

Progetto TDI RETE-GNL

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

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”¹

¹Si precisa che con riferimento al prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale” realizzato nell’ambito del Progetto TDI RETE-GNL è stato realizzato un report volto alla definizione delle linee guida per l’applicazione della metodologia LCA per identificare i più corretti sistemi di valutazione dell’impatto ambientale connessi alle varie configurazioni di *bunkering*, nonché possibili spunti per l’accettazione sociale del GNL quale combustibile alternativo. Tutti i capitoli compresi nel presente prodotto sono di pertinenza di TECNOCREO in virtù dell’affidamento del servizio di attività di ricerca per la valutazione delle esternalità e dell’impatto ambientale nell’ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera” (CIG 7980625C14).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Sommario

INTRODUZIONE AL PRESENTE REPORT: FINALITÀ E CAMPO D'APPLICAZIONE	6
GLOSSARIO DEI TERMINI E DEGLI ACRONIMI	8
1 ASPETTI GENERALI DEL BUNKERING DI GNL	12
1.1 Natura e caratteristiche del Gas Naturale Liquefatto (GNL).....	12
1.2 Vantaggi ambientali del GNL	13
1.3 Catena logistica del GNL	15
1.4 Modalità di bunkering di GNL.....	17
1.4.1 Ship-to-Ship (STS)	19
1.4.2 Truck-to-Ship (TTS).....	20
1.4.3 Terminal (Port)-to-Ship (PTS)	21
1.4.4 Cisterne mobili o ISOcontainer criogenici.....	22
2 IL METODO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	23
2.1 Generalità e obiettivi.....	23
2.2 La normativa di riferimento per il Life Cycle Assessment (LCA)	24
2.3 Quadro concettuale di riferimento all’LCA del bunkering di GNL	29
2.3.1 Il sistema oggetto di analisi.....	29
2.3.2 Principi generali.....	30
2.3.3 Definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione.....	34
2.3.4 Analisi dell’Inventario del ciclo di vita (LCI - Life Cycle Inventory)	38
2.3.5 Valutazione dell’Impatto del ciclo di vita (LCIA-Life Cycle Impact Assessment)	43
2.3.6 Interpretazione del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation).....	47
3 ELEMENTI DI IMPATTO AMBIENTALE CONNESSI ALL’UTILIZZO DEL GNL	49
3.1 Il metano come gas serra.....	49
3.2 Le emissioni di CH ₄	53
3.2.1 Methane slip	54
3.2.2 Methaneleakage.....	56
3.3 Elementi di valutazione dei rilasci in atmosfera.....	58
3.3.1 Impianto di interfaccia porto - nave	59
3.3.2 Impianto lato porto (Port Side)	61
3.3.2.1 Ship-To-Ship (STS).....	63
3.3.2.2 Truck-to-Ship (TTS)	65
3.3.2.3 Port-to-Ship (PTS).....	67

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



3.3.2.4	<i>Mobile Fuel Tank to Ship</i>	69
3.3.3	<i>BREF - Best Available Techniques Reference</i>	70
4	LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DEL METODO LCA AL BUNKERING DI GNL	72
4.1	Il Sistema di prodotto	72
4.2	Obiettivo, Campo di applicazione e Confini del sistema	73
4.3	Elementi per l'Analisi dell'Inventario (LCI) e la Valutazione degli Impatti (LCIA) del ciclo di vita 74	
4.3.1	<i>Realizzazione dell'infrastruttura di stoccaggio e dei servizi accessori</i>	74
4.3.1.1	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori</i>	76
4.3.2	<i>Operatività dell'infrastruttura di stoccaggio del GNL</i>	84
4.3.2.1	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori</i>	84
4.3.3	<i>Operazioni di bunkering di GNL</i>	89
4.3.3.1	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori– Opzione STS</i> 90	
4.3.3.2	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione TTS</i> 92	
4.3.3.3	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione PTS</i> 94	
4.3.3.4	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione Mobile Fuel Tank</i> 97	
4.3.4	<i>Decommissioning</i>	99
4.3.4.1	<i>Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori</i>	99
5	SPECIFICITÀ GEOGRAFICHE NELL'APPLICAZIONE DELL'LCA	103
6	AREE DI APPLICAZIONE DELL'LCA	108
7	CONCLUSIONI	110
	BIBLIOGRAFIA.....	114
	ALLEGATO 1	117

TDI RETE-GNL

**Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto**



Indice delle Figure

Figura 1. La catena del valore del GNL.....	15
Figura 2. Schema delle differenti fasi della filiera del GNL come combustibile per la navigazione.....	16
Figura 3. Rappresentazione schematica delle principali opzioni di bunkering di GNL.....	18
Figura 4. Banchine per l'ormeggio con serbatoi di stoccaggio GNL	22
Figura 5. Esempio di sistema di prodotto per l'LCA	29
Figura 6. Esempio di serie di processi unitari all'interno di un sistema di prodotto	30
Figura 7. Fasi dell'LCA.....	32
Figura 8. Fasi del ciclo di vita del combustibile GNL per la navigazione.....	33
Figura 9. Campo di applicazione del presente report (all'interno del tratteggio in rosso).....	37
Figura 10. Esempio di procedure per l'analisi dell'inventario - LCI.....	39
Figura 11. Esempio di costruzione del LCI – Schema del processo unitario di bunkering	41
Figura 12. Esempio di scheda di raccolta dei dati per processo unitario	41
Figura 13. Esempio di risultati di inventario relativi alle emissioni in atmosfera (flussi di inquinanti in output) dal processo di bunkering di 1Mj di GNL	43
Figura 14. Elementi della fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita - LCIA	44
Figura 15. Valutazione del ciclo di vita della catena di approvvigionamento del GNL per l'utente finale (valori per unità funzionale pari a 1 MJ di GNL consegnato all'utente finale).....	46
Figura 16. Relazioni tra elementi all'interno della fase di interpretazione con le altre fasi di LCA	47
Figura 17. Assorbimento dei gas serra.....	49
Figura 18. Concentrazione delle sostanze nel tempo.....	52
Figura 19. Stime delle emissioni di metano da vari motori e carburanti (i cerchi rappresentano le stime individuali della letteratura, le barre le stime medie, la barra gialla l'intervallo).....	55
Figura 20. Raffronto di analisi WtW tra GNL e combustibile marino convenzionale.....	57
Figura 21. Schematizzazione degli ambiti tecnologici	59
Figura 22. Esempi di apparecchiature e sistemi presenti lato porto.....	62
Figura 23. La filiera costiera del GNL.....	72
Figura 24. I confini del sistema di prodotto oggetto di analisi (tratteggiato in rosso)	73
Figura 25. Flussi di input e output in fase di cantiere	77
Figura 26. Flussi di input e output in fase di esercizio	84
Figura 27. Flussi di input e output in fase di bunkering di GNL	89
Figura 28. Rappresentazione generica del sistema di STS Bunkering (caso di trasferimento di GNL tra serbatoio pressurizzato di tipo C e serbatoio atmosferico di tipo A o B)	91
Figura 29. Rappresentazione generica del sistema di TTS Bunkering	93

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



Figura 30. Rappresentazione generica del sistema di PTS Bunkering (caso di trasferimento di GNL tra serbatoi pressurizzati di tipo C)..... 95

Figura 31. Flussi di input e output per in fase di dismissione..... 99

Figura 32. Sede dei partner del progetto 103

Figura 33. Immagini rappresentative dei due siti UNESCO citati 105

Figura 34. Perimetro del Santuario dei Cetacei 106

TDI RETE-GNL

**Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto**



INTRODUZIONE AL PRESENTE REPORT: FINALITÀ E CAMPO D'APPLICAZIONE

L'intento del presente Report è quello di giungere alla definizione di linee guida per l'identificazione delle esternalità e la più corretta valutazione dell'impatto ambientale connesso ai depositi costieri (storage/stoccaggio) di GNL e alle diverse tipologie di configurazioni di bunkering assumendo una prospettiva di tipo "Life Cycle Assessment - LCA".

Il presente documento si colloca all'interno del progetto TDI RETE-GNL (Capofila UNIGE-CIELI), nell'ambito Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, che si pone l'obiettivo di individuare soluzioni tecnologico-produttive per la distribuzione e il *bunkering* di GNL nei porti dell'area transfrontaliera, basate su standard e procedure operative condivise: nell'ambito della Componente T2 prevista a formulario, in particolare, il progetto è dedicata all'analisi della possibile localizzazione degli impianti e dei depositi della rete di distribuzione primaria, verificandone le potenziali esternalità e la sostenibilità economico-finanziaria.²

Nello specifico, il presente documento rappresenta il prodotto finale T.2.4.3 previsto all'interno dell'attività T2.4, e, come da formulario, vede la partecipazione del **capofila (UNIGE_CIELI)** e del **consulente del capofila (TECNOCREO)** nonché del **Partner 4 (OTC)** e del relativo consulente (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup). In particolare, in relazione al report del partner 4 (OTC) e del relativo consulente, in Allegato 1 si riporta l'intero report che esamina l'ambito di applicazione dell'LCA in ambito marittimo portuale, la metodologia di applicazione, le definizioni e riferimenti, gli obiettivi, linee guida metodologiche, i dati in ingresso, le risorse umane e tecniche, le possibili applicazioni e limitazioni nonché le logiche di interpretazione delle stesse.

I **Partner P2 (UNIPI)**, **P3 (UNICA/CIREM)**, **P5 (CCIVAR)**, hanno concorso, come da formulario, alle attività tecniche e funzionali alla predisposizione del prodotto finale T2.4.3, fornendo un costante supporto al CF nella definizione della definizione del framework concettuale per la realizzazione del prodotto, controllando e validando la documentazione prodotta dal consulente esterno del CF.

Si precisa che, con riferimento al Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale", le singole sezioni sono state predisposte dal consulente esterno TECNOCREO a supporto del CF UNIGE-CIELI in virtù dell'affidamento del servizio di attività di ricerca per la valutazione delle esternalità e dell'impatto ambientale nell'ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "TDI RETE-GNL". Al consulente esterno del CF, TECNOCREO, vanno attribuiti i Capitoli 2, 3, 4, 5 del Prodotto T.2.4.3 mentre

² Cfr.: Progetto Interreg Marittimo IT-FR "TDI RETE-GNL", in: <http://interreg-maritime.eu/web/tdiretegnl>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



al Partner P4 (OTC) e al relativo consulente esterno (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup) va attribuita la realizzazione dell'Allegato 1 annesso al Prodotto T2.4.3.

Come indicato nell'ambito del formulario di progetto, la recente diffusione del gas naturale liquefatto (GNL) nei porti richiede l'implementazione di un sistema infrastrutturale che privilegi la costituzione di una rete di distribuzione affidabile, sicura e integrata.

La realizzazione di tale infrastruttura comporta decisioni strategiche circa la localizzazione degli impianti per il bunkering, lo stoccaggio e l'approvvigionamento del GNL e in merito al loro dimensionamento, secondo logiche sistemiche.

L'approccio transfrontaliero IT-FR marittimo è imposto dalla densità di servizi marittimi con origine/destino nell'area e dalla necessità di disporre di impianti con caratteristiche tecnologiche omogenee.

Gli output del progetto consistono nella predisposizione di report per la definizione e la diffusione di:

1. standard tecnologici e procedure comuni per il bunkering di GNL;
2. un piano d'azione integrato a beneficio dei porti.

I beneficiari degli output, sempre secondo quanto indicato nel formulario di progetto, sono le Autorità Portuali e gli enti pubblici territoriali interessati alla realizzazione di impianti di rifornimento GNL.

L'innovatività del progetto deriva dall'approccio interdisciplinare che coniuga dimensioni tecnico-ingegneristiche, economiche e giuridiche e dall'uso di logiche condivise per evitare la duplicazione degli investimenti e il rischio di non interoperabilità tra impianti diversi.

Il documento è articolato in una prima sezione ove si definisce l'ambito di applicazione dell'analisi al sistema di bunkering di GNL all'interno delle aree portuali con riguardo ad una catena logistica di piccola scala (Small Scale LNG) (Cap.1) cui segue una sezione di inquadramento concettuale e normativo generale all'approccio LCA (Cap.2) e sezioni analitiche che mirano a contestualizzare tale approccio sia in relazione alle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale (Cap.3) sia in relazione allo specifico ambito geografico di applicazione (Cap.4), per giungere ad introdurre alcuni elementi di base associati all'accettabilità sociale delle infrastrutture energetiche (Cap.5).L'ultimo capitolo è dedicato alle conclusioni (Cap.6).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



GLOSSARIO DEI TERMINI E DEGLI ACRONIMI

Allo scopo di agevolare la lettura del presente Report anche a lettori non necessariamente esperti sui temi in oggetto, nel seguito si riporta un glossario dei principali termini e acronimi utilizzati all'interno del testo.

Per quanto riguarda, nello specifico, i termini, laddove non altrimenti specificato, la fonte consultata per le definizioni fornite è costituita dall'Allegato III "Quadro strategico nazionale" al D.Lgs. 16 dicembre 2016, n.257 di recepimento della Dir. 2014/94/UE (cd. Direttiva "DAFI").

AP -Acidification Potential

Bunkering: termine inglese (utilizzato in italiano anche come **bunkeraggio**) che indica il "rifornimento di carburante" così definito: *"la fornitura di carburanti solidi, liquidi o gassosi o di qualsiasi altra fonte di energia utilizzata per la propulsione delle navi come pure per la fornitura generale e specifica di energia alle navi quando sono all'ormeggio"* (Regolamento (UE) 2017/352, art.2, punto 1).

Bunkering (o **bunkeraggio** in italiano) **di GNL:** operazioni di rifornimento di carburante GNL per il trasporto marittimo.

Combustibili alternativi: combustibili o fonti di energia che fungono, almeno in parte, da sostituti delle fonti di petrolio fossile nella fornitura di energia per il trasporto e che possono contribuire alla sua decarbonizzazione e migliorare le prestazioni ambientali del settore dei trasporti. Essi comprendono, tra l'altro: elettricità, idrogeno, biocarburanti (quali definiti all'art.2, punto i) della Direttiva 2009/28/CE), combustibili sintetici e paraffinici, gas naturale e gas di petrolio liquefatto (**GPL**) (Direttiva 2014/94/UE, art.2, punto 1).

Caricamento di navi bunker: caricamento di GNL su navi bunker che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL oppure depositi di bunkeraggio.

CNG (Compressed Natural Gas): il Gas naturale compresso (**GNC** in italiano) è gas naturale compresso ad una pressione di 200-250 bar. È utilizzato nelle vetture bi-fuel (benzina/ GNC).

Colonna di assorbimento: per assorbimento si intende il trasferimento delle componenti di una miscela gassosa dalla loro fase di gas verso una fase liquida. L'apparecchiatura chimica destinata allo svolgimento dell'operazione di assorbimento gas-liquido è detta colonna di assorbimento (o torre di assorbimento).

DAFI: termine utilizzato con riferimento alla Direttiva 2014/94/UE sulla *realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (Deployment of Alternative Fuels*

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Infrastructure nella versione inglese) che il Governo italiano ha recepito con il D.Lgs. n.257/2016.

EMSA - European Maritime Safety Agency – Agenzia europea per la sicurezza marittima (sito web: <http://www.emsa.europa.eu>)

EP – Eutrophication Potential

Gas di Boil-Off (BOG): è il gas formatosi dalla evaporazione del GNL.

Gas Naturale: compreso il biometano, in forma gassosa (Gas Naturale Compresso -GNC) e liquefatta (Gas Naturale Liquefatto -GNL) (*Direttiva 2014/94/UE, art.2*).

GdL – Gruppo di Lavoro

GHG – GreenhouseGases (*Gas ad effetto serra*)

GNL-Gas Naturale Liquefatto (LGN - Liquefied Natural Gas, nella dizione inglese)

GWP - Global Warming Potential (*Potenziale di Riscaldamento Globale*)

Impianto Peak Shaving: impianto destinato allo stoccaggio di gas (GNL) utilizzato per soddisfare il picco di domanda.

Indice di Wobbe: è il principale indice dell'intercambiabilità del gas naturale a parità di pressione. È definito come il rapporto fra il potere calorifico superiore di un gas (PCS) e la radice quadrata della sua densità relativa rispetto alla densità dell'aria in condizioni standard (ρ): $IW=PCS/\sqrt{\rho}$

ISO - International Organization for Standardization

ISO container: attrezzatura specifica del trasporto intermodale, cioè basato su più mezzi di trasporto (camion, navi e treni). Il container ISO è un container le cui misure sono state stabilite in sede internazionale nel 1967 (Larghezza 244cm, Altezza259cm, Lunghezze 610 o 1220cm).

KPI- Key Performance Indicators (*Indicatori chiave di prestazione*)

LCA -Life-Cycle Assessment

Manifold: collettore di alimentazione, condotta che trasporta il GNL dalla nave all'impianto.

MDO-Marine Diesel Oil (*Olio Combustibile Marino*)

MISE -Ministero per lo Sviluppo Economico

ODP – Ozone Depletion Potential (*Potenziale di Riduzione dell'Ozono*)

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



PEI (Primary Energy Index): misura la quantità di energia primaria non rinnovabile (**PEInr**) o rinnovabile (**PEIr**) impiegata nella catena di produzione del materiale riferita a una sua unità di massa.

POCP – Photochemical Ozone Creation Potential (Potenziale di Formazione di Ozono Fotochimico)

Pompe criogeniche di rilancio: pompe che mantengono il gas condensato e lo spingono dall'impianto alla nave.

Potere Calorifico Superiore (PCS): quantità di calore che si rende disponibile per effetto della combustione completa, a pressione costante della massa unitaria del combustibile, quando i prodotti della combustione siano riportati alla temperatura iniziale del combustibile e del comburente.

Rail Loading: caricamento di vagoni-cisterna ferroviari con GNL.

Re-loading: trasferimento di GNL dai serbatoi (presso il terminale di rigassificazione) in navi metaniere.

Reach stackers: veicoli usati per la movimentazione di container intermodali nell'ambito delle operazioni di banchina e a piazzale.

Roll-on/Roll-Off (Ro-Ro): termine inglese per indicare una nave traghetto vera e propria, progettata e costruita per il trasporto con modalità imbarco e sbarco dei veicoli gommati (sulle proprie ruote) e di carichi, disposti su pianali o in contenitori, caricati e scaricati per mezzo di veicoli dotati di ruote in modo autonomo e senza ausilio di mezzi meccanici esterni.

Scrubber: apparecchiatura che consente di abbattere la concentrazione di sostanze presenti in una corrente gassosa, solitamente polveri e microinquinanti acidi (anche contenenti zolfo).

SECA (Sulphur Emission Control Area): sono le aree del Mar Baltico, del Mare del Nord e del Canale della Manica, identificate dall'IMO come aree a controllo delle emissioni di zolfo.

Small Scale LNG (o SSLNG): modalità attraverso la quale il GNL viene gestito in piccole/medie quantità direttamente in forma liquida (rispetto alla rigassificazione operata in terminali dedicati e alla successiva immissione del prodotto gassoso nella rete di trasporto).

Soffianti: macchina operatrice termica che utilizza lavoro meccanico per imprimere energia di pressione ed energia cinetica al gas naturale presente all'interno della nave.

TEN-T (Trans-European Networks - Transport): Le reti TEN-T sono un insieme di infrastrutture lineari (ferroviarie, stradali e fluviali) e puntuali (nodi urbani, porti, interporti e aeroporti) considerate rilevanti a livello comunitario; la *Core Network (Rete centrale)* è

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



costituita dai nodi urbani a maggiore densità abitativa, dai nodi intermodali di maggiore rilevanza e dalle relative connessioni. Quattro dei nove Corridoi TEN-T interessano l'Italia³:

- *Corridoio Mediterraneo*: attraversa il Nord Italia da Ovest ad Est, congiungendo Torino, Milano, Verona, Venezia, Trieste, Bologna e Ravenna;
- *Corridoio Reno-Alpi*: passa per i valichi di Domodossola e Chiasso e giunge al porto di Genova;
- *Corridoio Baltico-Adriatico*: collega l'Austria e la Slovenia ai porti del Nord Adriatico di Trieste, Venezia e Ravenna, passando per Udine, Padova e Bologna;
- *Corridoio Scandinavo-Mediterraneo*: parte dal valico del Brennero e collega Trento, Verona, Bologna, Firenze, Livorno e Roma con i principali centri urbani del sud come Napoli, Bari, Catanzaro, Messina e Palermo.

TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*): unità equivalente a venti piedi, è la misura standard di volume nel trasporto dei container ISO. Le dimensioni esterne sono: 20 piedi (6,096m) di lunghezza x 8 piedi (2,4384m) di larghezza x 8,5 piedi (2,5908m) di altezza. Il suo volume esterno è di 38,51 mc, mentre la sua capacità è di 33 mc. Il peso massimo del contenitore è approssimativamente di 24.000kg ma sottraendo la tara (o peso a vuoto), il carico sulla parte interna può arrivare a 21.600kg. La maggior parte dei container hanno lunghezze standard rispettivamente di 20 e di 40 piedi: un container da 20 piedi (6,1m) corrisponde a 1 TEU, un container da 40 piedi (12,2m) corrisponde a 2 TEU. Per definire quest'ultima tipologia di container si usa anche l'acronimo **FEU (*forty-foot equivalent unit*)** ovvero unità equivalente a quaranta piedi). Anche se l'altezza dei container può variare, questa non influenza la misura del TEU. Questa misura è usata per determinare la capienza di una nave in termini di numero di container, il numero di container movimentati in un porto in un certo periodo di tempo, e può essere l'unità di misura in base al quale si determina il costo di un trasporto.

³ Cfr.: MIT-Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Corridoi europei TEN-T*, in: <http://www.mit.gov.it/node/5335> (Data ultima modifica: 16/02/2018)

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



1 ASPETTI GENERALI DEL BUNKERING DI GNL

1.1 NATURA E CARATTERISTICHE DEL GAS NATURALE LIQUEFATTO (GNL)

Il GNL, ottenuto per liquefazione del Gas Naturale (GN), è una miscela di idrocarburi il cui componente principale è il metano e che, in misura significativamente minore, contiene anche etano, propano e butano⁴.

Nel corso del processo di liquefazione, il GN viene purificato dagli idrocarburi più complessi, quali i composti dello zolfo (H₂S) e il biossido di carbonio (CO₂) e gli idrocarburi pesanti (C₅+ e superiori), nonché da una buona parte di etano, propano e butani, componenti che vanno limitati fortemente nel GNL, analogamente, per motivi tecnici, ad acqua, mercurio e zolfo (per evitare, ad es., problemi di corrosione, rischi di solidificazione durante il raffreddamento, etc.).

Il gas naturale purificato viene liquefatto a pressione atmosferica mediante raffreddamento fino a circa -160°C: occupando un volume di circa 600 volte inferiore rispetto alla condizione gassosa di partenza, il GNL, più “leggero”⁵ e con quantità inferiori di impurità rispetto al GN estratto dai giacimenti, può essere così più facilmente stoccato e trasportato, anche via mare, mediante navi metaniere.

Il GNL è, dunque, un liquido criogenico incolore, inodore, non tossico, non corrosivo. Una volta disperso, non lascia residui sulla terra o sull’acqua. Trasportato e stoccato a temperatura criogenica, ha normalmente un contenuto di metano che varia dall’85 al 96% in volume, nel rispetto del contenuto minimo indicato dalla norma tecnica UNI EN 1160 “*Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto - Caratteristiche generali del gas naturale liquefatto*”, secondo cui deve essere superiore al 75%⁶.

Giunto a destinazione, il GNL viene scaricato presso un impianto di stoccaggio, che lo riporta alla forma gassosa per renderlo disponibile per il consumo tradizionale: una volta rigassificato, esso torna ad essere, nel rispetto dei limiti di infiammabilità consentiti, un gas infiammabile.

Il GNL si presenta dunque come un combustibile “più pulito”, giacché con contenuto di zolfo pressoché nullo e ridotte emissioni di NO_x e CO₂, la cui semplicità molecolare consente una combustione con ridottissimi residui solidi.

⁴Cfr: *D.Lgs. n.257/2016, Allegato III “Quadro strategico nazionale” - Sez. C: fornitura di gas naturale per il trasporto e per altri usi - Prima sottosez.: fornitura di gas naturale liquefatto (GNL) per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi*

⁵Il GNL ha una densità pari a circa la metà di quella dell’acqua.

⁶Cfr.: “*Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL*”, predisposto da un gruppo di lavoro coordinato dal MISE allo scopo di dare attuazione, a livello nazionale, alla Direttiva 2014/94/UE sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi (cd. Direttiva DAFI).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



In ogni caso, le caratteristiche chimico-fisiche del GNL variano in funzione della variazione della sua composizione, legata, a sua volta, agli specifici giacimenti e aree geografiche da cui viene estratto il GN.

1.2 VANTAGGI AMBIENTALI DEL GNL

L'impiego del GNL come combustibile alternativo può supportare il superamento dei prodotti energetici caratterizzati da un impatto ambientale complessivamente più significativo, determinando effetti positivi non solo sul piano della riduzione delle emissioni climalteranti e inquinanti, ma anche per quel che concerne il settore dei trasporti, del rumore prodotto dai motori.

Allo stato liquido, può essere facilmente stoccato e trasportato, anche via mare, grazie ad apposite navi metaniere. A livello mondiale quasi il 30% del gas naturale viene trasportato in forma liquida⁷. L'importazione del GNL via mare permette un'ulteriore diversificazione delle fonti di approvvigionamento, con ricadute positive sulla sicurezza energetica nazionale.

Grazie alla purificazione dai gas acidi (CO₂ e SO_x) e alla quasi totale rimozione di particolato e di NO_x, l'utilizzo del GNL in sostituzione dei combustibili fossili tradizionali consente, nel particolare, un abbattimento delle emissioni di gas serra, polveri sottili e sostanze pericolose per l'ambiente e la salute, nell'ottica del principio di decarbonizzazione definito a livello internazionale, comunitario e nazionale.⁸

Sul piano globale, il GNL è impiegato in prevalenza nella produzione di energia elettrica, sia per l'industria che per usi residenziali, laddove l'accesso ad una rete di distribuzione non risulti praticabile, andando così a contribuire al miglioramento del livello di qualità ambientale intrapreso con l'impiego di alcune fonti energetiche rinnovabili.

Nel settore del trasporto il passaggio all'uso del GNL come combustibile è, invece, relativamente recente. Per quel che riguarda, nello specifico, il trasporto marittimo, l'utilizzo del GNL come combustibile può agevolare 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. Più di recente, la Direttiva 2014/94/UE, nata nell'ambito del pacchetto "*Clean Power for Transport*", messo a punto dalla Commissione Europea⁹, richiede agli Stati membri di incrementare nei trasporti l'uso di combustibili alternativi, tra i quali, il gas naturale liquido (GNL), in modo da perseguire il duplice obiettivo di ridurre al minimo la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto

⁷ Cfr.: Freight Leaders Council, "*Il GNL in Italia, per un trasporto sostenibile*", maggio 2019, Quaderno 28

⁸ Cfr.: MISE, "*Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL*", cit.

⁹ Lett.: "*Energia Pulita per il Trasporto*"; per maggiori informazioni:

https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cpt_en (Data ultimo aggiornamento: 08/04/2020)

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



ambientale nel settore, sia sotto il profilo degli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria, sia di riduzione delle emissioni climalteranti.

È a tale scopo che gli Stati membri sono chiamati ad elaborare in rispettivi “*Quadri strategici nazionali*” in cui devono essere illustrati gli obiettivi nazionali e le relative azioni di supporto, in materia di sviluppo del mercato per quanto riguarda i combustibili alternativi, comprese le necessarie infrastrutture da realizzare, in stretta collaborazione con le autorità regionali e locali e con il settore interessato, tenendo altresì conto delle esigenze delle piccole e medie imprese.

L'impiego del GNL consente all'industria marittima di rispettare i limiti legati al tenore di zolfo nei combustibili marini - imposti, ad esempio, nelle regioni ad emissioni controllate (aree SECA) dalle normative concordate nel quadro dell'*International Maritime Organisation* (IMO) o, per l'area del Mediterraneo, dalle legislazioni ambientali sulle emissioni da attività marittime—così come i limiti sempre più restrittivi in termini di emissioni di sostanze inquinanti e climalteranti atmosfera, come gli ossidi di azoto (NOx) e l'anidride carbonica (CO₂).

Tuttavia, non bisogna trascurare che, trattandosi pur sempre di un combustibile di origine fossile, non è esente dalla produzione di emissioni di gas serra, associate al metano, principale componente del GNL, e di altre emissioni nocive per la salute umana e per gli ecosistemi.

Le performance legate all'impiego del GNL nella navigazione in sostituzione dei carburanti marittimi tradizionali ai fini dell'immissione in atmosfera di gas serra, in specie, sono strettamente legate, oltre alla tipologia di motore dei mezzi di trasporto navale, alle misure adottabili per minimizzare eventuali perdite o rilasci involontari di metano.

Sotto questo profilo, di fatto, mentre i vantaggi di tipo ambientale vengono enfatizzati rispetto ad una scala locale, in termini di maggiori tutele ambientali per le zone portuali e lungo le coste, le emissioni di gas serra, tra i quali compare il metano, comportano effetti non trascurabili su scala globale, in termini di “global warming” (riscaldamento globale). Detta considerazione, in particolare, conduce a ritenere particolarmente utile l'applicazione di un approccio del tipo “*Life Cycle Assessment-LCA*” al fine di valutare gli impatti dell'intera catena di approvvigionamento, come si dirà in seguito.

A tal proposito è opportuno considerare che, pur dovendosi tener conto del rispettivo tempo di permanenza in atmosfera, sensibilmente più breve per il metano rispetto alla CO₂, anche lo stesso metano è un gas ad effetto serra, dotato di un potenziale di riscaldamento globale di circa 20 volte superiore all'anidride carbonica, la cui concentrazione in atmosfera è più che

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



raddoppiata dall'era pre-industriale in linea con la crescita della popolazione e, in specie, della produzione agricola¹⁰.

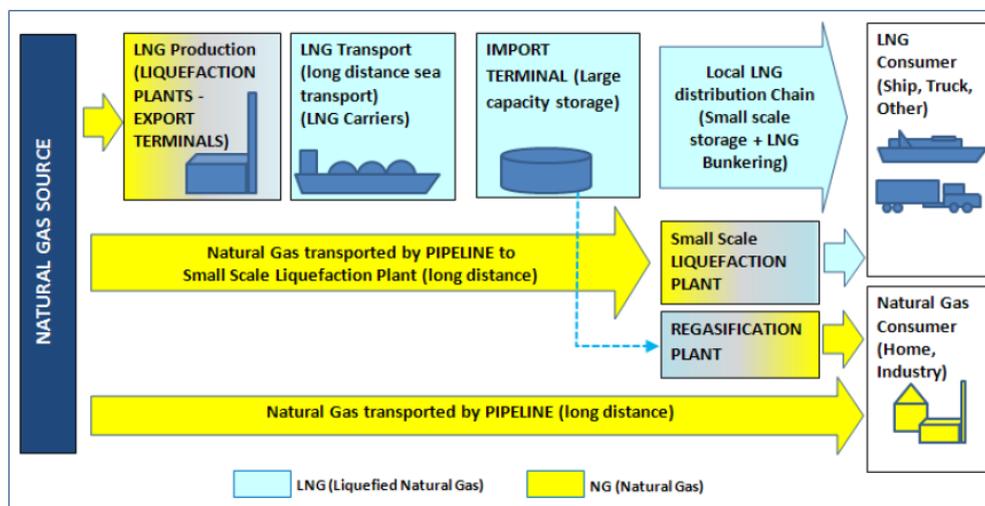
Nondimeno, poiché, come sopra accennato, si stima che il metano persista in atmosfera per circa 12 anni, mentre la CO₂, se dispersa, può rimanervi e continuare a produrre effetti climalteranti anche per migliaia di anni, ciò conferisce buone chance di successo a qualsiasi azione di riduzione delle emissioni indirizzate verso il metano stesso.

1.3 CATENA LOGISTICA DEL GNL

In via di principio, la catena del valore del GNL, dall'estrazione del Gas Naturale sino ai consumatori finali, può assumere differenti configurazioni in relazione alle esigenze di svariati utenti finali.

Nella Figura 1, tale catena del valore è rappresentata in maniera molto semplificata distinguendo due differenti tipologie di utenti finali: consumatori di GNL (o *Liquefied Natural Gas* - LNG) e consumatori di GN (o *Natural Gas* - NG), espressione, rispettivamente, degli utenti del trasporto e degli utenti domestici e industriali.

Figura 1. La catena del valore del GNL



Fonte: Guida EMSA 2018 per Autorità Portuali sui bunkeraggi di GNL¹¹

Nella progettazione di una catena di GNL esistono diversi aspetti da considerare attentamente, sui quali prevale una regola fondamentale: maggiore è il numero di interfacce, impianti di

¹⁰ Cfr.: Freight Leaders Council, "Il GNL in Italia, per un trasporto sostenibile", cit., Cap. 3 "GNL per i trasporti", pag.85.

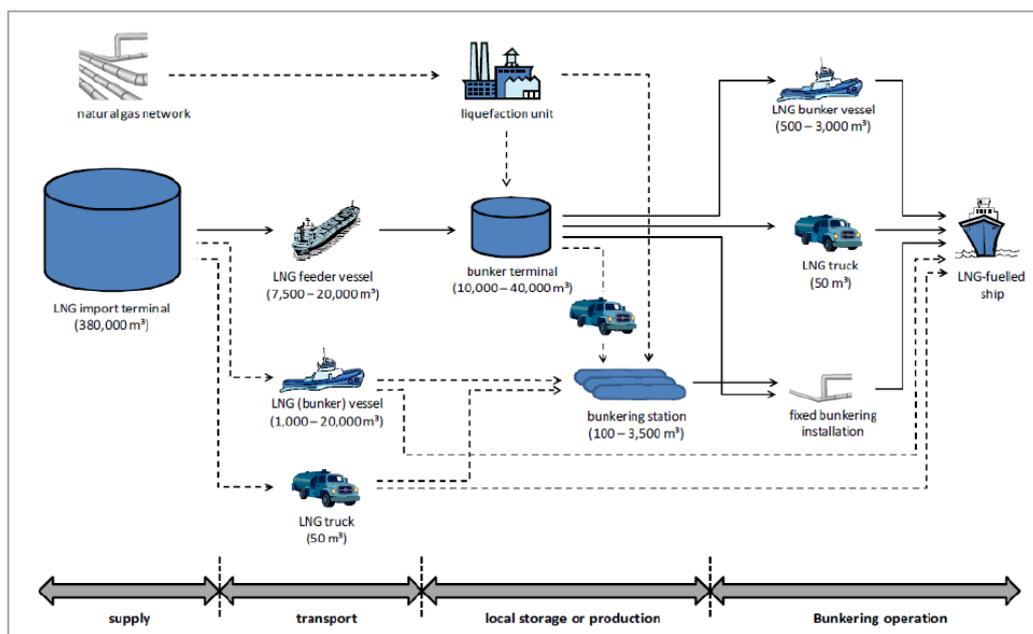
¹¹ Cfr.: <http://www.conferenzagnl.com/guida-ems-a-autorita-portuali-sui-bunkeraggi-gnl/>

liquefazione e collegamenti di distribuzione, maggiore sarà la probabilità di avere rilasci accidentali o operativi di GNL lungo le diverse fasi della catena. Negli impianti di liquefazione, infatti, è probabile che i compressori di GNL presentino piccole perdite di GNL, causa di rilasci accidentali di metano, relativamente ai quali, per altro, oltre al potenziale impatto ambientale, occorre tenere parimenti in considerazione anche gli aspetti legati alla sicurezza.

Per quanto riguarda gli usi per il trasporto marittimo qui in oggetto, non si deve tralasciare, inoltre, che una parte significativa della catena del valore del GNL può essere ricompresa all'interno dei confini di un porto.

Nella Figura 2 l'intera catena del valore del GNL è suddivisa in base alle diverse fasi della filiera di approvvigionamento come combustibile per il settore marittimo: approvvigionamento (da una rete di importazione o di distribuzione di gas naturale), trasporto, stoccaggio o produzione locale, rifornimento.

Figura 2. Schema delle differenti fasi della filiera del GNL come combustibile per la navigazione



Fonte: Guida EMSA 2018, cit.

Nel contesto del presente documento, dunque, la catena del valore assunta a riferimento, ossia, l'ambito di applicazione dell'approccio LCA, coincide con le **operazioni di bunkering** che avvengono in ambito portuale.

In tal senso, il riferimento è ad una catena logistica del GNL su piccola scala, tecnicamente indicata come **“Small Scale LNG (o SSLNG)”**, con capacità di stoccaggio del GNL coinvolte, in serbatoi pressurizzati o atmosferici, inferiori a 20.000 m³ per anno.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto

La filiera dello SSLNG si è particolarmente sviluppata in Spagna, Norvegia, Regno Unito e Olanda, ove si registra il più alto numero di impianti per la filiera SSLNG. In generale, nell'area del Mediterraneo tutti gli operatori coinvolti sono impegnati in attività di valutazione della fattibilità tecnico-economica delle modifiche necessarie ad offrire tali nuovi servizi, adeguando le strutture portuali esistenti. Per quanto riguarda l'Italia, nel corso del 2020 o del prossimo anno dovrebbero entrare in funzione 2 o 3 impianti di taglia ridotta (SSLNG).

1.4 MODALITÀ DI BUNKERING DI GNL

Se l'utilizzo di GNL rappresenta un'opzione di valenza strategica ai fini del conseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione e di riduzione dell'emissioni di sostanze pericolose per l'ambiente e la salute stabiliti a livello internazionale e nazionale, la percorribilità sul piano logistico-operativo di tale opzione è strettamente legata alla realizzazione di infrastrutture dedicate, opportunamente localizzate sul territorio nazionale.

È a tale scopo che l'*art.6 del D.Lgs. n.257/2016*, nel recepire la citata Direttiva DAFI, introduce delle disposizioni specifiche per la fornitura di GNL come combustibile alternativo per il trasporto (Sezione c del Quadro strategico nazionale – Allegato III al Decreto), principalmente in termini di numero adeguato di punti di rifornimento per il GNL da realizzare - entro termini precisi, rispettivamente, nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna - per consentire la navigazione di navi alimentate a GNL nella rete centrale della TEN-T e di sistema di distribuzione adeguato per la fornitura di GNL nel territorio nazionale, comprese le strutture di carico per i veicoli cisterna di GNL, nonché per la dotazione di infrastrutture di rifornimento lungo la rete autostradale e negli interporti.

La fornitura di GNL come combustibile per la navigazione può essere effettuata in vario modo, adottando opzioni differenti, a seconda di diversi fattori logistici e operativi.

Ai fini del presente Report per bunkering di GNL ci si riferisce all'approvvigionamento di GNL da parte di una nave ricevente che si può svolgere secondo quattro differenti opzioni tecnologiche, che saranno analizzate in ottica LCA, quali:

1. Ship-to-Ship (STS)
2. Truck-to-Ship (TTS)
3. Shore/Pipeline-to-Ship (PTS)
4. Cisterne mobili o ISO-container criogenici

Se nessuna delle opzioni elencate è in grado di per sé di soddisfare tutte le esigenze degli stakeholders portuali, si può comunque asserire che¹²:

¹² Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

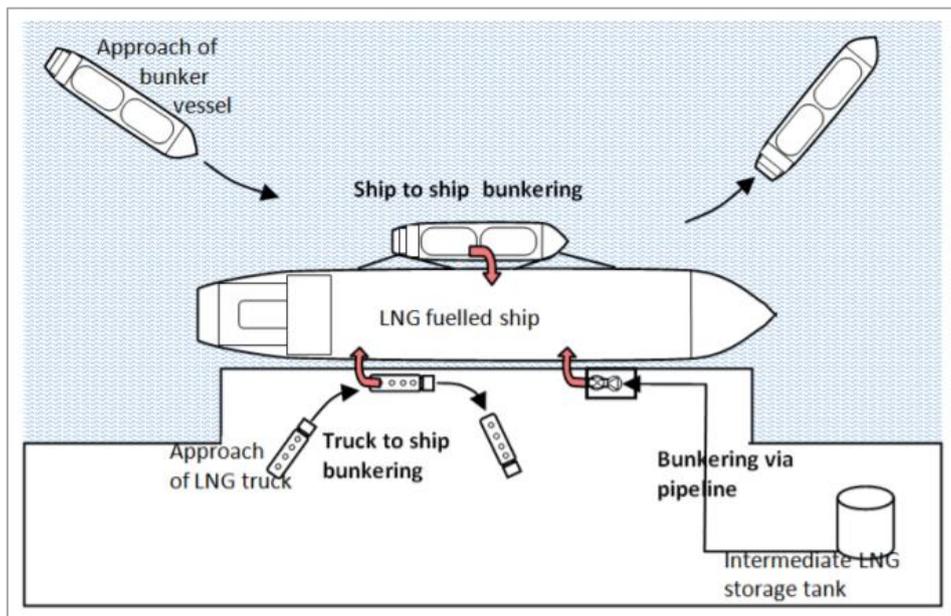
- il sistema TTS è più adatto per rifornire le navi con serbatoi di minori dimensioni (ad es.: i rimorchiatori) e, come soluzione temporanea, per garantire il bunkering in assenza dell'infrastruttura dedicata (ad es.: rifornimento traghetti)
- il sistema PTS è più adatto a soddisfare le esigenze di rifornimento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

Nella Figura 3 tali opzioni sono rappresentate schematicamente in maniera congiunta.

La Tabella 1 mostra un raffronto diretto tra le diverse opzioni di bunkeraggio per traghetto, OSV (Offshore Support Vessel, nave di supporto alle attività offshore, tipicamente piattaforme petrolifere) e nave porta-container.

Si badi che l'opzione PTS si configura con piccolo serbatoio in pressione, mentre non viene qui vagliata l'opzione dei grandi serbatoi, denominata più propriamente "Tank-to-Ship".

Figura 3. Rappresentazione schematica delle principali opzioni di bunkeraggio di GNL



Fonte: IMO - International Maritime Organization, "Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping" 2016, London¹³

¹³ Cfr.: <http://www.imo.org>

Tabella 1. Raffronto tra le prestazioni delle quattro opzioni di bunkering per utilizzazioni specifiche

Tipologia	Capacità (mc)	Flusso (mc/h)	Tipo di cliente	Capacità cliente (mc)	Numero carichi
TTS	40	50	traghetto	200	5
		50	OSV	300	8
		ND	porta-container	2400	-
PTS	500	50	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	5
STS	300-2400	67	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	1
LNG ISO container	40	40	traghetto	200	5
		40	OSV	300	8
		N/A	porta-container	2400	-

Fonte: MISE, “Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL”, Allegato al Capitolo 2

Di seguito si richiamano alcune informazioni di sintesi rispetto a tali alternative tecnologiche di bunkering di GNL, quali tratte dall’Allegato al Cap.2 “APPROVVIGIONAMENTO E STOCCAGGIO GNL” del “Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL” predisposto da un Gruppo di lavoro coordinato dal MISE, già citato nel testo.

1.4.1 Ship-to-Ship (STS)

Con tale locuzione viene indicato il trasferimento di GNL da una nave o chiatta che trasporta GNL come carico, ad altra nave per l’utilizzo di GNL come combustibile. Le operazioni di bunkeraggio possono essere effettuate al porto o, in alternativa, in mare. Tra i principali vantaggi riconosciuti a questa modalità di bunkering vi sono la possibilità di operare in mare anche senza dover entrare in porto, qualora le condizioni meteorologiche e del moto ondoso lo consentano, e la possibilità di movimentare ingenti volumi di prodotto in tempi veloci.

TDI RETE-GNL

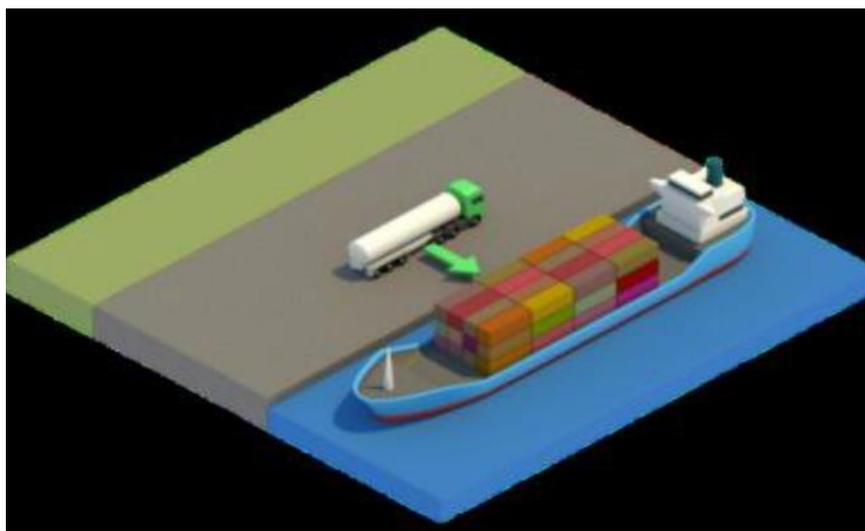
Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto





1.4.2 *Truck-to-Ship (TTS)*

Tale espressione indica il trasferimento di GNL dal serbatoio di un'autobotte a una nave ormeggiata al molo o al pontile. Tale operazione è solitamente intrapresa collegando un tubo flessibile criogenico progettato per il servizio GNL. In questo modo è possibile trasferire un carico completo dall'autobotte, pari a 40-50 m³, in circa un'ora. Tale opzione di bunkering offre una grande flessibilità geografica ed è particolarmente interessante in fase di start-up per i bassi investimenti, benché, tuttavia, possano essere trasferite solo piccole quantità di prodotto. Trattasi, quindi, di operazioni adatte a mezzi navali con piccoli serbatoi come, ad esempio, rimorchiatori, pescherecci, etc., mentre sono difficilmente praticabili per navi di maggiori dimensioni come i traghetti i cui serbatoi hanno una capienza di 400 m³.



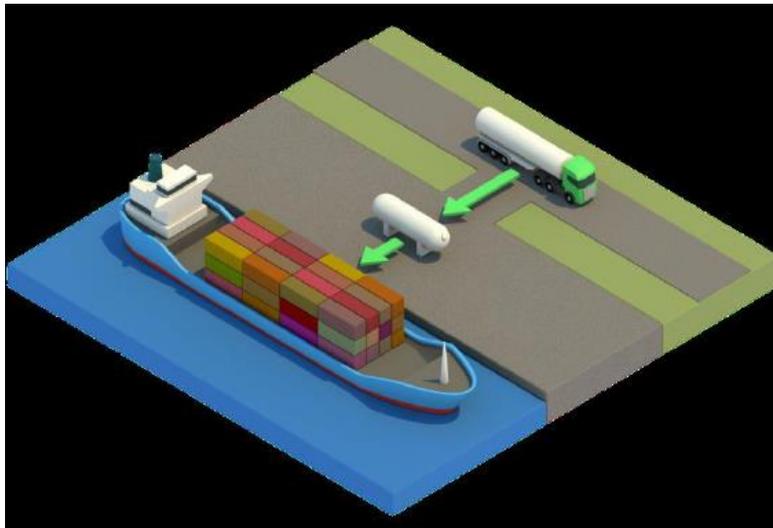
TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



1.4.3 Terminal (Port)-to-Ship (PTS)

Il GNL viene trasferito da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra (*Tank*) attraverso una linea criogenica con bracci di carico (nel caso di un serbatoio di stoccaggio di un terminale di rigassificazione), con un'estremità flessibile (*Pipeline*) o il tubo di una nave ormeggiata ad una banchina o molo, posti nelle vicinanze (*Shore*), a ragione dei costi di installazione e gestione di una pipeline criogenica. Il serbatoio a terra, di stoccaggio intermedio presso un terminale GNL o un deposito costiero, può essere un piccolo serbatoio in pressione a sua volta alimentato via autobotte, via treno, via bettolina (shuttle vessel) o tramite un mini-impianto di liquefazione. In alternativa può essere usato un serbatoio di grande dimensione a pressione ambiente (in particolare, nel caso di presenza di un impianto di rigassificazione nelle vicinanze). Rispetto alla soluzione TTS, la PTS garantisce velocità di flusso più elevate, adeguate a rifornire navi di grandi dimensioni.



Rispetto a tale opzione occorre citare altresì la soluzione tecnica che prevede la costruzione di banchine per l'ormeggio contenenti serbatoi per lo stoccaggio del GNL funzionali a rifornire navi passeggeri che consente di ovviare alle restrizioni operative di tali tipologie di navi (e ai connessi problemi di sicurezza e altri rischi legati alle attività svolte) e alla loro necessità di effettuare le operazioni di "bunkeraggio" contemporaneamente a quelle "commerciali" (imbarco / sbarco dei passeggeri e auto) a causa alle restrizioni sugli orari. In Figura 4 sono rappresentate alcune banchine per l'ormeggio con serbatoi per stoccaggio GNL.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Figura 4. Banchine per l'ormeggio con serbatoi di stoccaggio GNL



1.4.4 Cisterne mobili o ISOcontainer criogenici

Modalità da utilizzarsi come deposito di carburante movimentabile; la quantità di prodotto trasferita è flessibile in quanto dipende dal numero di cisterne. Tra le cisterne mobili possono essere utilizzati gli ISO container, cisterne criogeniche mobili di dimensioni standard pari a quelle di un container ISO (1 TEU) o un container doppio (2 TEU). Possono essere caricate su una nave con le gru dedicate ai containers o su autotreno in modalità Ro-Ro (*Roll-on/Roll-off*). Essendo intermodali, come tutti i container ISO, possono viaggiare tramite autotreno, treno o nave. Il serbatoio è in pressione e può avere capacità approssimativa 20 e 45 m³.



TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



2 IL METODO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

2.1 GENERALITÀ E OBIETTIVI

L'analisi del ciclo di vita (*LCA-Life-Cycle Assessment*) è una metodologia internazionale sviluppatasi a partire dagli Anni '90 del secolo scorso in ambito industriale (*SETAC -Society of Environmental Toxicology and Chemistry*), generalmente riconosciuta come uno strumento potenzialmente molto efficace per tener conto della dimensione ambientale dei prodotti.

Nato come principale strumento del “*life-cycle thinking*”¹⁴ ossia, di un approccio che mirava a considerare il ciclo di vita di un prodotto allo scopo di ridurre l'impatto ambientale complessivo “*from the cradle to the grave*”¹⁵, cercando nel contempo di evitare che le iniziative incentrate su singole fasi del ciclo di vita si limitassero semplicemente a trasferire il carico ambientale su altre fasi, l'LCA consente di quantificare gli impatti potenziali sull'ambiente associati ai beni e ai servizi (prodotti), i benefici ambientali, i compromessi e le aree per ottenere miglioramenti tenendo in considerazione l'intero ciclo di vita del prodotto, anche se, per motivi pratici, l'analisi viene circoscritta entro limiti ben definiti¹⁶.

L'Inventario del Ciclo di Vita (LCI) e la Valutazione di Impatto del Ciclo di Vita (LCIA) sono parti consequenziali del LCA, laddove:¹⁷

- l'Inventario del Ciclo di Vita (*LCI-Life Cycle Inventory*) è la raccolta e l'analisi di tutti i dati ambientali in input e di output (ad es. il consumo di materie prime, di risorse e di energia, le emissioni in atmosfera e nei corpi idrici, la produzione di rifiuti, ecc.) legati ad un prodotto lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita;
- la Valutazione di Impatto del Ciclo di Vita (*LCIA-Life Cycle Impact Assessment*) è costituita dalla stima di indicatori di pressione ambientale in termini di, ad esempio, cambiamenti climatici, smog, esaurimento delle risorse, acidificazione, effetti sulla salute umana, ecc. correlati agli input e agli output di natura ambientale attribuibili al ciclo di vita del prodotto esaminato.

Ai fini di una corretta analisi del ciclo di vita di un bene o servizio, è dunque chiaro come sia fondamentale poter disporre di dati di dettaglio, coerenti rispetto alle effettive filiere produttive

¹⁴ In italiano: “*Considerazione del ciclo di vita*”.

¹⁵ Lett.: “*Dalla culla alla tomba*”.

¹⁶ Cfr.: COM (2003)302 final: Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo sulla Politica integrata dei prodotti, Cap.3 “L'Approccio IPP”.

¹⁷ DG Ambiente della Commissione EU, *European Platform on Life Cycle Assessment (LCA)*, in: <https://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



di riferimento e di elevata qualità, nonché di un'azione sistematica di raccolta dei medesimi, perché possano costituire un affidabile punto di partenza per le valutazioni successive.

Nel tempo, il ruolo dell'LCA è andato sempre più crescendo nel settore industriale per favorire la riduzione degli effetti ambientali negativi complessivamente considerati durante l'intero ciclo di vita di beni e servizi. Tale metodo viene utilizzato anche con finalità di **marketing** per migliorare la competitività dei prodotti sul mercato nonché la comunicazione con la Pubblica amministrazione.

Nell'ambito della **pianificazione strategica** l'LCA rappresenta uno strumento di supporto decisionale per migliorare, ad esempio, la progettazione dei prodotti, la scelta delle materie prime, la selezione delle opzioni tecnologiche, la definizione di specifici criteri di progettazione e riciclaggio di beni; etc.

L'LCA supporta **analisi comparative** tra varie opzioni di prodotto o **soluzioni tecnologiche** e può esser utilizzato nel processo decisionale degli investimenti in acquisti e tecnologia, sistemi per l'innovazione di prodotto/processo.

In conclusione, dunque, il principale vantaggio di tale approccio è quello di fornire un unico strumento che permette di comprendere meglio l'impatto ambientale di un prodotto (bene o servizio) e il suo effetto in ogni fase della catena di produzione e di mostrare i vantaggi competitivi di un sistema di prodotto specifico rispetto a un altro sistema concorrente o sostitutivo.

2.2 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER IL LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

La **metodologia LCA** è stata codificata dalle **norme UNI EN ISO** della **serie 14040:2006** "*Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento*" e **14044:2018** "*Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*" che costituiscono, pertanto, gli standard normativi internazionali di riferimento¹⁸. Dal combinato disposto di tali norme, dunque, l'approccio LCA prevede:

1. una prima fase di definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dell'LCA;
2. una fase di Inventario del Ciclo di Vita (LCD);
3. una fase di Valutazione degli Impatti del Ciclo di Vita (LCIA);
4. una fase finale di interpretazione dei risultati, finalizzata a determinare se possono essere conseguite le finalità prefissate nella fase di definizione dell'obiettivo e del

¹⁸La norma ISO 14044 accorpa, sostituendole, le versioni precedenti degli standard dalla 14041 alla 14043.

campo di applicazione, che si traducono poi in raccomandazioni e interventi per la minimizzazione degli impatti ambientali.

A livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA come strumento scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi è espressa chiaramente all'interno del Libro Verde COM (2001)68CE e della COM (2003)302 CE sulla Politica Integrata dei Prodotti, ed è suggerita, almeno in maniera indiretta, anche all'interno dei Regolamenti Europei: EMAS (Reg. 1221/2009) ed Ecolabel (Reg. 66/2010)¹⁹.

Relativamente ai diversi sistemi di approvvigionamento e stoccaggio di GNL all'interno delle aree portuali, l'LCA può indicare sinergie che riducono l'impatto ambientale complessivo, condividendo le risorse dell'infrastruttura e utilizzando prodotti e servizi collaterali per ridurre l'impatto ambientale cumulativo a livello locale.

Se in anni recenti sono stati messi a punto diversi studi e ricerche riguardanti, in generale, la catena del valore del GNL, obiettivo del presente documento, come dichiarato in introduzione, è sviluppare una serie di criteri e tools di base propedeutici alla definizione di linee guida specifiche per l'applicazione operativa dell'LCA alle varie configurazioni di bunkering di GNL nel settore marittimo portuale dell'area transfrontaliera.

Per quanto riguarda, nello specifico, il processo di adozione del GNL come combustibile alternativo per la navigazione il riferimento è la Guida 2018 “*Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations*”²⁰ predisposta dall'EMSA²¹, in stretta collaborazione con la DGMobilità e Trasporti della Commissione europea, gli Stati membri e l'Industria nel contesto del Forum Europeo sulla Navigazione Sostenibile (ESSF), nel contesto dell'implementazione della Direttiva 2014/94/UE²².

Secondo tale la Guida, il GNL come combustibile alternativo per il trasporto marittimo viene sempre più concepito come strategia di conformità ambientale, sia nella navigazione che nei porti. Di fatti, in virtù di una sensibile riduzione nelle emissioni di ossidi di zolfo (SO_x), particolato (PM) e ossidi di azoto (NO_x) immediatamente rilevabile, l'uso del GNL nel settore marittimo portuale è ad oggi largamente sollecitato da un quadro normativo di riferimento a vario livello.

¹⁹ Cfr.: <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/ipp/lca>

²⁰ Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

²¹ Agenzia Europea per la sicurezza marittima, istituita ai sensi del Regolamento CE 1406/2002 (e s.m.i.) per garantire un livello elevato, uniforme ed efficace di sicurezza marittima, prevenzione e risposta all'inquinamento provocato dalle navi, nonché all'inquinamento marino causato dalle installazioni di petrolio e gas.

²² Cfr.: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/news/2018-02-06-Ing-bunkering-guidance_en

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



L'adozione del GNL come combustibile alternativo per la navigazione marittima, grazie al coinvolgimento di operatori del settore, cantieri navali, Enti di rappresentanza, diverse Autorità nazionali competenti, compresa l'ovvia e fondamentale partecipazione attiva delle Autorità portuali, sta prendendo velocemente piede grazie anche ai notevoli progressi tecnologici che hanno contraddistinto la progettazione di navi alimentate a GNL e le operazioni di bunkeraggio di GNL: essenziale è, dunque, che tutti gli stakeholder mantengano lo stesso ritmo in questo processo²³.

Consapevole, dunque, che allo stato attuale l'adozione del GNL come combustibile alternativo per il settore del trasporto marittimo – portuale costituisce un'opzione tecnicamente sostenibile, la Guida EMSA approfondisce il potenziale del GNL in tale direzione, quale ulteriore strumento a servizio delle Autorità portuali/Amministrazioni perché accolgano il GNL come combustibile in modo chiaro e sicuro, nel quadro della Direttiva 2014/94/UE.

La Guida EMSA fissa le migliori pratiche di misure di controllo per il bunkeraggio di GNL e lo stoccaggio di GNL su piccola scala (SSGNL), coprendo i seguenti elementi: ²⁴

²³ Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

²⁴ Cfr.: Regolamentazione-Funzionamento-Autorizzazioni-Rischio e Sicurezza-Emergenze-Gestione Qualità-Certificazioni-Formazione; Guida EMSA 2018 cit., § 1.1 "Scope", pag. 25.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Regulations

- High level instrument at EU and international levels, relevant for LNG bunkering.
- Standards
- Guidelines
- Industry best practice
- Port Regulations

Operations

- Control Zones
- Safety Distance approval
- Simultaneous Operations (SIMOPS)
- Mooring of the receiving ship and bunker facility.
- Check-lists
- Operational Envelopes (weather conditions, sea state, wind speed and visibility)
- General Procedures for Port Authorities.

Permitting

- Spatial planning
- Approval of bunker locations.
- Definition of simplified
- Overall responsibility for the good governance and framework for LNG bunker operations in the port.

Risk & Safety

- LNG Bunkering Risk Assessment
- Definition of Risk Acceptance Criteria
- Evaluation of Risk Assessment reports – Best practice for the evaluation of Risk Assessment report.

Emergency

- Approval of safety and emergency response plans
- Emergency Preparedness & Response Plan
- Shore side contingency plans, emergency response systems.
- Definition of emergency procedures for the different types of LNG Bunkering.
- Best practice in response to LNG Hazards.

Quality Management

- Several elements considered relevant to ensure the quality of the LNG bunkering process, from a PAA perspective.
- Check-lists updated to include relevant indications for PAAs.
- Incident Reporting.
- Port Bye laws. Best practice in setting up port specific requirements.

Certification

- Accreditation of the Bunker Facility Operator (BFO),
- Qualification of the Person in Charge.
- Applicability of an accreditation scheme for LNG bunker operators in the ports under their authority.
- Certification of LNG bunker barges, non-IGC bunker vessels

Training

- Training Matrix with identification of multiple training requirements in the Bunkering Interface.
- Competencies, Qualifications and Training for LNG Bunkering.
- Qualification for the PIC
- Training Certification

La Guida è applicabile in modo complementare agli Standard esistenti e agli strumenti di *Best practice* di settore, con l'obiettivo di fornire raccomandazioni di buone pratiche alle Autorità Portuali (AP, in Italia divenute AdSP, ovvero Autorità di Sistema Portuale) o Amministrazioni Portuali (PAA) supportandole quando coinvolte nel bunkeraggio di GNL all'interno delle loro

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto

aree di giurisdizione portuale, nell'ambito di uno sforzo congiunto per aumentare la sicurezza e la sostenibilità.

Con riguardo, nello specifico, alle buone pratiche ambientali relative al bunkering di GNL²⁵, di rilievo ai fini del presente documento, l'impatto associato all'utilizzo del GNL come combustibile per il trasporto può essere indagato sotto due profili:

- a) il beneficio netto derivante dal GNL in sostituzione dei combustibili tradizionali in termini di inquinamento atmosferico a livello locale (SO_x, NO_x e Particolato),
- b) l'elevato potenziale di emissioni di gas serra del metano (componente principale del GNL).

Se, infatti, in relazione al primo profilo, il GNL già ricopre una posizione di primo piano come combustibile alternativo²⁶, occorre evidenziare che le preoccupazioni circa gli effettivi benefici del ciclo di vita dei gas ad effetto serra, tra i quali rientra anche il combustibile GNL, sono tuttora oggetto di discussione, richiedendo un'adeguata attenzione e lo sviluppo di adeguate misure di monitoraggio e mitigazione delle emissioni di metano (CH₄) in atmosfera.

A tal proposito, infatti, occorre rammentare che il GNL è comunque un combustibile fossile.

La sfida è, quindi, quella di rafforzare i benefici derivanti dall'utilizzo del GNL come combustibile, riducendo al contempo i potenziali effetti negativi sull'ambiente derivanti dal suo utilizzo.

A tal fine, nell'esame dei potenziali benefici circa l'uso del GNL come combustibile per la navigazione, la Guida EMSA ritiene debbano essere presi in considerazione i seguenti fattori:

- Tecnologia del motore;
- Qualità e composizione del GNL;
- Analisi del ciclo di vita del carburante GNL, tenendo conto della fonte di Gas Naturale, della produzione, della liquefazione, della catena di trasporto/distribuzione e dell'efficienza propulsiva generale di una determinata nave.

²⁵ Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

²⁶ Come detto innanzi (§1.1), il GNL non contiene zolfo, quindi le emissioni di SO_x sono pressoché nulle, così come quelle di PM; inoltre, poiché possiede un rapporto idrogeno/carbonio più elevato rispetto ai combustibili tradizionali, le emissioni specifiche di CO₂ sono più basse.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

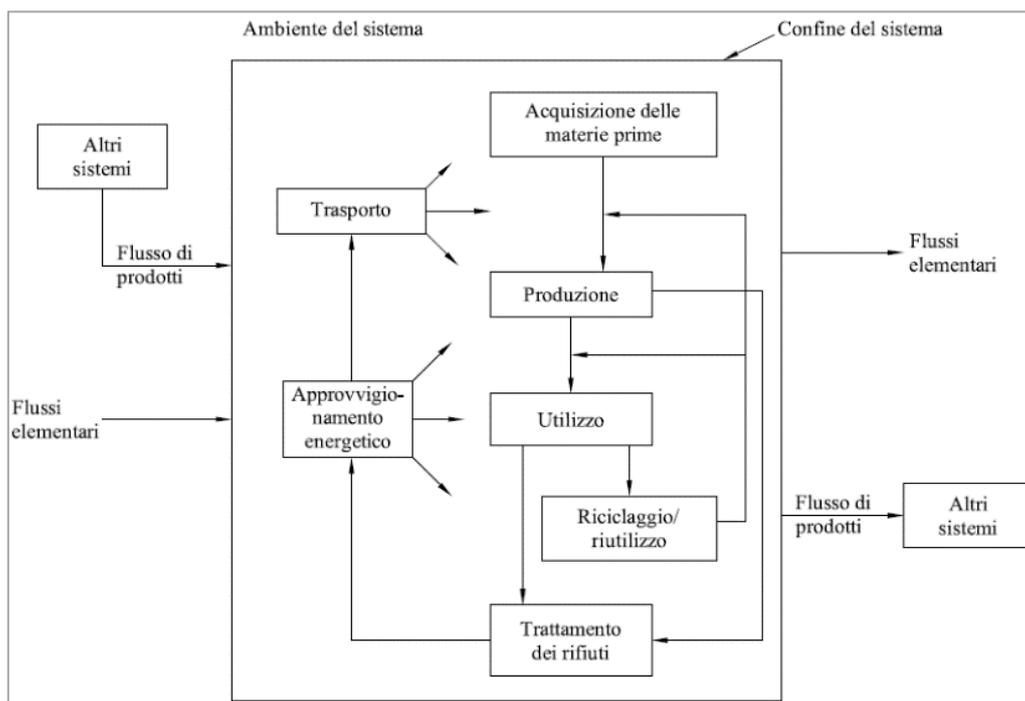


2.3 QUADRO CONCETTUALE DI RIFERIMENTO ALL’LCA DEL BUNKERING DI GNL

2.3.1 Il sistema oggetto di analisi

Nell’ottica della metodologia in esame, l’LCA modella il ciclo di vita di un prodotto inteso come “**sistema di prodotto**” caratterizzato da una o più funzioni proprie, come schematizzato nella Figura 5:

Figura 5. Esempio di sistema di prodotto per l’LCA



Fonte: ISO 14040:2006 - Punto 4.4

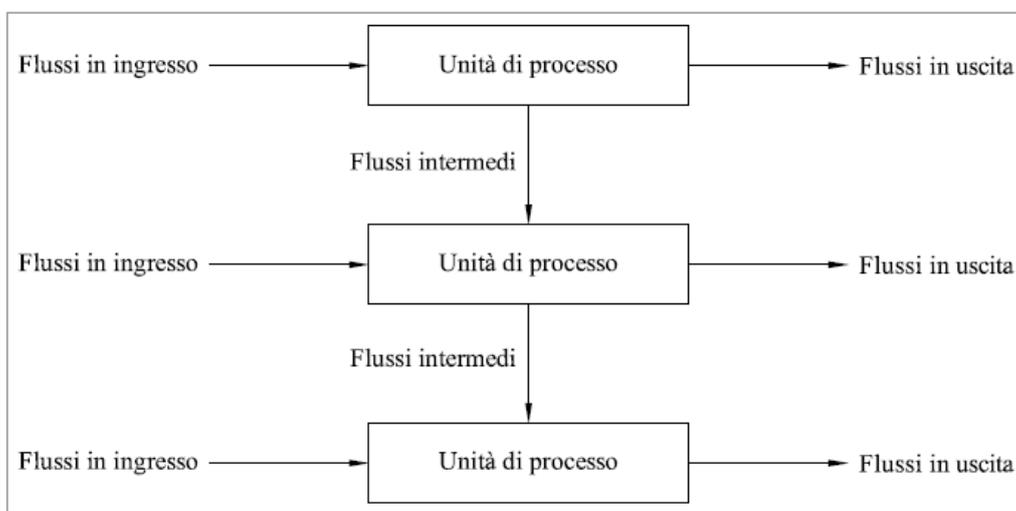
Come mostrato dalla successiva Figura 6, i sistemi di prodotto si articolano in una serie di **processi unitari** che rende più facile l’identificazione degli elementi in ingresso e in uscita del sistema di prodotto stesso.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Figura 6. Esempio di serie di processi unitari all'interno di un sistema di prodotto



Fonte: ISO 14040:2006 - Punto 4.4

I **processi unitari** sono collegati fra di loro da flussi intermedi, con altri sistemi di prodotto da flussi di prodotto e con l'ambiente da flussi elementari. Questi ultimi possono comprendere l'utilizzo di risorse e i rilasci nell'aria, nell'acqua e nel terreno associati al sistema: dai dati corrispondenti a tali flussi elementari possono essere tratte interpretazioni rilevanti, a seconda dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA, andando a costituire i risultati dell'LCI (*Life Cycle Inventory Analysis*) e gli elementi in ingresso per l'LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*).

Nel contesto del presente Report per “sistema di prodotto” deve intendersi l’opzione tecnologica prescelta per il bunkering di GNL all’interno dei servizi di tipo Small Scale LNG. Pertanto, le unità di processo saranno le singole operazioni che configurano, rispettivamente, tali modalità di bunkeraggio di GNL.

Solo dopo aver individuato il “prodotto” (sistema di prodotto) da modellizzare, si potranno definire, ai fini della loro valutazione, i flussi di materia e di energia in ingresso e in uscita.

2.3.2 Principi generali

Ai sensi delle norme ISO della serie 14040, come anticipato innanzi, uno studio LCA si compone di quattro fasi principali:

- a) Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione e dell’LCA (*Goal and Scope Definition*);
- b) Analisi dell’inventario del ciclo di vita (*LCI – Life Cycle Inventory Analysis*);

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



- c) Valutazione degli impatti del ciclo di vita (LCIA – *Life Cycle Impact Assessment*);
- d) Interpretazione, con la valutazione dei risultati e le conclusioni in termini di raccomandazioni per migliorare le prestazioni ambientali del sistema analizzato, solitamente contenute all'interno di un report (*Interpretation*).

Volendo analizzare il Ciclo di vita del bunkering di GNL occorre considerare non solo gli effetti della produzione di GNL e il suo trasporto su grandi distanze via nave, ma anche il potenziale impatto che le emissioni di metano possono avere sul GNL come potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra.

Come visto innanzi, di fatto, per consegnare il gas naturale estratto all'utilizzo finale sono necessari diversi processi e materiali: il gas naturale estratto viene trasportato mediante tubazioni negli impianti di depurazione e liquefazione successivamente processo produttivo; il GNL viene poi trasportato da navi dedicate al terminale GNL e presso strutture di stoccaggio dell'industria locale; infine, la chiatta bunker GNL o il camion consegnano il GNL che viene quindi immagazzinato nel serbatoio della nave alimentata a GNL presso il terminale.

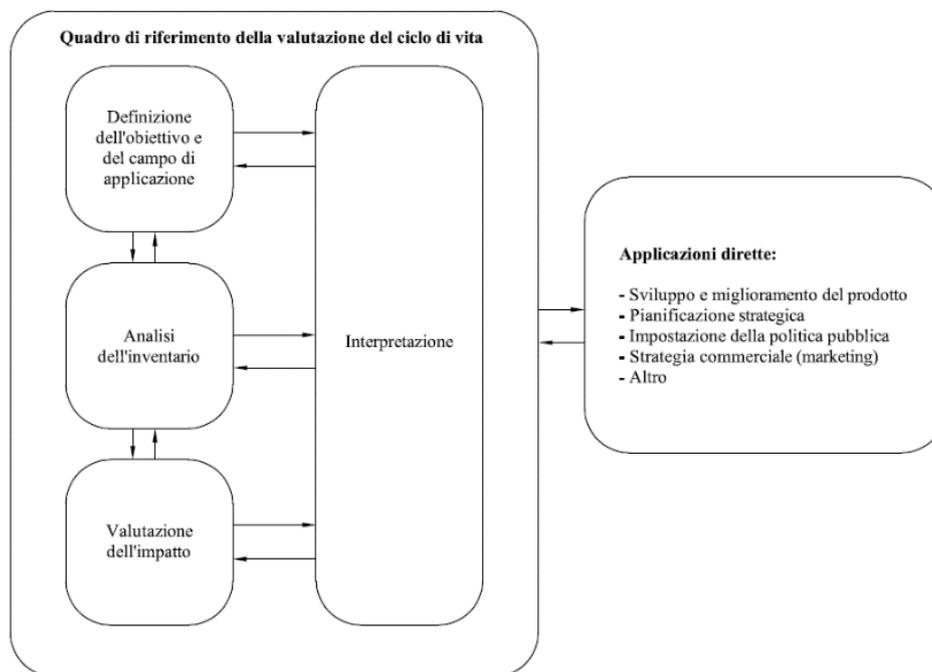
L'analisi della catena logistica del GNL secondo un approccio LCA tiene conto anche del potenziale impatto che le emissioni di metano possono avere rispetto al GNL come combustibile in termini di potenziale di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Di fatto, rilasci di metano possono verificarsi durante tutte le fasi del ciclo di vita del GNL.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Figura 7. Fasi dell’LCA



Fonte: ISO 14040:2006 - Punto 4.2.3

Per la quantificazione degli effetti legati al tema del cambiamento climatico nell’ambito di un’analisi LCA dell’intera catena del valore del GNL vengono quantificati i diversi contributi derivanti dalle:

- emissioni di CO₂, derivanti dall’energia spesa per l’estrazione, la trasformazione, liquefazione, in trasporto e la distribuzione di GNL;
- emissioni di CH₄ legati agli accadimenti di rilasci accidentali di metano attraverso il ciclo di vita e la catena logistica del GNL.

Sotto tale profilo, è chiaro come, se il fattore di emissione di carbonio del GNL - in termini di emissioni effettive di CO₂ derivanti dalla combustione di GNL come combustibile - è all’incirca il 25% in meno rispetto al diesel marino, avendo il GNL un potenziale di riscaldamento globale (GWP) maggiore di 20-25 volte la CO₂ nell’arco di un secolo, qualsiasi rilascio di metano in atmosfera è suscettibile di ridurre in maniera significativa la rilevanza di tale combustibile per la navigazione.

Questi elementi possono essere ben posti in risalto da un’analisi del tipo “*Well-to-Wake*” (*W-t-W*) (“*dal pozzo alla scia*”) che, accentrando l’osservazione sul vettore energetico –inteso come il “sistema di prodotto” dell’LCA– focalizza l’attenzione su tutti i passaggi dell’intera catena del valore del GNL, nel caso di specie, dall’estrazione della fonte energetica, alle

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto

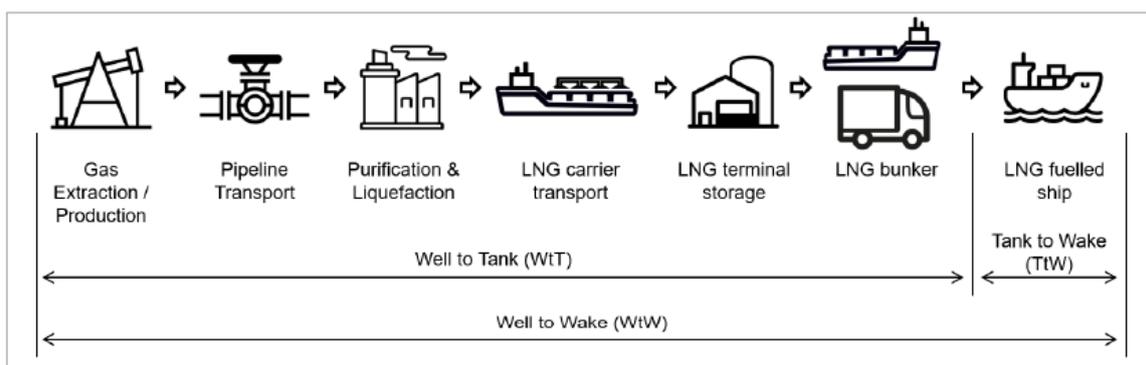
trasformazioni successive, alla sua combustione nei motori, per valutarne i contributi alle emissioni globali di gas serra su scala globale.

Tale analisi del ciclo di vita del combustibile è articolata in tre fasi:

1. **Analisi “Well-to-Tank”** (“dal pozzo al serbatoio”) delle emissioni associate alle varie fasi di estrazione, produzione, fornitura del GNL come combustibile per la navigazione;
2. **Analisi “Tank-to-Wake”** (“dal serbatoio alla scia”) delle emissioni associate alla combustione del GNL da parte delle navi e, dunque, legate alle opzioni tecnologiche dei motori e alle misure di monitoraggio e controllo poste in essere per evitare sversamenti accidentali durante le operazioni di bunkering e navigazione;
3. **Analisi “Well-to-Wake”** (“dal pozzo alla scia”) che combina le risultanze ottenute dalle valutazioni a monte, allo scopo di quantificare l’impatto ambientale complessivo del vettore energetico utilizzato per il trasporto marittimo, lungo l’intero ciclo di vita.

Nel caso di studio, l’approccio W-t-W dell’intera catena del valore del GNL è raffigurabile nel modo seguente:

Figura 8. Fasi del ciclo di vita del combustibile GNL per la navigazione



Fonte: Hwang S. et al. “Life Cycle Assessment of LNG Fueled Vessel in Domestic Services”, Journal of Marine Science and Engineering, 10 October 2019, MDPI Sustainability Foundation

Ad ogni modo, adottando un approccio globale del tipo LCA, occorre, in primo luogo, ben definire gli **obiettivi** che si intendono conseguire e il **campo di applicazione** di riferimento all’analisi. Nel seguito, tali passaggi e quelli sottesi alle fasi successive dell’LCA vengono indagati singolarmente, facendo esplicito e costante riferimento alle norme ISO più volte citate.

A tal fine, tenendo conto che il presente Report è propedeutico alla definizione di linee guida per l’identificazione e la valutazione degli impatti connessi alle esternalità associate alle diverse configurazioni di bunkering assumendo una prospettiva di tipo LCA, nel contesto delle sezioni successive del Cap.2 il rimando è ai principi e al quadro di riferimento metodologico indicati dallo **standard ISO 14040**; si tralascia, invece, di scendere nel dettaglio dei requisiti

specifici di esecuzione dettati dalla norma ISO 14044, se non per approfondire quanto disposto dalla ISO 14040. Per altro, si deve annotare qui che le linee guida tracciate dalla ISO 14044 scendono per lo più nello specifico della produzione di beni, anche differenziati, nell'ambito di processi industriale, mentre il caso di studio è inerente alla produzione di servizi.

2.3.3 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Generalità

Un'analisi LCA prende necessariamente avvio da una chiara individuazione delle finalità per cui viene condotta e dei confini all'interno dei quali tale analisi viene sviluppata.

Muovendo da tali elementi, infatti, è possibile identificare il “**sistema di prodotto**” inteso come l'insieme di processi unitari con flussi elementari e di prodotti, che espleta una o più funzioni definite e modella il ciclo di vita di un prodotto, e i relativi processi relativamente ai quali raccogliere i dati di input e di output, delineare le interrelazione e costruire il modello di valutazione degli aspetti ambientali e degli impatti e interpretare i risultati ottenuti rispetto, appunto, agli elementi di partenza.

È in questa fase, dunque, che vengono identificati i destinatari dell'indagine e, nel caso, si stabilisce se l'LCA debba interfacciarsi con altri strumenti, ad es. altri standard di sistema (Regolamento EMAS, norma ISO 14001, etc.), *best practice* di settore, o, ancora, indagini di natura economica, tecnologica, sociale, etc.

Ai sensi della normativa di riferimento, infatti, se l'LCA tratta gli aspetti ambientali e gli impatti di un sistema di prodotto, mentre gli aspetti e gli impatti economici e sociali sono in genere fuori dal campo di applicazione dell'LCA, altri strumenti possono essere combinati all'LCA per valutazioni più estese.

Con riguardo alle finalità del presente Report, gli obiettivi di **supporto alle decisioni** potrebbero essere del tipo seguente:

- Comparazione del GNL come combustibile alternativo ai combustibili marini convenzionali
- Esame dei potenziali benefici e delle barriere del GNL (rispetto ai carburanti marini convenzionali in uso)
- Scelta delle metodologie di bunkeraggio del GNL (anche con riguardo alle effettive possibilità di tenere sotto controllo i rilasci di metano in atmosfera)
- Modalità di adattamento di un terminale di rigassificazione, per fornire anche lo stoccaggio e il rifornimento di GNL per mezzi navali
- Valutazione dei punti critici legati all'infrastrutturazione
- Attivazione di strumenti di finanziamento esterno per lo sviluppo di servizi SSLNG

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



- Verifica della conformità alle normative tecnico-ambientali di riferimento
- Coinvolgimento di stakeholder pubblici e privati
- Valutazione in merito all'accettabilità sociale degli investimenti

Per quel che concerne il campo di applicazione, nel contesto del presente Studio esso non ricomprende l'insieme delle varie fasi del ciclo di vita del GNL per la navigazione, per concentrarsi unicamente sugli aspetti relativi al bunkering di tale combustibile, una volta giunto al terminal attraverso le navi metaniere; rimane altresì esclusa la fase di utilizzo del GNL a bordo nave come combustibile.

Questi, dunque, gli elementi che possono essere inclusi nel **campo di applicazione** del modello LCA:

- Il “sistema di prodotto” allo studio, coincidente con l’opzione tecnologica prescelta per il bunkering di GNL in contesti tecnologici di piccola scala
- Le funzioni che il “sistema di prodotto” è chiamato a svolgere, oppure, nel caso di studi comparativi finalizzati a individuare le modifiche impiantistiche più opportune da apportare allo specifico terminal, le funzioni di più opzioni tecnologiche di bunkering
- Ulteriori servizi finalizzati alla implementazione di infrastrutture complementari/integrative di “Small scale LNG” (pontili, bracci di scarico o altre opere per l’approdo delle navi metaniere; infrastrutture finalizzate al recupero dei Boil-Off Gas; altre modifiche impiantistiche),
- L’espressione quantitativa delle prestazioni ambientali del sistema di prodotto che si vogliono determinare, ossia, del servizio che il prodotto offre per il suo utilizzatore
- Le categorie di impatto che si vogliono considerare (le questioni ambientali di interesse), allorché, ad esempio, le risultanze dell’LCA debbano supportare altre valutazioni (procedimenti di valutazione di impatto ambientale e/o di impatto sanitario; permitting; analisi dei rischi; etc.)
- I requisiti dei dati ambientali da raccogliere e caricare nell’inventario del ciclo di vita
- La natura e il format del report da produrre al termine dello studio del ciclo di vita

Importante è segnalare che, trattandosi di un processo iterativo, nel corso delle attività di raccolta e analisi dei dati, il campo di applicazione può essere rimodulato allo scopo di conseguire gli obiettivi prefissati.

Funzioni, unità funzionali e flussi di riferimento

In relazione all’obiettivo e al campo di applicazione assegnati all’LCA, un “prodotto” può avere una o più **funzioni**, che rappresentano i vantaggi derivanti dal suo utilizzo. Nel caso in questione, le funzioni del bunkering di GNL sono costituite dai vantaggi che dall’uso di tale

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



combustibile deriva su piano ambientale, a confronto dei combustibili marini tradizionali, anche in termini di *compliance* normativa.

L'**unità funzionale** è l'espressione quantitativa della prestazione di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento, necessaria sia per poter disporre di un parametro oggettivo a cui rapportare i **flussi di riferimento** in uscita dai processi, sia per istituire delle comparazioni tra prestazioni di sistemi differenti.

Nel caso in specie, ad esempio, assumendo rispetto alla funzione “bunkering di GNL”, lo studio dei vari sistemi di approvvigionamento e stoccaggio disponibili per il trasporto marittimo, le unità funzionali potrebbero essere espresse secondo i seguenti parametri:

- Capacità dei serbatoi di stoccaggio (m³);
- Portata oraria di carica (m³/h);
- Capacità di carico delle navi operative alimentate a GNL (m³);
- Navi della medesima tipologia/portata alimentate a GNL all'interno di un determinato arco temporale (n./h - n./giorno)
- Potere calorifico (MJ) del combustibile rifornito all'utente finale, nell'ambito di un'analisi comparativa tra diverse tipologie di combustibili a confronto.

Confine del sistema

La definizione dei **confini del sistema di prodotto** da modellare è fondamentale per individuare i processi unitari da includere nel sistema e, dunque, i flussi elementari in ingresso e in uscita dai suoi confini (flussi di materia e di energia che, rispettivamente, sono prelevati o rilasciati nell'ambiente senza subire alcuna trasformazione) da quantificare nella fase successiva dell'LCA.

Graficamente, il concetto è reso nelle precedenti Figura 5 e Figura 6.

In altri termini, a questo stadio dell'analisi le attività consistono nel determinare quali fasi del ciclo di vita, quali processi unitari e quali flussi prendere in considerazione, sulla base di una serie di **criteri** che devono essere chiaramente esplicitati.

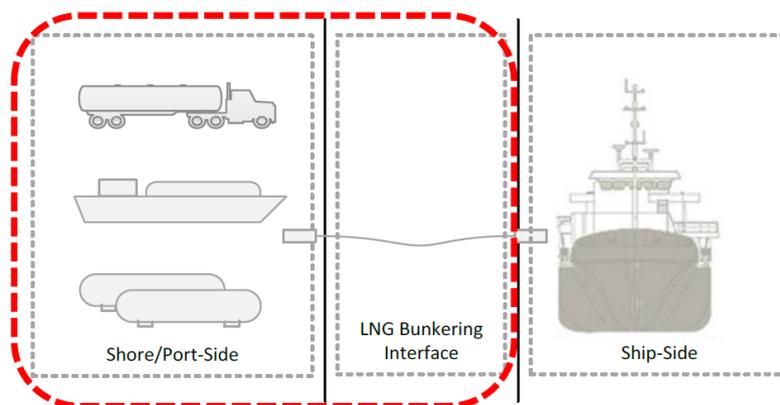
Ai fini del presente Report, tenuto conto degli interlocutori cui ci si rivolge, degli obiettivi assunti e del campo di applicazione individuato, come sinteticamente rappresentato attraverso la Figura 9, assumendo come riferimento stazioni di SSLNG

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Figura 9. Campo di applicazione del presente report (all'interno del tratteggio in rosso)



Fonte: Guida EMSA 2018, cit.

tali confini potrebbero essere espressi come esemplificato nella Tabella 2:

Tabella 2. Possibili criteri per la determinazione dei confini del sistema

INCLUSI	ESCLUSI
Procedure di carico del GNL da autobotte (soluzione TTS)	Utilizzo del combustibile approvvigionato nei motori marini
Procedure di carico del GNL da nave (soluzione STS)	Servizi ausiliari per mettere in moto la nave operativa alimentata a GNL
Procedure di carico del GNL da impianto a terra (soluzione PTS)	Produzione e gestione a fine vita dei mezzi utilizzati per le diverse soluzioni di bunkering
Procedure di carico del GNL da cisterne mobili o ISO Container (soluzione Mobile Fuel Tank)	Utilizzo del GNL stoccato nel terminal per il Peak Shaving (in caso di emergenza)
Interfaccia di bunkeraggio	Reloading di navi metaniere
Emissioni dalle procedure di carico	Materiali ausiliari utilizzati per i sistemi di abbattimento dei gas esausti (scrubber)
Realizzazione delle infrastrutture di stoccaggio e dei servizi accessori	Emissioni dei mezzi utilizzati per il cantiere
Materiali e risorse utilizzati per le operazioni di infrastrutturazione	Combustibili utilizzati dai mezzi di cantiere
Produzione di rifiuti e materiali di scavo provenienti dalle operazioni di cantiere	Produzione e gestione fine vita dei mezzi di cantiere
Rilasci in atmosfera (emissioni inquinanti, polveri, rumore, vibrazioni) dalla cantierizzazione	Operazioni aggiuntive legate alla cantierizzazione (illuminazione, riscaldamento, consumi idrici, rifiuti assimilati, etc.)
Scarichi idrici dalle operazioni di cantiere	Trasporto dei materiali in cantiere

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto

Requisiti di qualità dei dati

L'ultima attività di base dell'LCA riguarda la definizione dei requisiti dei dati da inventariare, che devono essere specificati, sia sotto il profilo quantitativo che qualitativo, allo scopo di conseguire gli obiettivi e il campo di applicazione dell'analisi.

Ciò, nel particolare, quando uno studio sia utilizzato in valutazioni comparate (analisi delle alternative) destinato ad essere divulgato all'esterno.

Su piano generale, i **requisiti di qualità dei dati** dovrebbero riguardare i seguenti aspetti:

- a) **Rappresentatività** rispetto al fenomeno da rilevare, in termini di **temporali** (periodo o arco temporale di riferimento dei dati da raccogliere e intervallo di tempo entro il quale i dati devono essere raccolti), **geografici** (area geografica di provenienza dei dati) e **tecnologici** (tecnologia specifica o mix tecnologico rispetto ai processi unitari indagati);
- b) **Precisione**, in termini di misura della variabilità dei valori dei dati per ciascun dato espresso (ad es. in termini di varianza);
- c) **Completezza**, in termini di entità della misurazione e della stima ammesse;
- d) **Coerenza**, in termini di valutazione qualitativa rispetto all'applicazione uniforme della metodologia di studio ai vari componenti oggetto di analisi;
- e) **Riproducibilità**, in termini di valutazione qualitativa della misura in cui le informazioni sulla metodologia e i valori dei dati consentirebbero a un professionista indipendente di riprodurre i risultati riportati nello studio;
- f) **Fonti** dei dati;
- g) **Certezza delle informazioni** (ad es. dati, modelli e ipotesi).

I requisiti in parola dovrebbero documentare anche le modalità di gestione di eventuali dati mancanti.

Nel caso studio, pertanto, rispetto a ciascun processo unitario occorre dettagliare quali sono i requisiti posti per la qualità dei dati relativi ai flussi elementari da raccogliere nelle varie fasi del ciclo di vita del sistema di prodotto.

Il livello di qualità dei dati prefissato costituisce un importante discriminante, infatti, in relazione all'affidabilità dei risultati dello studio di LCA e alla loro interpretazione.

2.3.4 Analisi dell'Inventario del ciclo di vita (LCI - Life Cycle Inventory)

Generalità

La seconda macro-fase dell'LCA coinvolge le attività di raccolta dei dati e di definizione delle procedure di calcolo degli elementi in ingresso e in uscita dai processi unitari del sistema di prodotto.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

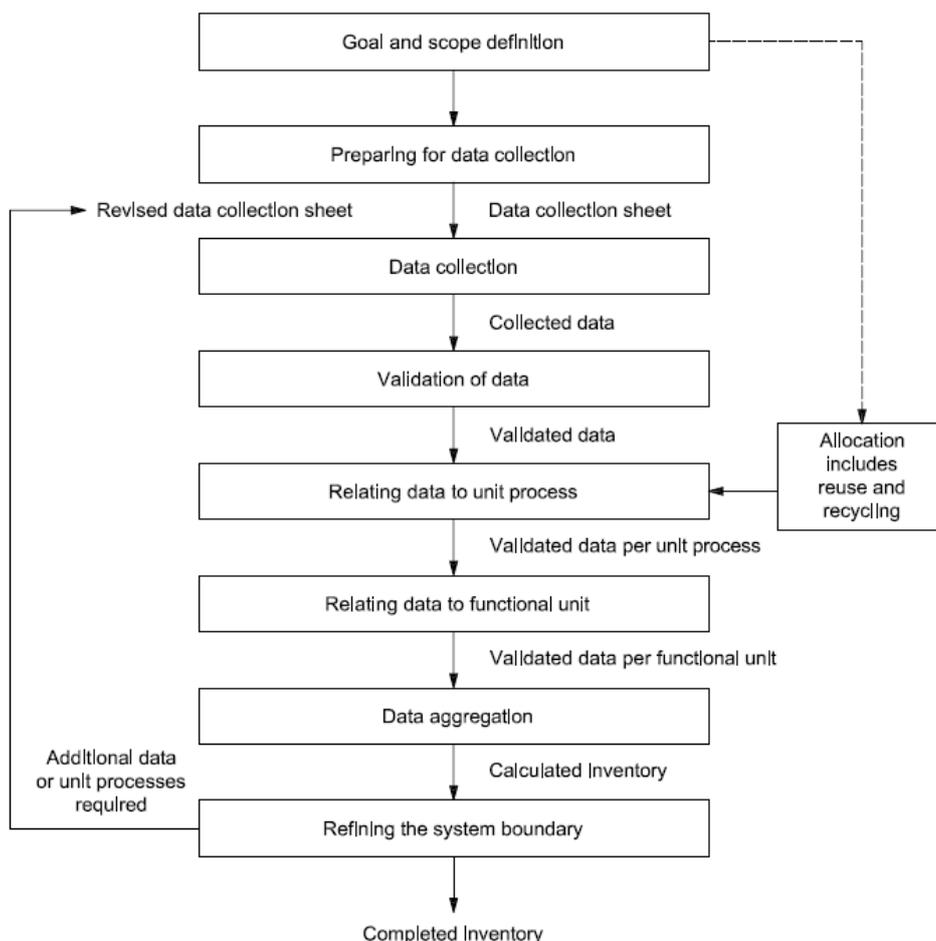


Ciò significa, in altri termini, creare il **modello** di ciò che si definisce un **eco-bilancio del sistema studiato** (eco-bilancio di prodotto), vale a dire, uno schema di raffronto analitico tra i flussi elementari (flussi di massa e flussi di energia) in ingresso e in uscita (materie prime e rilasci) relativi ai processi unitari di cui il sistema di prodotto si compone, nell'ambito dei confini individuati nella fase precedente.

Trattandosi di un processo iterativo, nel corso delle operazioni di raccolta dei dati e, dunque, di acquisizione di una maggiore conoscenza del sistema oggetto di studio, può emergere l'esigenza di modificare le procedure di raccolta dei dati stessi, allo scopo di tenere fede agli obiettivi prefissati.

In termini di schema di flusso, i passaggi funzionali alla costruzione dell'inventario sono mostrati nella Figura 10, tratta dalla norma ISO 14044, e indagati nel proseguo del paragrafo.

Figura 10. Esempio di procedure per l'analisi dell'inventario - LCI



Fonte: ISO 14044:2018 - Punto 4.3.2.3

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Raccolta dei Dati

I dati da includere nell'inventario, di natura qualitativa e quantitativa, nel rispetto dei requisiti di qualità stabiliti nella fase precedente, come anticipato innanzi, dovrebbero riguardare ciascun processo da includere nel sistema: i dati acquisiti, misurati, calcolati o stimati²⁷, saranno, infatti, utilizzati per quantificare gli input e gli output di ogni processo unitario.

Per ciascun processo unitario i **dati da raccogliere** sono rapportabili a macrocategorie quali:

- elementi in ingresso di energia, materie prime, materiali ausiliari o altre entità fisiche;
- prodotti, coprodotti e rifiuti;
- emissioni in atmosfera, scarichi nell'acqua e nel suolo;
- altri aspetti ambientali.

Da ciò si evince come il procedimento di raccolta dei dati possa assorbire risorse rilevanti e risultare non esente da difficoltà operative, circostanza di cui occorrerà dare sempre conto in sede di report finale dell'LCA.

Allo scopo di conseguire una comprensione uniforme e coerente del sistema di prodotto di cui si costruisce il modello è opportuno adottare determinate **misure per la raccolta**, tra le quali si annoverano le seguenti:

- Tracciare dei diagrammi di flusso generici che delineano tutti i processi unitari da modellare, comprese le loro interrelazioni;
- Descrivere dettagliatamente ogni processo unitario rispetto ai fattori che influenzano gli input e gli output;
- Elencare i flussi e i dati rilevanti per le condizioni operative associate a ciascun processo unitario;
- Sviluppare un elenco che specifichi le unità funzionali utilizzate;
- Descrivere le tecniche di raccolta e calcolo dei dati necessarie per tutti i dati;
- Fornire istruzioni per documentare chiaramente casi particolari, irregolarità o altri elementi associati ai dati forniti.

Con riguardo all'oggetto del presente Report, e, nello specifico, al processo unitario di bunkering, lo **schema di flusso** potrebbe assumere una configurazione del tipo illustrato nella Figura 11.

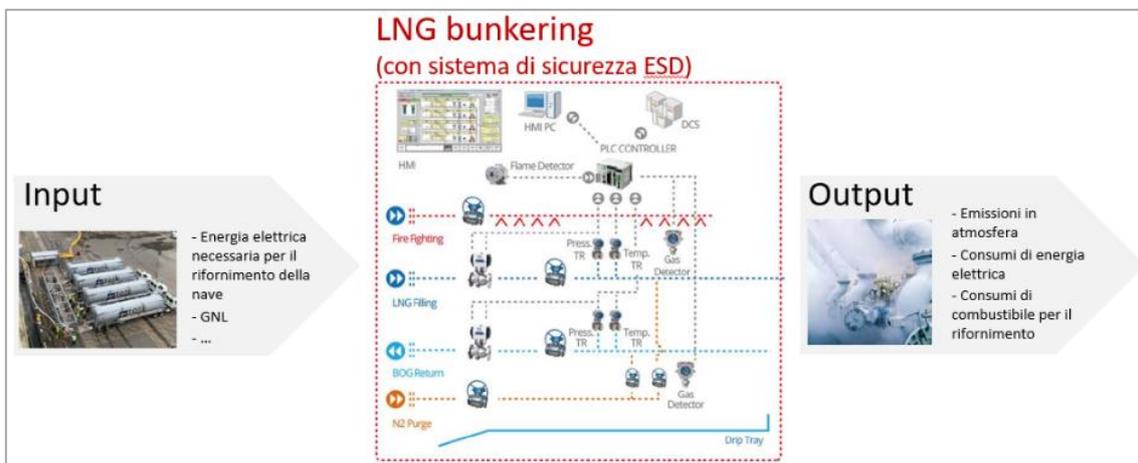
²⁷ A tal proposito preme rammentare che le informazioni quantitative sono “*misurate*” se provenienti da misure realmente effettuate, utilizzando metodi standardizzati o ufficialmente accettati; “*calcolate*” se ottenute utilizzando metodi di stima e parametri moltiplicativi accettati a livello nazionale o internazionale, rappresentativi dei settori industriali oggetto di studio; “*stimate*” se ottenute da metodologie non standardizzate, basate sulle migliori assunzioni o ipotesi formulate da esperti.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Figura 11. Esempio di costruzione del LCI – Schema del processo unitario di bunkering



Fonte: ns. elaborazioni su immagini tratte da Guida EMSA 2018, cit.

Quale supporto alla raccolta dei dati possono essere utilizzati dei [fogli di calcolo ad hoc](#), di cui la stessa norma ISO 14044 fornisce in Allegato A alcuni esempi illustrativi generici (cfr. Figura 12), riferito ad un processo unitario quale potrebbe essere, appunto, il bunkering di GNL.

Figura 12. Esempio di scheda di raccolta dei dati per processo unitario

Completed by:		Date of completion:		
Unit process identification:		Reporting location:		
Time period: Year		Starting month:	Ending month:	
Description of unit process: (attach additional sheet if required)				
Material inputs	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Origin
Water consumption ^a	Units	Quantity		
Energy inputs ^b	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Origin
Material outputs (including products)	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Destination
NOTE The data in this data collection sheet refer to all unallocated inputs and outputs during the specified time period.				
^a For example, surface water, drinking water.				
^b For example, heavy fuel oil, medium fuel oil, light fuel oil, kerosene, gasoline, natural gas, propane, coal, biomass, grid electricity.				

Fonte: ISO 14044:2018 – Allegato A – Punto A.4

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto

Calcolo dei dati

Allo scopo di ottenere i risultati d’inventario relativamente a ciascun processo unitario e unità funzionale definiti del sistema di prodotto di cui si costruisce il modello, è necessario avviare alcuni procedimenti di calcolo quali:

- 1) validazione dei dati raccolti;
- 2) correlazione dei dati ai processi unitari;
- 3) correlazione dei dati al flusso di riferimento dell'unità funzionale.

Il primo passaggio operativo consiste in un controllo sulla validità dei dati teso a confermare e fornire prove del rispetto dei requisiti di qualità dei dati per l'applicazione delineata al termine della prima fase del LCA. Nel rispetto, dunque, dei requisiti di qualità dei dati delineati, poiché ogni processo unitario obbedisce alle leggi di conservazione di massa ed energia la validazione può comportare, ad esempio, la creazione di bilanci di massa ed i bilanci di energia e/o analisi comparative dei fattori di rilascio, i quali forniscono un utile controllo sulla validità di una descrizione del processo unitario.

Con riguardo al secondo passaggio, è necessario determinare un flusso appropriato per ciascun processo unitario, di modo che i dati quantitativi di input e output del processo unitario siano calcolati in relazione a tale flusso. A questo proposito, come indicato sopra a proposito della raccolta dei dati, la costruzione di un diagramma di flusso, con indicazione dei flussi tra i processi unitari, consente di correlare i flussi di tutti i processi unitari al processo di riferimento.

Il calcolo dei dati, infine, dovrebbe comportare il riferimento a tutti i dati di input e di output del sistema all'unità funzionale prefissata.

Scendendo maggiormente nel dettaglio dei temi in oggetto, a titolo di esempio, nella Figura 13 sono espresse le emissioni chiave in uscita dal processo di rifornimento dell'unità funzionale stabilita fissata in 1Mj di GNL, laddove di interesse ai fini del presente Report, all'interno dell'intera catena di valore, è il solo processo di distribuzione del carburante alle navi (tratteggiato in rosso).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Figura 13. Esempio di risultati di inventario relativi alle emissioni in atmosfera (flussi di inquinanti in output) dal processo di bunkering di 1Mj di GNL

	Extraction and drying	Sweetening	Natural gas liquefaction p	Transport of LNG	LNG evaporation	Natural gas distribution at long-distance pipeline	Natural gas distribution at high pressure to the consumer	Natural gas distribution at low pressure to the consumer	Total
CO2	Kg 2.3E-03	5.9E-03	5.5E-03	6.8E-03	2.4E-03	6.6E-04	4.1E-04	1.8E-04	2.4E-02
CO	Kg 6.3E-06	1.4E-05	8.6E-06	6.4E-06	3.8E-06	8.7E-07	6.2E-07	1.3E-06	4.2E-05
H2S	Kg 2.8E-09	1.3E-09	2.3E-09	9.9E-09	2.2E-09	2.7E-10	4.2E-09	1.0E-09	2.4E-08
N2O	Kg 3.9E-08	9.0E-09	3.6E-09	1.2E-07	3.2E-08	1.0E-08	6.2E-09	2.6E-09	2.2E-07
S2O	Kg 1.4E-06	1.4E-04	1.3E-05	3.6E-06	4.3E-07	9.0E-07	3.0E-07	4.1E-07	1.6E-04
Group NMV-OC to air	kg 5.8E-06	1.1E-04	1.2E-05	1.4E-06	1.4E-07	7.3E-07	2.8E-06	1.1E-05	1.4E-04

Fonte: Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al. "Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment", Int J Life Cycle Assess 22, 1944–1956 (2017)

Allocazione dei flussi e dei rilasci

Qualora siano oggetto di indagine processi da cui si ottiene come output finale più di un prodotto, eventualmente procedendo al riciclo/riuso dei prodotti intermedi come materie prime seconde, occorre tenere in considerazione la necessità di chiare e ben definite procedure documentate di assegnazione degli input e degli output ai diversi prodotti.

Nel caso di studio, allorché si proceda alla costruzione del modello relativo alla sola produzione di servizi, laddove la catena del valore di interesse sia limitata alle sole operazioni di bunkeraggio, tale passaggio operativo dovrebbe essere abbastanza lineare.

Ad evidenza, l'analisi diviene più complessa i confini del sistema ricomprendono anche la cantierizzazione, ad esempio, delle infrastrutture per lo stoccaggio e l'approvvigionamento.

Ad ogni modo, il procedimento di aggregazione degli input e degli output dovrebbe ben risolversi in sede di progettazione dei diagrammi di flusso di cui si è detto innanzi.

2.3.5 Valutazione dell'Impatto del ciclo di vita (LCIA-Life Cycle Impact Assessment)

Generalità

Questa fase dell'LCA è finalizzata a comprendere e valutare l'intensità e la portata dei potenziali impatti di un sistema di prodotto nel corso del suo ciclo di vita, utilizzando i risultati dell'LCI e fornendo informazioni per la fase di interpretazione dell'LCA del sistema modellato.

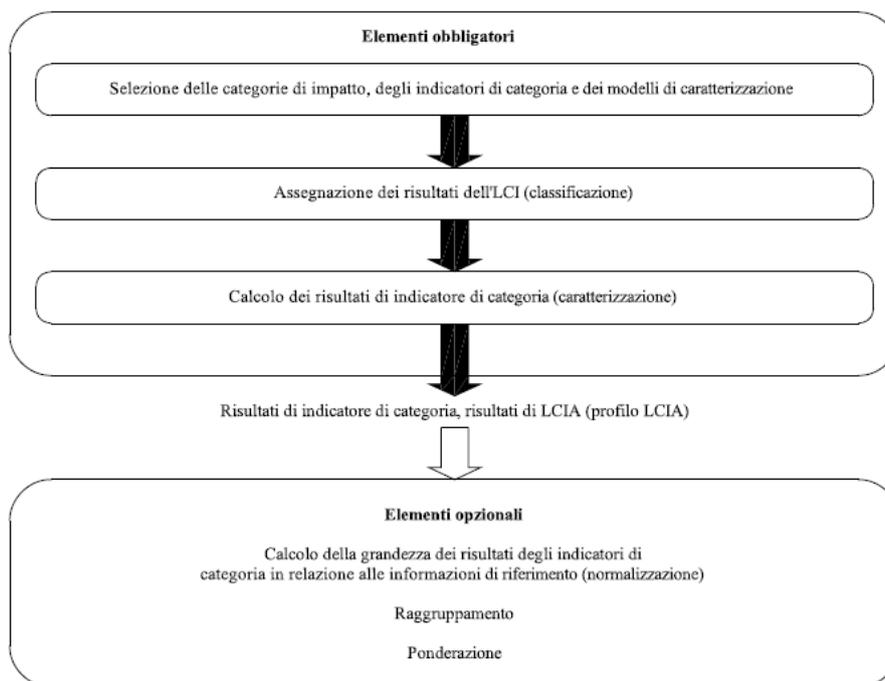
In termini generali, ciò comporta associare i dati d'inventario a specifiche categorie di impatti ambientali— ossia, serie di questioni ambientali di interesse—, e indicatori di categoria — ossia,

rappresentazione quantificabile delle categorie di impatti –e approfondire la comprensione degli impatti emergenti.

L’LCIA è diversa da altre tecniche come la valutazione delle prestazioni ambientali, la valutazione d’impatto ambientale o la valutazione del rischio, poiché si tratta di un approccio relativo basato su un’unità funzionale; tuttavia, essa può interagire con queste altre tecniche, utilizzandone o fornendo informazioni.

L’LCIA si compone di **elementi obbligatori** ed **elementi opzionali** all’interno di un processo iterativo che la norma ISO 14040 schematizza nel modo seguente:

Figura 14. Elementi della fase di valutazione dell’impatto del ciclo di vita - LCIA



Fonte: ISO 14040:2006 – Punto 5.4.2

La norma ISO 14044 approfondisce tali elementi dettando requisiti e raccomandazioni di cui occorre tenere conto per il loro sviluppo pratico.

Qui preme evidenziare alcune questioni legate all’LCIA. Innanzitutto, occorre tenere ben presente che l’LCIA tratta solo i problemi ambientali specificati nell’obiettivo e nel campo di applicazione dello studio, per cui non è una valutazione completa di tutti i problemi ambientali del sistema di prodotto oggetto di modellazione. In tal senso, la valutazione dell’impatto del ciclo di vita può ricomprende un procedimento a ritroso di revisione di obiettivo e campo di applicazione allo scopo di:

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto

- determinare quando gli obiettivi dello studio siano stati conseguiti,
- modificare l'obiettivo e il campo di applicazione, se la valutazione indica che essi non possono essere raggiunti.

Peraltro, l'LCIA è fortemente condizionata dalla fase precedente di inventario del ciclo di vita, per cui fattori quali una inadeguata impostazione del confine del sistema, che trascuri alcuni processi unitari o elementi in ingresso e in uscita di ogni processo unitario, una insufficiente qualità dei dati LCI, a causa di scarsa rappresentatività (spaziale, temporale o tecnologica), completezza o coerenza rispetto al sistema di prodotto indagato e ai suoi processi unitari, possono inficiare la valutazione dei risultati dell'LCI.

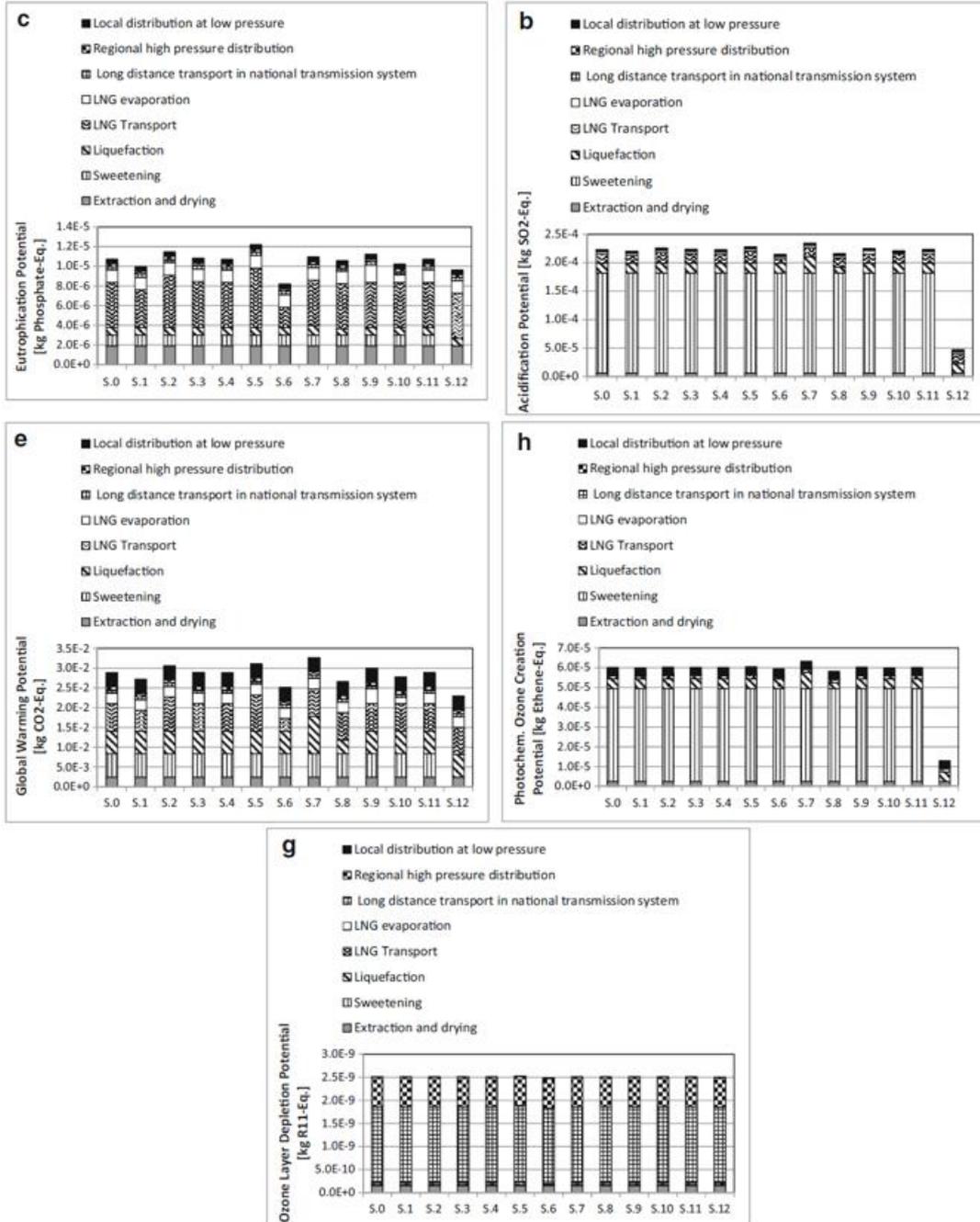
Inoltre, uno dei principali fattori critici di questa fase di valutazione è l'oggettività associata alla scelta del modello stesso di valutazione che, contrariamente alla fase di analisi di inventario, ancora non ha conseguito un buon livello di standardizzazione. A questo proposito, sarà fondamentale garantire un'estrema chiarezza nella definizione delle ipotesi assunte, che andranno ben documentate nel rapporto finale di studio.

Nella Figura 15 è fornito un esempio di come la fase LCIA includa la raccolta dei risultati degli indicatori per le diverse categorie di impatto, che, nel loro complesso, costituiscono, appunto, il profilo LCIA per il sistema del prodotto.

Nel particolare, gli indicatori dell'esempio rappresentano, in termini quantitativi, il contributo della catena del GNL sul fenomeno del riscaldamento globale: si noti che anche in questo caso, come nella Figura 13, tratte dalla medesima fonte, è presa in considerazione l'intera catena del valore del GNL e non i soli sistemi di distribuzione.

Esempi di indicatori associati alle diverse categorie di impatto per il caso studio qui in oggetto saranno forniti nell'ambito del successivo Cap. 4.

Figura 15. Valutazione del ciclo di vita della catena di approvvigionamento del GNL per l'utente finale (valori per unità funzionale pari a 1 MJ di GNL consegnato all'utente finale)



Fonte: Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al “Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment”, cit.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto

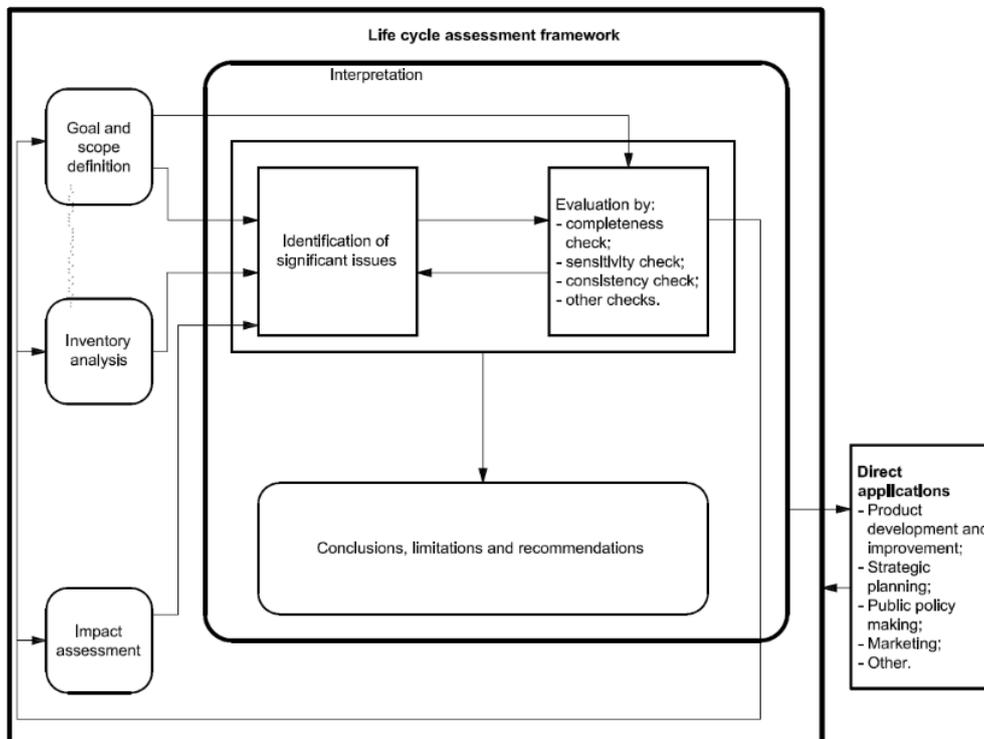
2.3.6 Interpretazione del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation)

L'interpretazione del ciclo di vita è la fase finale dello studio LCA, in cui i risultati della fase di analisi di inventario (LCI) e di valutazione del ciclo di vita (LCIA) vengono combinati tra loro e indagati in maniera coerente rispetto all'obiettivo e al campo di applicazione definiti, in modo tale da elaborare conclusioni e raccomandazioni, fornendo così un supporto alle decisioni.

Le risultanze dell'interpretazione del ciclo di vita dovrebbero riflettere i risultati dell'elemento di valutazione. Si consideri che anche questa fase finale può generare un processo iterativo di riesame e revisione del campo di applicazione dell'LCA, oppure della natura e della qualità dei dati raccolti per conseguire l'obiettivo definito. Di fatti, mentre le fasi di definizione dell'obiettivo e del campo di azione e di interpretazione dell'LCA determinano il quadro di riferimento dello studio, le altre fasi di LCI e LCIA producono informazioni sul sistema del prodotto.

Le interrelazioni della fase di interpretazione con le altre fasi dell'LCA sono mostrate schematicamente nella Figura 16.

Figura 16. Relazioni tra elementi all'interno della fase di interpretazione con le altre fasi di LCA



Fonte: ISO 14044:2018 – Punto 4.5.1.1

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Esistono casi in cui l'obiettivo dell'LCA può essere soddisfatto mediante l'esecuzione dell'analisi dell'inventario e dell'interpretazione, escludendo la fase LCIA. Ciò è noto in genere come studio di Life Cycle Inventory (LCI), da non confondere con la fase di analisi dell'inventario di uno studio di LCA.

Le norme della serie ISO 14040 di riferimento coprono entrambe le tipologie di studi.

La norma ISO 14044 fornisce maggiori dettagli relativamente a ciascuno degli elementi ricompresi nella fase di Interpretazione, come schematizzati nella Figura 16 che occorre rispettare, in specie, qualora i risultati siano destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.

Come detto la fase di interpretazione è funzionale anche alla **comunicazione** dei risultati dell'LCA.

Un **rapporto** efficace dovrebbe trattare le diverse fasi dello studio in oggetto: il tipo e il formato del rapporto dovrebbero essere definiti nella fase di individuazione del campo di applicazione dello studio.

Nella redazione del rapporto finale occorre rispettare rigorosamente la massima **trasparenza** in termini di scelte dei valori, risultati, i dati, i metodi, le ipotesi e le limitazioni, deduzioni logiche e giudizi di esperti.

Il rapporto deve **comunicare al pubblico** cui si rivolge i risultati e le conclusioni dell'LCA in forma adeguata, comprensibile, oltre che completa e accurata, senza pregiudizi, e in modo sufficientemente dettagliato da consentire al lettore di apprendere le complessità e i compromessi inerenti all'LCA.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



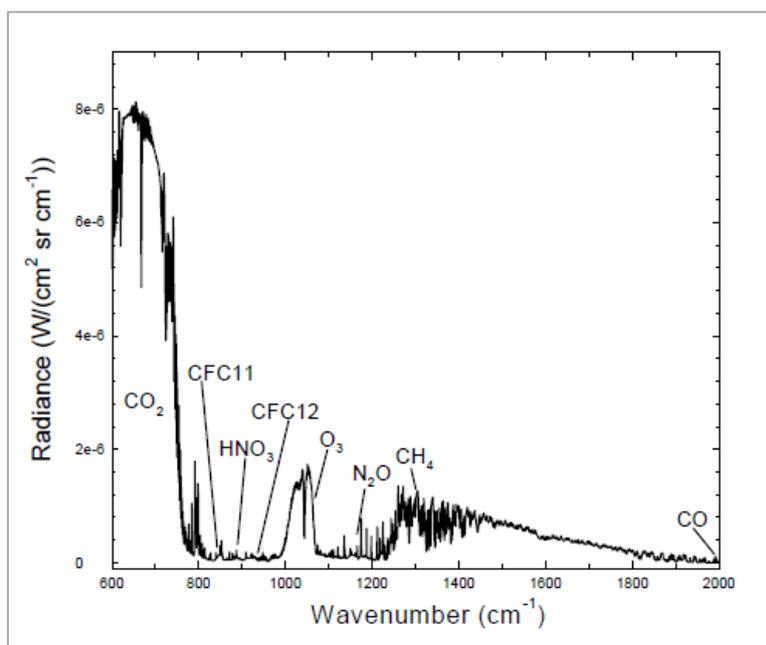
3 ELEMENTI DI IMPATTO AMBIENTALE CONNESSI ALL'UTILIZZO DEL GNL

3.1 IL METANO COME GAS SERRA

È ben noto come il metano e, in particolare, la sua molecola costituente CH_4 , abbia un potenziale di “effetto serra” tutt'altro che irrilevante, soprattutto se paragonato alla molecola del gas climalterante per antonomasia, ovvero l'anidride carbonica (CO_2).

Una volta presenti in atmosfera, i gas, infatti, e i “gas serra” non fanno eccezione, si comportano in modo diverso l'uno dall'altro per via del diverso modo di assorbire, riflettere e trasmettere le radiazioni e, pertanto, hanno una diversa capacità di trattenere il calore in funzione della loro capacità di schermare o far passare determinate lunghezze d'onda delle radiazioni emesse dalla superficie terrestre.

Figura 17. Assorbimento dei gas serra



Fonte: Evans W.F.J., Puckrin E., “Measurements of the radiative surface forcing of climate”

Parimenti, i gas si comportano in modo diverso l'uno dall'altro anche per quanto attiene alle reazioni e trasformazioni chimiche, ed è quindi normale che essi presentino un diverso ciclo di vita o, per meglio dire, tempo di permanenza nell'atmosfera stessa.

In sintesi, è importante sottolineare come l'impatto di un particolare gas serra sul riscaldamento globale, non solo dipenda da quanto efficientemente può intrappolare la radiazione infrarossa, ma anche dalla sua concentrazione intesa come presenza e persistenza nel tempo.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



Per tener conto della prima caratteristica, ai fini della misura del riscaldamento globale causato dall'effetto serra da un gas, la comunità scientifica utilizza il biossido di carbonio (anidride carbonica - CO₂) come unità di confronto cosicché uno tra gli indicatori comunemente impiegato è il **Global Warming Potential (GWP)**, ovvero il rapporto tra l'impatto causato da un gas in un determinato lasso di tempo, rispetto a quello provocato nello stesso periodo dalla stessa quantità di biossido di carbonio.

Il GWP, tuttavia, per tenere conto del ciclo vita della sostanza in atmosfera, viene riferito ad un lasso temporale (pari a 20, 50, 100 anni) sufficientemente rappresentativo per consentire un confronto con l'anidride carbonica (vedere tabella sottostante).

Tabella 3. GWP rispetto alla CO₂ di alcune sostanze

GAS	GWP-20ANNI	GWP- 100 ANNI	GWP - 500 ANNI
Biossidodicarbonio(CO ₂)	1	1	1
Metano (CH ₄)	72	25	7,6
Protossido d'azoto(N ₂ O)	289	298	153
Idrofluorocarburo (HFC-23)	12.000	14.800	12.200
Idrofluorocarburo (HFC-125)	6.350	3.500	1.100
Perfluorocarburo (PFC1-4)	5.210	7.390	11.200
Perfluorocarburo (PFC-116)	8.630	12.200	18.200
Esafluoruro di zolfo(SF ₆)	16.300	22.800	32.600

Fonte: IPCC AR4 2007

Il concetto di tempo è fondamentale perché descrive la seconda caratteristica fondamentale ed illustrativa del comportamento gas in atmosfera: la persistenza della molecola in atmosfera. A fronte di ciò, nonostante il GWP del metano sia elevato, quello che rende il metano in atmosfera più accettabile rispetto ad altri gas serra, è la sua ridotta persistenza nell'ambiente. Infatti, il GWP del metano in 100 anni pare sia pari a 25, e pertanto, ai fini del riscaldamento globale provocato, una tonnellata di metano dovrebbe equivalere a ben 25 tonnellate di CO₂: tuttavia, poiché il metano presenta una emivita inferiore, è in realtà meno critico di altri gas serra. Ricordando infatti come il termine emivita indichi il tempo necessario perché, in un ambiente, in una sostanza o in un organismo vivente, la quantità o la concentrazione o l'attività di una sostanza, soggetta a trasformazione, decomposizione o decadimento, si riduca alla metà di

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



quella iniziale²⁸, il concetto rispetto alla minore criticità appare quindi chiaro : il metano resta nel suo stato chimico per meno tempo rispetto ad altre gas climalteranti e pertanto sebbene il GWP sia più alto e possibile, nel medio-lungo periodo, considerarne accettabile la presenza in atmosfera di quantità maggiori.

Questo concetto resta valido solo e soltanto a patto che le concentrazioni del metano non crescano a livelli significativi. La tabella sottostante illustra per alcuni tipici gas serra, i livello di concentrazione in alcuni precisi momenti storici (nel 1750 - era preindustriale e nel 2005-tempi moderni).

Tabella 4. Livello di concentrazione di alcuni GHG negli Anni 1750 e 2005

Gas	Quantità anno1750	Quantità anno 2005
Anidride carbonica - CO2	280 ppm	379 ppm
Metano - CH4	700 ppb	1774 ppb
Ossido di azoto - N2O	270 ppb	319 ppb
CFC11 CFC13	0	251 ppt
CFC12 CF2Cl2	0	538 ppt

Fonte: IPCC, cit.

Gli andamenti sommariamente riportati in tabella sono stati confermati da diversi studi sull'andamento delle concentrazioni di gas climalteranti in atmosfera (vedi figura pagina seguente).

Dall'esame di queste pubblicazioni è possibile apprezzare in modo piuttosto netto il significativo incremento avuto negli ultimi decenni di tutti i GHG, e cosa ancora più interessante si nota come i gas o le sostanze oggetto, negli ultimi vent'anni, di politiche efficaci di riduzione, sostituzione o disincentivazione, le curve siano andate progressivamente riducendo il loro coefficiente angolare.

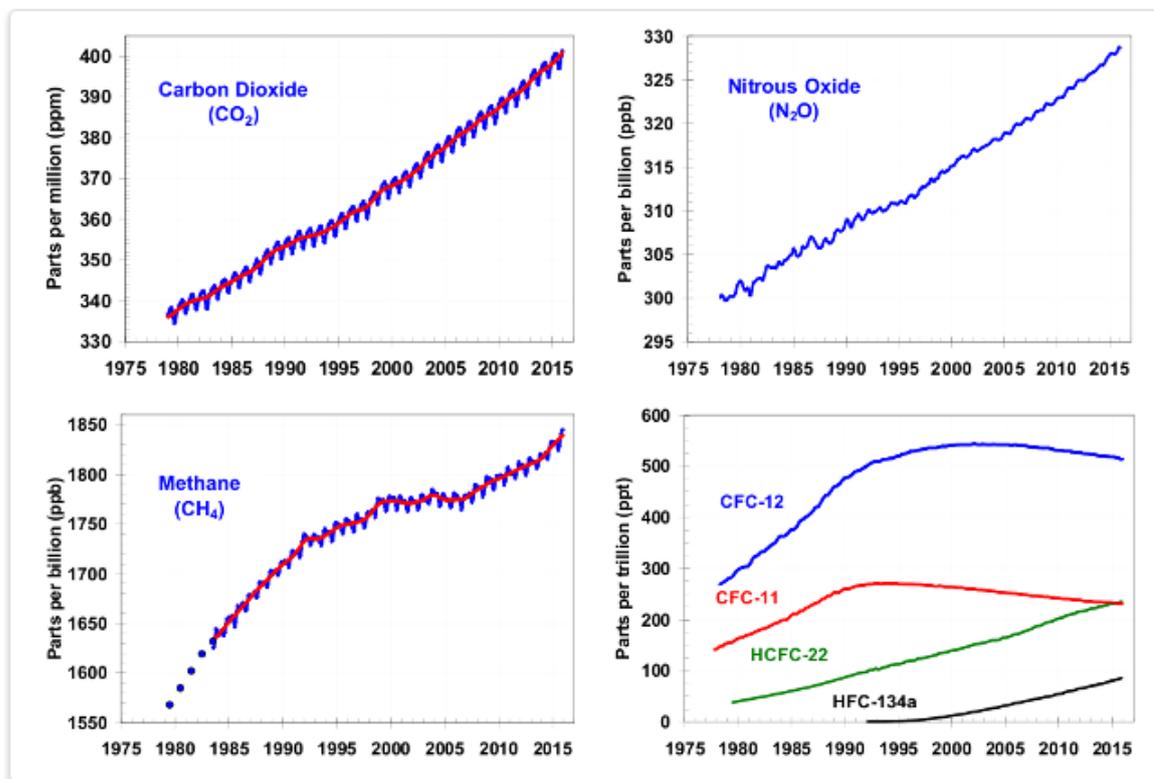
Se quindi da un lato si può ritenere ragionevole che qualora la concentrazione di metano nell'atmosfera non cresca o che qualora gli incrementi, come ordine di grandezza, restino confrontabili con le quantità ossidate spontaneamente (circa il 2%) ed il suo "effetto serra" sia sotto controllo, dall'altro è altrettanto evidente che in un uno scenario tutt'altro che futuribile in cui l'uso del metano venga costantemente incentivato, l'aumento della concentrazione in atmosfera possa raggiungere valori ancora più elevati tanto da rendere le considerazioni sulla sua sostenibilità ambientale totalmente superate.

Questa è il motivo per cui, l'attenzione è stata posta dagli anni 90 in poi principalmente sull'eliminazione di alcuni gas (fluorurati) nei processi industriali o sulla continua crescita delle

²⁸ Cfr.: Enciclopedia Traccani, in: <http://www.treccani.it/enciclopedia/emivita/>

emissioni di CO₂, rispetto alla quale per esempio il metano, pur svolgendo la sua parte di “colpevole” tra i combustibili fossili, si presenta ancora come “il più pulito”.

Figura 18. Concentrazione delle sostanze nel tempo



Fonte: Publication 2016 - “Annual Greenhouse Gas Index” - NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

A parità di apporto energetico, il metano è infatti responsabile di minori emissioni di biossido di carbonio rispetto al petrolio (circa 25% in meno) e al carbone (circa 50% in meno), ma nello scenario futuribile citato, è ancora da valutare come ed in che percentuale le perdite di metano lungo la filiera produttiva (dall'estrazione all'utilizzo) possano contribuire negativamente, riducendo i vantaggi climatici di questo combustibile fossile rispetto agli altri.

Pur considerando, infatti, che qualsiasi combustibile comporti rilasci e perdite in atmosfera lungo il proprio ciclo vita, e che quindi non si tratti di una tematica afferente unicamente il metano, è indiscutibile che i noti vantaggi in fase di combustione del CH₄ (-20% delle emissioni del petrolio e -40% del carbone a parità di energia generata) debbano essere ridimensionati e che dipendano fortemente dall'origine (giacimento e sistema di estrazione), dalla

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



trasformazione energetica (tecnologia e efficienza di sistema del servizio utile generato) ed anche dalla tenuta alle perdite dei sistemi impiantistici.

La corretta valutazione o definizione della performance ecologica complessiva del GNL non può quindi prescindere da una corretta e attenta LCA in grado di prendere in considerazione tutti gli aspetti ambientali e tecnologici della filiera, che avrà necessariamente un focus su tutte le fasi della supply chain: estrazione, lavorazione, trasporto, bunkeraggio e combustione.

Una valutazione corretta e utile delle prestazioni ambientali di un combustibile per uso marittimo deve quindi inevitabilmente fondarsi su un approccio globale, definito *Well-to-Wake* (WtW) (come precedentemente esaminato).

Come già evidenziato, i fattori importanti che contribuiscono all'impronta di gas a effetto serra in relazione al GNL per il trasporto marittimo risultano:

- le **emissioni di CO₂** derivanti dall'energia spesa per l'estrazione, la trasformazione, la liquefazione, il trasporto e la distribuzione di GNL;
- le **emissioni di CH₄** risultanti da eventi di rilascio di metano durante il ciclo di vita e la catena logistica del GNL.

Riconducendo queste considerazioni all'oggetto del presente report, ovvero il **bunkeraggio**, risulta evidente come l'LCA sulle tali attività dovrà necessariamente analizzare sia le emissioni di CO₂ che quelle di CH₄. Ma se sulle prime esiste un approccio ben più consolidato, sulle secondo le modalità non risultano ancora così solide ed applicate.

Le emissioni di CO₂ in tutta la catena produttiva e logistica del GNL, come peraltro in qualsiasi altra filiera produttiva, sono impossibili da evitare. Devono e dovranno essere contabilizzate per tutti i combustibili fossili e bio, non soltanto per il GNL. Oltre a ciò, occorre considerare che in funzione dell'origine, intesa proprio come luogo di estrazione, del tipo e del grado tecnologico degli impianti di liquefazione, della distanza percorsa dalle navi gasiere, il contributo totale effettivo di GHG sarà profondamente diverso anche a parità di vettore energetico.

Il GNL proveniente dalla produzione locale di gas naturale avrà quindi un'impronta di emissione di carbonio inferiore rispetto a quella proveniente da un punto lontano del globo. Ma queste variabili devono necessariamente restare al di fuori del campo di applicazione del report.

3.2 LE EMISSIONI DI CH₄

In una prospettiva di ciclo di vita dall'estrazione del gas naturale fino alla fornitura per i vari usi finali, si possono trarre indicazioni significative da recenti studi²⁹ che hanno valutato

²⁹Cfr.: ICCT - *The International Council on Clean Transportation*

l'impatto, in termini di **emissioni climalteranti**, del GNL come combustibile marittimo andando a considerare le emissioni dirette dovute alle perdite di metano in atmosfera nella filiera distributiva del GNL.

Per prima cosa in termini di emissioni di metano, le perdite sistemiche possono essere grossolanamente ma efficacemente distinte in:

- *Methane slip*³⁰, ovvero le perdite di metano o più propriamente le quantità di metano incombusto che si riscontrano nei fumi di scarico dei motori in conseguenza di un non efficiente fenomeno di combustione nei cilindri.
- *Methaneleakage*, ovvero tutte le emissioni di metano in atmosfera riconducibili a fuoriuscite da tutti gli elementi di impianto (giunzioni, valvole, tubazioni o sfiati) che nel normale impiego del sistema possono verificarsi.

3.2.1 *Methane slip*

Pur esulando dal presente studio, per il primo contributo, riconducibile all'uso del GNL nelle navi riceventi e non al suo bunkeraggio, è opportuno sottolineare come nei motori ci sia senza dubbio ancora la possibilità di intervenire tecnologicamente per ridurre sensibilmente il valore assoluto di questa emissione, sia attraverso sistemi attivi (controllo del processo di combustione) sia con sistemi passivi (introduzione di catalizzatori sullo scarico).

Sebbene ad oggi sia stato possibile testare sono alcune tipologie di motore (due - LBSI e LPDF a 4 tempi – delle 4 tipologie principali), la misura delle emissioni di metano ha evidenziato comunque una grande variabilità.

Per di più la misura ed i test hanno riguardato solo le emissioni dei gas di scarico, che se è lecito ipotizzare che costituiscano la maggior parte delle emissioni di metano delle navi, non rappresentano di certo la totalità (a es. sfiati dei sistemi di stoccaggio più in generale le emissioni fuggitive).

³⁰Cfr.: P.Pospiech, "Is Internal Combustion Engine Methane Slip Harmful to the Environment?", Maritime Reporter and Engineering News, April 2014, in:
<http://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter#archive>.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

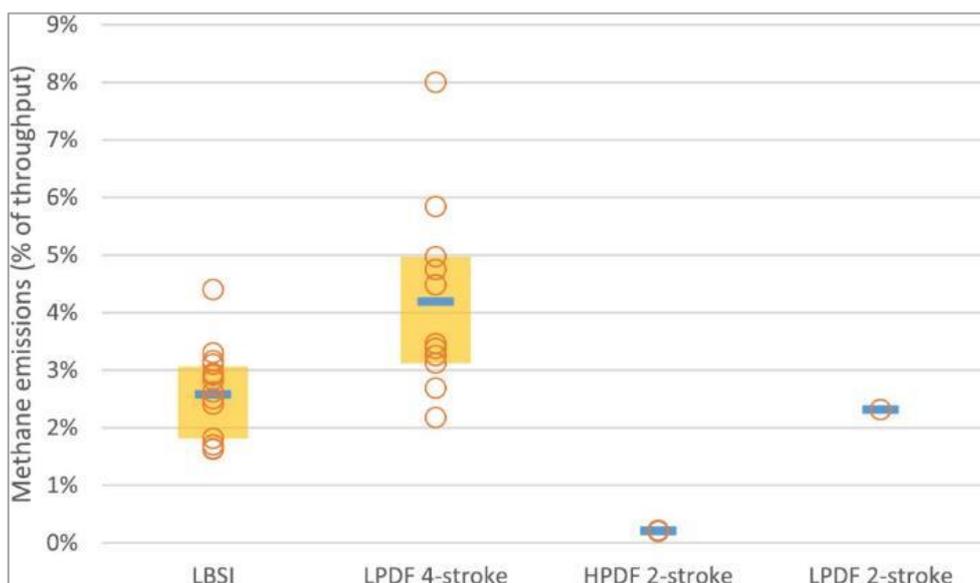


Nelle pubblicazioni precedenti al 2015, il methane slip imputato ai motori delle navi è stato stimato con un valore compreso tra l'1,9% e il 2,6%³¹, tuttavia, misurazioni più recenti³² (2017) hanno verificato valori più grandi e con variazioni ancora più ampie, 2,3% (1,6% –3,3%) e 4,1% (2,7% –5,8%) rispettivamente per i motori a 4 tempi LBSI e LPDF.

Va altresì ricordato che negli studi sono inclusi solo i motori costruiti dal 2010 e nonostante i miglioramenti apportati dai produttori nella progettazione e nella realizzazione della camera di scoppio i valori spingono a ritenere che sia appunto ancora molto spazio di intervento.

Nella figura si riportano le stime e le misurazioni delle emissioni di metano dei quattro diversi motori a GNL.

Figura 19. Stime delle emissioni di metano da vari motori e carburanti (i cerchi rappresentano le stime individuali della letteratura, le barre le stime medie, la barra gialla l'intervallo)



Fonte: “Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships” - Jamie Speirs, Paul Balcombe, Paul Blomerus, Marc Stettler, Pablo Achurra-Gonzalez, Mino Woo, Daniel Ainalis, Jasmin Cooper, Amir Sharafian, Walter Merida- 1 January 2020

³¹Cfr.:Lowell D., Wang H. and Lutsey N. “Assessment of the Fuel Cycle Impact of Liquefied Natural Gas as used in International Shipping ed (Washington, DC: MJ Bradley and Associates & International Council on Clean Transportation)”Stenersen D, and Thonstad O, 2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies (Trondheim: SINTEF Ocean AS),pp 1–52, 2013 –Verbeek R, Kadijk G., Mensch P.V., Wulfers C., Beemt B.V.D. and Fraga F. “Environmental and Economic Aspects of Using LNG as a Fuel for Shipping in The Netherlands”, 2011 (Delft: TNO), pp 1–48

³²Cfr.: Stenersen D. and Thonstad O., “2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies”(Trondheim: SINTEF Ocean AS), pp 1–52

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



3.2.2 Methaneleakage

Per quanto concerne il secondo fattore, è solo limitando drasticamente tali perdite che il bilancio delle emissioni di gas a effetto serra del GNL può ritenersi compiutamente vantaggioso rispetto all'olio combustibile pesante o al diesel nel trasporto marittimo³³, e in tale ottica sebbene il rilascio di metano possa verificarsi durante tutte le fasi del ciclo di vita del GNL, la fase di bunkeraggio rappresenta intrinsecamente una fase della filiera su porre grande attenzione.

L'approccio *Well-to-Wake* porta l'analisi su una scala più completa, osservando ciascuna delle fasi del ciclo di vita del carburante.

Sotto alcune ipotesi di partenza, ad esempio, l'efficienza del motore (50%), confrontando in modo parametrico, le fasi del ciclo di vita del GNL, secondo un approccio W-t-W, con quelli di Olio Combustibile Marino (MDO), si conferma come il GNL, dall'ottimistico dato iniziale (circa il 20% in meno di emissioni di CO₂ rispetto a MDO) in realtà produca un vantaggio ben più modesto (circa 10%).

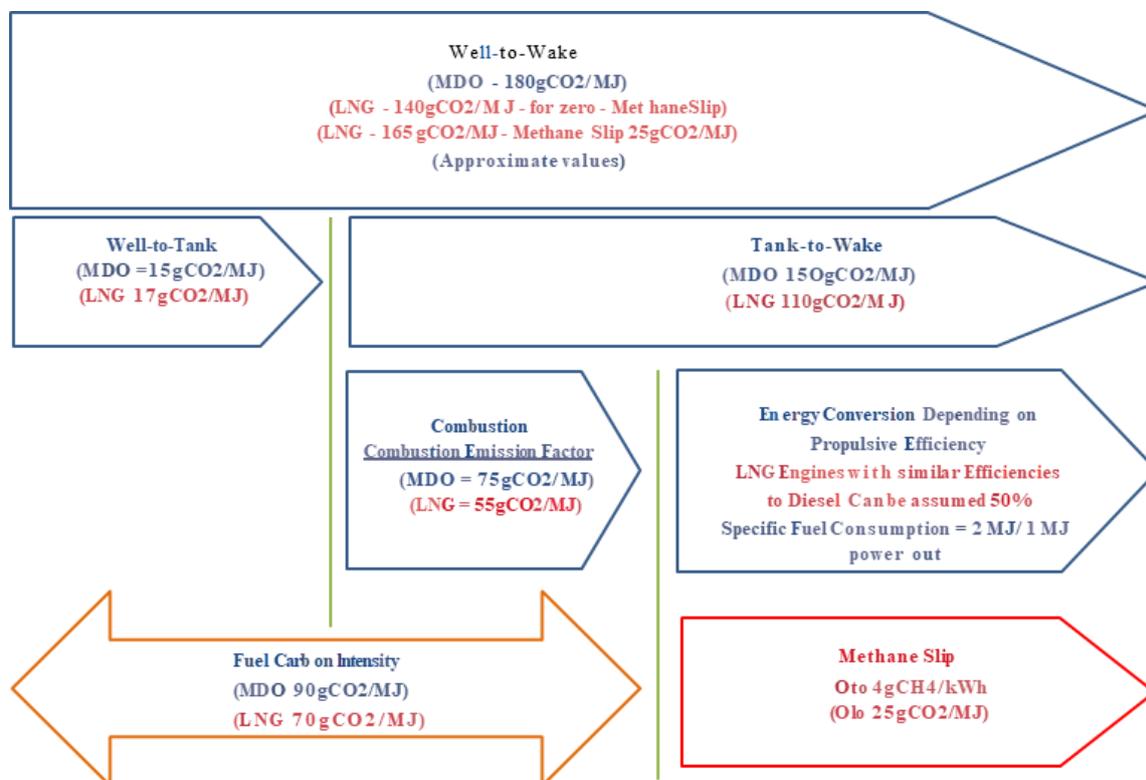
³³Sulla base del potere calorifico, la combustione del metano produce il 28% in meno di CO₂ rispetto al diesel. Purtroppo, si tratta di un potenziale tecnologico teorico anziché del valore standard raggiunto attualmente: oggi il vantaggio medio dell'uso del GNL come combustibile per uso marittimo, in termini di emissioni di gas a effetto serra, si aggira intorno all'8%. In qualche caso il bilancio complessivo può essere addirittura negativo (per un 5% circa) rispetto al MGO e agli olii residui.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Figura 20. Raffronto di analisi WtW tra GNL e combustibile marino convenzionale



Fonte: M. Kofod&S. Hartman, T. Mundi "Review of Recent Well-to-Wake Greenhouse Gas Studies evaluating the use of LNG as a marine Fuel", submitted to IMO at MEPC67 as MEPC67/INF.15 by Germany

Le considerazioni Well-to-Wake (W-t-W) fatte costituiscono un'importante premessa per trattare con la necessaria rilevanza qualsiasi potenziale rilascio di GNL/GNP nell'atmosfera, considerandolo alla stregua di un evento assimilabile ad un reale pericolo/danno ambientale, avente impatto negativo certo come emissione di gas a effetto serra.

Il ruolo quindi dei rilasci di metano in atmosfera diviene ancora più evidente considerando che per la parte puramente estrattiva e distributiva (ovvero Well-to-Tank), i due vettori energetici restano oltremodo confrontabili in termini di gCO₂ emessa per MJ.

Tabella 5. Raffronto tra GNL e MDO

Processo Well to Tank	LNG[gCO2/MJ]	MDO[gCO2/MJ]
Production	3.5	5.3
Transport	3.4	0.9
Refining (including desulphurization effortto 0.5% sulphur)	-	8.1
Liquefaction	6	
Distribution	4.4	0.5
TOTAL	17.3	14.8

Fonte: M. Kofod&S.Hartman, T. Mundi, cit.

3.3 ELEMENTI DI VALUTAZIONE DEI RILASCI IN ATMOSFERA

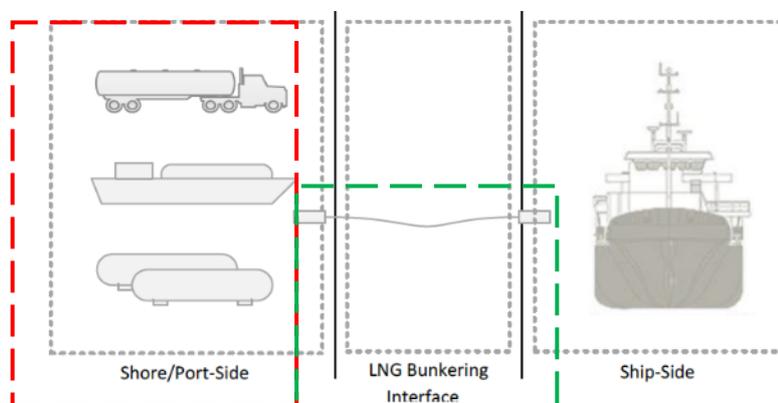
Focalizzando l'analisi sui soli aspetti relativi alle attività di bunkeraggio di GNL, ovvero a tutti gli aspetti dall'arrivo al porto (Port Side) fino alla consegna alla flangia della nave ricevente (Ship Side), si definirà un insieme di misure tecniche e operative che potranno essere valutate per definire il grado di riduzione, in normali condizioni operative, delle perdite di GNL. E' altresì evidente che all'interno di questo perimetro, il rischio di rilascio di metano nell'atmosfera sia più elevato durante le operazioni di trasferimento di GNL (caricamento da / per camion di GNL, chiatta o pipeline di bunkeraggio) ed in ogni situazione in cui non si interviene con sistemi di gestione dei vapori residui.³⁴

Occorre quindi affrontare due sotto ambiti tecnologici:

- i sistemi di trasferimento e le operazioni di collegamento, da una flangia all'altra; del tubo flessibile (evidenziati in colore verde);
- gli elementi statici in porto (evidenziati in colore rosso), ovvero i sistemi di accumulo temporaneo e/o mobile con cui il GNL si rende disponibile in porto.

³⁴Considerazioni fatte sulla base dei dati riportati in "10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2016), Handbook off reliability prediction procedure for mechanical equipment, Failure frequency guidance – DNV 2013".

Figura 21. Schematizzazione degli ambiti tecnologici



3.3.1 Impianto di interfaccia porto - nave

La mitigazione del rilascio di metano nell'interfaccia di bunkeraggio del GNL è quasi esclusivamente correlata all'implementazione di solide procedure operative, piuttosto che all'innovazione dei sistemi di interconnessione.

Per tali sistemi, infatti, si può ritenere di essere giunti, dal punto dell'accoppiamento meccanico e della scelta dei materiali realizzati, ad un livello di efficienza da tale ritenere che le perdite reali siano inferiori a quelle tipicamente impiegate a favore di sicurezza negli studi e nei modelli di analisi dei guasti.

Inoltre, all'interno delle stazioni di stoccaggio o anche sulla nave ricevente, l'introduzione di sistemi tecnologicamente avanzati ed automatizzati, sia operativi che di controllo, è sicuramente agevolata e portata avanti sin dalle fasi di progettazione. Le attrezzature ed i dispositivi di interfaccia al contrario restano sostanzialmente fedeli a stessi, tuttavia in questo ambito giocano un ruolo fondamentale per i rilasci di metano in atmosfera le attività di gestione dei tubi, spurgo, drenaggio e inertizzazione, che sono e restano operazioni strettamente legate all'addestramento e all'esperienza del personale impiegato. La conclusione più evidente è che l'azione di mitigazione più efficace consiste nell'avere procedure chiare e operazioni di bunkeraggio semplificate.

È poi evidente come, indipendentemente dalla sorgente, che sia camion, nave cisterna o stazione fissa, il sistema di interconnessione presenta aspetti e criticità procedurali analoghe: l'inertizzazione delle linee, lo spurgo, le procedure di raffreddamento e il drenaggio del combustibile residuo restano pressoché analoghe, sia in termini funzionali che tecnici per tutte le modalità di bunkeraggio.

Il seguente schema sinottico illustra come tutte le diverse fasi di una [procedura/operazione di bunkeraggio di GNL](#) siano legati a diversi rischi potenziali di emissione di metano. Dalla

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



connessione dei tubi alla loro disconnessione, è fondamentale riuscire a gestire il particolare momento in cui il rilascio di metano è potenzialmente più probabile, implementando tutte le misure in grado di mitigare questo minaccia.

Tabella 6. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL

Fase di Bunkeraggio	Scopo dell'attività	Sostanza presente al termine	Temperatura presente al termine	Evento potenziale di rilascio	Azioni da implementare
Collegamento dei tubi flessibili di bunkeraggio	Dopo i controlli preliminari, vengono collegati i tubi flessibili per bunkeraggio. Possono essere considerati i tubi di trasferimento principali e i tubi di ritorno del vapore	Aria	Ambiente	Nessun potenziale rilascio di metano	I tubi flessibili per bunkeraggio devono essere collegati correttamente. QC / DC standard da utilizzare Flange ispezionate prima del collegamento per rilevare sporco, umidità o condensa
Inertizzazione delle tubazioni (per la rimozione dell'ossigeno)	Inertizzazione di linee di bunkeraggio per spostare l'ossigeno dall'interno della linea di bunkeraggio – evitando la formazione di atmosfera esplosiva. Gas inerte utilizzato	Gas Inerte	Ambiente	Nessun potenziale rilascio di metano	Controllare le connessioni per perdite. Laddove si sospetti una perdita, interrompere l'inertizzazione per serraggio / riparazione. Test di pressione per linea di bunkeraggio
Spurgo e raffreddamento con vapore di GNL	Conosciuto anche come Gassing-up o Gas Filling. Può essere fatto con una linea di spurgo o con piccoli volumi di nuovo GNL. Consente di evitare shock termici	Gas Metano	Circa 160°C sotto lo zero	Potenziale rilascio di metano se le connessioni non sono sufficientemente serrate.	Controllare le connessioni per perdite. Laddove si sospetti una perdita, interrompere il raffreddamento per serraggio / riparazione. Test di pressione per linea di bunkeraggio e inertizzazione.
Avvio del trasferimento GNL	Con linee fredde e serbatoi entrambi i lati del sistema di bunkeraggio inizia il trasferimento a temperature similari.	GNL	LNG	Potenziale aumento della pressione se il serbatoio ricevente non è sufficientemente freddo Potenziale rilascio di metano se le connessioni non sono sufficientemente serrate.	Inizia il trasferimento in bunkeraggio solo quando le temperature sono controllate e concordate per un trasferimento stabile. Controllare attentamente la pressione alla ricezione
Avvenuto riempimento	Quando il serbatoio della nave ricevente viene riempito e si avvicina alla sua livello di pieno, la velocità deve essere ridotta e la pressione costantemente monitorata. Procedura da concordare tra donatore e ricevente	GNL	LNG	Il rilascio di metano può verificarsi se la velocità di riempimento non viene regolata / ridotta quando il riempimento del serbatoio è superiore al 90% Riempimento eccessivo del serbatoio che porta al rilascio della valvola di sicurezza.	Le due unità concordano sul livello di serbatoio raggiunto. Attento monitoraggio della pressione e del livello del serbatoio durante il trasferimento Non utilizzare sistema di arresto d'emergenza per terminare in modo automatico in caso di livello elevato del serbatoio
Interruzione del trasferimento	Una volta accertato che non vi sia GNL residuo nelle linee di	Gas Metano	Vapori LNG	Potenziale rilascio di metano a causa della sovrappressione nella	Valvola lato nave deve rimanere aperta per il drenaggio -spurgo.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Fase di Bunkeraggio	Scopo dell'attività	Sostanza presente al termine	Temperatura presente al termine	Evento potenziale di rilascio	Azioni da implementare
	bunkeraggio, il trasferimento viene interrotto. Il sistema di chiusura di emergenza non deve essere utilizzato per interrompere il trasferimento di bunkeraggio			linea di trasferimento del bunkeraggio (volume intrappolato). Il rilascio potenziale è maggiore se si utilizza sistema di chiusura di emergenza per arrestare il bunkeraggio.	Controllo richiesto lato porto per garantire che il serbatoio di alimentazione rimanga a temperatura e pressione adeguate.
Drenaggio delle linee	Il drenaggio\spurgo delle linee di bunkeraggio per consentire a tutto il GNL liquido di essere rimosso dalla linea di bunkeraggio verso il serbatoio ricevente. Il GNL si vaporizza nelle linee mentre le valvole che portano al serbatoio del carburante della nave vengono lasciate aperte	Gas Metano	Circa 160°C sotto lo zero	il GNL liquido nella linea di bunkeraggio da impiegare per può vaporizzare nel serbatoio ricevente. Se la pressione nel serbatoio ricevente fosse stata superata (per eccesso di vapore di GNL), potrebbe essere rilasciato la valvola di sicurezza	Procedura di scarico da controllare adeguatamente. Assicurarsi che la quantità massima di GNL sia scaricata in forma liquida, riducendo al minimo la necessità di vaporizzare. Evitare percorsi non rettilinei delle tubazioni, per evitare accumuli di GNL
Inertizzazione (per lo spurgo del gas naturale)	Inertizzare le linee del bunker di GNL per evitare l'accumulo di una miscela di gas infiammabile nei tubi o nel flessibile di interconnessione. L'Azoto è tipicamente utilizzato. Attività conosciuta anche come "Purging"	Gas Inerte	Ambiente	È l'operazione con il più alto potenziale di rilascio di metano. Quando si sposta il vapore di GNL dalle linee di bunkeraggio con azoto, esiste il rischio di inviare miscele nell'atmosfera.	Nave e bunker dovrebbero concordare come gestire e smaltire correttamente i la miscela di inertizzazione restante in modo da evitare il rilascio di metano. La Miscela N2/NG dovrebbe preferibilmente essere compressa in un serbatoio o combusta in un sistema appropriato
Disconnessione delle tubazioni	Tubi per bunkeraggio scollegati solo dopo aver verificato e confermato la presenza di un percentuale inferiore al 2% di metano all'interno delle linee di interconnessione	Aria	Ambiente	Il rilascio di metano nell'atmosfera è possibile se la conferma della lettura del gas <2% di metano non è stata eseguita correttamente.	Misurazione attenta della concentrazione di metano prima di scollegare i tubi. Ripetere la procedura di inertizzazione se la concentrazione è > 2%.

Nei paragrafi a seguire si evidenzieranno in funzione dei diversi sistemi tecnologici utilizzabili, i potenziali elementi di rilascio in atmosfera di gas metano.

3.3.2 Impianto lato porto (Port Side)

Nei paragrafi successivi si andranno a definire tutte le azioni di mitigazione e riduzione delle perdite di rilascio che è possibile valutare ed analizzare nella loro presenza\assenza o nel loro livello di applicabilità in processo di LCA.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



È evidente che sebbene gli eventi e le azioni siano elencati siano importanti anche ai fini della salvaguardia ambientale, l'adeguato approccio di buone pratiche è prioritariamente richiesto ed implemento anche nel quadro delle tematiche di sicurezza. Per questa ragione si presume che la manutenzione (sia pianificata che basata sulle condizioni operative) venga svolta con perizia e regolarità.

Le procedure operative impiegate per limitare le perdite di metano muovono dall'esperienza che negli ultimi è stata fatta con maggiore rilevanza, ovvero dal sistema TTS. Nel caso STS, la principale differenza rispetto al sistema TTS risiede nella maggiore capacità e velocità di trasferimento fornita. Conseguentemente tanto più saranno elevati i volumi di GNL immagazzinato a bordo e tanto più alte saranno le velocità di trasferimento più elevate, maggiore potrà essere la quantità di GNL teoricamente rilasciabile in atmosfera in caso di eventi negativi.

Figura 22. Esempi di apparecchiature e sistemi presenti lato porto



Fonte: Guida EMSA2018, cit.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Laddove si impieghi un sistema TTS la caratteristica più rilevante è inerente il tipo di presidio che viene fatto sul sito. Molto spesso, infatti, queste installazioni non sono presidiate o sono presidiate con personale numericamente molto ridotto che è sul posto quasi esclusivamente per le operazioni di manutenzione o di scarico. La maggior parte degli impianti di stoccaggio e liquefazione su piccola scala sono costruiti con attrezzature prefabbricate e prevedono in luogo dei sistemi di pompaggio, l'accumulo preventivo di metano in pressione nei serbatoi.

Molto spesso il gas di ebollizione generato naturalmente durante il trasferimento viene gestito nel serbatoio pressurizzato, fino a quando non viene condensato con il successivo GNL consegnato (sotto-raffreddamento) o mediante l'utilizzo di azoto liquido di riserva. Ai fini della mitigazione del rilascio di metano, oltre agli aspetti legati all'operazione, è importante concentrarsi quindi sulla gestione di BOG che rappresenta in questo tipo di installazioni il fattore chiave per mitigare il rischio di emissioni di metano nell'atmosfera (si pensi ad esempio alle linee di recupero per drenare il BOG che si fa formando durante tutte le operazioni).

Nel caso di TTS – Mobile Fuel Tank to Ship, si evidenzia come la chiave vincente sia rappresentata dalla modularità dei tipici contenitori standardizzati ISO unita alla facilità di installazione in quelle realtà in cui i progetti di modifica e riconversione richiedano scalabilità nel tempo. A ciò si aggiunge la semplicità realizzativa: i “container” sono in genere serbatoi di stoccaggio sotto pressione di GNL contenuti all'interno di un telaio ISO che ne consente il trasporto attraverso una catena logistica ben consolidata. Per queste ragioni i container per GNL offrendo caratteristiche di grande flessibilità alle navi o ai porti che adottano il GNL come combustibile, potrebbero quindi avere un ruolo importante nel prossimo futuro. Per quanto concerne i possibili rilasci, la soluzione presenta le analoghe criticità di un sistema TTS.

3.3.2.1 Ship-To-Ship (STS)

Nella tabella seguente sono stati evidenziati, relativamente alle fasi più critiche dell'operatività di un sistema di bunkeraggio Ship to Ship, le possibili situazioni (definite come scenari) in cui è possibile un rilascio di gas metano in atmosfera.

Per ogni fase sono stati individuati, in alcuni casi, anche più scenari, fornendo una breve descrizione del fenomeno e successivamente si è proceduto indicando ciò che ragionevolmente può essere ritenuto un sistema o un'azione di mitigazione o riduzione della probabilità di accadimento dell'evento rilascio.

Gli interventi sono stati suddivisi in interventi di carattere impiantistico, includendo tutti i possibili accorgimenti di natura “hardware” sui sistemi di trasferimento, controllo e gestione dell'impianto di bunkeraggio ed interventi di carattere gestione, includendo tutti i possibili le azioni di carattere pianificatorio ed organizzativo afferenti, ad esempio, la definizione di procedure, di matrici di responsabilità, etc.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
Rifornimento della nave cisterna da impianto fisso di stoccaggio del GNL	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un ulteriore produzione di BOG. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto.	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Durante il rifornimento a più alti volumi, se la pressione del BOG non venisse controllata potrebbe superare il valore soglia di sicurezza. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza	Sistema di controllo della pressione della cisterna Sistema di comunicazione tra gli apparati delle due navi.	Riempimento dall'alto del serbatoio di carico del carburante GNL per consentire il raffreddamento del lato vapore superiore del serbatoio.
	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.	Seguire le misure tecniche Guida SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>	Definizione di chiare procedure a bordo per azioni correttive una volta rilevata la stratificazione. Seguire le misure tecniche Guida SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>
	Se il serbatoio di carico del carburante viene caricato con miscela GNL / azoto, ci sarà la possibilità che si verifichi l'autostratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.		
Rifornimento della nave dalla nave cisterna	Durante il trasferimento di bunkeraggio di GNL alla nave ricevente, in particolare per grandi volumi di bunkeraggio, a velocità di trasferimento più elevate, è possibile che venga generata una grande quantità di BOG. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Impiego di una o di più di una delle seguenti soluzioni: • Serbatoio di accumulo per le sovrappressioni • Sistema di riliquefazione del vapore di GNL di ritorno • Combustione di BOG in un'unità di combustione (torcia, motore diesel, etc) • Raffreddamento del carico di carburante GNL	Concordare un piano adeguato per il riempimento\rabocco per evitare per evitare sovrappressioni e aperture dei sistemi di sicurezza. Check list specifiche da eseguirsi ad ogni rifornimento
	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un elevato volume di gas di ritorno. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.		

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
	<p>Se la linea di bunkeraggio del GNL è eccessivamente lunga (ad esempio, quando le flange di mandata e di ricezione sono molto distanti) all'interno della linea di bunkeraggio si può accumulare una eccessiva pressione di vapore del GNL.</p> <p>Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza. La tensione di vapore generata nella linea di bunkeraggio ritornerà attraverso la linea di ritorno del vapore di GNL.</p>	<p>Ridurre al minimo la lunghezza delle linee di bunkeraggio di GNL.</p> <p>Utilizzare un flessibile adeguatamente isolato.</p> <p>Per i bracci rigidi, utilizzare tubi di alimentazione isolati e sottovuoto ove possibile.</p>	<p>Il collettore di consegna deve essere il più vicino possibile fianco alla stazione di rifornimento della nave ricevente.</p> <p>Riduzione al minimo del volume intrappolato.</p>
	<p>Se la procedura di drenaggio / spurgo / inertizzazione non viene eseguita adeguatamente, è possibile che parte del GNL rimanga nella linea di bunkeraggio.</p> <p>Il rilascio di vapore di GNL può verificarsi se i tubi di bunkeraggio sono scollegati con GNL / GN ancora in qualche punto della linea.</p>	<p>Misura del gas da eseguire prima di scollegare il tubo.</p> <p>Evitare la formazione di forme a "U" delle tubazioni dove il GNL può ristagnare.</p>	<p>Adeguate procedure per assicurarsi che le operazioni di drenaggio e spurgo siano state efficaci.</p> <p>Verificare l'esistenza della calotta di ghiaccio esterna (come indicatore della presenza di GNL all'interno della linea).</p>

3.3.2.2 Truck-to-Ship (TTS)

Nella tabella seguente sono stati evidenziati, relativamente alle fasi più critiche dell'operatività di un sistema di bunkeraggio Truck to Ship, le possibili situazioni (definite come scenari) in cui è possibile un rilascio di gas metano in atmosfera.

Per ogni fase sono stati individuati, in alcuni casi, anche più scenari, fornendo una breve descrizione del fenomeno e successivamente si è proceduto indicando ciò che ragionevolmente può essere ritenuto un sistema o un'azione di mitigazione o riduzione della probabilità di accadimento dell'evento rilascio.

Gli interventi sono stati suddivisi in interventi di carattere impiantistico, includendo tutti i possibili accorgimenti di natura "hardware" sui sistemi di trasferimento, controllo e gestione dell'impianto di bunkeraggio ed interventi di carattere gestione, includendo tutti i possibili le azioni di carattere pianificatorio ed organizzativo afferenti, ad esempio, la definizione di procedure, di matrici di responsabilità, etc.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
Caricamento del GNL sul Truck	Durante il riempimento, in loco. Il rilascio di GNL può verificarsi se non viene implementato un sistema di gestione BOG adeguato.	Possibilità di spruzzare GNL per raffreddare il vapore di GNL sulla parte superiore del serbatoio. Camion per GNL da equipaggiare con economizzatore.	Monitorare pressione e temperatura Sistema di riempimento superiore e inferiore.
	Il tempo di permanenza nel serbatoio del rimorchio del camion GNL è limitato. Man mano che il GNL staziona, il BOG si genera e aumenta la pressione all'interno. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Isolamento adeguato ad aumentare i tempi di mantenimento. Prediligere l'impiego di truck a doppia parete Possibilità di spruzzare GNL per raffreddare il vapore di GNL sulla parte superiore del serbatoio.	Pianificare e programmare i rifornimenti per evitare inutili tempi di attesa durante le attività.
	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un ulteriore produzione di BOG. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto.	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Il coefficiente di riempimento deve essere adeguato (al di sopra del 90%,). Una velocità di riempimento inadeguata può causare un riempimento eccessivo del camion di GNL.	Monitoraggio livelli serbatoio GNL. Monitor di pressione del GNL. Idoneo meccanismo di controllo della velocità di riempimento presso la stazione di rifornimento del camion GNL.	Concordare un piano adeguato al riempimento\rabbraccio per evitare per evitare sovrappressioni e aperture dei sistemi di sicurezza.
LNG Trucks Scaricamento\ rifornimento nave	Per il trasferimento verso l'interconnessione e la nave, i trucks possono impiegare sistemi ad accumulo di pressione. Se la pressione di accumulo supera le soglie di sicurezza, si ha il rilascio in atmosfera per via dell'apertura delle tenute.	Monitor di pressione del GNL Regolatore di pressione del sistema di accumulo in pressione	Procedure operative di gestione accurate.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
	<p>Malfunzionamento del sistema di accumulo lato nave tale da comportare l'intervento dei sistemi di sicurezza sulla nave stessa con chiusura della valvola di ingresso.</p> <p>Si può determinare accumulo di gas nell'interconnessione e conseguentemente l'attivazione della valvola di sicurezza lato truck (contropressione).</p>	<p>Verificare la compatibilità delle specifiche dei sistemi nave e truck.</p> <p>Monitoraggio della pressione per garantire che non venga generato BOG in eccesso nel serbatoio del camion GNL dopo che il bunkeraggio è stato bloccato dal sistema nave.</p> <p>Inserimento di un regolatore specifico per la contropressione nel circuito.</p>	<p>Adeguate procedure da adottare per evitare l'eccessiva generazione di BOG e il rilascio di metano, a seguito dell'arresto del bunkeraggio.</p>
	<p>Durante il bunkeraggio di GNL, se il serbatoio di ricezione è a temperatura più elevata di quello di partenza ci sarà un'eccessiva generazione di BOG.</p> <p>Se il camion riceve vapore GNL di ritorno, ciò comporterà un aumento della pressione nel serbatoio del camion con possibile attivazione delle valvole di sicurezza.</p>	<p>Sistema di monitoraggio della corretta equalizzazione termica dei due sistemi di accumulo e dell'interconnessione.</p>	<p>Adeguate procedure da adottare per evitare derive termiche dei sistemi.</p> <p>Adeguate procedure di taratura e validazione dei sistemi di monitoraggio delle temperature</p>
	<p>Se la procedura di drenaggio / spurgo / inertizzazione non viene eseguita adeguatamente, è possibile che parte del GNL rimanga nella linea di bunkeraggio.</p> <p>Il rilascio di vapore di GNL può verificarsi se i tubi di bunkeraggio sono scollegati con GNL / GN ancora in qualche punto della linea.</p>	<p>Misura del gas da eseguire prima di scollegare il tubo.</p> <p>Evitare la formazione di forme a "U" delle tubazioni dove il GNL può ristagnare.</p>	<p>Adeguate procedure per assicurarsi che le operazioni di drenaggio e spurgo siano state efficaci</p> <p>Verificare l'esistenza della calotta di ghiaccio esterna (come indicatore della presenza di GNL all'interno della linea).</p>

3.3.2.3 Port-to-Ship (PTS)

Nella tabella seguente sono stati evidenziati, relativamente alle fasi più critiche dell'operatività di un sistema di bunkeraggio Port to Ship, le possibili situazioni (definite come scenari) in cui è possibile un rilascio di gas metano in atmosfera.

Per ogni fase sono stati individuati, in alcuni casi, anche più scenari, fornendo una breve descrizione del fenomeno e successivamente si è proceduto indicando ciò che ragionevolmente può essere ritenuto un sistema o un'azione di mitigazione o riduzione della probabilità di accadimento dell'evento rilascio.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Gli interventi sono stati suddivisi in interventi di carattere impiantistico, includendo tutti i possibili accorgimenti di natura “hardware” sui sistemi di trasferimento, controllo e gestione dell’impianto di bunkeraggio ed interventi di carattere gestione, includendo tutti i possibili le azioni di carattere pianificatorio ed organizzativo afferenti, ad esempio, la definizione di procedure, di matrici di responsabilità, etc.

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
Utilizzo di stoccaggi\depositi fissi	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.	Seguire le misure e valutazioni preventive per il rilevamento e la prevenzione della stratificazione anche in fase di progettazione.	Definizione di chiare procedure a bordo per azioni correttive una volta rilevata la stratificazione. Seguire le misure operative preventive per il rilevamento e la prevenzione nei compiti operativi pertinenti per evitare la stratificazione del GNL nei serbatoi di stoccaggio.
	Se il serbatoio di carico del carburante viene caricato con miscela GNL / azoto, ci sarà la possibilità che si verifichi l'autostratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.		
	Per i serbatoi atmosferici, se la gestione del vapore di GNL non risponde alla necessaria velocità di liquefazione (o condensazione / refrigerazione), verrà generato un BOG eccessivo. A pressione atmosferica non vi è alcuna capacità nel serbatoio di sostenere un aumento della pressione. Il rilascio del vapore di GNL si verificherà se viene azionata la valvola di sicurezza.	Il serbatoio di stoccaggio deve essere progettato per ottenere un tempo di tenuta adeguato (tempo tra il caricamento e lo scarico). Isolamento, ri-liquefazione e refrigerazione per un'adeguata gestione del vapore di GNL.	Pianificazione adeguata per scongiurare superamento del tempo di limite di funzionamento.
	Per i serbatoi a pressione, se si accumula BOG in eccesso, ciò porta ad un aumento della pressione nel serbatoio. (Il BOG può essere qui originato sia dal caricamento, dallo scarico che durante il periodo di mantenimento). Ci sarà una certa (limitata) capacità dei serbatoi a pressione di sostenere pressioni di vapore più elevate. Il rilascio del vapore di GNL si verificherà se viene azionata la valvola di sicurezza.	Possibili misure tecniche per mitigare la generazione di BOG in serbatoi di GNL pressurizzati: Isolamento (isolamento sottovuoto) Spruzzo dall'alto per raffreddare / condensare il vapore di GNL Refrigerazione con batterie interne.	Controllo adeguato delle proprietà del GNL all'interno del serbatoio. Procedura in atto per evitare il rilascio di BOG tramite valvole di sicurezza. Pianificare un consumo adeguato di GNL, per evitare lunghi tempi di stazionamento.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



3.3.2.4 Mobile Fuel Tank to Ship

Nella tabella seguente sono stati evidenziati, relativamente alle fasi più critiche dell'operatività di un sistema di bunkeraggio "Mobile Fuel Tank" to Ship, le possibili situazioni (definite come scenari) in cui è possibile un rilascio di gas metano in atmosfera.

Per ogni fase sono stati individuati, in alcuni casi, anche più scenari, fornendo una breve descrizione del fenomeno e successivamente si è proceduto indicando ciò che ragionevolmente può essere ritenuto un sistema o un'azione di mitigazione o riduzione della probabilità di accadimento dell'evento rilascio.

Gli interventi sono stati suddivisi in interventi di carattere impiantistico, includendo tutti i possibili accorgimenti di natura "hardware" sui sistemi di trasferimento, controllo e gestione dell'impianto di bunkeraggio ed interventi di carattere gestione, includendo tutti i possibili le azioni di carattere pianificatorio ed organizzativo afferenti, ad esempio, la definizione di procedure, di matrici di responsabilità, etc.

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
Caricamento del container	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un elevato volume di gas di ritorno. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto. Raffreddare con azoto prima delle operazioni riempimento	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Durante il trasferimento di bunkeraggio di GNL alla nave ricevente, in particolare per grandi volumi di bunkeraggio, a velocità di trasferimento più elevate, è possibile che venga generata una grande quantità di BOG. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Sistema per il monitoraggio del livello di pressione della cisterna all'interno del container.	Riempimento dall'alto del serbatoio di carico del carburante GNL per consentire il raffreddamento del lato vapore superiore del serbatoio
Stazionamento del container	Se i serbatoi di GNL ISO vengono mantenuti pieni, in attesa, per un tempo superiore a quello specificato, verrà generato un eccesso di vapore di GNL. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Possibili misure tecniche per mitigare la generazione di BOG in serbatoi di GNL pressurizzati: Isolamento (isolamento sottovuoto) Spruzzo dall'alto per raffreddare / condensare il vapore di GNL Refrigerazione con batterie interne.	Controllo adeguato delle proprietà del GNL all'interno del serbatoio. Procedura in atto per evitare il rilascio di BOG tramite valvole di sicurezza. Pianificare un consumo adeguato di GNL, per evitare lunghi tempi di stazionamento.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	
		Impiantistici	Gestionali
Rifornimento della nave ricevente da container	Durante il bunkeraggio di GNL, se il serbatoio di ricezione è a temperatura più elevata di quello di partenza ci sarà un'eccessiva generazione di BOG. Se il container riceve vapore GNL di ritorno, ciò comporterà un aumento della pressione nel serbatoio interno con possibile attivazione delle valvole di sicurezza.	Sistema di monitoraggio della corretta equalizzazione termica dei due sistemi di accumulo e del sistema di interconnessione.	Adeguate procedure da adottare per evitare derive termiche dei sistemi. Adeguate procedure di taratura e validazione dei sistemi di monitoraggio delle temperature
	Se i serbatoi di GNL ISO vengono mantenuti pieni, in attesa, per un tempo superiore a quello specificato, verrà generato un eccesso di vapore di GNL. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	LNG pressure monitor LNG regulator before pressure build-up unit.	Adequate operating procedure for LNG transfer by pressure build-up
	Malf funzionamento del sistema di accumulo lato nave tale da comportare l'intervento dei sistemi di sicurezza sulla nave stessa con chiusura della valvola di ingresso. Si può determinare accumulo di gas nell'interconnessione e conseguentemente l'attivazione della valvola di sicurezza lato truck (contropressione).	Verificare la compatibilità delle specifiche dei sistemi nave e truck. Monitoraggio della pressione per garantire che non venga generato BOG in eccesso nel serbatoio del camion GNL dopo che il bunkeraggio è stato bloccato dal sistema nave. Inserimento di un regolatore specifico per la contropressione nel circuito.	Adeguate procedure da adottare per evitare l'eccessiva generazione di BOG e il rilascio di metano, a seguito dell'arresto del bunkeraggio.

3.3.3 BREF - Best Available Techniques Reference

Si riporta di seguito il confronto tra le tecniche che saranno implementate per il progetto proposto e le indicazioni delle Linee Guida Italiane e “[Best Available Techniques Reference Documents](#)” europei in materia di Migliori Tecniche Disponibili (MTD/BAT).

Il confronto viene condotto analizzando diversi BREF e linee guida, nonché ricercando le informazioni su BAT/MTD relative alle singole sezioni di impianto. Si riportano pertanto i risultati di tale confronto con i seguenti riferimenti:

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



- “Reference Document on the Application of Best Available Techniques on Emissions from Storage” (IPPC, 2006), relativamente al Sistema di ricevimento e stoccaggio GNL
- Linee guida recanti i criteri per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili – gestione dei rifiuti – Impianti di trattamento chimico-fisico dei liquidi (Gruppo Tecnico Ristretto, 2007), per il sistema di raccolta e trattamento delle acque reflue.

Nella tabella sottostante si riporta il confronto tra le tecniche comunemente impiegate in relazione allo stoccaggio di GNL e il BREF “*Emission from Storage*” (IPPC, 2006).

ASPETTO	DISPOSIZIONE BREF
Bilanciamento del vapore	Bilanciamento del vapore durante le operazioni di scarico
Principi generali per prevenire e ridurre le emissioni (controllo e manutenzione)	È BAT applicare uno strumento per determinare i piani di manutenzione e per sviluppare piani di controllo del rischio
Principi generali per prevenire e ridurre le emissioni al suolo e i rilasci	Con riferimento ai suoli lo scopo è quello di applicare adeguate misure tecniche ai serbatoi con potenziale rischio di inquinamento dei suoli
Considerazioni specifiche sui serbatoi – serbatoio refrigeranti	Emissioni non significative dai serbatoi refrigeranti
Prevenzione di incidenti e Infortuni Gestione della sicurezza e del rischio	È BAT applicare un sistema di gestione della sicurezza
Prevenzione di incidenti e Infortuni Procedure operative e training	È BAT implementare e seguire adeguate misure organizzative consentire la formazione del personale
Prevenzione di incidenti e Infortuni Procedure operative e strumentazione per prevenire il “troppo pieno”	È BAT implementare e mantenere procedure operative per prevenire il “troppo pieno”
Prevenzione di incidenti e Infortuni Strumentazione ed Automazione per individuare le perdite	È BAT applicare un sistema di individuazione delle perdite nei serbatoi di stoccaggio contenenti liquidi che possono causare inquinamento dei suoli
Considerazioni sulle Tecniche di Trasferimento e Movimentazione Tubazioni	È BAT prevedere tubazioni fuori terra nelle nuove realizzazioni.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



4 LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DEL METODO LCA AL BUNKERING DI GNL

Muovendo dalle considerazioni generali innanzi esplicitate relativamente all'utilizzo di un **approccio LCA** al GNL per il trasporto marittimo, con riguardo al sistema di **bunkering di GNL** e tenendo in considerazione i potenziali impatti che l'uso di tale combustibile alternativo potrebbe produrre sull'ambiente, nel seguito si ipotizza un'applicazione pratica di tale metodo.

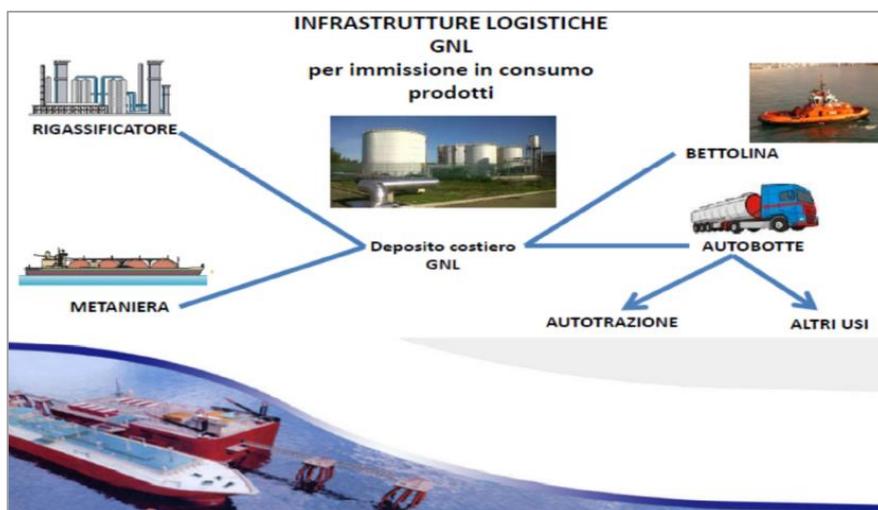
L'intento è quello di introdurre alcuni strumenti operativi utili ad uno studio di LCA (o LCI, laddove si tralasci la fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita – LCIA), per qual che concerne le fasi iniziali di definizione di obiettivo e campo di applicazione, configurazione dei processi unitari e dei flussi di riferimento ai fini dell'analisi dell'inventario e di selezione di indicatori KPI - *Key Performance Indicators* (indicatori chiave di prestazione).

A tal proposito, merita richiamare qui quanto detto al § 2.3.6 circa il fatto che le fasi di definizione dell'obiettivo e del campo di azione e, poi, di interpretazione dell'LCA determinano il quadro di riferimento dello studio, mentre le fasi di LCI e LCIA producono informazioni sul sistema del prodotto.

4.1 IL SISTEMA DI PRODOTTO

Il sistema di prodotto oggetto di modellazione è costituito dalle infrastrutture per il bunkering di GNL, la cui realizzazione è richiesta dalla Direttiva 2014/94/UE e dal D.Lgs. n.257/2016: la configurazione di base di tale sistema è rappresentata nella Figura 23.

Figura 23. La filiera costiera del GNL



Fonte: D.Soria, Dir. Gen. Assocostieri, "L'utilizzo del GNL come combustibile per il bunkeraggio marino" 4° Convegno Isola dell'Energia, Cagliari, 13 Aprile 2018

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



4.2 OBIETTIVO, CAMPO DI APPLICAZIONE E CONFINI DEL SISTEMA

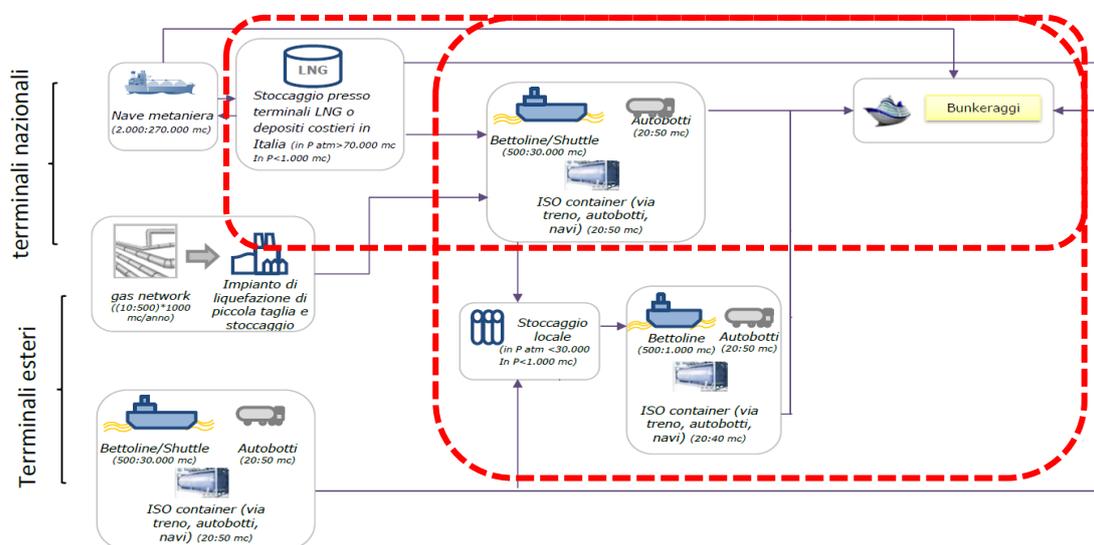
Nel contesto del presente Report, l'obiettivo del presente caso studio di LCA è quello di identificare i **principali impatti e criticità ambientali associati alle tecnologie di bunkering del GNL in area portuale** nell'ambito di **una catena logistica di piccola scala (SSLGN)**, con particolare riguardo alla realtà dei porti dello spazio transfrontaliero IT-FR marittimo del Nord Mediterraneo che aderiscono al progetto Interreg IT-FR "TDI RETE-GNL".

Il **campo di applicazione** del caso di studio copre, quindi, il sistema di prodotto e i suoi processi unitari, le funzioni del sistema, il confine del sistema, le categorie di impatto selezionate e la metodologia di valutazione degli impatti proposta, attraverso una serie di matrici e indicatori di prestazione.

Gli esiti analitici sono indirizzati ai beneficiari dell'intero progetto "TDI RETE-GNL" quali le **Autorità Portuali** e gli **Enti pubblici territoriali** interessati alla realizzazione di impianti di rifornimento GNL.

Tenendo presente lo schema di **filiera del GNL**, il **confine del sistema** è racchiuso all'interno dei riquadri tratteggiati in rosso nella Figura 24 nelle due **opzioni di Small Scale** di nave metaniera che giunge al terminal di rigassificazione nazionale che offre servizi di bunkering e di stoccaggi locali, riforniti da autobotti (o ISO-container) e/o bettoline/shuttle (se stoccaggi costieri) utilizzati per il bunkeraggio.

Figura 24. I confini del sistema di prodotto oggetto di analisi (tratteggiato in rosso)



Fonte: ns. elaborazioni su immagini MISE "Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL", cit.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

4.3 ELEMENTI PER L'ANALISI DELL'INVENTARIO (LCI) E LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LCIA) DEL CICLO DI VITA

Nel proseguo della seguente sezione si prenderanno in esame i singoli processi unitari sottesi all'attività di adeguamento di un terminal funzionale all'offerta di servizi di SSLNG per il trasporto marittimo, dalla realizzazione delle infrastrutture necessarie sino alla loro dismissione, in una logica di ciclo di vita.

In corrispondenza di ciascun processo sono fornite indicazioni guida in merito all'allocazione dei flussi (fase LCI) e alla selezione delle categorie di impatto e degli indicatori (fase LCIA).

4.3.1 Realizzazione dell'infrastruttura di stoccaggio e dei servizi accessori

Per la prima fase di realizzazione di un impianto di stoccaggio locale, con funzione di ricevere tramite navi metaniere il GNL, per poi procedere alla sua distribuzione verso le navi utenti finali (bunkering) si ipotizza di modellizzare le attività di costruzione delle infrastrutture di servizio (aree di impianto, area per la torcia e i serbatoi antincendio per le emergenze,), delle aree logistiche e della viabilità di cantiere come indicato qui di seguito.

Infrastrutture di servizio

Il deposito costiero può essere concettualmente suddiviso nelle aree funzionali di seguito elencate:

- **area di impianto**, a sua volta suddivisa nelle seguenti principali zone:
 - area di accosto e trasferimento del GNL, che comprende le infrastrutture e i dispositivi per l'ormeggio di metaniere e bettoline e tutti i dispositivi e le apparecchiature necessarie per il corretto trasferimento e la misurazione del GNL e del Boil Off Gas (BOG), o vapore/gas di ritorno, durante lo scarico delle metaniere ed il carico delle bettoline;
 - area di deposito del GNL, che comprende il serbatoio di stoccaggio e tutti i dispositivi accessori ed ausiliari necessari alla sua corretta gestione, nonché la sala controllo per la supervisione e la gestione dell'impianto;
 - area di carico delle autocisterne, che comprende le baie di carico, i sistemi di misurazione e tutti i sistemi ausiliari per il corretto funzionamento e gestione;
 - area di gestione del BOG, che comprende compressori necessari all'invio del BOG alla rete di trasporto.
- **area della torcia** costituita da una torcia di emergenza a suo servizio;
- **area dei serbatoi antincendio/riuso**.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



Nell'area di impianto saranno ubicati gli edifici necessari alla gestione, al controllo e alla manutenzione dell'attività del terminale.

L'impianto sarà dotato di sistemi di sicurezza, di sorveglianza con telecamere a circuito chiuso e di un'adeguata recinzione antintrusione.

In fase di cantiere è possibile individuare le seguenti **Macrofasi**:

- **Fase 0** – Apprestamento di cantiere. In tale fase sono ubicati in sito i baraccamenti e quanto necessario all'impresa esecutrice per l'avvio del cantiere;
- **Fase 1** – Installazione di serbatoi e impianto di trattamento delle acque di aggettamento dalle aree oggetto di operazioni di scavo e riporto. I mezzi e macchinari principali impiegati in tale fase includeranno escavatori e rullo compattante (per rimozione del tratto asfaltato e successiva compattazione del terreno), autobetoniere e autocarri per la realizzazione di una platea di fondazione superficiale in conglomerato cementizio armato e di gru/autogru (per la costruzione della parte in elevazione);
- **Fase 2** -Realizzazione degli scavi di preparazione dell'area a terra, propedeutici a realizzare un piano finito di posa per il pacchetto pavimentazione nelle aree pavimentate, nonché di un piano di lavorazione finito per il successivo posizionamento delle strutture civili e delle principali apparecchiature elettro-meccaniche. Il materiale proveniente da tali operazioni di escavo sarà temporaneamente- accantonato all'interno del cantiere e riutilizzato per le successive operazioni di rinterro, qualora lo stesso presenti adeguate caratteristiche geotecniche e ambientali. La frazione in eccesso sarà allontanata dal cantiere e conferita in discarica come rifiuto. In tale fase si prevede verranno impiegati pale meccaniche ed escavatori;
- **Fase 3**: Installazione di una vasca di trattamento delle acque di prima e seconda pioggia. In tale fase si prevede l'impiego di escavatori, autogru e autocarri per allontanamento dei detriti della demolizione del materiale di scavo;
- **Fase 4**: Realizzazione delle fondazioni del serbatoio GNL, delle pensiline di carico e del magazzino e ausiliari. I mezzi impiegati includeranno escavatori, autobetoniere, macchina per esecuzione pali, rullo compattante/vibrante e autocarri. Saranno inoltre installati gli edifici magazzino e ausiliari; per tali attività saranno utilizzati (oltre ad autocarri): escavatori e pale (durante la fase di scavo) e macchinari per il betonaggio e gru/autogru in fase di costruzione³⁵;

³⁵Cfr: *Venice LNG S.p.A.Marghera, ItaliaDeposito Costiero GNL a Marghera*Schedula di ProgettoDoc. No. P0008501-1-H15 Rev. 0 – Ottobre 2018Rev. 0Descrizione Prima EmissionePreparato da A. Sola / A. BadoControllato da P. PaciApprovato da C. Mordini
 Data Ottobre 2018

- **Fase 5:** Realizzazione sovrastruttura serbatoio GNL, posizionamento fondazioni profonde compressori e torcia e realizzazione sala controllo. Le operazioni saranno effettuate mediante escavatori, autobetoniere e macchina per esecuzione pali, gru/autogru, autocarri per il trasporto dei materiali. Al contempo si potrà procedere alla realizzazione della sala controllo.
- **Fase 6:** Realizzazione sovrastruttura serbatoio GNL, realizzazione dei serbatoi antincendio e posizionamento degli arredi di banchina. Contestualmente alla realizzazione del serbatoio GNL si procederà all'installazione dei serbatoi antincendio mancanti e al posizionamento degli arredi di banchina necessari a consentire l'accosto e l'ormeggio delle barche. I mezzi necessari al posizionamento degli arredi in banchina saranno effettuati mediante gru e autocarri con betoniere;
- **Fase 7:** Installazione delle opere impiantistiche e accessorie. Le attività saranno effettuate sia all'interno del deposito GNL, sia della banchina (installazione dei bracci di carico e posa delle tubazioni di banchina). Nell'ambito di tale fase si procederà inoltre al posizionamento delle reti di drenaggio e antincendio, nonché dei sottoservizi e delle pavimentazioni e arredi stradali. I mezzi impiegati saranno escavatori, autocarri, gru/autogru per il posizionamento delle apparecchiature, autobetoniere, nonché finitrice e rullo compattate vibrante (oltre ad autocarri) per le pavimentazioni.

Aree Logistiche e Viabilità di Cantiere

All'interno del cantiere saranno posizionate aree logistiche destinate a:

- ospitare gli apprestamenti di cantiere ed eventuali sistemi di generazione elettrica;
- garantire il deposito dei materiali necessari alla costruzione.

4.3.1.1 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori

Sulla base delle attività descritte sopra sarà possibile effettuare una stima dei **flussi di materie e di energia in ingresso e in uscita** dalla fase di cantiere rappresentabili da schemi di flusso quale, ad esempio, quello di seguito riportato:

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



Figura 25. Flussi di input e output in fase di cantiere



Di seguito è proposta una matrice di valutazione che identifica i possibili **Impatti ambientali** derivanti dalla fase di cantiere e, per ciascuno di essi, propone degli **Indicatori KPI** da utilizzare per la loro quantificazione.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in Atmosfera	<p>Durante la realizzazione dell'opera, le emissioni in atmosfera sono principalmente riconducibili a:</p> <ol style="list-style-type: none"> produzione di polveri dovuta alla movimentazione dei terreni emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera dai motori dei mezzi impegnati nelle attività di costruzione, emissioni di polveri in atmosfera da movimenti terra, traffico mezzi e costruzioni, emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto <p>Il traffico di mezzi terrestri, in ingresso e in uscita dall'area di cantiere durante la costruzione dell'impianto, è imputabile essenzialmente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> trasporti di materiale da cava; trasporti per conferimento a discarica di rifiuti; trasporto di materiali da costruzione; movimentazione degli addetti alle attività di costruzione. 	<ol style="list-style-type: none"> Per ogni tipologia di mezzi di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> n. mezzi mese o giorno Potenza (kW) NOx [kg/h] PTS [kg/h] Volumi di terra movimentata (m³)/anno Quantità di particolato fine (PM10) sollevato in atmosfera durante le attività di cantiere: <p>Per quanto riguarda la stima della quantità di particolato fine (PM10) sollevato in atmosfera durante le attività di cantiere si può riferimento alla metodologia "AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles".</p> <p>In particolare, con riferimento al maggior contributo alle emissioni di polveri derivante dalla movimentazione del materiale dai cumuli, viene utilizzata l'equazione empirica suggerita nella sezione "Materialhandlingfactor", che permette di definire i fattori di emissione per tonnellata di materiali di scavo rimossi:</p> $E = k \cdot (0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ <p>dove: E = fattore di emissione di PM10 (kg polveri/tonnellata materiale rimosso), U = velocità del vento (assunta pari a 3 m/s;</p>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
		<p>M = contenuto di umidità del suolo nei cumuli (assunto, molto cautelativamente, pari a 4%;</p> <p>k = fattore moltiplicatore per i diversi valori di dimensione del particolato; per il PM10 (diametro inferiore ai 10 µm) si adotta pari a 0.35.</p> <p>Tale formula permette di stimare il contributo delle attività di gran lunga più gravose per la dispersione di polveri sottili, connesse a:</p> <ul style="list-style-type: none"> carico del terreno/inerti su mezzi pesanti; carico di terreno/inerti e deposito in cumuli; dispersione della parte fine per azione del vento dai cumuli. <p>4) Emissioni da Traffico Terrestre Indotto in Fase di Cantiere</p> <p>Le emissioni da traffico terrestre possono essere stimate a partire dai fattori di emissione EMEP/EEA:</p> <p>per tipologia mezzo:</p> <p>NO_x [g/km] SO₂ [g/km] PM10 [g/km]</p> <p>5) Stima delle Emissioni dai Mezzi di Cantiere</p> <p>Emissioni orarie generate dai singoli mezzi di cantiere terrestri considerando la condizione più gravosa ossia la contemporaneità del maggior numero di mezzi:</p> <p>NO_x [kg/h] SO_x [kg/h] PTS [kg/h]</p> <p>6) Stima delle Polveri Generate da Movimentazione Terreno:</p> <p>stima delle emissioni giornaliere derivanti dal traffico stradale indotto dalla fase realizzativa delle opere</p> <p>NO_x [kg/giorno] SO₂ [kg/giorno] PM10 [kg/giorno]</p>
<p>Prelievi Idrici</p>	<p>I prelievi idrici in fase di cantiere sono principalmente dovuti a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) umidificazione delle aree di cantiere per limitare le emissioni di polveri dovute alle attività di movimento terra; 	<p>Consumi idrici:</p> <p>m³/anno</p>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<ul style="list-style-type: none"> b) usi civili connessi alla presenza del personale addetto alla costruzione. c) Una ulteriore quota di prelievi idrici è prevista durante la fase di <i>commissioning</i> relativa alla prova idraulica del serbatoio e delle tubazioni. 	
Scarichi Idrici	<p>Gli scarichi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) acque meteoriche dilavanti le aree di cantiere. Tali acque saranno collettate/inviolate a una vasca destinata (durante l'esercizio) alla gestione e smaltimento delle acque meteoriche di prima e seconda pioggia. Lo scarico delle acque a valle del trattamento in vasca potrà essere convogliato in un recettore (scarico che dovrà essere appositamente autorizzato da Ente preposto); b) le acque di aggotamento degli scavi saranno collettate e successivamente trattate mediante impianto di trattamento dedicato e da lì inviate a pubblica fognatura mediante condotta (provvisoria) dedicata; c) scarichi delle acque necessarie per le attività di <i>commissioning</i> di condotte dell'impianto e serbatoi GNL. Tali acque saranno scaricate a mare previo opportuno filtraggio, trattamento e controllo della qualità dell'acqua di collaudo. Alternativamente potranno essere previsti in fase di ingegneria di dettaglio del collaudo, gli opportuni trattamenti per lo smaltimento: in tale caso, l'acqua di collaudo non andrebbe più considerata come scarico bensì come rifiuto; d) produzione di reflui di origine civile legati alla presenza della manodopera coinvolta nelle attività di cantiere. <p>Ambiente idrico superficiale e marino Le interazioni, in fase di cantiere, tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) scarico di effluenti liquidi, b) modifica del drenaggio superficiale dell'area interessata dall'opera, c) occupazione/limitazione d'uso degli specchi acquei, d) potenziali spillamenti/spandimenti accidentali dai mezzi utilizzati per la costruzione. 	<p>Parametri di cui all'All. 5, P. Terza, D.Lgs n. 152 del 03.04.06 (Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo)</p>
Emissioni sonore	<p>Durante le attività di cantiere la generazione di emissioni acustiche è imputabile al funzionamento dei macchinari impiegati per le varie lavorazioni di cantiere e per il trasporto dei materiali. La definizione del rumore emesso nel corso dei lavori di costruzione non è facilmente quantificabile in quanto condizionata da una serie di variabili, fra cui:</p>	<p>1) Sulla base della Classe Acustica comunale Limiti Acustici [dB(A)] Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)]</p>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ intermittenza e temporaneità dei lavori; ▪ uso di mezzi mobili dal percorso difficilmente definibile. Ulteriori emissioni sonore in fase di cantiere saranno generate dal traffico di mezzi destinati al trasporto dei materiali e del personale addetto. Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte: <ol style="list-style-type: none"> a) emissioni sonore da mezzi e macchinari, b) emissioni di vibrazioni da mezzi e macchinari, c) emissioni sonore da traffico terrestre indotto. 	Immissione (Diurno – Notturno) [dB(A)] 2) Per ogni tipologia di mezzo: potenza sonora [dB(A)] n. mezzi 3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB] 4) Rumorosità Veicoli (dBA)
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<ol style="list-style-type: none"> a) Occupazione aree di cantiere b) Materiali edili (es. calcestruzzo) c) Carburanti d) Energia elettrica e) Manodopera: presenza di addetti durante le attività di realizzazione del deposito. Tale presenza si avrà durante la fase di realizzazione dei serbatoi e delle principali apparecchiature di impianto. f) Movimentazione di Terre e Rocce da Scavo. In fase di cantiere si prevede la movimentazione di terre e rocce ad esempio per: <ul style="list-style-type: none"> ▪ il livellamento del terreno; ▪ la realizzazione delle fondazioni delle principali apparecchiature (sistemi su pali) e delle palazzine (soluzione su basamento in cemento armato); ▪ la posa delle condotte destinate all’approvvigionamento dell’acqua antincendio e della rete di smaltimento delle acque di prima e seconda pioggia; ▪ l’adeguamento della vasca di trattamento acque. 	Principali consumi di risorse sono relativi a: <ol style="list-style-type: none"> 1) calcestruzzo, principalmente per la realizzazione delle fondazioni dei serbatoi (GNL e acqua antincendio) e degli altri edifici/equipment presenti (peso); 2) carpenteria metallica, tubazioni, apparecchi ed impianti elettrostrumentali (peso); 3) materiali per isolamento e prodotti di verniciature (peso); 4) volumi di terra movimentata in termini di scavi, riporti e rinterri, in fase di cantiere (m³) 5) Energia elettrica (KWh) 6) Acqua (m³) 7) Occupazione suolo (m³ area di cantiere)
Produzione di Rifiuti	Le principali tipologie di rifiuti prodotti durante la fase di cantiere sono: <ol style="list-style-type: none"> a) rifiuti liquidi da usi civili b) carta e legno proveniente dagli imballaggi delle apparecchiature, etc.); c) residui plastici; 	Per codice CER: <ol style="list-style-type: none"> 1) tonn/anno di rifiuti prodotti totali 2) tonn/anno rifiuti destinati a recupero 3) tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”

Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<p>d) terre e rocce da scavo non riutilizzabili in sito, le cui volumetrie da inviare a smaltimento saranno quantificate solo a valle della verifica delle caratteristiche geotecniche e ambientali necessarie a consentirne il riutilizzo.</p> <p>e) cemento e calcestruzzo derivanti dalla dismissione degli edifici esistenti;</p> <p>f) residui ferrosi;</p> <p>g) materiali isolanti;</p> <p>h) oli.</p> <p>I rifiuti non riutilizzabili saranno smaltiti presso discariche autorizzate previa attribuzione del codice C.E.R. ed in completa ottemperanza delle normative vigenti in materia di rifiuti.</p> <p>I rifiuti generati verranno sempre smaltiti nel rispetto della normativa vigente. In particolare, ove possibile, si procederà alla raccolta differenziata volta al recupero delle frazioni riutilizzabili. Eventuali stoccaggi temporanei all'aperto di rifiuti speciali non pericolosi saranno provvisti di bacini di contenimento impermeabili. I rifiuti speciali, liquidi e solidi, previsti in piccolissime quantità, prodotti durante l'esercizio o nel corso di attività di manutenzione ordinaria e straordinaria, saranno gestiti secondo la vigente normativa in materia di rifiuti, e trasportati e smaltiti da ditte specializzate.</p>	
<p>Traffico Mezzi</p>	<p>Il traffico di mezzi terrestri, in ingresso e in uscita dall'area di cantiere durante la costruzione dell'impianto, è imputabile essenzialmente a:</p> <p>a) trasporti di materiale da cava;</p> <p>b) trasporti per conferimento a discarica di rifiuti (materiali da demolizione, reflui di origine civile e terreni non riutilizzati in sito).</p> <p>c) trasporto di materiali da costruzione;</p> <p>d) movimentazione degli addetti alle attività di costruzione.</p> <p>La viabilità e gli accessi all'area di cantiere principale sono assicurati dalle strade esistenti che sono in grado di far fronte alle esigenze del cantiere in considerazione della vicinanza dalle principali direttrici di traffico dell'area.</p> <p>Saranno inoltre previsti alcuni transiti di camion per trasporti eccezionali per l'approvvigionamento di alcune tipologie di materiale da costruzione: il numero di tali transiti sarà di entità trascurabile rispetto al totale dei traffici in fase di cantiere.</p>	<p>Si veda la sezione relativa a Emissioni in atmosfera</p>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Contaminazione suolo e sottosuolo	Le interazioni tra il progetto e la componente suolo e sottosuolo possono essere così riassunte: <ul style="list-style-type: none"> a) utilizzo di materie prime e gestione terre e rocce da scavo, b) interazioni con i flussi idrici sotterranei per scavi/fondazioni, c) produzione di rifiuti, d) occupazione/limitazioni d'uso di suolo, e) potenziale contaminazione del suolo per effetto di spillamenti/spandimenti dai mezzi utilizzati per la costruzione 	Per gli indicatori si vedano le relative sezioni: <ul style="list-style-type: none"> - materie prime - prelievi e scarichi idrici - rifiuti

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



4.3.2 Operatività dell'infrastruttura di stoccaggio del GNL

Si ipotizza che lo scopo dell'impianto sia quello di ricevere il GNL da adeguate navi metaniere di medie dimensioni denominate "Carrier Vessel" e di scaricarlo nei serbatoi di stoccaggio e che esso venga successivamente utilizzato, prevalentemente in forma liquida, come combustibile per utilizzo industriale, terrestre e navale, e parzialmente come gas naturale per essere distribuito nelle reti di gasdotti già parzialmente esistenti nella zona.

4.3.2.1 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori

Analogamente alla fase di cantiere, sulla base delle attività ipotizzate sopra, su piano operativo sarà possibile effettuare una stima dei **flussi di materie e di energia in ingresso e in uscita** dalla fase di esercizio dell'impianto rappresentabili da schemi di flusso quale ad esempio quello di seguito riportato:

Figura 26. Flussi di input e output in fase di esercizio



Segue la matrice di valutazione creata in maniera analoga alla precedente, associata alla identificazione e quantificazione degli impatti potenzialmente connessi all'opera in progetto, con riferimento alle fasi di esercizio.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
<p>Emissioni Atmosfera in</p>	<p>In linea di massima, le principali fonti inquinanti saranno le seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> Emissioni di inquinanti dalle sorgenti presenti in impianto e dal traffico marittimo e terrestre indotto emissioni dal traffico terrestre e marittimo indotto, che comporteranno il transito massimo annuale di mezzi. Fumi combustione torcia Boil Off Gas (BOG) prodotto dall'evaporazione nei serbatoi di stoccaggio: le emissioni in atmosfera potranno essere molto contenute o addirittura assenti in funzione della disponibilità di smaltire il BOG. <p>Interazioni tra il Progetto e la Componente <i>Clima</i></p> <p>Le interazioni tra il progetto e la climatologia saranno connesse alle emissioni in atmosfera di gas climalteranti durante la fase di esercizio dell'impianto (principalmente emissioni da traffico indotto). È stata esclusa dall'analisi oggetto del presente documento la potenziale interazione causata dalle emissioni di climalteranti in fase di cantiere, dal momento che l'impatto sulla componente è tipicamente connesso ad emissioni costanti su un lungo periodo di tempo, superiore a quello della durata delle attività di costruzione.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Biossido di Carbonio (CO₂): t/anno Ossidi di azoto (NO_x); µg/m³ Biossido di zolfo (SO₂); µg/m³ Monossido di carbonio (CO); µg/m³ Polveri, intese come particolato totale (TSP); µg/m³. Polveri sottili emesse dai motori (PM2,5 e PM10); µg/m³. Emissioni annue da traffico marittimo. Per poter associare ad ogni mezzo navale un fattore emissivo rappresentativo, può essere preso come riferimento di letteratura il testo dell'<i>EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016</i>: sarà così possibile identificare, per ogni mezzo navale e inquinante (NO_x - SO₂ - PM10 - CO) un fattore emissivo specifico (espresso in g/kWh) in funzione delle potenze e tipologie dei motori presenti a bordo e del tipo di carburante utilizzato. Stima emissioni di CO₂ prodotte dal traffico marittimo indotto: Quantità di CO₂ emessa in funzione della potenza installata sulla nave: gCO₂/kWh La stima delle emissioni di ciascuna tipologia di mezzo viene condotta moltiplicando il fattore emissivo, la potenza installata sulla nave, la durata della fase ed il traffico annuale. Per tipologia mezzi navali: <ul style="list-style-type: none"> - Capacità [m³] - Emissioni CO₂ annuali [t CO₂/anno] Emissioni annue da Traffico terrestre. Per tipologie mezzi (camion e autovetture) stima di NO_x, SO₂ e PM10 [kg/giorno] La stima delle emissioni di CO₂ da traffico terrestre può essere effettuata a partire dai fattori di emissione EMEP/EEA.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
		<p>Tale metodologia permette di stimare le emissioni della CO₂ con la seguente equazione:</p> $E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E_i= emissione CO₂ [g]; • FC_{j,m} =consumo di combustibile per categoria di veicolo j usando il combustibile m [kg]; • EF_{i,j,m}= fattore di emissione relativo al consumo di carburante specifico della sostanza i, per la categoria di veicolo j e il combustibile m [g/kg].
Prelievi Idrici	<p>a) prelievi idrici per le necessità operative</p> <p>Per quanto riguarda la matrice idrica a regime potrà essere prevista la possibilità di effettuare un emungimento dall'acqua di mare ed in conseguenza, un piccolo scarico della stessa acqua utilizzata per il raffreddamento della stazione di compressione. L'acqua durante il raffreddamento subirà solamente un piccolo aumento di temperatura ed i parametri nel punto di scarico dovranno essere conformi ai disposti del D.Lgs. 152/06.</p> <p>Gli impatti introdotti dall'impianto, possono quindi considerarsi essenzialmente di natura transitoria ed inerenti alle fasi di realizzazione dello stesso: dal cantiere allo start-up.</p>	Consumi idrici: m ³ /anno
Scarichi Idrici	<p>Ambiente idrico superficiale e marino</p> <p>Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:</p> <ol style="list-style-type: none"> scarico di effluenti liquidi, impermeabilizzazione aree superficiali e modifica del drenaggio superficiale, potenziale contaminazione delle acque per effetto di spillamenti/spandimenti accidentali in fase di esercizio 	Parametri di cui all'All. 5, P. Terza, D.Lgs n. 152 del 03.04.06 (Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo)
Emissioni sonore	<p>Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:</p> <ol style="list-style-type: none"> emissioni sonore e di vibrazioni da macchinari degli impianti, 	<ol style="list-style-type: none"> Sulla base della Classe Acustica comunale: <ul style="list-style-type: none"> Limiti Acustici [dB(A)]

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	b) emissioni sonore connesse al traffico indotto (terrestre e marittimo). Esempi di sorgenti acustiche (apparecchiature): <ul style="list-style-type: none"> - Bracci di Carico LNG/Vapore - Pompe Intank criogeniche - Pompe depressurizzazione GNL - Compressori BOG - Compressori aria strumenti/servizi - Elettropompe - Pompa diesel antincendio - Package generatori diesel di emergenza - Torcia - Pompe rilancio acque meteoriche - Pompe rilancio vasca torcia - Pompe rilancio vasca serbatoi drenaggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] - Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] - Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)] 2) Per ogni tipologia di mezzo: <ul style="list-style-type: none"> - potenza sonora [dB(A)] - n. mezzi 3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	a) Energia elettrica b) Risorsa idrica c) gasolio, per l'alimentazione del generatore diesel di emergenza d) azoto, necessario per l'inertizzazione e lo spiazzamento dei componenti e/o sistema e) combustibili f) lubrificanti g) additivi chimici. I fluidi consumati in fase di esercizio sono: <ul style="list-style-type: none"> ▪ riforniti da deposito oli ▪ forniti tramite autobotti, diesel, o prelevati da reti esterne. 	1) Consumi energia elettrica (kWh) 2) Consumi di acqua (m ³ /anno) 3) Quantità di azoto (utilizzo: Bracci di carico –Serbatoio – Compressori – Manichette di carico – Torcia Inertizzazione linee – serbatoi – flussaggio KO drum di banchina) (Nm ³ /h) 4) Aria compressa (utilizzo: Officina, Torcia, Bracci di Carico, etc.) (Nm ³ /h) 5) Gasolio (utilizzi: Generatori di emergenza - Pompe antincendio) (m ³ /h) 6) Occupazione suolo (m ³ area).
Produzione di Rifiuti	I principali rifiuti prodotti in fase di esercizio deriveranno da: <ul style="list-style-type: none"> a) attività di processo o ad esse riconducibili, quali la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti; b) attività di tipo civile (uffici, mensa). 	Per codice CER: <ul style="list-style-type: none"> - tonn/anno di rifiuti prodotti totali - tonn/anno rifiuti destinati a recupero - tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	Durante l'esercizio o nel corso di attività di manutenzione ordinaria e straordinaria, i rifiuti saranno gestiti secondo la vigente normativa in materia, e trasportati e smaltiti da ditte specializzate autorizzate.	
Contaminazione suolo e sottosuolo	<p>Gli impatti su suolo e sottosuolo potranno essere trascurabili in virtù del fatto che in tutta probabilità l'area d'intervento si presenta già fortemente antropizzata e destinata ad attività produttive. Interazioni tra il progetto e la componente suolo e sottosuolo possono essere così riassunte:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) potenziale contaminazione del suolo per effetto di spillamenti/spandimenti in fase di esercizio, b) occupazione/limitazioni d'uso di suolo per la presenza degli impianti c) ricadute di Inquinanti da Traffico Navale: ricadute al suolo generate dalle emissioni di inquinanti gassosi e polveri associate al traffico dei mezzi navali durante la fase di operatività del Deposito Costiero. 	<p>Per gli altri indicatori si vedano le relative sezioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - materie prime - prelievi e scarichi idrici - rifiuti

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



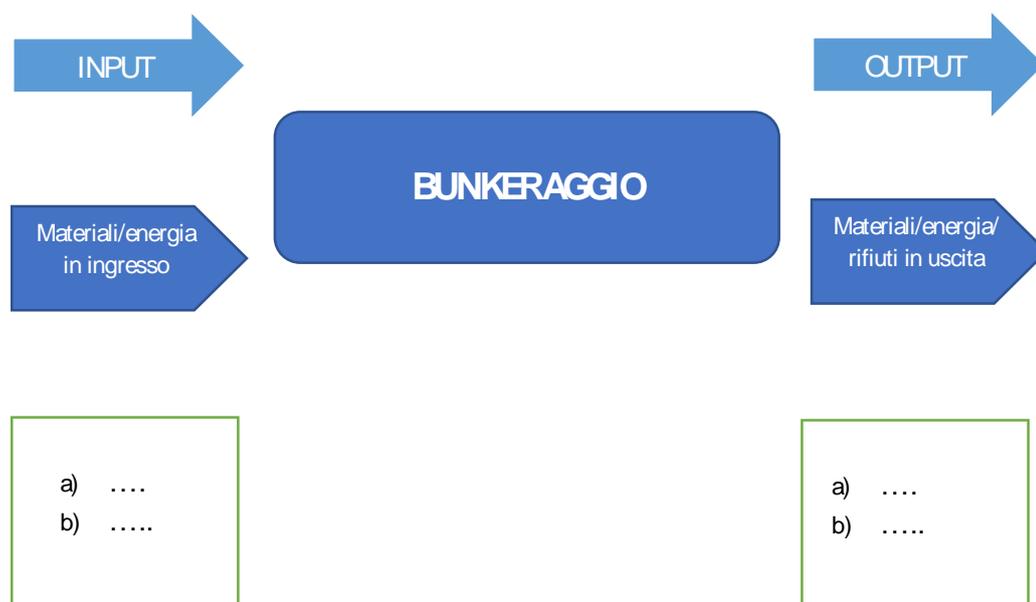
4.3.3 Operazioni di bunkering di GNL

Come descritto nella sezione 1.4, le principali modalità di rifornimento del GNL per il trasporto marittimo (bunkeraggio) sono le seguenti:

1. *Ship-to-Ship* (STS): è il trasferimento di GNL da una nave o chiatta, con GNL come carico, ad un'altra nave per l'utilizzo come combustibile;
2. *Truck-to-Ship* (TTS): è il trasferimento di GNL dal serbatoio di un'autobotte a una nave ormeggiata al molo o al pontile. In genere, questa operazione è intrapresa collegando un tubo flessibile criogenico progettato per il servizio GNL da impianto a terra a nave;
3. *Port-to-Ship* (PTS): il GNL viene trasferito da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra attraverso una linea criogenica con bracci di carico (nel caso di un serbatoio di stoccaggio di un terminale di rigassificazione), con una estremità flessibile (*Pipeline*) o il tubo di una nave ormeggiata ad una banchina o molo nelle vicinanze (*Shore*);
4. *Cisterne mobili o ISO-container criogenici*: Possono essere utilizzate come deposito di carburante movimentabile e la quantità di prodotto trasferita è flessibile in quanto dipende dal numero di cisterne.

Procedendo secondo una logica LCA, tralasciando la specifica tecnologia di bunkering utilizzata, lo schema di processo e dei flussi di materie ed energia in ingresso e in uscita è rappresentabile come nell'esempio successivo:

Figura 27. Flussi di input e output in fase di bunkering di GNL



Nel seguito, per ciascuna delle opzioni tecnologiche praticabili vengono fornite alcune indicazioni utili all'esecuzione pratica dei passaggi operativi di allocazione dei flussi al

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto

processo elementare di bunkeraggio e alla definizione delle classi delle problematiche ambientali e degli indicatori di performance.

4.3.3.1 *Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori— Opzione STS*

Assumendo il caso studio dell'opzione **Ship-to-Ship (STS)**, il relativo processo di bunkering di GNL a livello marittimo-portuale potrebbe essere articolato nelle seguenti sottofasi operative:

- a) Attracco di navi da rifornire³⁶
- b) Trasferimento del prodotto liquido da nave o chiatta come carico (nave bunker o bettolina) ad altra nave come combustibile
- c) Manutenzioni
- d) Servizio di emergenza

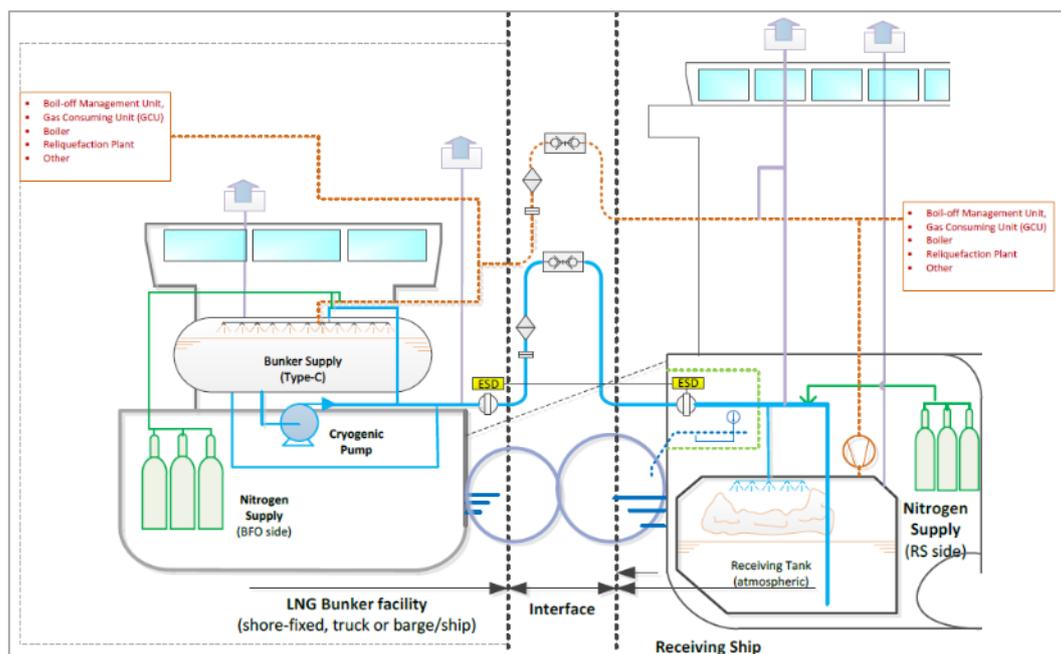
Su piano operativo l'operazione di trasferimento del GNL può assumere una configurazione del tipo seguente che evidenzia elementi di input e output che occorrerà prendere in considerazione nello studio LCA.

³⁶ A tal proposito si rammenta che tra i principali vantaggi di questo tipo di rifornimento vi è la possibilità di operare in mare anche senza dover entrare in porto se le condizioni metereologiche e del moto ondoso lo consentono, oltre alla possibilità di movimentare ingenti volumi di prodotto in tempi veloci (MISE “*Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL*”, All. al Cap.2).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto

Figura 28. Rappresentazione generica del sistema di STS Bunkering (caso di trasferimento di GNL tra serbatoio pressurizzato di tipo C e serbatoio atmosferico di tipo A o B)



Fonte: Guida EMSA2018, cit.

Segue un'ipotesi di matrice di identificazione dei possibili impatti ambientali associati alle diverse fasi di bunkeraggio secondo tale opzione e dei corrispondenti Indicatori chiave.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in atmosfera;	<p>Emissioni di inquinanti indotte dal traffico marittimo e terrestre.</p> <p>Posso essere considerate trascurabili le emissioni generate da un eventuale servizio di emergenza assicurato da generatori diesel</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fase di approvvigionamento (navi bunker): <ul style="list-style-type: none"> - n. arrivi/anno * - capacità nave m³ 2) distribuzione del GNL (m³/anno) 3) stima dei traffici marittimi previsti n. mezzi /giorno. 4) gas clima-alternati: <ul style="list-style-type: none"> - biossido di Carbonio (CO₂): t/anno - ossidi di azoto (NO_x); µg/m³ - biossido di zolfo (SO₂); µg/m³ - monossido di carbonio (CO); µg/m³ - polveri, intese come particolato totale (TSP): µg/m³. - polveri sottili emesse dai motori (PM_{2,5} e PM₁₀: µg/m³).
Prelievi e scarichi idrici	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo idrico per usi industriali, limitati all'irrigazione ed al lavaggio di strade e piazzali, - Prelievi idrici per usi civili 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consumo idrico (m³/anno) 2) Parametri di cui all'All. 5, Parte III, D.Lgs. n.152/2006 Scarichi in acque

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<p>- Volumi di acqua necessaria al sistema antincendio; per quanto concerne tali volumi di acqua (e alle relative prove periodiche), può essere previsto il riutilizzo delle acque di seconda pioggia ricadenti sul deposito GNL, che saranno conferite mediante tubazione dedicata a serbatoi di stoccaggio.</p> <p>Le acque di prima pioggia dovranno essere convogliate a unità di trattamento</p> <p>Le acque di seconda pioggia, che scorreranno su superfici non soggette a contaminazione, dovranno essere convogliate a scarico in acque superficiali o a serbatoio di stoccaggio per successivo riuso.</p>	<p>superficiali, (Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo)</p> <p>3) Consumo m³/ora prelevati dalla rete industriale.</p>
Emissioni sonore	Le emissioni sonore connesse all'attività sono dovute al traffico di mezzi marittimi	<p>1) Sulla base della Classe Acustica comunale:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limiti Acustici [dB(A)] - Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] - Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] - Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)] <p>2) Per ogni tipologia di mezzo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potenza sonora [dB(A)] - n. mezzi <p>3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]</p>
Rifiuti	<p>I principali rifiuti prodotti deriveranno da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - attività di processo o ad esse riconducibili, quali la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti - scarichi accidentali al mare di idrocarburi 	<p>Per codice CER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonn/anno di rifiuti prodotti totali - tonn/anno rifiuti destinati a recupero - tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<p>a) Energia elettrica</p> <p>b) Risorsa idrica</p> <p>c) Carburante</p>	<p>1) Consumi carburante (Litri/anno)</p> <p>2) Consumi energia elettrica (kWh)</p> <p>3) Consumi di acqua (m³/anno)</p>

4.3.3.2 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione TTS

Assumendo il caso studio dell'opzione **Truck-to-Ship (TTS)**, tale tipologia di bunkering può essere articolata nelle seguenti sottofasi operative:

- Attracco di navi da rifornire
- Arrivo autobotte
- Trasferimento del prodotto liquido da autobotte a nave
- Manutenzioni
- Servizio di emergenza

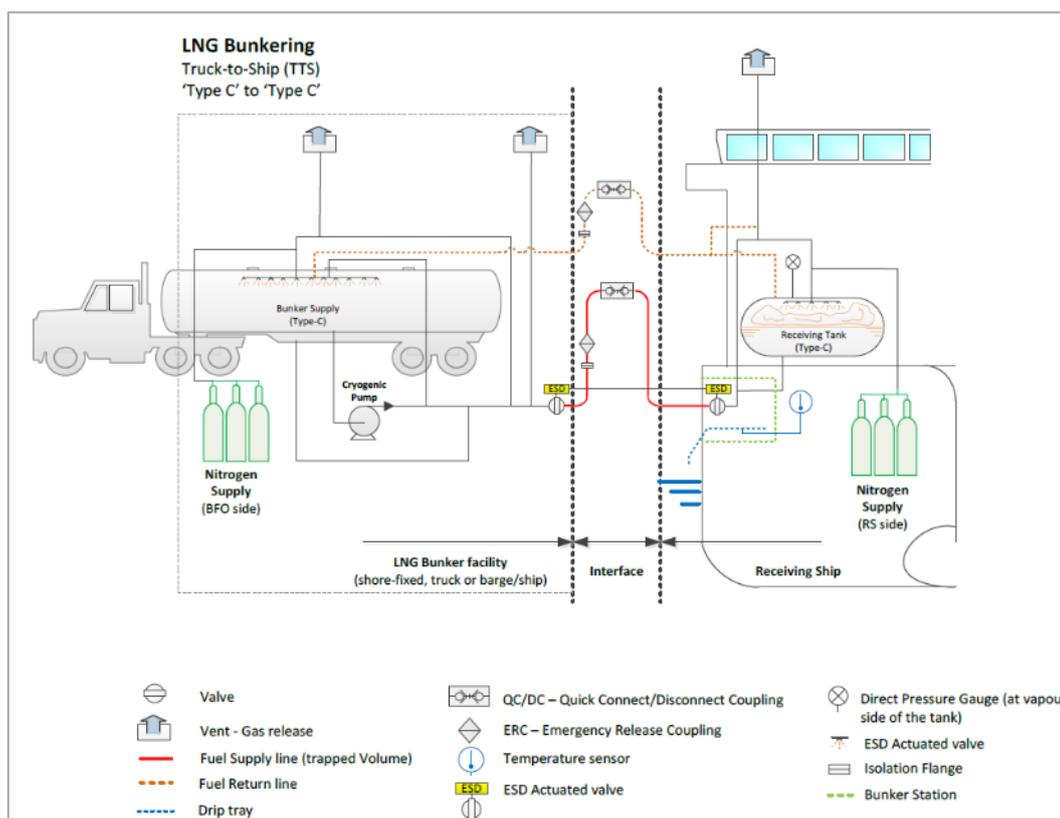
TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Su piano operativo l'operazione di trasferimento del GNL può assumere una configurazione del tipo seguente che evidenzia elementi di input e output che occorrerà prendere in considerazione nello studio LCA.

Figura 29. Rappresentazione generica del sistema di TTS Bunkering



Fonte: Guida EMSA2018, cit.

Segue un'ipotesi di matrice di identificazione dei possibili impatti ambientali associati alle diverse fasi di bunkeraggio secondo tale opzione e dei corrispondenti Indicatori chiave.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in atmosfera	<p>Emissioni di inquinanti indotte dal traffico marittimo e terrestre.</p> <p>Posso essere considerate trascurabili le emissioni generate da un eventuale servizio di emergenza assicurato da generatori diesel.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fase di approvvigionamento (autobotti): <ul style="list-style-type: none"> - n. arrivi/anno * - capacità m³ 2) Distribuzione del GNL (m³/anno) 3) Stima dei traffici terrestri previsti n. mezzi o transiti/giorno 4) Gas climalternati: <ul style="list-style-type: none"> - biossido di Carbonio (CO₂): t/anno - ossidi di azoto (NO_x): µg/m³ - biossido di zolfo (SO₂): µg/m³ - monossido di carbonio (CO); µg/m³

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
		<ul style="list-style-type: none"> - polveri, intese come particolato totale (TSP): $\mu\text{g}/\text{m}^3$. - polveri sottili emesse dai motori (PM_{2,5} e PM₁₀): $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Prelievi e scarichi idrici	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo idrico per usi industriali, limitati all'irrigazione ed al lavaggio di strade e piazzali, - Prelievi idrici per usi civili - Volumi di acqua necessaria al sistema antincendio; per quanto concerne tali volumi (e relative prove periodiche), può essere previsto il riutilizzo delle acque di seconda pioggia ricadenti sul deposito GNL, conferite mediante tubazione dedicata a serbatoi di stoccaggio. <p>Le acque di prima pioggia dovranno essere convogliate a unità di trattamento Le acque di seconda pioggia, che scorreranno su superfici non soggette a contaminazione, dovranno essere convogliate a scarico in acque superficiali o a serbatoio di stoccaggio per successivo riuso.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consumo idrico (m^3/anno) 2) Parametri di cui all'All. 5, Parte Terza, D.Lgs. n.152/06 (Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo) 3) Consumo m^3/ora prelevati dalla rete industriale.
Emissioni sonore	<p>Le emissioni sonore connesse all'attività sono dovute al traffico di mezzi terrestri e marittimi, ossia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - traffico di mezzi terrestri leggeri e pesanti per approvvigionamento di materiali di consumo e di trasporto addetti; - traffico di autocisterne per la distribuzione di GNL 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sulla base della Classe Acustica comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Limiti Acustici [dB(A)] - Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] - Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] - Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)] 2) Per ogni tipologia di mezzo: <ul style="list-style-type: none"> - potenza sonora [dB(A)] - n. mezzi 3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]
Rifiuti	<p>I principali rifiuti prodotti deriveranno da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - attività di processo o ad esse riconducibili, quali la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti - scarichi accidentali al mare di idrocarburi 	<p>Per codice CER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonn/anno di rifiuti prodotti totali - tonn/anno rifiuti destinati a recupero - tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<ol style="list-style-type: none"> a) Energia elettrica b) Risorsa idrica c) Carburante 	<ol style="list-style-type: none"> 1) consumi carburante (Litri/anno) 2) consumi energia elettrica (kWh) 3) consumi di acqua (m^3/anno)

4.3.3.3 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione PTS

Assumendo il caso studio dell'opzione **Port-to-Ship (PTS)**, tale tipologia potrebbe essere articolata nelle seguenti sottofasi operative:

TDI RETE-GNL

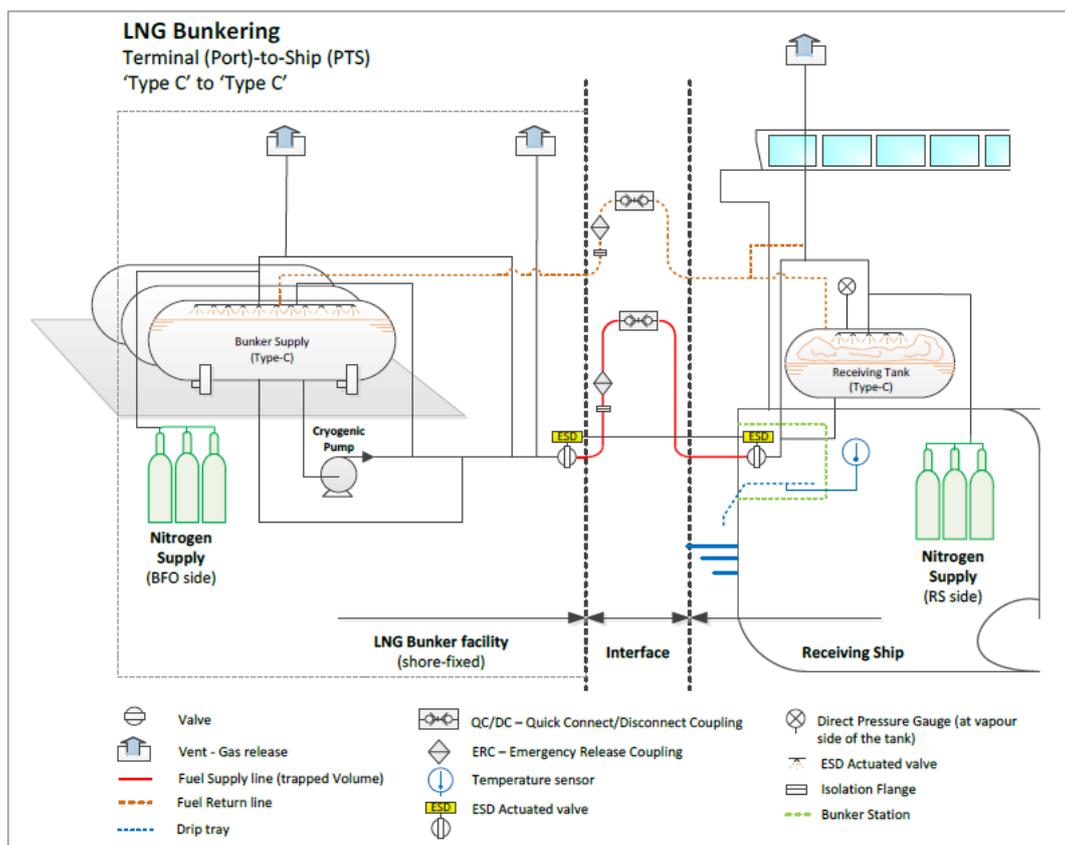
Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



- a) Arrivo autobotte/treno/bettolina
- b) Trasferimento GNL a serbatoio di stoccaggio fisso a terra
- c) Trasferimento GNL da serbatoio a nave attraverso linea criogenica o tubo nave ormeggiata
- d) Manutenzioni
- e) Servizio di emergenza

Su piano operativo l'operazione di trasferimento del GNL può assumere una configurazione del tipo seguente che evidenzia elementi di input e output che occorrerà prendere in considerazione nello studio LCA.

Figura 30. Rappresentazione generica del sistema di PTS Bunkering (caso di trasferimento di GNL tra serbatoi pressurizzati di tipo C)



Fonte: Guida EMSA2018, cit.

Segue un'ipotesi di matrice di identificazione dei possibili impatti ambientali associati alle diverse fasi di bunkeraggio secondo tale opzione e dei corrispondenti Indicatori chiave.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in atmosfera	<p>Emissioni di inquinanti indotte dal traffico marittimo e terrestre.</p> <p>Posso essere considerate trascurabili le emissioni generate da un eventuale servizio di emergenza assicurato da generatori diesel</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fase di approvvigionamento serbatoio: <ul style="list-style-type: none"> - n. arrivi/anno * - capacità mezzo m³ 2) Fase di distribuzione con linea criogenica: <ul style="list-style-type: none"> - distribuzione del GNL (m³/anno) 3) gas clima-alternati: <ul style="list-style-type: none"> - biossido di Carbonio (CO₂): t/anno - ossidi di azoto (NO_x); µg/m³ - biossido di zolfo (SO₂); µg/m³ - monossido di carbonio (CO); µg/m³ - polveri, intese come particolato totale (TSP): µg/m³ - polveri sottili emesse dai motori (PM_{2,5} e PM₁₀): µg/m³
Prelievi e scarichi idrici	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo idrico per usi industriali, limitati all'irrigazione ed al lavaggio di strade e piazzali, - Prelievi idrici per usi civili - Volumi di acqua necessari al sistema antincendio; per quanto concerne tali volumi (e relative prove periodiche) può essere previsto il riutilizzo delle acque di seconda pioggia ricadenti sul deposito GNL, che saranno conferite mediante tubazione dedicata a serbatoi di stoccaggio. <p>Le acque di prima pioggia dovranno essere convogliate a unità di trattamento</p> <p>Le acque di seconda pioggia, che scorreranno su superfici non soggette a contaminazione, dovranno essere convogliate a scarico in acque superficiali o a serbatoio di stoccaggio per successivo riuso.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consumo idrico (m³/anno) 2) Parametri di cui all'All. 5, Parte III, D.Lgs. n. 152/2006 (Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo) 3) Consumo m³/ora prelevati dalla rete industriale.
Emissioni sonore	<p>Le emissioni sonore connesse all'attività sono dovute al traffico di mezzi marittimi e terrestri</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sulla base della Classe Acustica comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Limiti Acustici [dB(A)] - Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] - Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] - Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)] 2) Per ogni tipologia di mezzo: <ul style="list-style-type: none"> - potenza sonora [dB(A)] - n. mezzi 3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Rifiuti	<p>I principali rifiuti prodotti deriveranno da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - attività di processo o ad esse riconducibili, quali la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti - scarichi accidentali al mare di idrocarburi. <p>L'ubicazione dello stoccaggio GNL a terra dovrà essere il più vicino possibile alla riva per minimizzare la lunghezza delle tubazioni.</p>	<p>Per codice CER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonn/anno di rifiuti prodotti totali - tonn/anno rifiuti destinati a recupero - tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<ul style="list-style-type: none"> a) Energia elettrica b) Risorsa idrica c) Carburante 	<ul style="list-style-type: none"> 1) consumi carburante (Litri/anno) 2) consumi energia elettrica (kWh) 3) consumi di acqua (m³/anno)

4.3.3.4 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori – Opzione Mobile Fuel Tank

Assumendo il caso studio dell'opzione **Mobile Fuel Tank**, tale tipologia potrebbe essere articolata nelle seguenti sottofasi operative:

- a) Arrivo/spostamento cisterna tramite autotreno, treno o nave
- b) Trasferimento GNL da cisterna mobile (ISO container) a nave
- c) Manutenzioni
- d) Servizio di emergenza

Segue un'ipotesi di matrice di identificazione dei possibili impatti ambientali associati alle diverse fasi di bunkeraggio secondo tale opzione e dei corrispondenti Indicatori chiave.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in atmosfera	<p>Emissioni di inquinanti indotte dal traffico marittimo e terrestre.</p> <p>Il servizio di emergenza potrà essere assicurato da generatori diesel (emissioni trascurabili).</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) distribuzione del GNL (m³/anno) 2) stima dei traffici terrestri/marittimi previsti (n. mezzi o transiti/giorno) 3) gas clima-alternati: <ul style="list-style-type: none"> - biossido di Carbonio (CO₂): t/anno - ossidi di azoto (NO_x); µg/m³ - biossido di zolfo (SO₂); µg/m³ - monossido di carbonio (CO); µg/m³ - polveri, intese come particolato totale (TSP): µg/m³ - polveri sottili emesse dai motori (PM_{2,5} e PM₁₀): µg/m³.
Prelievi e scarichi idrici	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo idrico per usi industriali, limitati all'irrigazione e al lavaggio di strade e piazzali, - Prelievi idrici per usi civili 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Consumo idrico (m³/anno)

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<ul style="list-style-type: none"> - volumi di acqua necessaria al sistema antincendio; per quanto concerne tali volumi di acqua (e alle relative prove periodiche), può essere previsto il riutilizzo delle acque di seconda pioggia ricadenti sul deposito GNL, che saranno conferite mediante tubazione dedicata a serbatoi di stoccaggio. <p>Le acque di prima pioggia dovranno essere convogliate a unità di trattamento</p> <p>Le acque di seconda pioggia, che scorreranno su superfici non soggette a contaminazione, dovranno essere convogliate a scarico in acque superficiali o a serbatoio di stoccaggio per successivo riuso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2) Parametri di cui all'All. 5, Parte III, D.Lgs. n. 152/06 (Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo) 3) Consumo m³/ora prelevati dalla rete industriale.
Emissioni sonore	<p>Le emissioni sonore connesse all'attività sono dovute al traffico di mezzi marittimi e terrestri</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) Sulla base della Classe Acustica comunale: <ul style="list-style-type: none"> - Limiti Acustici [dB(A)] - Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] - Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] - Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)] 2) Per ogni tipologia di mezzo: <ul style="list-style-type: none"> potenza sonora [dB(A)] n. mezzi 3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]
Rifiuti	<p>I principali rifiuti prodotti deriveranno da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - attività di processo o ad esse riconducibili, quali la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti - scarichi accidentali al mare di idrocarburi. <p>L'ubicazione dello stoccaggio GNL a terra dovrà essere il più vicino possibile alla riva per minimizzare la lunghezza delle tubazioni.</p>	<p>Per codice CER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonn/anno di rifiuti prodotti totali - tonn/anno rifiuti destinati a recupero - tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<ul style="list-style-type: none"> a) Energia elettrica b) Risorsa idrica c) Carburante 	<ul style="list-style-type: none"> 1) consumi carburante (Litri/anno) 2) consumi energia elettrica (kWh) 3) consumi di acqua (m³/anno)

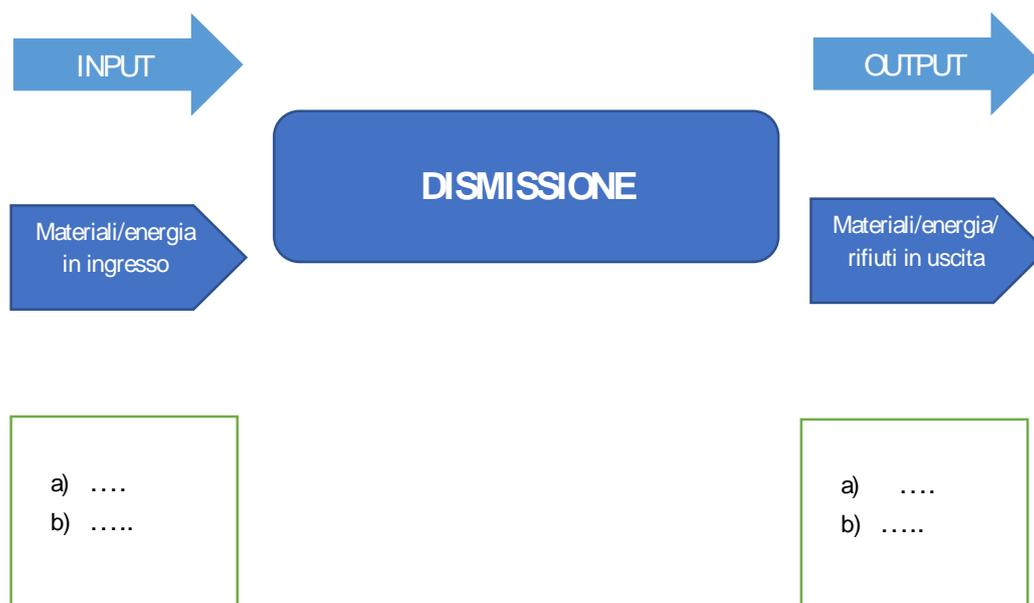
TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto

4.3.4 Decommissioning

Anche relativamente al processo finale di dismissione delle opere realizzate per il bunkering di GNL sarà possibile effettuare una stima dei flussi di materie e energia in ingresso e in uscita rappresentabili da schemi di flusso quello di esempio qui riportato:

Figura 31. Flussi di input e output per in fase di dismissione



A tal proposito occorre sottolineare che, in via preliminare a qualsiasi operazione di fine vita dovranno essere espletate tutte le procedure di bonifica e certificazione gas-free, nel rispetto della normativa vigente in materia di spazi confinati, indispensabile allo scopo di poter procedere alle attività della dismissione e rimozione delle infrastrutture dedicate al bunkering di GNL.

4.3.4.1 Allocazione dei flussi e selezione delle categorie di impatto e degli indicatori

Di seguito è riportata una stima dei possibili impatti ambientali associati all'attività di dismissione di un deposito.

In primo luogo, per quanto riguarda la fase di dismissione delle opere, la quantificazione di dettaglio delle interazioni con l'ambiente potrà essere identificata una volta sviluppato il progetto di demolizione dell'impianto. In ogni caso, la tipologia delle interazioni sarà simile a quella individuata per la fase di costruzione, sebbene di entità verosimilmente inferiore.

La fase di *decommissioning* e dismissione potrà essere appaltata a una o più ditte specializzate, munite di tutti i requisiti necessari per garantire le massime condizioni di sicurezza e di protezione dell'ambiente e della salute durante le operazioni sul sito.

La **fase di decommissioning** deve comprendere una serie di attività solitamente previste e normate all'interno del Piano Ambientale di Dismissione, propedeutiche alla fase di demolizione e smontaggio degli impianti.

Le attività previste nell'attività di *decomissioning* consentiranno di effettuare la sospensione dell'esercizio dell'impianto in condizioni di massima sicurezza.

Sotto questo profilo devono in particolare essere previste le seguenti attività:

- a) rimozione dei prodotti chimici, degli oli lubrificanti, dei combustibili e delle specifiche sostanze contenute nelle apparecchiature, nelle tubazioni e nei serbatoi dell'impianto;
- b) bonifica delle apparecchiature, delle tubazioni e dei serbatoi di stoccaggio per eliminare eventuali residui delle sostanze contenute.

Per la successiva **fase di demolizione**, verranno preventivamente individuate le tipologie di rifiuti generate dalle varie operazioni, stimandone la quantità e definendone le modalità di smaltimento e la destinazione finale. Inoltre, al fine di minimizzare la produzione di materiale da smaltire in discarica i materiali di risulta ottenuti dalla dismissione dell'impianto potranno essere in parte avviati a riutilizzo, mentre i terreni non pericolosi potranno essere reimpiegati quali materiali per rinterri oppure conferiti a discarica come rifiuto.

Tutte le operazioni di demolizione devono essere condotte applicando modalità organizzative, operative e gestionali tali da garantire la minimizzazione di tutti gli impatti connessi (es.: formazione di polveri, rumore, traffico, etc.).

Le attività previste nella fase di demolizione sono le seguenti:

- a) smantellamento dei componenti di impianto meccanici bonificati;
- b) smantellamento dei componenti elettrici;
- c) rimozione delle coibentazioni;
- d) demolizione degli edifici e delle strutture;
- e) rimozione dei materiali di risulta, in accordo alla normativa vigente governata dalla Parte quarta del D.Lgs. n.152/2006.

All'atto della dismissione dell'impianto, una volta verificato lo stato di qualità delle componenti ambientali interessate, si provvederà, quindi, al ripristino delle condizioni iniziali del sito.

Le modalità andranno concordate con gli Enti autorizzativi e di controllo e saranno effettuate in accordo con la destinazione d'uso dell'area. Tra questi, un ruolo di primo piano è ricoperto dalle Autorità di sistema portuale di riferimento che decideranno a seguito della convocazione di una Conferenza dei Servizi che vedrà la partecipazione di soggetti quali: Vigili del fuoco, Comune territorialmente competenze, Soprintendenza, etc.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



L'attività di ripristino delle condizioni iniziali del sito sarà caratterizzata dalle seguenti operazioni principali:

1. riempimento degli scavi;
2. rimodellazione del sito.

I riempimenti ed i ripristini sono solitamente condotti con escavatori e da camion per il trasporto di materiale. I riempimenti saranno effettuati per strati. La qualità e la granulometria dei terreni di riporto di norma devono essere definite con gli Enti autorizzativi e di controllo.

Per quanto riguarda l'identificazione dei possibili impatti ambientali associati a questi processi unitari finali, si veda lo schema successivo.

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
<p>Emissioni di polveri</p> <p>Produzione sostanze chimiche</p> <p>Produzione rifiuti</p> <p>Traffico veicolare</p> <p>Contaminazione suolo e sottosuolo</p> <p>Scarichi idrici</p> <p>Impatto acustico</p>	<p>Rimozione dei prodotti chimici, degli oli lubrificanti, dei combustibili e delle specifiche sostanze contenute nelle apparecchiature, nelle tubazioni e nei serbatoi dell'impianto;</p> <p>Smantellamento dei componenti di impianto meccanici bonificati.</p> <p>Bonifica d apparecchiature, tubazioni e serbatoi di stoccaggio per eliminare eventuali residui delle sostanze contenute.</p> <p>Smantellamento dei componenti elettrici.</p> <p>Rimozione delle coibentazioni.</p> <p>Demolizione degli edifici e delle strutture.</p> <p>Il D.Lgs. 152/2006 nell'All.V alla Parte V norma le emissioni di polveri in atmosfera; per le "emissioni di polveri provenienti da attività di produzione (..)di materiali pulverulenti" l'Art.1.1 ricorda che se si producono polveri devono essere previsti idonei sistemi di abbattimento.</p> <p>Per i macchinari dovrà essere previsto l'incapsulamento o la predisposizione di un idoneo sistema di abbattimento.</p> <p>Verranno preventivamente individuate le tipologie di rifiuti generate dalle varie operazioni, stimate le quantità e definite le modalità di gestione e il destino finale.</p> <p>Inoltre, per minimizzare il ricorso allo smaltimento in discarica, i materiali di risulta dalla dismissione dell'impianto potranno essere in parte avviati a riutilizzo e i terreni non pericolosi potranno essere reimpiegati per rinterri.</p> <p>Tutte le operazioni di demolizione verranno condotte applicando modalità organizzative, operative e gestionali tali da garantire la minimizzazione di tutti gli impatti connessi. L'esercizio dell'impianto prevede in primo luogo la produzione di rifiuti associati alle operazioni di demolizione e conseguente trasformazione di detti rifiuti in MPSda riutilizzarsi in situ previa cernita, frantumazione ed opportuno test analitico.</p> <p>In secondo luogo, la produzione di rifiuti è da attribuirsi alle attività funzionali alla frantumazione e successive alla demolizione che prevedono la cernita di materiali estranei e non idonei alla macinazione parti ferrose, legno e plastica.</p>	<p>Si faccia riferimento agli indicatori suggeriti precedentemente per le fasi di cantiere, realizzazione deposito, e bunkeraggio</p>

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
	<p>Oltre a tali rifiuti saranno prodotti anche rifiuti provenienti dalla fresatura dell'asfalto delle strade dell'area in oggetto. Tutti i rifiuti saranno conferiti a ditte autorizzate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.</p> <p>In cantiere dovrà essere sempre presente un operatore formato come Addetto alle Emergenze ambientali e sono presenti tutti i DPI volti a minimizzare i possibili impatti sull'ambiente da sversamenti accidentali. Saranno sempre presenti specifiche procedure di emergenza. In ogni caso viene garantita la regolare manutenzione delle macchine operatrici.</p> <p>Il rumore prodotto da attività di frantumazione esce dall'area di cantiere e può provocare disagio alla popolazione confinante.</p> <p>Limitata alle tempistiche di cantiere e alle sole ore diurne come previsto dalla deroga al Rumore per attività e cantieri temporanei.</p> <p>L'impatto si esaurisce con la durata del cantiere e alle aree pertinenti.</p> <p>In ogni caso il rumore prodotto verrà gestito secondo le prescrizioni vigenti in materia di inquinamento acustico.</p> <p>L'eventuale scelta di utilizzare un impianto mobile per il recupero di inerti potrebbe essere funzionale alla riduzione del traffico di mezzi pesanti da e per l'aera di cantiere, con i conseguenti disagi per la popolazione anche in termini di acustica ambientale.</p>	

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

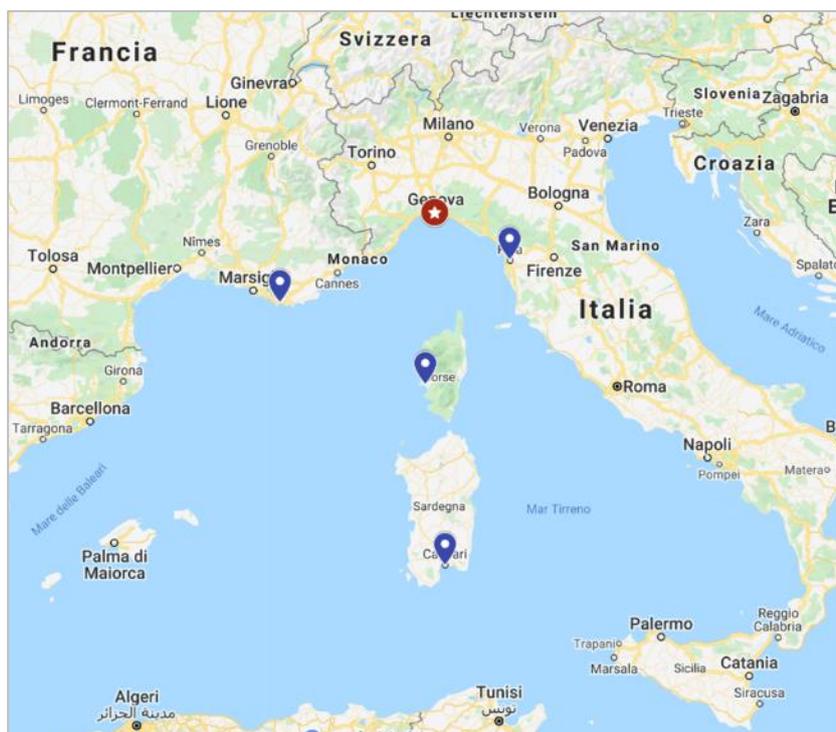


5 SPECIFICITÀ GEOGRAFICHE NELL'APPLICAZIONE DELL'LCA

Al di là degli elementi codificati dalla normativa tecnica, esistono aspetti nell'implementazione di un LCA in un progetto di bunkeraggio che dipendono inevitabilmente dall'**ubicazione del sito** su cui realizzare l'intervento.

Dovendo trattare, tuttavia, l'argomento in via generale, quello che appare sensato mettere in luce in questa sezione del report è l'insieme degli elementi comuni che contraddistinguono le specificità dell'ambito geografico di studio italo-francesi ai fini di una valutazione LCA.

Figura 32. Sede dei partner del progetto



Fonte: <http://interreg-maritime.eu/web/tdiretegnl>

È possibile, inoltre, evidenziare come i fattori che accomunano i partner del progetto TDI RETE-GNL emergano su 3 piani di analisi diversi: si hanno infatti peculiarità dell'area del progetto rispetto a tutto il contesto internazionale, specificità rispetto ad altre zone del Mar Mediterraneo, caratteristiche peculiari degli ambiti portuali dell'alto Mar Tirreno e del Mar Ligure rispetto ad altre realtà limitrofe.

Si tratta di caratteristiche e tratti comuni presenti in quasi tutte le aree portuali con pochissime eccezioni, e sono frutto nell'ordine:

- del percorso storico e quindi del consolidamento di determinate destinazioni d'uso,
- della tutela di specifiche naturalità,

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



- del condizionamento dato allo sviluppo urbanistico dalla morfologia del territorio.

Il primo tema è sicuramente ben rappresentato nel concetto di patrimonio culturale ed artistico, inteso come “*eredità del passato di cui noi oggi beneficiamo e che trasmettiamo alle generazioni future*”³⁷ che connota la Vecchia Europa e attribuisce sicuramente all’Italia un ruolo di primo piano.

La Convenzione sulla Protezione del Patrimonio Mondiale culturale e naturale, adottata dall’UNESCO nel 1972, prevede che i beni candidati possano essere iscritti nella Lista del Patrimonio Mondiale come patrimonio culturale o come patrimonio naturale. Nel primo si contano 3 tipologie:

- monumenti: opere architettoniche, plastiche o pittoriche monumentali, elementi o strutture di carattere archeologico, iscrizioni, grotte e gruppi di elementi di valore universale eccezionale dall’aspetto storico, artistico o scientifico,
- agglomerati: gruppi di costruzioni isolate o riunite che, per la loro architettura, unità o integrazione nel paesaggio hanno valore universale eccezionale dall’aspetto storico, artistico o scientifico,
- siti: opere dell’uomo o opere coniugate dell’uomo e della natura, come anche le zone, compresi i siti archeologici, di valore universale eccezionale dall’aspetto storico ed estetico, etnologico o antropologico.

Nel secondo 3 elementi di naturalità:

- monumenti naturali costituiti da formazioni fisiche e biologiche o da gruppi di tali formazioni di valore universale eccezionale dall’aspetto estetico o scientifico,
- formazioni geologiche e fisiografiche e le zone strettamente delimitate costituenti l’habitat di specie animali e vegetali minacciate, di valore universale eccezionale dall’aspetto scientifico o conservativo,
- siti naturali o zone naturali strettamente delimitate di valore universale eccezionale dall’aspetto scientifico, conservativo o estetico naturale

Lo scopo di tale convenzione è di identificare, secondo precisi criteri, aree, siti e luoghi che rappresentano delle peculiarità di particolare importanza da un punto di vista culturale, artistico, archeologico, ambientale o paesaggistico. L’Italia sventa con ben 55 siti complessivamente riconosciuti, e tra questi vale sicuramente la pena ricordare:

- Portovenere, Cinque Terre e Isole (Palmaria, Tino e Tinetto) sito UNESCO dal 1997
- Genova, le Strade Nuove e il Sistema dei Palazzi dei Rolli sito UNESCO dal 2006
- La riserva naturale della Scandola sito UNESCO dal 1983

³⁷Fonte : ww.unesco.it

La significatività va tuttavia oltre il numero 55 e va oltre anche ai due siti citati, afferisce infatti all'importanza che la tutela del patrimonio storico, artistico e del paesaggio ha in questa area geografica rispetto a tante altre nel mondo.

Da un punto di vista più metodologico tutto questo si traduce nell'importanza che alcuni enti, quali il Ministero per i beni e le attività culturali (MIBAC) ed i suoi organi periferici (Sovrintendenza), necessariamente hanno e devo avere nelle fasi autorizzative di progetti che ricadono all'interno dei perimetri di loro competenza. Conseguentemente, pur andandosi ragionevolmente ad insediare in aree portuali a connotazione industriale, un insieme di indicatori specifico nel LCA per i progetti ubicati nei luoghi coinvolti del progetto non potrà non riguardare il rapporto con il paesaggio, con l'ecosistema urbano e con i beni storici, architettonici e culturali dell'area di interesse.

Figura 33. Immagini rappresentative dei due siti UNESCO citati



Fonte: www.unesco.it

Il secondo fattore attiene al valore di alcuni **elementi di biodiversità e naturalità** presenti nell'area geografica del progetto di ricerca.

Il riferimento è principalmente al Santuario per i mammiferi marini, un'area marina protetta internazionale creata ai sensi di un Accordo internazionale tra Francia, Italia e Principato di Monaco. Il Santuario è stato inoltre inserito nella lista delle Aree specialmente protette di

TDI RETE-GNL

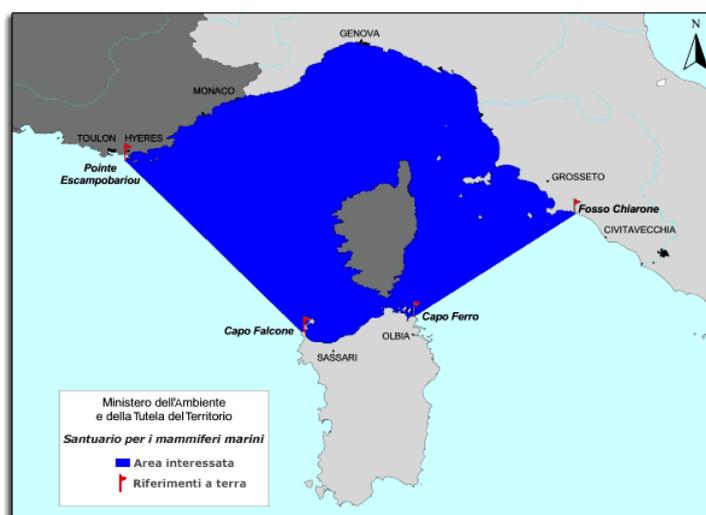
Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
 Contributo partner di progetto



importanza mediterranea (Specialy Protected Areas of Mediterranean Importance - SPAMIs) prevista dal Protocollo sulle aree specialmente protette e la diversità biologica nel Mediterraneo (Protocollo SPA) della Convenzione quadro per la protezione dell'ambiente marino e della regione costiera mediterranea (Convenzione di Barcellona).

La sua vasta estensione, per la vincolistica e per l'iter istitutivo, la rende già di per sé “diversa” rispetto alle altre aree marine protette italiane. Il suo perimetro racchiude una superficie di quasi 90.000 kmq e tutela un vasto tratto di mare costituito da zone marittime situate nelle acque interne e nei mari territoriali della Repubblica francese, della Repubblica italiana e del Principato di Monaco, nonché dalle zone di alto mare adiacenti.

Figura 34. Perimetro del Santuario dei Cetacei



Fonte: www.minambiente.it

A questa grande area marina protetta sovraregionale, si aggiungono tutte le aree marine protette su scala nazionale e regionale, tra cui si ricordano:

Tabella 7. Aree protette che insistono nell'ambito di studio

Località	Descrizione
Sardegna	Area naturale marina protetta Capo Carbonara
	Area marina protetta Penisola del Sinis - Isola Mal di Ventre
	Area naturale marina protetta Tavolara - Punta Coda Cavallo
	Area naturale marina protetta Capo Caccia - Isola Piana
	Area marina protetta Isola dell'Asinara
Liguria	Area marina protetta Cinque Terre
	Area naturale marina protetta Portofino
	Area marina protetta Isola di Bergeggi
Corsica	Area marina della Scandola

Fonte: ns. elaborazioni su dati tratti dal sito www.minambiente.it

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
 Contributo partner di progetto

Analogamente a quanto espresso precedentemente, il valore di questo fattore comune deve essere valutato non solo rispetto all'esatta ubicazione delle aree protette indicate. La densità di queste aree, la loro dimensione, la numerosità e la significatività delle biodiversità presenti fa sì che il tema della salvaguardia ambientale assume un ruolo centrale nel LCA dei progetti di bunkeraggio di GNL in quest'ambito geografico.

Valutazioni specialistiche ed indicatori specifici devono essere in grado di inquadrare l'effetto dell'intera filiera attivata dalla presenza di un sito di bunkeraggio, sia prendendo in considerazione gli impatti diretti sull'ecosistema marino dovuti all'esercizio dell'impianto, ma soprattutto gli impatti indiretti dovuti a cambiamenti del traffico marittimo e conseguentemente al variare del numero di transiti all'interno di dette aree protette, prevedendo adeguate azioni di mitigazione qualora necessario (ad esempio: rendere obbligatorio sulle navi che intendano transitare all'interno delle aree protette, l'adozione di sistemi che permettano la condivisione della posizione di avvistamento dei mammiferi marini per evitarne la collisione)

Il terzo ed ultimo filo rosso che si è voluto evidenziare e che lega tutta l'area del presente progetto e la differenza ad aree limitrofe, è rappresentabile nel concetto di **conformazione del tessuto urbanizzato**. Il tema meriterebbe senza dubbio una trattazione più approfondita che richiamando le ragioni storiche e culturali, sintetizzi il percorso fino ai giorni nostri, contesto in cui è evidente riscontrare la presenza di ambiti portuali ubicati in stretta adiacenza ai tessuti urbani e cittadini e, parimenti, disponibilità di banchine ed aree a mare sempre più ridotte ed in difficoltà nel rispondere alle esigenze del trasporto marittimo.

Ogni realtà portuale presenta a tutti gli effetti situazioni singolari, con differenti vincoli operativi e vicinanza di aree antropizzate che porta a dover valutare gli impatti e quindi fare un LCA alla luce di alcuni elementi:

- 1) prossimità di attività commerciali
- 2) prossimità di tessuti residenziali
- 3) ridotti spazi a disposizione.

Di conseguenza indicatori specifici come, ad esempio, il consumo di suolo e la capacità di restituire il suolo usato a fine vita del progetto, le emissioni in atmosfera e in generale tutti gli impatti dovuti all'esercizio della nuova infrastruttura, sono più rilevanti di altri e sicuramente richiedono più approfondimenti rispetto ad altri luoghi geografici.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



6 AREE DI APPLICAZIONE DELL’LCA

Nelle sezioni precedenti si è visto come l’LCA tratti le interazioni tra le attività, i beni o i servizi di processi produttivi con l’ambiente e le potenziali criticità e conseguenze negative che tali interazioni possono determinare lungo tutto il ciclo di vita: dall’acquisizione delle materie prime e delle risorse attraverso la fabbricazione e l’utilizzo, fino al trattamento di fine vita (riciclaggio, recupero o smaltimento finale).

Le norme ISO 14040 e 14044 forniscono, rispettivamente, i principi e il quadro di riferimento metodologico e i requisiti e le linee guida per l’esecuzione del procedimento di LCA, declinandolo in quattro fasi principali:

- 1) la definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione;
- 2) l’analisi dell’inventario (LCI);
- 3) la valutazione dell’impatto (LCIA);
- 4) l’interpretazione.

Sul piano operativo gli studi di LCA possono giungere a soddisfare l’obiettivo assunto anche mediante lo sviluppo della sola analisi dell’inventario del ciclo di vita (LCI) e l’interpretazione, escludendo la fase LCIA.

Entrambi gli studi sono coperti dalle indicazioni delle due norme:

- gli studi di valutazione del ciclo di vita (studi di LCA), e
- gli studi dell’inventario del ciclo di vita (studi di LCI, da non confondere con la fase LCI di uno studio dell’LCA).

L’LCA è, dunque, una delle diverse tecniche di gestione ambientale disponibili, i cui risultati possono offrire informazioni utili da valorizzare come parte di un processo decisionale molto più completo: operativamente, ciò deve essere considerato sin dalle fasi iniziali di definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione.

Se gli standard ISO di riferimento non coprono la molteplicità delle utilizzazioni previste dei risultati di LCA o LCI, esse identificano comunque le possibili applicazioni della tecnica in parola, nel campo dei sistemi e degli strumenti di gestione ambientale codificati, nonché della normativa e degli strumenti volontaristici dove l’approccio del ciclo di vita, i suoi principi e il quadro di riferimento possono essere vantaggiosamente applicati.

Fra questi, ai fini del presente Report merita citare i seguenti³⁸:

- I sistemi di gestione ambientale e la valutazione della prestazione ambientale (norme della serie ISO 14001);
- Etichette e dichiarazioni ambientali di prodotto (ISO 14020, 14021, 14024, 14025)

³⁸ Cfr.: Norma ISO 14040:2006, Appendice A.

- Marchio di qualità ecologica dell'Unione europea “Ecolabel” (Regolamento CE n.66/2010)
- La comunicazione delle informazioni sull'impronta ambientale (footprint) (ISO 14026:2018)
- L'integrazione degli aspetti ambientali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto (norma UNI ISO/TR 14062:2007);
- La comunicazione ambientale (ISO 14063:2010);
- La progettazione, lo sviluppo, la gestione, la rendicontazione e la verifica dell'inventario dei gas ad effetto serra (GHG) per la loro rimozione (ISO 14064:2019);
- La valutazione d'impatto ambientale (VIA);
- La contabilità di gestione ambientale;
- La valutazione delle politiche di sostenibilità (modelli di riciclaggio, ecc.);
- L'analisi del flusso di sostanze e materiali;
- La valutazione di rischi e pericoli degli agenti chimici;
- L'analisi dei rischi e la gestione dei rischi di strutture e impianti;
- La gestione dei prodotti e la gestione della catena di fornitura;
- I costi del ciclo di vita (LCC).

Se l'adattamento specifico dello standard su piano operativo è lasciato all'utente, è in ogni caso necessario seguire la sequenza di passaggi secondo le linee guida e i requisiti delle norme ISO della serie 14040 indagate all'interno del presente Report.

Con riferimento al contesto del bunkering in contesti di small scale in ambito mediterraneo, per altro, il concorso di un approccio LCA allo sviluppo di procedimenti amministrativi o di meccanismi volontaristici potrebbe agevolare altresì l'accettazione sociale di tali sistemi che, poco noti a gran parte della popolazione locale e, più in generale, a portatori di interesse della società civile, possono ingenerare diffidenza e, quindi, disapprovazione.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



7 CONCLUSIONI

Il presente documento è stato elaborato a seguito dell'affidamento, da parte dell'Università di Genova, del servizio di attività di ricerca per la valutazione delle esternalità e dell'impatto ambientale nell'ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell'area transfrontaliera (acronimo TDI RETE-GNL)", di cui costituisce il Deliverable T.2.4.3, con riferimento al versante italiano.

Nel dettaglio, scopo del documento è quello di produrre un Report volto alla definizione di un piano metodologico per l'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) connessa alle varie configurazioni di bunkering di GNL (STS-TTS-PTS-cisterne mobili), nonché a fornire possibili spunti per l'accettazione sociale del GNL quale combustibile alternativo.

L'obiettivo è stato quello di fornire uno **strumento metodologico** che potrà essere tradotto in un piano operativo mediante vere e proprie linee guida dedicate da applicare per i vari porti coinvolti, in base all'opzione tecnologica adottata in ognuno di essi.

Il contesto di più larga scala nell'ambito del quale nasce l'intero progetto e, dunque, il presente report è quello del pacchetto "*Clean Power for Transport*" messo a punto dalla Commissione Europea, che ha dato origine, a sua volta alla Direttiva 2014/94/UE sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (cd. direttiva DAFI) la quale richiede agli Stati membri di incrementare nei trasporti l'uso di combustibili alternativi, tra cui annovera anche il GNL, in modo da 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.

È a tale scopo che gli Stati membri sono chiamati ad elaborare rispettivi "*Quadri strategici nazionali*" in cui illustrino i propri obiettivi nazionali e le relative azioni di supporto, in materia di sviluppo del mercato per quanto riguarda i combustibili alternativi, comprese le necessarie infrastrutture da realizzare, in stretta collaborazione con le autorità regionali e locali e con il settore interessato, tenendo altresì conto delle esigenze delle piccole e medie imprese.

Attraverso il D.Lgs. n.257/2016, preceduto dalla diffusione di un documento preparatorio MISE appositamente predisposto da un Gruppo di lavoro coordinato dal MISE, il Governo nazionale ha recepito la direttiva europea e approvato il proprio Quadro Strategico Nazionale con l'Allegato III al Decreto: la sezione C, in particolare, tratta anche il tema dell'uso del GNL come combustibile per il trasporto marittimo alternativo ai combustibili tradizionali.

In fatto, grazie alla purificazione dai gas acidi (SO_x) e alla quasi totale rimozione di particolato e di NO_x, il GNL può consentire un abbattimento delle emissioni di gas serra, polveri sottili e

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



sostanze pericolose per l'ambiente e la salute, nell'ottica del principio di decarbonizzazione definito a livello internazionale, comunitario e nazionale.

Nondimeno, se il beneficio netto derivante dal GNL in sostituzione dei combustibili tradizionali in termini di inquinamento atmosferico a livello locale (SO_x, NO_x e Particolato) è indubbiamente legato alle caratteristiche intrinseche di tale vettore energetico, l'elevato potenziale di emissioni di gas serra del metano (componente principale del GNL, in quanto derivato dal gas naturale, quindi, anch'esso combustibile fossile.) rendono ancora del tutto attuale la discussione circa gli effettivi benefici dell'uso del GNL come combustibile, richiedendo un'adeguata attenzione e lo sviluppo di adeguate misure di monitoraggio e mitigazione delle emissioni di metano (CH₄) in atmosfera associate a tale uso.

La sfida è, quindi, quella di rafforzare i benefici derivanti dall'utilizzo del GNL come combustibile, riducendo al contempo i potenziali effetti negativi sull'ambiente derivanti dal suo utilizzo. Con precipua attenzione al settore della navigazione marittima e alle opzioni tecnologiche di bunkering di GNL praticabili nell'ambito di infrastrutture di "Small scale", oggetto del presente Report, ciò si traduce nella necessità di dimostrare, su piano tecnico-scientifico, gli effettivi contributi del GNL come gas ad effetto serra rispetto ai combustibili tradizionali.

Sotto questo punto di vista, l'LCA offre un approccio analitico di tipo globale (prendendo in considerazione l'intera catena del valore) che, all'interno di un unico strumento, consente la valutazione quantitativa delle performance di un "prodotto", inteso come oggetto sistemico di osservazione, anche in termini comparativi rispetto ad altri "prodotti", e una chiara comunicazione dei risultati ottenuti.

Pertanto, nel rispetto delle Norme UNI EN ISO 14040:2006 e 14044:2018 che costituiscono, nella loro lettura combinata, lo standard vigente in materia di LCA, una volta definiti il campo di applicazione e gli obiettivi assegnati, il Report ha introdotto le nozioni di fondo del metodo, nell'ottica di delineare il quadro concettuale di riferimento per un LCA del "*Small Scale LNG*" (definizione obiettivi e campo di applicazione, analisi dell'inventario - LCI, valutazione dell'impatto - LCIA, interpretazione dei risultati), fornendo, dunque, delle linee guida per la sua applicazione pratica.

A tal fine, assumendo le finalità del presente Report, propedeutico alla definizione di linee guida per l'identificazione e la valutazione degli impatti connessi alle esternalità associate alle diverse configurazioni di bunkering assumendo una prospettiva di tipo LCA, nel documento si è fatto rimando alla sequenza logica dei passaggi operativi secondo lo standard ISO 14040, che dettati principi e il quadro di riferimento per l'LCA, tralasciando, invece, di scendere nel dettaglio dei requisiti specifici di esecuzione dettati dalla norma ISO 14044, se non per approfondire le disposizioni fornite dalla ISO 14040.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto



Peraltro, nel pieno rispetto della filosofia di fondo dell'approccio metodologico proprio delle norme ISO, si è ritenuto così di rendere i principi indicati maggiormente aderenti alla natura dei processi indagati che, nel caso in esame, afferiscono ad un sistema di prodotto/servizio e non di prodotto/bene, giacché gli standard sull'LCA fanno eminentemente riferimento a processi industriali da cui fuoriescono prodotti/beni.

Il Report si è soffermato poi sugli aspetti ambientali associati all'uso di questo combustibile nel trasporto marittimo che l'LCA è chiamato a identificare, quantificare, interpretare e comunicare, fornendo elementi analitici per la valutazione dei rilasci di metano in atmosfera associati alle diverse modalità di bunkering in ambito portuale, ovvero: *Ship-to-Ship*, *Truck-to-Ship*, *Port-to-Ship* e *Cisterne mobili o ISO container criogenici*, elemento centrale, come si è detto, dell'analisi del ciclo di vita.

Il documento ha poi esplorato un caso studio di applicazione del metodo LCA, delineandone gli elementi di base a partire dalla definizione del campo di applicazione, incentrato sul sistema di prodotto "*infrastrutture e servizi accessori di SSLNG bunkering*" e i suoi processi unitari, indicandone i possibili flussi di input e di output e i potenziali impatti ambientali associati a tali flussi e fornendo, in una logica di LCIA (*Life cycle impact assessment - Valutazione dell'impatto del ciclo di vita*), delle linee guida per l'allocazione dei flussi (LCI) e la selezione di indicatori chiave di prestazione (*KPI - Key Performance Indicators*) che è possibile utilizzare per quantificare questi impatti (LCIA).

Poiché l'operatività di un LCA è inevitabilmente condizionata dalle specificità dell'ambito geografico, sono stati indagati i fattori di tipicità nell'area transfrontaliera IT-FR marittimo del Nord Mediterraneo che possono influenzare l'implementazione del metodo, focalizzando l'attenzione, in specie, sulle caratteristiche territoriali dell'area interessata dal Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA per l'Italia - Sardegna, Toscana e Liguria -, in termini di collocazione geografica, conformazione orografica, patrimonio naturalistico, beni paesaggistici, cambiamenti climatici (gas serra, consumi energetici, fonti rinnovabili), logistica, etc.

Ai fini d'applicazione in pratica dell'LCA in tali aree occorrerà, infatti, tenere presente che le aree portuali identificate insistono su un territorio che è caratterizzato da un rilevante patrimonio naturale e rappresenta l'area marina faunistica più ricca dell'intero mediterraneo.

Infine, si è fatto cenno al ruolo che l'analisi del tipo LCA può rivestire anche in combinazione con altri strumenti e tecniche di gestione ambientale, non necessariamente coperti da standard della serie ISO, o a supporto di procedimenti amministrativi di natura ambientale (VIA, gestione dei GHG, etc.).

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale"
Contributo partner di progetto

Le opportunità che l’LCA offre di presentare i risultati e le conclusioni in una forma adeguata al tipo di pubblico, consente, infatti, di tarare la comunicazione su diverse tipologie di pubblico, non necessariamente esperte degli argomenti in gioco.

L’attenzione all’uso preventivo degli strumenti di comunicazione, informazione e partecipazione anche quando non previsti dalle normative in materia di tutela ambientale e rischio industriale nei processi autorizzativi per le infrastrutture energetiche può costituire, infatti, un supporto fondamentale per lo sviluppo delle infrastrutture per la filiera del GNL per usi finali.

TDI RETE-GNL

**Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto**



BIBLIOGRAFIA

COM (2003)302final: Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo- Politica integrata dei prodotti - Sviluppare il concetto di “ciclo di vita ambientale” del 18.06.2003

DG Ambiente della Commissione EU, *European Platform on Life Cycle Assessment (LCA)*, in: <https://ec.europa.eu/environment/ipp/ippcommunication.htm> (ultimo aggiornamento 07/08/2019)

Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (cd. Direttiva DAFI – *Deployment of Alternative Fuels Infrastructure*)

D.Lgs. 16 dicembre 2016, n.257 “Disciplina di attuazione della Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi” – Allegato III “Quadro strategico nazionale”

Edizioni Ambiente, “Analisi del ciclo di vita LCA - Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi”, G.L. Baldo, S. Rossi, M. Marino, settembre 2008

EMSA- European Maritime Safety Agency, *Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities/Administrations*, 31-01-2018, in: <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-press-centre/news/3207-guidance-on-lng-bunkering-to-port-authorities-and-administrations.html> (last update 13.02.2018)

Evans W.F.J., Puckrin E., “*Measurements of the radiative surface forcing of climate*”, 18th Conference on Climate Variability and Change, January 2006

Freight Leaders Council, “*Il GNL in Italia, per un trasporto sostenibile*”, Maggio2019, Quaderno 28, in: <http://www.freightleaders.org/i-quaderni/>

Hwang S., Jeong B., Jung K., Kim M. and Zhou P., “*Life Cycle Assessment of LNG Fueled Vessel in Domestic Services*”, Journal of Marine Science and Engineering, 10 October 2019, MDPI Sustainability Foundation, in: www.mdpi.com/journal/jmse

IMO - International Maritime Organization, “*Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping*” 2016, London, in: <http://www.imo.org>

IPCC AR4 2007

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Certificazioni ambientali: IPP, LCA, in: <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/ipp/lca>

Kofod M. & Hartman S., Mundi T., “*Review of Recent Well-to-Wake Greenhouse Gas Studies evaluating the use of LNG as a marine Fuel*”, submitted to IMO at MEPC67 as MEPC67/INF.15 by Germany

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Lowell D., Wang H. and Lutsey N., “*Assessment of the Fuel Cycle Impact of Liquefied Natural Gas as used in International Shipping ed (Washington, DC: MJ Bradley and Associates & International Council on Clean Transportation)*”, 2013 – Verbeek R., Kadijk G., Mensch P.V., Wulfers C., Beemt B.V.D. and Fraga F., “*Environmental and Economic Aspects of Using LNG as a Fuel for Shipping in The Netherlands*”, 2011 (Delft: TNO)

MISE (coordinatore del GdL dedicato) “*Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL*”, giugno 2015, Documento preparatorio ai fini della definizione del Quadro Strategico Nazionale per il settore del GNL, posto in consultazione aperta al seguente indirizzo: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/notifiche-e-avvisi/2034082-documento-di-consultazione-per-la-strategia-nazionale-sul-gnl>

MIT-Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Corridoi europei TEN-T*, in: <http://www.mit.gov.it/node/5335> (data ultima modifica: 16/02/2018)

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), “*Annual Greenhouse Gas Index*”, Publication 2016

Norme UNI EN ISO 14040:2006 “*Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento*” e UNI EN ISO 14044:2018 “*Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*”

Pospiech P., “*Is Internal Combustion Engine Methane Slip Harmful to the Environment?*”, Maritime Reporter and Engineering News, April 2014, in: <http://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter#archive>

Regolamento (UE) 2017/352 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 febbraio 2017 che istituisce un quadro normativo per la fornitura di servizi portuali e norme comuni in materia di trasparenza finanziaria dei porti

Soria D., Dir. Gen. Assocostieri, “*L’utilizzo del GNL come combustibile per il bunkeraggio marino*” 4° Convegno Isola dell’Energia, Cagliari, 13 Aprile 2018

Speirs J., Balcombe P., Blomerus P., Stettler M., Achurra-Gonzalez P., Woo M., Ainalis D., Cooper J., Sharafian A., Merida W., “*Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships*”, 1st January 2020

Stenersen D. and Thonstad O., “*2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies*” (Trondheim: SINTEF Ocean AS)

Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al. “*Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment*”, Int J Life Cycle Assess 22, 1944–1956 (2017), in: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1285-z>(Published: 09 March 2017)

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



Thinkstep, on behalf of SEA\LNG and SGMF, “*Life Cycle GHG Emission Study on the Use of LNG as Marine Fuel*”, Final report, v1.0, April 2019, O. Shuller, S. Kupferschmid, J. Hengstler, S. Whitehouse, in: www.thinkstep.com

WMO - World Meteorological Organization and UNEP- the United Nations Environment Programme, “*Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC

TDI RETE-GNL

**Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto**



ALLEGATO 1

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”
Contributo partner di progetto



T2.4.3 Linee guida metodologiche LCA nei sistemi di valutazione dell'impatto ambientale

Progetto TDI-RETE-GNL



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Office des Transports de Corse (OTC)
FRANCIA / CORSICA



PUBBLICO

13 juillet 2020

RAPPORTO
OTCG-TEF-SE-RP-004

RAPPORTO



Ns. Rif. : OTCG-TEF-SE-RP-004
Entità : Energia
Imputazione : P.015760

PUBBLICO

Cliente : Office des Transports de Corse (OTC)
Progetto : Studio di rifornimento-stoccaggio-bunkeraggio di GNL combustibile
Paese/Città : Francia / Corsica

Titolo : T2.4.3 Linee guida metodologiche LCA nei sistemi di valutazione dell'impatto ambientale
Sottotitolo : Progetto TDI-RETE-GNL
Autori : M. Deleau (MDE)
Data : 13 juillet 2020

Sinossi : -

Commenti : -

Parole chiave : -

N. pagine : 23 (esclusi gli allegati)

REV.	GG/MM/AA	OGGETTO DELLA REVISIONE	STAT.	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
01	13/07/2020	Prima emissione	Final	M. DELEAU	A. GUITTAT	A. GUITTAT

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

**T2.4.3 Linee guida metodologiche LCA nei sistemi di valutazione
dell'impatto ambientale****INDICE**

1.	AMBITO.....	7
2.	METODOLOGIA PER L'ESECUZIONE DI UNA ACVI.....	8
2.1.	Definizioni e riferimenti.....	8
2.2.	Obiettivi.....	10
2.3.	Linee guida metodologiche.....	11
2.3.1.	Definizione degli obiettivi e dell'ambito dello studio.....	11
2.3.2.	Inventario del ciclo di vita (ICV).....	12
2.3.3.	Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (ACVI).....	14
2.3.3.1.	Elementi che costituiscono ACVI.....	14
2.3.3.2.	Caratterizzazione dell'impatto.....	14
2.3.3.3.	Assegnazione e calcolo dei risultati degli indicatori.....	15
2.3.4.	Interpretazione dei risultati.....	16
2.4.	Dati di ingresso e requisiti.....	17
2.5.	Risorse umane e tecniche.....	18
2.6.	Applicazioni e limitazioni.....	19
2.7.	Produzione e interpretazione.....	20
3.	SINTESI.....	23

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

**T2.4.3 Linee guida metodologiche LCA nei sistemi di valutazione
dell'impatto ambientale****ELENCO DELLE FIGURE**

Figura 1 : Ciclo di vita di un prodotto (<i>fonte: ADEME</i>).....	8
Figura 2: Fasi per la realizzazione dell'ICV (<i>fonte: norma ISO 14044</i>)	13
Figura 3 : Metodi di caratterizzazione dell'impatto (<i>fonte: progetto TRACTEBEL</i>).....	15
Figura 4 : Esempio di un meccanismo ambientale per una categoria di impatto (<i>fonte: norma ISO 14044</i>)	16
Figura 5 : Relazione degli elementi durante la fase di interpretazione con le altre fasi di una ACV (<i>fonte: standard ISO 14044</i>)	17

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Obiettivi di ciascuno dei quattro progetti GNL.....	7
Tabella 2: Esempi di schede di raccolta dati (<i>fonte: norma ISO 14044</i>).....	12
Tabella 3: Esempi di termini di valutazione quantitativa (<i>fonte: norma ISO 14044</i>)	15
Tabella 4 : Esempio di strutturazione in relazione alle fasi del ciclo di vita (<i>fonte: norma ISO 14044</i>).....	20
Tabella 5 : Esempio di contributo percentuale alle fasi del ciclo di vita (<i>fonte: norma ISO 14044</i>)	21
Tabella 6 : Esempio di marcatura delle anomalie (<i>fonte: norma ISO 14044</i>).....	21
Tabella 7 : Sintesi delle linee guida di ACV	23

STUDIO DI RIFORNIMENTO-STOCCAGGIO-BUNKERAGGIO DI GNL COMBUSTIBILE

T2.4.3 Linee guida metodologiche LCA nei sistemi di valutazione dell'impatto ambientale**ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI E ACRONIMI**

Acronimo	Definizione
ACV	Valutazione del ciclo di vita
ACVI	Valutazione dell'impatto del ciclo di vita
GNL	Gas Naturale Liquefatto
ICV	Inventario del ciclo di vita
LCA	Valutazioni del ciclo di vita (LCA <i>Valutazione del ciclo di vita</i>)
UF	Unità funzionale

1. AMBITO

Nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera europea INTERREG IFM 2014-2020, l'Office des Transports de Corse (OTC) ha elaborato con altri partner europei un progetto globale per la preparazione all'utilizzo del gas naturale liquefatto (GNL) nelle attività legate al trasporto marittimo come anche ad altri impieghi.

Nell'ambito di questo programma sono stati definiti quattro progetti. Gli obiettivi di ciascun progetto sono presentati di seguito:

Progetto	Obiettivi principali
TDI-RETE GNL	Definire standard tecnologici, dimensionamento e procedure comuni per gli impianti della rete di distribuzione del GNL nei porti della zona
GNL SIGNAL	Definizione di strategie transfrontaliere per lo sviluppo del GNL
GNL FACILE	Definizione di un sistema integrato e di una logistica efficiente per il rifornimento di GNL
GNL PROMO	Promuovere l'uso del GNL nei porti commerciali

Tabella 1: Obiettivi di ciascuno dei quattro progetti GNL

Questo studio riguarda il progetto TDI-RETE LNG, che è un sistema di fornitura e distribuzione di GNL.

Come parte del Componente T2 di questo progetto, TRACTEBEL sta definendo una metodologia per condurre le valutazioni del ciclo di vita (ACV o LCA *Valutazione del ciclo di vita*) per la valutazione ambientale delle opzioni esistenti di stoccaggio di GNL e di bunkeraggio. Questo rapporto costituisce il **modulo T2.4.3**.

2. METODOLOGIA PER L'ESECUZIONE DI UNA ACVI

2.1. Definizioni e riferimenti

La **valutazione del ciclo di vita** (ACV o LCA) è un metodo di valutazione che consente di effettuare una valutazione ambientale di un prodotto (o servizio, azienda, processo) durante il suo intero ciclo di vita, cioè dall'estrazione delle materie prime necessarie per la sua produzione al suo utilizzo, trasporto e riciclaggio a fine vita.

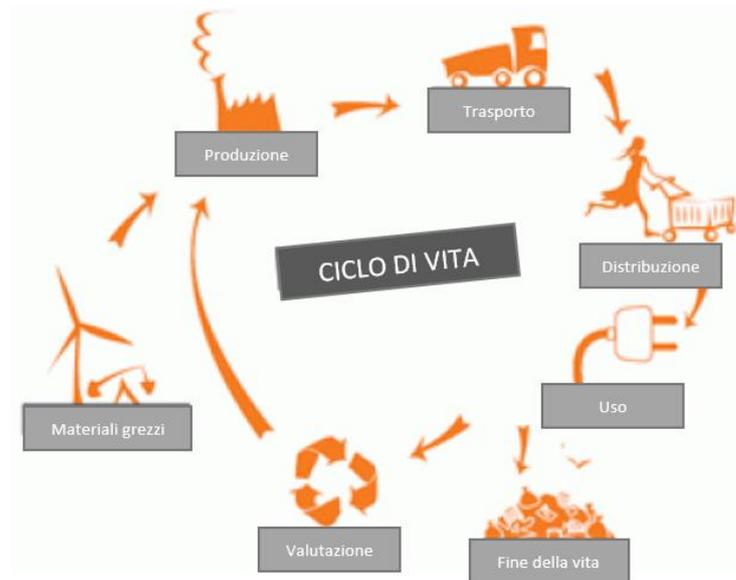


Figura 1 : Ciclo di vita di un prodotto (fonte: ADEME)

Si tratta di una procedura standardizzata con una sequenza di passi e standardizzata dai seguenti riferimenti:

- Lo standard **ISO 14040:2006** del luglio 2006: Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - **Principi e quadro di riferimento**. Questo standard specifica i principi e il quadro di riferimento per la conduzione delle valutazioni del ciclo di vita;
- Lo standard **ISO 14044:2006** compilato nel febbraio 2018: Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - **Requisiti e linee guida**. Questo standard descrive in dettaglio i requisiti che si applicano alla conduzione di una ACV;
- Lo standard **ISO/TS 14071**, Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - **Processo di analisi critica e competenza dei verificatori**. Questa norma specifica requisiti e linee guida aggiuntive alla ISO 14044: 2006.

Le seguenti guide possono essere utilizzate anche per assistere l'esecuzione di ACV:

- **ReCiPe 2016**: Guida per la valutazione armonizzata dell'impatto del ciclo di vita secondo gli indicatori "midpoint" e "endpoint";

- **ILDC manuale dell'Impronta ambientale (Piattaforma europea sulla valutazione del ciclo di vita):** manuale di orientamento generale sulla ACV, guida per i set di dati generici e di inventario del ciclo di vita, requisiti per i metodi di valutazione dell'impatto ambientale, modelli e indicatori per la ACV e revisioni critiche della ACV.

Secondo lo standard ISO 14040, la ACVI è una "compilazione e valutazione degli input, degli output e dei potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto durante il suo ciclo di vita". Gli effetti quantitativi dei prodotti sull'ambiente sono valutati attraverso i flussi fisici di materia ed energia associati alle attività umane.

In questa metodologia vengono fornite le seguenti definizioni:

- Un flusso o ingresso in entrata è il materiale o l'energia che entra nel sistema in studio e che è stata prelevata dall'ambiente (ad es. acqua, petrolio, gas, risorse di ferro, ecc.);
- Un deflusso è il materiale o l'energia in uscita dal sistema in studio, che viene scaricata nell'ambiente in termini di inquinamento (ad esempio rifiuti, emissioni gassose, liquidi scaricati, ecc.).

2.2. Obiettivi

Gli obiettivi delle valutazioni del ciclo di vita all'interno dei sistemi di valutazione dell'impatto ambientale sono:

- Per **quantificare l'impatto ambientale** di un sistema, per fase del ciclo di vita (fabbricazione, trasporto, uso, fine vita) o per sottosistema (componenti, materiali, processi);
- Per **essere in grado di confrontare** gli impatti ambientali di due o più sistemi aventi la stessa funzione.

Questi due obiettivi principali consentono di tener conto della complessità dell'impatto ambientale di un prodotto e di evitare il rischio di trasferimento dell'impatto. In effetti, lo studio può dimostrare che un prodotto ha più impatto di un altro su un determinato criterio, ma meno su un altro criterio.

L'ACV è uno strumento di supporto alle decisioni: i risultati possono essere utilizzati per definire percorsi di miglioramento ambientale o essere utilizzati per l'ecodesign o a fini espositivi ambientali o politici.

Gli obiettivi e la portata di uno studio di un ACV dovrebbero essere chiaramente definiti e coerenti con l'applicazione prevista. **Per gli impianti di stoccaggio di GNL e di bunkeraggio, questi potrebbero includere i seguenti obiettivi:**

- **Confronto ACV di diversi metodi di stoccaggio di GNL (iso-container, full container, ecc.);**
- **Confronto ACV dei metodi di bunkeraggio del GNL tra il bunkeraggio da un camion cisterna (Truck-to-Ship), una nave bunker (Ship-to-Ship) o il bunkeraggio da terra (Shore-to-Ship).**

2.3. Linee guida metodologiche

La valutazione del ciclo di vita è un processo iterativo, composto da quattro fasi principali brevemente descritte nei paragrafi seguenti.

2.3.1. Definizione degli obiettivi e dell'ambito dello studio

La definizione degli obiettivi di una ACV dovrebbe indicare quanto segue:

- L'applicazione prevista: ad es. ecodesign, **benchmarking** o dichiarazione ambientale;
- Ragioni per condurre lo studio;
- Il pubblico interessato, le persone alle quali si intende comunicare i risultati dello studio: target interessato (interno o esterno all'azienda) e le modalità di divulgazione dei risultati.

La definizione dell'ambito di uno studio di un ACV dovrebbe tenere conto e descrivere i seguenti elementi:

- Il sistema di prodotti da studiare: un insieme di processi elementari che comprendono flussi di prodotti e flussi elementari e che svolgono una o più funzioni definite (ad es. flussi elementari come il petrolio o le emissioni, flussi di prodotti come i materiali)
- Le funzioni del sistema o dei sistemi del prodotto, nel caso di studi comparativi;
- L'unità funzionale;
- Il confine del sistema;
- Regole di assegnazione: liquidazione dei flussi in un sistema di entrate;
- Metodologia di valutazione dell'impatto del ciclo di vita e tipi di impatto;
- L'interpretazione da utilizzare per i risultati dell'analisi dell'inventario o della valutazione d'impatto;
- Requisiti per i dati di ingresso (qualità, completezza, ecc.);
- Ipotesi e scelta dei valori (in assenza di basi scientifiche);
- Elementi opzionali;
- I limiti;
- Il tipo di revisione critica, se presente;
- Il tipo e il formato del rapporto specificato per lo studio.

A causa della natura iterativa dell'ACV, potrebbe essere necessario ridefinire l'ambito di studio nel corso dello studio.

L'unità funzionale (FU) è la prestazione quantificata di un sistema di prodotto destinato ad essere utilizzato come unità di riferimento in una valutazione del ciclo di vita. Per confrontare gli impatti ambientali di due prodotti, è necessario ridurre gli impatti ad un'unità di misura comune.

Ad esempio, un'unità funzionale per gli impianti di stoccaggio di GNL potrebbe essere: **per stoccare 50.000 m³ di GNL per 20 anni**. Se uno stoccaggio sulla nave A genera la metà degli impatti ambientali dello stoccaggio a terra B, ma lo stoccaggio A deve essere rinnovato dopo 10 anni, mentre lo stoccaggio B ha una durata di vita di 20 anni, gli impatti dello stoccaggio A devono essere moltiplicati per due per poterli confrontare. Gli impatti sarebbero quindi equivalenti.

Poiché diverse soluzioni tecniche possono soddisfare una determinata funzione d'uso, le caratteristiche di dimensionamento e le prestazioni possono rendere difficile il confronto di alcuni prodotti; da qui la necessità di determinare un'unità funzionale.

Questa UF sarà utilizzata per pesare e inserire i risultati di una ACV su una base comune, in modo da poter confrontare le analisi e fare delle scelte.

2.3.2. Inventario del ciclo di vita (ICV)

La fase di inventario del ciclo di vita è la compilazione e la quantificazione degli input e degli output per il sistema in esame durante il suo ciclo di vita. I dati richiesti sulle materie prime utilizzate, l'energia consumata e le emissioni generate in ogni fase del ciclo di vita. Vengono così raccolti due tipi di dati: i fattori di attività (energia consumata, distanza percorsa, quantità trasportata, ecc.) e i fattori di emissione (quantità emessa nell'aria, nell'acqua, ecc.).

Gran parte del lavoro di ACV si riferisce a questa fase di inventario, compresa la raccolta dati, che rappresenta in media il 70% del tempo di lavoro complessivo. I dati possono essere raccolti da una o più fonti: siti industriali, perizie, software ACV, ma anche letture di contatori o fatture, ecc. La portata della ricerca dipende dai limiti definiti all'inizio dello studio, dal livello di precisione previsto e dai mezzi a disposizione dello studio (tempo, budget, competenze, ecc.).

A seconda della difficoltà della raccolta dei dati, il valutatore potrebbe dover ridefinire l'ambito scelto per la ACV o aggiungere delle ipotesi (il processo è iterativo). Se del caso, l'analisi dovrebbe essere trasparente rispetto a tali cambiamenti.

Di seguito è riportato un esempio di scheda di raccolta dati per il trasporto a monte:

Nome del prodotto intermedio	Trasporto su camion			
	Distanza (km)	Capacità del camion (t)	Carico effettivo (t)	Ritorno a vuoto (si/no)

Tabella 2: Esempi di schede di raccolta dati (fonte: norma ISO 14044)

Le fasi operative dell'ICV sono descritte nella figura seguente:

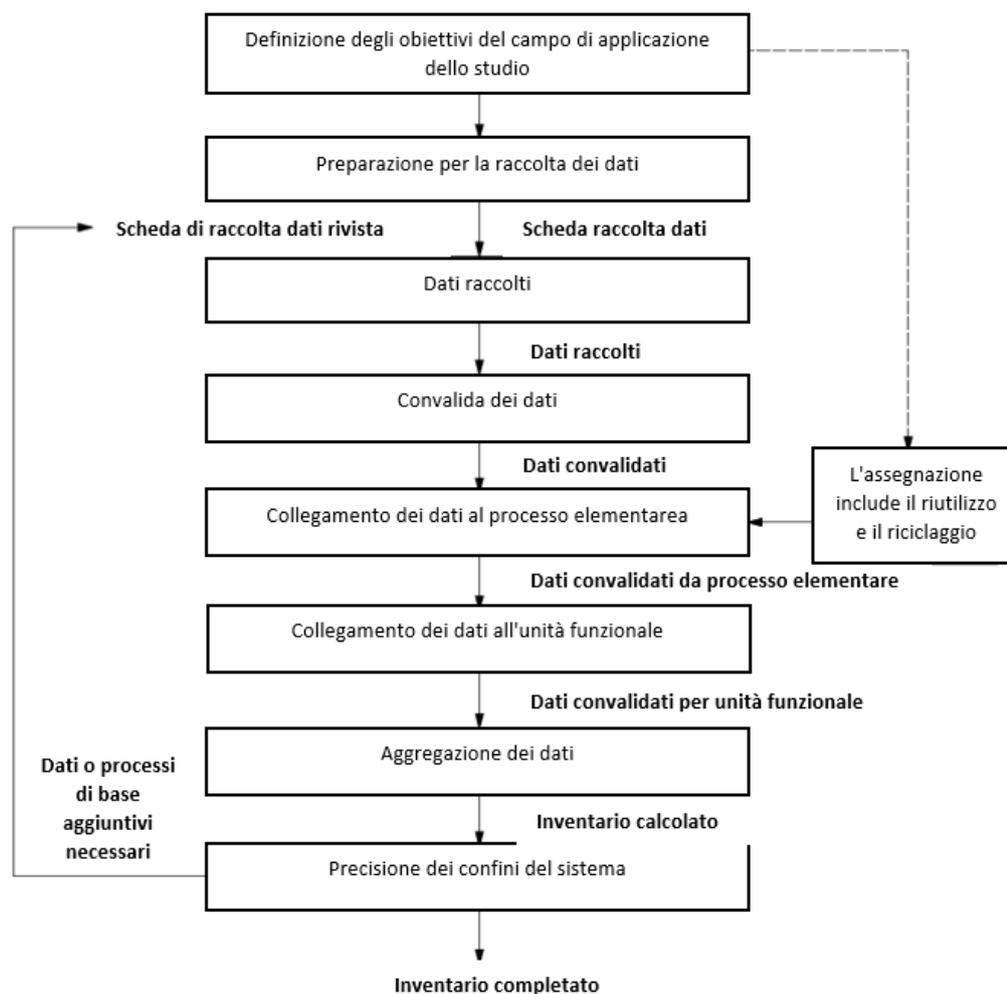


Figura 2: Fasi per la realizzazione dell'ICV (fonte: norma ISO 14044)

L'ICV è un inventario dei flussi che attraversano i confini del sistema, senza tener conto del loro impatto ambientale in prima istanza. Il risultato di questa fase fornisce un input per la valutazione dell'impatto del ciclo di vita.

Per esempio, **le fasi del ciclo di vita per gli impianti GNL** potrebbero essere le seguenti:

- Se l'analisi si riferisce al GNL immagazzinato / bunkerizzato per l'uso come combustibile marino:
 - Lavoro preparatorio ed esplorazione;
 - Estrazione di gas naturale;
 - Trattamento del gas naturale;
 - Trasporto di condutture;
 - Liquefazione;
 - Trasporto su metaniera;
 - Stoccaggio;
 - Bunkeraggio;

- Utilizzo come carburante;
- Scarichi ed emissioni.
- Se l'analisi riguarda un serbatoio di stoccaggio GNL:
 - Estrazione di materie prime;
 - Trasporto di materiali;
 - Costruzione del prodotto;
 - Utilizzo come serbatoio di stoccaggio;
 - Scarichi ed emissioni;
 - Fine della vita del serbatoio;
 - Trattamento dei rifiuti.

2.3.3. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (ACVI)

In questa fase, l'inventario dei flussi effettuati in precedenza viene tradotto in impatti ambientali.

2.3.3.1. ELEMENTI CHE COSTITUISCONO ACVI

La fase ACVI comprende i seguenti **elementi obbligatori**:

- La selezione delle categorie di impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione;
- Attribuzione dei risultati dell'ICV alle categorie d'impatto selezionate (classificazione);
- Calcolo dei risultati dell'indicatore di categoria, cioè caratterizzazione.

A seconda degli obiettivi e dello scopo dello studio, possono essere utilizzati anche i seguenti **elementi facoltativi**:

- Standardizzazione: calcolo dell'importanza dei risultati in relazione alle informazioni di riferimento;
- Il raggruppamento o la classificazione per categoria d'impatto;
- La ponderazione o l'aggregazione dei risultati in categorie d'impatto;
- Analisi della qualità dei dati.

2.3.3.2. CARATTERIZZAZIONE DELL'IMPATTO

Esistono diversi metodi per caratterizzare i flussi di materiali ed energia individuati: il metodo più comune caratterizza i flussi come indicatori di potenziali impatti (o "*punto medio*"). Per esempio, possono essere utilizzate categorie di impatto come **il cambiamento climatico, l'uso dell'acqua, gli effetti respiratori, l'esaurimento delle possibili risorse energetiche**, ecc.

Altri metodi vanno dalla caratterizzazione all'ottenimento di un indicatore di potenziale danno (o "*endpoint*"). Le categorie di impatto possono poi essere raggruppate in base al loro contributo a diversi tipi di danno; per esempio, **la salute umana o la qualità dell'ecosistema**.

La quantificazione di una **impronta di carbonio** è trattata nella ISO/TS 14067 e la quantificazione di una **impronta idrica** è trattata nella ISO 14046.

Un esempio di parametri valutati da ciascuno dei due metodi è riportato nella figura seguente.

Metodi di caratterizzazione dell'impatto

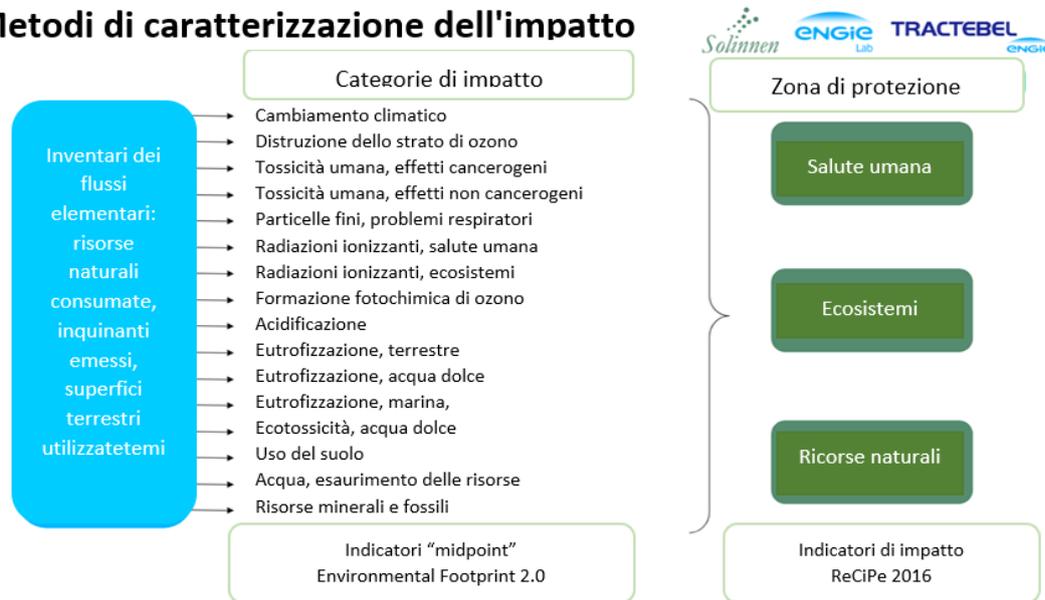


Figura 3 : Metodi di caratterizzazione dell'impatto (fonte: progetto TRACTEBEL)

2.3.3.3. ASSEGNAZIONE E CALCOLO DEI RISULTATI DEGLI INDICATORI

La seguente tabella fornisce un esempio di termini e indicatori che possono essere utilizzati in questa fase:

Termine	Esempio
Categoria di impatto	Cambiamento climatico
Risultati dell'inventario	Quantità di gas serra per unità funzionale
Modello di caratterizzazione	Modello base di 100 anni sviluppato dal gruppo di esperti ambientali sui cambiamenti climatici
Indicatore di categoria	Forzatura radiativa infrarossa (W/m^2)
Fattore di caratterizzazione	Potenziale di riscaldamento globale (GWP_{100}) per ogni gas serra ($kg\ CO_2\ equivalente / kg\ gas$)
Risultato dell'indicatore di categoria	$kg\ CO_2\ equivalente$ per unità funzionale
Impatti finali per categoria	Barriere coralline, foreste, colture
Rilevanza ambientale	La forzatura radiativa infrarossa è un proxy per potenziali effetti climatici, a seconda dell'assorbimento di calore atmosferico integrato generato dalle emissioni e dalla distribuzione temporale dell'assorbimento di calore.

Tabella 3: Esempi di termini di valutazione quantitativa (fonte: norma ISO 14044)

Ogni categoria è identificata da un impatto finale attraverso un meccanismo ambientale e un indicatore di categoria. Un altro esempio è dato per la categoria d'impatto "riscaldamento globale":

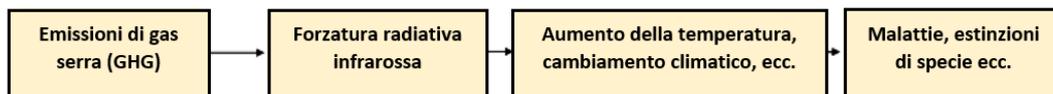


Figura 4 : Esempio di un meccanismo ambientale per una categoria di impatto
(fonte: norma ISO 14044)

Il calcolo dei risultati degli indicatori (caratterizzazione) consiste nel convertire i risultati dell'ICV in unità comuni e nell'aggregare i risultati convertiti all'interno della stessa categoria d'impatto. Il risultato del calcolo è un indicatore numerico.

Per l'esempio della categoria di impatto del riscaldamento globale, i risultati possono essere espressi in chilogrammi di CO₂ equivalente (una misura della quantità di energia che una tonnellata di un gas serra emessa nell'atmosfera assorbirà in un determinato periodo di tempo, rispetto a 1 tonnellata di anidride carbonica) per la valutazione del potenziale di riscaldamento globale, o come variazione di temperatura prevista a seguito dell'emissione della sostanza X rispetto all'aumento di temperatura se la CO₂ fosse emessa per la valutazione del potenziale di temperatura globale.

2.3.4. Interpretazione dei risultati

L'ultima fase della ACV consiste nell'interpretazione dei risultati, al fine di comprendere i molteplici risultati quantitativi ottenuti (figure, grafici, ecc.).

L'obiettivo finale è quello di discutere i risultati ottenuti, di metterli in prospettiva e di confrontare i sistemi descritti.

Occorre verificare che i risultati ottenuti rispondano agli obiettivi dello studio. Pertanto, la validazione dei risultati include una valutazione della qualità dei dati, l'analisi della coerenza e della completezza, l'analisi della sensibilità per affinare l'interpretazione e l'analisi dell'incertezza.

Questa fase è iterativa con le 3 fasi precedenti e può portare a rivisitare la fase precedente in qualsiasi momento durante lo studio.

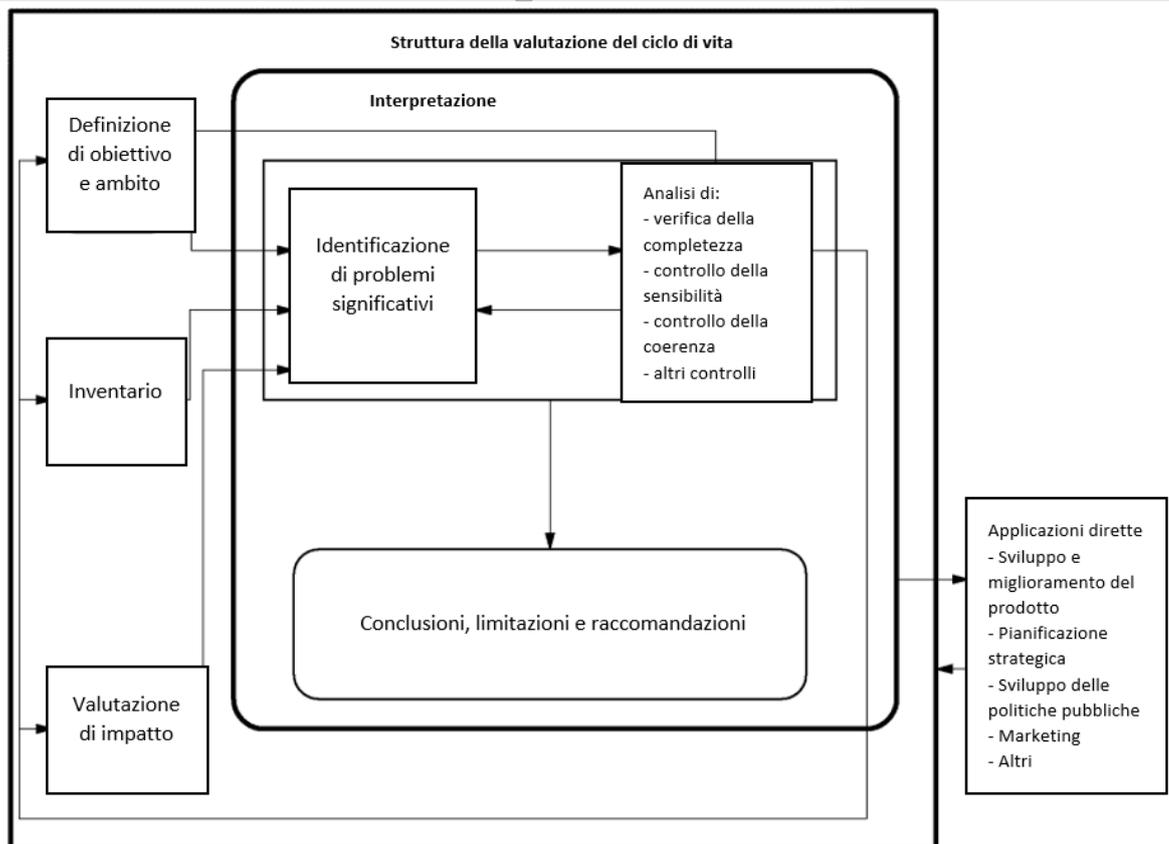


Figura 5 : Relazione degli elementi durante la fase di interpretazione con le altre fasi di una ACV (fonte: standard ISO 14044)

2.4. Dati di ingresso e requisiti

Poiché l'analisi del ciclo di vita richiede un notevole investimento di tempo e risorse, è necessario definire una serie di punti prima di iniziare lo studio.

In particolare, sembra importante rispondere alle seguenti domande:

- Quali sono gli obiettivi finali dell'analisi?
- Esiste già una ACV di prodotti simili?
- Altri tipi di studi o strumenti potrebbero raggiungere gli obiettivi?
- Sono disponibili database o fornitori identificati per ottenere dati accurati e appropriati necessari per lo studio?
- L'ACV sarà eseguita internamente o sono già stati identificati dei subappaltatori?
- Come saranno comunicati i risultati dell'analisi?

Rispondere a queste domande dovrebbe permettere di inquadrare correttamente lo studio ed evitare i rischi economici e di pianificazione che si potrebbero incontrare, in particolare in termini di raccolta di dati per l'ICV.

2.5. Risorse umane e tecniche

I mezzi necessari per l'esecuzione della ACV consistono in:

- le risorse umane necessarie per **la raccolta dei dati** (una fase di analisi lunga e complessa) e le risorse tecniche o bibliografiche associate: banche dati, documenti dei fornitori, ecc....;
- i mezzi umani e tecnici necessari per valutare l'impatto ambientale del prodotto: subappalto, fornitura di uno strumento di simulazione. Generalmente si usa un software **ACV** (SimaPro, WILCI...) ma l'analisi può essere eseguita a mano con un programma di foglio di calcolo. Tuttavia, questo metodo manuale è fonte di errori e richiede quindi un'attenzione particolare e un controllo esterno;
- Se necessario, le risorse umane necessarie per la **revisione critica** dell'analisi (cfr. paragrafo 2.7).

Il livello di dettaglio e la durata di un ACV dipende fortemente dalla definizione degli obiettivi e dalla portata dello studio.

2.6. Applicazioni e limitazioni

Come accennato in precedenza, la valutazione del ciclo di vita può essere utilizzata come strumento di supporto alle decisioni. La complessità dell'analisi dei sistemi del ciclo di vita permette di evidenziare i punti di forza o di debolezza tra più prodotti, ma è complicato stabilire *in modo preciso* una classificazione assoluta tra i prodotti in termini ambientali.

Gli impatti ambientali valutati sono infatti potenziali, relativi e non reali e dipendono fortemente dalla qualità e dall'affidabilità dei dati utilizzati, nonché dalle ipotesi fatte in assenza di dati. Non è possibile valutare i rischi e gli impatti finali sull'ambiente ricevente: **l'ACV non sostituisce l'analisi del rischio.**

Inoltre, **ACV non sostituisce nemmeno la valutazione dell'impatto ambientale:** non tutti gli aspetti che possono avere un impatto sull'ambiente sono presi in considerazione. Per esempio, si noti la mancanza di considerazione del contesto paesaggistico, il rumore o l'odore generato, l'inquinamento luminoso e visivo, l'impatto delle onde, ecc.

Infine, gli aspetti economici e sociali non sono presi in considerazione nella ACV.

2.7. Produzione e interpretazione

Al termine di un ACV, viene redatto un rapporto di studio che presenta tutti gli elementi definiti e utilizzati: gli obiettivi e la portata dello studio, i limiti e le ipotesi, i risultati dello studio e la loro analisi critica. Si dovrebbe anche scrivere un riassunto per facilitare la comprensione dello studio.

Non esiste una base scientifica per ridurre i risultati della ACV a un unico numero o a un unico punteggio complessivo, poiché la ponderazione richiede l'uso di scelte di valore.

Al fine di trarre conclusioni dai risultati ottenuti e di formulare raccomandazioni, è consigliabile **strutturare le informazioni** ottenute (ciò può essere stato fatto in precedenza nell'analisi). A seconda degli obiettivi e della portata dello studio, possono essere utilizzati diversi approcci di strutturazione:

- Differenziazione delle informazioni in base alle singole fasi del ciclo di vita: produzione del materiale, fabbricazione del prodotto, uso, riciclaggio, trattamento dei rifiuti
- Differenziazione tra i gruppi di processo: trasporto, fornitura di energia, ecc;
- Altri tipi di differenziazione da definire.

Input/output del ICV	Produzione di materiali kg	Processo di fabbricazione kg	Uso kg	Altro kg	Totale kg
Carbone	1 200	25	500	—	1 725
CO ₂	4 500	100	2 000	150	6 750
NO _x	40	10	20	20	90
Fosfato	2,5	25	0,5	—	28
AOX ^a	0,05	0,5	0,01	0,05	0,61
Rifiuti domestici	15	150	2	5	172
Respingimenti	1 500	—	—	250	1 750

^aAOX = alogenati organici adsorbibili

Tabella 4 : Esempio di strutturazione in relazione alle fasi del ciclo di vita (fonte: norma ISO 14044)

La **rilevanza dei dati** può quindi essere interpretata anche secondo diversi metodi: analisi di **contributi**, influenze, anomalie o dominanza per esempio. Questi metodi dipendono dall'utilizzo o meno di riferimenti o standard (politica aziendale, obiettivi quantificati, sistema di gestione ambientale, ecc.).

Nelle tabelle seguenti sono riportati alcuni esempi di analisi di contributo dei dati.

Input/output del ICV	Produzione di materiali %	Processo di fabbricazione %	Uso %	Altro %	Totale %
Carbone	69,6	1,5	28,9	—	100
CO ₂	66,7	1,5	29,6	2,2	100
NO _x	44,5	11,1	22,2	22,2	100
Fosfato	8,9	89,3	1,8	—	100
AOX	8,2	82,0	1,6	8,22	100
Rifiuti domestici	8,7	87,2	1,2	2,9	100
Respingimenti	85,7	—	—	14,3	100

Tabella 5 : Esempio di contributo percentuale alle fasi del ciclo di vita (fonte: norma ISO 14044)

Input/output del ICV	Rete elettrica	Fornitura di energia in loco	Trasporto	Altro	Totale kg
Carbone	○	○	●	○	1 725
CO ₂	○	○	●	○	6 750
NO _x	○	○	○	○	90
Fosfato	○	○	#	○	28
AOX	○	○	○	○	0,61
Rifiuti domestici	○	●	○	●	172
Respingimenti	○	○	○	○	1 750

Tabella 6 : Esempio di marcatura delle anomalie (fonte: norma ISO 14044)

La fase di interpretazione dei risultati di un ACV comprende i seguenti elementi:

- Identificazione delle problematiche significative sulla base dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione dell'impatto: categorie di inventari o impatti e relativi contributi;
- Verifica dei risultati tenendo conto dei controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- Le conclusioni, i limiti e le raccomandazioni dello studio.

Questioni significative possono essere dati di inventario come l'energia, le emissioni, gli scarichi, i rifiuti, ecc.; categorie di impatto come l'uso delle risorse, il cambiamento climatico, ecc. o contributi significativi di alcune fasi del ciclo di vita ai risultati dell'ICV o della CCIA, come singoli processi elementari o gruppi di processi, come il trasporto o la produzione di energia.

Una **revisione critica** della ACV può essere eseguita dopo l'analisi. In conformità con gli standard ISO, le revisioni critiche ACV sono facoltative quando i risultati sono destinati all'uso interno da parte dello sponsor dello studio. Una revisione critica può, tuttavia, facilitare la comprensione e accrescere la credibilità delle ACV, ad esempio, coinvolgendo esperti interni o esterni o un comitato di parti interessate.

Se del caso, la revisione critica verifica che un'analisi soddisfi i requisiti di metodologia, dati, calcoli, interpretazione dei risultati e comunicazione definiti nello standard ISO 14044. La revisione critica permette di garantire la qualità tecnico-scientifica di un ACV,

ma non permette di convalidare o verificare gli obiettivi selezionati dallo sponsor dello studio.

Se la ACV prevede il confronto di più prodotti, la revisione critica dovrebbe coinvolgere esperti indipendenti competenti sia nella ACV che nel settore di attività pertinente, cioè il settore energetico per il progetto.

3. SINTESI

La seguente tabella riassume le fasi della valutazione del ciclo di vita, gli elementi chiave di ogni fase, e fornisce esempi applicati agli impianti di stoccaggio di GNL e di bunkeraggio:

Fase	Elementi chiave	Esempi GNL
Preparazione dell'analisi	Definizione degli obiettivi Esistenza di una ACV nel campo di attività Identificazione dei subappaltatori per lo studio Disponibilità di banche dati o dati dei fornitori	ACV esistente e pubblicata per il GNL: Valutazione del ciclo di vita del terminale di liquefazione del gas naturale di Saguenay da parte di GNL Quebec (https://jgreener.chm.ulaval.ca/fileadmin/user_upload/Rapport_de_CIRAIG.pdf)
Definizione degli obiettivi e dell'ambito dello studio	Definizione degli obiettivi, dell'applicazione prevista, delle motivazioni dello studio, del pubblico interessato Definizione dell'ambito dello studio e dell'unità funzionale come base di confronto	Obiettivi: Confronto ACV dei metodi di stoccaggio del GNL tra i serbatoi a terra e quelli della nave Confronto ACV dei metodi di bunkeraggio del GNL tra il bunkeraggio autocarro-nave (Truck-to-Ship) e quello nave-nave (Ship-to-Ship). Unità funzionale: Stoccaggio di 50.000 m ³ di GNL per 20 anni; rifornimento di 50 navi GNL all'anno
Inventario del ciclo di vita	Raccolta di input e output: materie prime, energia consumata, rifiuti prodotti	Fasi del ciclo di vita del GNL: esplorazione, estrazione, lavorazione, trasporto, liquefazione, trasporto, stoccaggio, bunkeraggio, utilizzo come combustibile, scarichi ed emissioni. Fasi del ciclo di vita di un serbatoio di stoccaggio: estrazione delle materie prime, trasporto, costruzione, utilizzo come serbatoio, fine vita, trattamento dei rifiuti.
Valutazione e dell'impatto del ciclo di vita	Quantificazione dei consumi e degli scarichi per categorie d'impatto	Quantificazione delle emissioni di gas a effetto serra durante il ciclo di vita del GNL
Interpretazione dei risultati	Analisi dei contributi per categoria di impatto Strutturazione delle informazioni Possibile revisione critica	Confronto delle emissioni di gas a effetto serra nel ciclo di vita per due metodi di stoccaggio di GNL

Tabella 7 : Sintesi delle linee guida di ACV



La cooperazione nel cuore del Mediterraneo

