, ovvero:

- RPM (Regolamento Portuale Marittimo): a livello nazionale, derivante dal codice dei trasporti, secondo cui le operazioni di rifornimento sono autorizzate via nave, chiatta e auto-cisterna, salvo particolari disposizioni dei regolamenti locali;
- RLMD (Regolamento Locale per il trasporto e la movimentazione delle Merci Pericolose): tale regolamento definisce le aree e le condizioni per la realizzazione delle operazioni di bunkering;

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma"

- Eventuali vincoli di sicurezza a livello locale.

La regolamentazione del trasporto di GNL non riguarda direttamente i progetti d'installazione di stoccaggio e distribuzione di GNL; tuttavia nel caso di assenza di una facility di liquefazione il trasporto interviene a monte e a valle. Ogni modalità di trasporto segue una diversa regolamentazione:

- Trasporto marittimo: le metaniere sono regolate dal codice IGC e le navi alimentate a GNL dal codice IGF creati dall'Organizzazione Marittima Internazionale;
- Trasporto stradale: le auto-cisterne seguono per la sosta e la circolazione l'accordo europeo relativo al trasporto internazionale delle merci pericolose via terra (ADR) e il TMD;
- Trasporto ferroviario: segue il regolamento RID.

Si riporta qui di seguito una tabella di sintesi relativo al quadro normativo in materia di installazioni di stoccaggio e bunkering di GNL.

*Tabella 9. Quadro normativo per tipo di attività*

Attività	Caratteristiche	Quadro normativo associato
Stazionamento di auto-cisterne GNL o iso-container GNL	Area di stazionamento senza stoccaggio fisso di GNL	ADR; TMD; RPM; RLMD
Presenza di serbatoi GNL a bordo di navi/chiatte	Trasporto GNL	Codice IGC
	Propulsione GNL	Codice IGF
Trasporto terrestre di serbatoi GNL	Camion, treni	ADR; TMD
Stoccaggio di GNL in stazione fissa	-	ICPE 4718
Caricamento/scaricamento	Da una metaniera o auto-cisterna	1414-2b o 2c
	Da/verso un deposito di stoccaggio fisso (terminal GNL)	ICPE 1414-2°
	Tra un treno e un camion	ICPE 1414-4
	Altri casi fuori regolamento ICPE	RPM; polizia portuale; RLMD
Riempimento	Riempimento d'iso-container GNL	ICPE 1414-1
	Di una nave alimentate a GNL	1414-3
Elettificazione della nave alla banchina	Gruppi elettrogeni alimentati a gas naturale	ICPE 2910-A

### **Best practices relative al bunkering di GNL**

#### *Soluzioni per il bunkering di GNL*

Le principali soluzioni tecnologico-produttive per il bunkering di GNL sono: il Truck-to-Ship; il Ship-to-Ship; il terminal metaniero; la stazione terrestre; l'ISO container; altre soluzioni (presentate nello schema sotto riportato nella

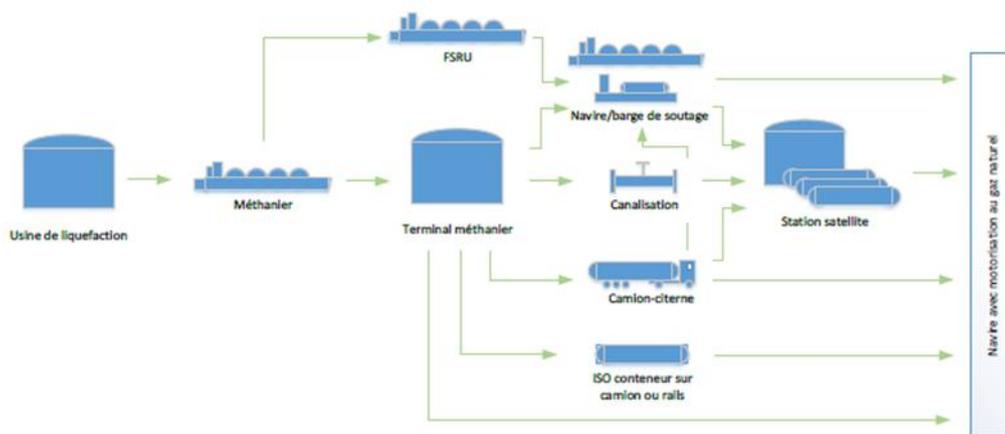
Figura 19).

- Truck-to-Ship: rifornimento attraverso un'auto-cisterna. Es.: -terminal Fos Cavaou stazione di caricamento di auto-cisterne di Elengy.
- Ship-to-Ship: rifornimento attraverso una nave bunker caricata precedentemente da un terminal metaniero o più raramente da auto-cisterne. Es.: -1<sup>a</sup>bettolina Seages; -bettolina Engie Zeebrugge; -bettolina fluviale LNG London.
- Terminal metaniero: trasferimento del GNL direttamente dal terminal alla nave. Es.: -terminal metaniero di Pori, Finlandia.



- Stazione terrestre: rifornimento da una stazione terrestre, rifornita a sua volta da un terminal metaniero attraverso canalizzazione, da auto-cisterne o metaniere. Es.: -stazione di rifornimento di Klaipeda, Lituania; -stazione di rifornimento nel porto di Nieler, Cologne.
- ISO container: ISO container precedentemente riempito di GNL da un terminal GNL trasportato attraverso camion o ferrovia su una nave alimentata a GNL. Es. -progetto nel terminal GNL di Swinoujscie in Polonia; -futuro ferry della compagnia Brittany Ferries rifornito tramite ISO container nel terminal di Dunkerque.
- Altre soluzioni: Multi Truck-to-Ship (rifornimento da più auto-cisterne); bunkering da una nave che trasporta ISO container; Shore-to-Ship (la società Liquiline ha sviluppato una soluzione di bunkering a partire da installazioni terrestri “plug & play”, pronte all’uso).

Figura 19. Schema dei differenti metodi di bunkering di una nave



### Procedure operative di bunkering

Al fine di convalidare la fattibilità di un'operazione di bunkering, una valutazione dei potenziali rischi deve essere effettuata da un team qualificato in ragione della norma ISO 20519 attraverso un'analisi preliminare dei rischi, un'analisi dettagliata dei rischi, un'analisi dei rischi di operazioni simultanee (SIMOPs). La norma ISO 18683 raccomanda inoltre di definire una zona di sicurezza attorno alle installazioni di bunkering finalizzata a delimitare un'area in cui solo gli operatori esperti sono autorizzati ad entrare. Una persona in carica (PIC) deve essere designata per supervisionare l'operazione di bunkering e controllare la zona di sicurezza.

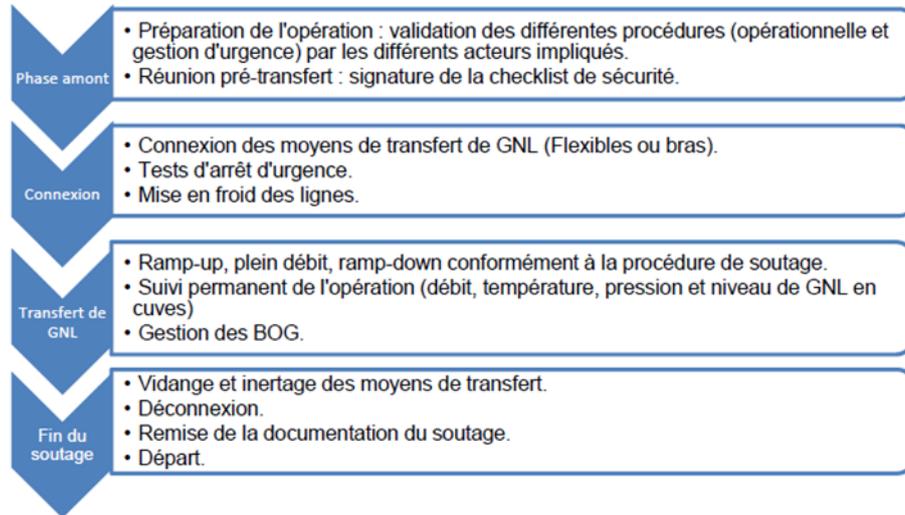
Importante è la definizione e la condivisione dei ruoli e delle responsabilità dei differenti attori coinvolti nelle operazioni di bunkering. La formazione è inoltre uno dei principali prerequisiti per la realizzazione del bunkering di GNL; è essenziale che il personale coinvolto sia qualificato e abbia le capacità e le conoscenze necessarie al fine di eseguire l'operazione in condizioni di sicurezza ottimali. I ruoli, le responsabilità e il percorso di formazione cambiano a seconda degli stakeholders (persone direttamente implicate nel progetto di bunkering, persone che autorizzano o supervisionano l'operazione, persone non direttamente implicate che si trovano nella zona di bunkering quali personale portuale, passeggeri, visitatori).

La

Figura 20 presenta il diagramma dei principali step che compongono la fase operativa di un'operazione di bunkering di GNL quali: fase a monte, connessione, trasferimento, fine del bunkering, spiegati in dettaglio nel report dell'OTC.



Figura 20. Step fase operativa di un'operazione di bunkering



### Best practices relative allo stoccaggio di GNL

#### Raccomandazioni sui siti d'installazione degli stoccaggi di GNL

La localizzazione dei serbatoi per lo stoccaggio di GNL deve soddisfare 3 requisiti principali:

- limitare gli effetti domino tra le differenti installazioni GNL;
- limitare gli impatti sul personale e gli uffici amministrativi;
- limitare gli impatti all'esterno del sito.

Devono inoltre essere realizzate delle stime di pericolo al fine di convalidare la localizzazione scelta.

#### Tecnologie di stoccaggio

I serbatoi di GNL hanno la funzione di contenere il GNL e isolarlo termicamente ad una temperatura di -160°C al fine di ridurre l'aumento della temperatura, della pressione e l'evaporazione del GNL nei serbatoi stessi.

I serbatoi GNL sulla nave devono rispondere a limitazioni quali durata della vita della nave; progettazione in maniera tale da evitare che una fuga non metta in pericolo la struttura, il personale a bordo e l'ambiente; permettere una naturale ventilazione in modo tale da evitare accumuli di gas; il GNL può essere immagazzinato alla pressione massima della valvola di sicurezza di 10 bar.

Il codice ICF definisce due categorie di serbatoi di GNL:

- serbatoio indipendente: autoportante, non fa parte dello scafo della nave, suddiviso in tre tipi: A, B e C;
- serbatoi integrati: fa parte della nave ed è soggetto alle stesse sollecitazioni della stessa; la maggior parte delle metaniere sono equipaggiate da serbatoi di tipo membrana.

#### Funzionamento dei serbatoi di stoccaggio del GNL

Il presente sotto-paragrafo presenta le best practices di funzionamento dei serbatoi di stoccaggio terrestri da considerare in ragione delle specificità del GNL e dei rischi associati. È essenziale in ogni momento tenere sotto controllo la pressione del cielo gassoso e il livello di GNL nel serbatoio attraverso tecnologie, strumenti e allarmi (flussi di aspirazione dei compressori BOG utilizzati per gestire le

evaporazioni per la pressione; livello allerta alto e molto alto per evitare i rischi di riempimento eccessivo e straripamento di GNL per monitorare il livello di GNL). Nel caso di serbatoi non pressurizzati, deve essere installato un sistema di misurazione a distanza per calcolare la temperatura e la densità del GNL su tutta l'altezza del serbatoio.

Le principali modalità di funzionamento dei serbatoi di stoccaggio sono:

- riempimento del serbatoio: due sistemi: “en pluie” in pioggia che consiste nello spruzzare il GNL nella parte superiore del serbatoio; “en source” alla fonte con l'introduzione di GNL sul fondo del serbatoio; nel caso di serbatoi non pressurizzati è consigliato uno step di preparazione finalizzato ad abbassare la pressione del cielo gassoso.
- prelievo di GNL: il serbatoio viene svuotato attraverso pompe criogeniche, direttamente immerse all'interno del serbatoio o in un barile separato collegato alla fase liquida.
- modalità stand-by: fase di attesa in cui nessuna operazione a livello di serbatoio è realizzata; necessario il monitoraggio della pressione del serbatoio che tenderà ad aumentare, il livello di GNL ad abbassarsi e la densità di GNL ad aumentare significativamente.

La gestione del Boil-off-Gas rappresenta una delle maggiori sfide nel funzionamento dello stoccaggio di GNL; dispositivi di sicurezza come valvole limitatrici di pressione o prese d'aria sono installati al fine di evitare il rischio di eccesso di pressione e il conseguente danno del serbatoio ma una buona gestione delle evaporazioni consente di prevenire l'arrivo di questo fenomeno.

### **Procedure amministrative e operative per la realizzazione del demo-day**

Il capitolo presenta gli step e le procedure amministrative per la realizzazione di un demo-day in Corsica, previsto durante il 2do trimestre 2021, relativo alla dimostrazione di un'operazione di bunkering:

1. Preparazione del progetto: TRACTEBEL raccomanda di contattare i porti partner (Ile Rousse e Bastia) e la società che gestisce la stazione mobile al fine di preparare l'evento demo-day.
2. Identificazione preventiva delle zone disponibili e favorevoli: studio – a piccola scala – territoriale e regolamentare finalizzato ad identificare la disponibilità delle concessioni, i vincoli normativi, i vincoli e i regolamenti portuali, i vincoli urbanistici, i vincoli di sicurezza.
3. Scelta dell'operatore: che realizzerà l'operazione di bunkering durante il demo-day tenendo conto delle competenze tecniche, delle qualificazioni e certificazioni necessarie ai fini di sicurezza.
4. Individuazione dei passaggi necessari: TRACTEBEL raccomanda di contattare le autorità locali al fine di definire le aspettative di ciascuno al più presto considerato il tempo necessario per completare la documentazione e ottenere le autorizzazioni.
5. Documentazione e studi da preparare: preparazione della documentazione amministrativa e normativa necessaria (quali documento di presentazione del progetto, analisi dei rischi connessi alla realizzazione della modellizzazione di fenomeni pericolosi, protocollo di sicurezza, piano d'urgenza).
6. Analisi dei rischi: analisi preliminare e dettagliata al fine di identificare i rischi potenziali della realizzazione delle operazioni del demo-day al fine di validare la zona scelta per il progetto, di definire delle zone di sicurezza e delle misure di prevenzione o protezione per il demo-day.
7. Implementazione di risorse tecniche e procedure operative: fase di preparazione (contattare l'autorità portuale di Livorno e l'operatore della stazione mobile per la documentazione tecnica, seguito dall'operatore del camion o della bettolina a rifornire; realizzare un'analisi dei rischi comuni e una checklist di controllo; formare gli operatori; definire le responsabilità e la

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Linee guida per la realizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma”

logistica per il trasferimento della stazione mobile dal porto di Livorno a Bastia); giorni della dimostrazione (pre-meeting; verifica delle misure di sicurezza precedentemente individuate; controllo visuale della stazione mobile e del camion/bettolina da rifornire; controllo equipment; rifornimento del camion/bettolina; disconnessione del camion/bettolina).

#### **4.8. Business Case Porto di Tolone**

Zona di interesse: Région PACA

Autore: Camera di Commercio e Industria del Var

Porto/Business case: Porto di Tolone

##### Foto/Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL Porto di Tolone



##### **Valutazione del metodo/soluzione tecnologica per il bunkeraggio più idoneo.**

All'inizio, la soluzione più adatta è il rifornimento di carburante per camion per due tipi di utilizzo: rifornimento di un generatore alimentato a GNL per il collegamento di una nave al molo e rifornimento di piccole navi (esempio ferry). Poi, quando la domanda diventa più importante (diversi ferries, navi da crociera), la soluzione prevista è un rifornimento tramite chiatta galleggiante su cui verrebbero sistemati i container di GNL in arrivo in treno dal terminal GNL di Fos sur Mer.

##### **Determinazione delle capacità di stoccaggio.**

A Tolone, essendo un porto militare, non possiamo ancora dire se sarà possibile un deposito. Questo è il motivo per cui il porto di Tolone pensa a una soluzione partendo dal terminal di Fos sur Mer che è abbastanza vicino geograficamente da poter evitare un sito di stoccaggio.

##### **Definizione delle operazioni di bunkeraggio.**

Il GNL è considerato una merce pericolosa. L'operazione di bunkering deve essere dichiarata alla Capitaneria di Porto (classificazione della merce pericolosa, volume, imballaggio, ecc.). Viene quindi dato un accordo al gestore (CCIV) che istituisce l'operazione sul molo. Il completamento

dell'operazione viene eseguito dal personale della nave e dal personale dell'azienda che vende e consegna il carburante.

**Determinazione delle autorizzazioni in merito ai componenti dell'impianto (serbatoi, stazione di bunkeraggio, movimentazione delle valvole ecc.).**

- Autorizzazione della Marina francese.
- Dichiarazione / Registrazione / Autorizzazione in base alla quantità di gas presente nell'installazione (ICPE: Installations Classées pour la Protection de l'Environnement in francese).

**Definizione delle operazioni di emergenza e delle procedure di sicurezza.**

Le procedure qui di seguito sono quelle attualmente in vigore, con un combustibile tradizionale per uso marittimo:

- Accesso vietato sul lato della nave in cui avviene il bunkeraggio
- Segnali codificati (ad es. Luci rosse per le altre navi, luci notturne...)
- Divieto di eseguire lavori nelle vicinanze durante il trasbordo
- Divieto di fumare
- Adattamento del percorso dei veicoli che si imbarcano o sbarcano sul molo durante un rifornimento di carburante via camion
- Obbligo per il conduttore di monitorare il proprio serbatoio durante l'operazione
- Obbligo per il conduttore di aver seguito una formazione, di indossare casco, occhiali, e guanti di sicurezza e di padroneggiare le procedure di emergenza
- Notificazione delle informazioni e istruzioni
- Azioni di sensibilizzazione capitano / personale ogni 6 mesi per aumentare la consapevolezza

Attenzione, queste misure sono spesso difficili da rispettare per i fornitori di servizi che hanno dei vincoli commerciali / di tempo. È necessario un controllo regolare per garantire la sicurezza.

**Piani di formazione del personale.**

Non ancora definito per il GNL.

**Monitoraggio del sistema e degli impianti per il GNL.**

Non ancora definito.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ABS - American Bureau Of Shipping (2014). Bunkering of liquefied Natural Gas fuelled Marin Vessel in North America.
- Arnet, N. M. L. (2014). LNG Bunkering Operations: Establish probabilistic safety distances for LNG bunkering operations(Master's thesis, Institutt for energi-og prosessteknikk).
- Cassar, M. P. (2017). LNG as a marine fuel in Malta: case study: regulatory analysis and potential scenarios for LNG bunkering infrastructure.
- Clean Baltic Sea Shipping – European Project (2013). Bunkering of ships that use liquefied natural gas
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of management studies*, 47(6), 1154-1191.
- DNV GL (2016). LNG fuelled vessels, Ship list – Vessels in operation and vessels on order.
- DNV-GL (2015). Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities.
- DNV-GL (2015). LNG as ship fuel.
- DNV-GL (2017). LNG safety.
- DNV-GL (2018 a). Confirmed LNG newbuildings and retrofits for ships.
- DNV-GL (2018 b). Confirmed LNG newbuildings and retrofits for ships.
- DNV-GL Maritime (2018). Alternative Fuels and Technologies for Greener Shipping – Summary of an assessment of selected alternative fuels and technologies.
- EMSA (2018). Guidelines of LNG bunkering system.
- Grea, S. (2000). Dentro la crescita dell'impresa. Le analisi SWOT e PAR (Vol. 81). FrancoAngeli.
- International Maritime Organisation (2014). Third IMO Greenhouse Gas Study. Kunreuther, H. C., Linnerooth, J., Lathrop, J., Atz, H., Macgill, S., Mandl, C., ... &
- Thompson, M. (2012). Risk analysis and decision processes: the siting of liquefied energy gas facilities in four countries. Springer Science & Business Media.
- Kyvik, O., & Gjosaeter, A. S. (2017). Environmentally sustainable innovations in offshore shipping: A comparative case study. *Journal of Innovation Management*, 5(1), 105-131.
- Leigh, D., & Pershing, A. J. (2006). SWOT analysis. *The handbook of human performance technology*, 1089-1108.
- MarTech LNG - Marine Competence, Technology and Knowledge Transfer for LNG (Liquid Natural Gas) in the South Baltic Sea Region, European Project (2014).
- McGuire, G., & White, B. (2016). Liquefied gas handling principles on ships and in terminals, 4th Edition.
- Mokhatab, S., Mak, J. Y., Valappil, J. V., & Wood, D. A. (2013). Handbook of liquefied natural gas. Gulf Professional Publishing.
- Pickton, D. W., & Wright, S. (1998). What's swot in strategic analysis?. *Strategic change*, 7(2), 101-109.

Piercy, N., & Giles, W. (1989). Making SWOT analysis work. *Marketing Intelligence & Planning*, 7(5/6), 5-7.

Stavros N. (2015). *Technological Guidance on LNG Bunker Vessels & Barges*. ABS - American Bureau Of Shipping.

Sutton, J. (1991). *Sunk costs and market structure: Price competition, advertising, and the evolution of concentration*. MIT press.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222.