

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA GESTIONALE
PERCORSO LOGISTICA

Tesi di Laurea Magistrale

**Studio della Supply Chain di distribuzione del
combustibile GPL e impatto ambientale dei trasporti
Analisi di un caso applicativo**



Relatore:

Prof. Carlo Rafele

Candidato:

Francesco De Sanctis
Matricola: S267699

A.A. 2020-2021

INDICE

ABSTRACT	4
1. IL CONCETTO DI SUPPLY CHAIN E SOSTENIBILITÀ	6
1.1 L'EVOLUZIONE DELLA SUPPLY CHAIN E DELLA LOGISTICA	6
1.1.1 Logistica	6
1.1.2 Supply Chain	7
1.2 IL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	9
1.3 LA SOSTENIBILITÀ	11
1.3.1 Indicatori di sostenibilità	12
1.4 LO SVILUPPO ECONOMICO SOCIALE SOSTENIBILE	13
1.4.1 Definizione di sviluppo sostenibile	13
1.4.3 Sostenibilità e Supply Chain Management	17
2. INQUADRAMENTO DELLO SCENARIO ENERGETICO NAZIONALE	21
2.1 PRINCIPALI FONTI ENERGETICHE FOSSILI	21
2.1.1 Bilancio energetico Nazionale	21
2.1.2 Approvvigionamento	22
2.2 IMPIEGHI	25
2.2.1 Trasporti	26
2.3 SCENARI DI FORNITURA FUTURI DEL GAS	28
2.3.1 La decarbonizzazione del trasporto pesante – GNL	29
2.3.2 Infrastruttura del Gas GNC/GNL	33
2.3.3 Impianti di rigassificazione e accettabilità sociale	39
3. SUPPLY CHAIN DEL GPL E CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO	42
3.1 GAS DI PETROLIO LIQUEFATTO	42
3.2 CATENA LOGISTICA DI DISTRIBUZIONE DEL GPL SUL TERRITORIO NAZIONALE	44
3.2.1 Produzione del GPL	44
3.2.2 Stoccaggio del GPL	47
3.2.3 Trasporto del GPL	48
3.2.3 Consumo del GPL	51
4. LA CARBON FOOTPRINT	54
4.1 COS'È LA CARBON FOOTPRINT	54
4.2 ELABORAZIONE DEL CFP	57
4.2.1 ISO	57
4.2.2 Life Cycle Assessment	58
4.2.3 PAS 2050	60
4.3 TIPOLOGIE DI EMISSIONE	62

5. CASO AZIENDALE	67
5.1 ANALISI DELLA SUPPLY CHAIN “As Is”	68
5.1.1 Presentazione dell’azienda	68
5.1.2 Logistica Inbound	73
5.1.3 Logistica Outbound	76
5.2 SCENARI ALTERNATIVI “TO BE”	84
5.2.1 Deposito Costiero di GNL	84
5.2.2 Logistica Inbound “to be”	86
5.2.3 Logistica Outbound “to be”	93
5.3 CONFRONTO DELLE DIVERSE RETI DISTRIBUTIVE DI COMBUSTIBILE	98
5.3.1 Rete di distribuzione dei carburanti marini	98
5.3.2 Rete di distribuzione dei carburanti stradali	102
CONCLUSIONI	109
BIBLIOGRAFIA	113

Abstract

Il presente lavoro è lo studio di un caso applicativo di filiera di distribuzione su base nazionale del GPL, gas di petrolio liquefatto.

Il Deposito Costiero “Industria Petroli Meridionale - IPEM S.p.A.” oggetto di studio, si occupa dell’importazione, stoccaggio e commercializzazione di grandi volumi di gas di petrolio liquefatto sul territorio nazionale. Essendo uno dei pochi Depositi Costieri di grandi dimensioni della penisola, esso è un buon esempio di rappresentazione della filiera di distribuzione di questo prodotto.

Si andrà a considerare il tema della Supply Chain approfondendo quella che è stata l’evoluzione della Catena di Distribuzione e del concetto di Logistica, ricollegandosi allo sviluppo economico sostenibile, cioè una gestione della Supply Chain consapevole e responsabile che tenga conto del proprio impatto ambientale sul pianeta. Si studierà l’inquadramento dello scenario energetico Nazionale per comprendere quelli che sono i trend energetici e gli sviluppi futuri che può presentare questo settore, un’introduzione al GPL e la sua movimentazione in quanto materia prima dall’azienda, per finire con la presentazione del tema della Carbon Footprint, ciò che rappresenta e quali sono i metodi per valutare le varie tipologie di emissioni.

Questo elaborato presenterà quindi un’immagine di come si compone la Supply Chain ed una stima delle emissioni (dirette) di gas a effetto serra, collegate alle operazioni di movimentazione e trasporto del GPL. Successivamente, la tesi valuterà una filiera di distribuzione che preveda l’utilizzo di un combustibile alternativo a quelli attualmente in uso, al fine di valutare la possibilità di abbassare l’impatto di queste operazioni da un punto di vista ambientale ed economico.

Lo scopo finale è dare un’idea chiara di come si sviluppa l’attuale Supply Chain del combustibile GPL sul territorio nazionale e fornire una possibilità di miglioramento delle prestazioni ambientali nelle operazioni di trasporto, operando in modo efficace lo sviluppo economico sostenibile e il Supply Chain Management.

CAPITOLO 1

1. Il concetto di Supply Chain e Sostenibilità

1.1 L'evoluzione della Supply Chain e della Logistica

1.1.1 Logistica

La distribuzione di un prodotto, su scala locale, nazionale o internazionale, è un complesso che coinvolge lo studio della Logistica e della Supply Chain, due processi che differiscono per molti aspetti ma che nella visione più moderna della Supply Chain vede il primo termine integrato nel secondo.

Il termine logistica viene spesso affiancato ad una branca dell'arte militare, rivolta al suo più lontano e primo utilizzo. Con il passare degli anni e dei bisogni tale disciplina è arrivata a costituire una colonna portante di ogni azienda industriale, proprio grazie alla sua funzione di elemento unificante di alcune parti dei processi aziendali.

Secondo il *Council of Logistics Management* si definisce la logistica come: *“il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficiente ed efficace flusso e stoccaggio di materie prime, semilavorati e prodotti finiti e delle relative informazioni dal punto di origine al punto di consumo con lo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti”*.

La Logistica ha molteplici accezioni (industriale, commerciale, distributiva, aziendale, di supporto, dei materiali, ecc.) e i suoi tre ruoli principali di sviluppo sono stati [1]:

- *Logistica Industriale*: gestione operativa dei magazzini e dei trasporti interni o esterni, intesi come approvvigionamento di materia prima e componenti oppure come distribuzione del prodotto finito.
- *Logistica Distributiva*: step successivo rappresentato dalla presenza di competenze di natura strategica al fine di gestire e monitorare oltre alle attività interne anche le relazioni contrattuali con i fornitori di servizi logistici, e con gli attori della filiera distributiva a valle
- *Logistica Aziendale*: non più intesa esclusivamente a livello operativo ed esecutivo, ma bensì come progettazione strategica di un sistema, essa è vista al giorno d'oggi come

un insieme di infrastrutture, attrezzature, persone, modalità e politiche gestionali che garantiscono il flusso di beni e informazioni che passano da: fornitore, produttore e cliente finale.

Un approccio innovativo è quello della Logistica *Integrata*, cioè la gestione delle varie fasi di trasformazione di un input in un output all'interno del processo logistico. Questo prevede l'integrazione di ogni passaggio, sia con la fase di pianificazione, sia con quella di controllo. Un'ultima accezione introdotta ormai non più recentemente è Logistica *Ecosostenibile* o *Sostenibile*. Questo nuovo modo di intendere la logistica chiama in causa la sostenibilità ambientale, tema sempre più sensibile alla popolazione e che genera sempre nuovi protocolli e normative, sia da parte dei singoli Governi nazionali che delle comunità internazionali.

Questo atteggiamento attento all'impatto sull'ambiente ha posto l'attenzione delle aziende industriali nella progettazione e gestione eco-compatibile dei prodotti, processi e delle modalità di trasporto, nonché della logistica *Reverse*.

1.1.2 Supply Chain

Il termine Supply Chain ha un significato più ampio e dettagliato di Logistica, infatti comprende oltre alle singole attività funzionali anche i rapporti fra i vari attori della filiera logistica con lo scopo che tutte le singole parti cooperino insieme per ottimizzare i processi seguendo un approccio olistico e interfunzionale.

Esistono tante definizioni di Supply Chain in letteratura, tra cui una delle più complete è "*Una rete di aziende coinvolte, direttamente o indirettamente, nella soddisfazione dei fabbisogni del mercato attraverso attività di acquisizione, trasformazione e trasferimento di beni e servizi volti a garantire al cliente finale la piena fruibilità di un prodotto in modo conforme o superiore alle sue esigenze e aspettative*" [1].

Questa definizione mette in risalto tre caratteristiche fondamentali della Supply Chain che sono:

- 1- Livello di profondità: il numero di livelli in cui si organizza una rete lungo il processo di accrescimento del valore del prodotto (molteplicità dei livelli).
- 2- Livello di ampiezza: la varietà dei flussi materiali, informazioni e servizi associati a ogni singolo livello della rete (molteplicità dei canali).

- 3- Livello di estensione geografica: contribuisce a incrementare il grado di complessità di una rete e, spesso, ne condiziona il livello di ampiezza, accrescendo la numerosità dei canali in cui essa si articola.

Si fa spazio quindi nel settore della gestione d'impresa il termine Logistica integrata, questo perché la logistica inizia ad essere integrata con tutti gli attori della Supply Chain, per il raggiungimento di alti livelli di performance e qualità, sia in termini di efficacia (raggiungimento degli obiettivi) che di efficienza (ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse disponibili). I motivi sono abbastanza chiari, le scelte effettuate in una certa area di attività logistica e il suo potenziale impattano su tutte le altre aree, a volte anche in modi determinanti per il funzionamento della filiera.

Ciò che deve essere esplicitato e gestito nel processo di creazione del valore di un prodotto lungo la filiera sono i flussi, la logistica si occupa di due tipologie di flussi principali [1]:

- flussi fisici: trasferimenti del prodotto al cliente, ovvero ricezione ed evasione degli ordini unita a movimentazione delle scorte e trasporto, controllo delle scorte dei materiali in lavorazione durante le fasi della produzione, approvvigionamento e movimentazione di materie prime, semilavorati e prodotti finiti dal fornitore alla produzione;
- flussi informativi: flussi immateriali concernenti previsioni di mercato, gestione degli ordini, programmi di produzione e pianificazione dei bisogni. Flussi in costante crescita di dati grazie allo sviluppo delle cosiddette tecnologie ICT (Information and Communication Technology).

La Supply Chain dal canto suo oltre ad occuparsi dei due precedenti flussi si occupa inoltre di:

- flussi di servizi: un bene intangibile ma sovente collegato ad un prodotto fisico, ormai imprescindibile l'uno dall'altro;
- flussi finanziari: la partecipazione alla supply chain è subordinata alla possibilità di incrementare il valore dell'azienda, perciò la gestione delle finanze per comprendere la convenienza delle attività è fondamentale;
- flussi di conoscenza: il know-how o patrimonio conoscitivo è a tutti gli effetti un asset aziendale che necessita tutela e sviluppo. La disciplina manageriale del Knowledge Management si occupa proprio del fattore umano affinché si possa instaurare uno scambio di conoscenze leale tra le aziende.

Ogni componente di flusso rappresenta una colonna portante della corretta gestione di una Supply Chain, ciò lo rende un sistema dinamico, in cui le diverse componenti sono interconnesse e l'ottimizzazione deve avvenire a livello globale e non locale su ogni singola attività.

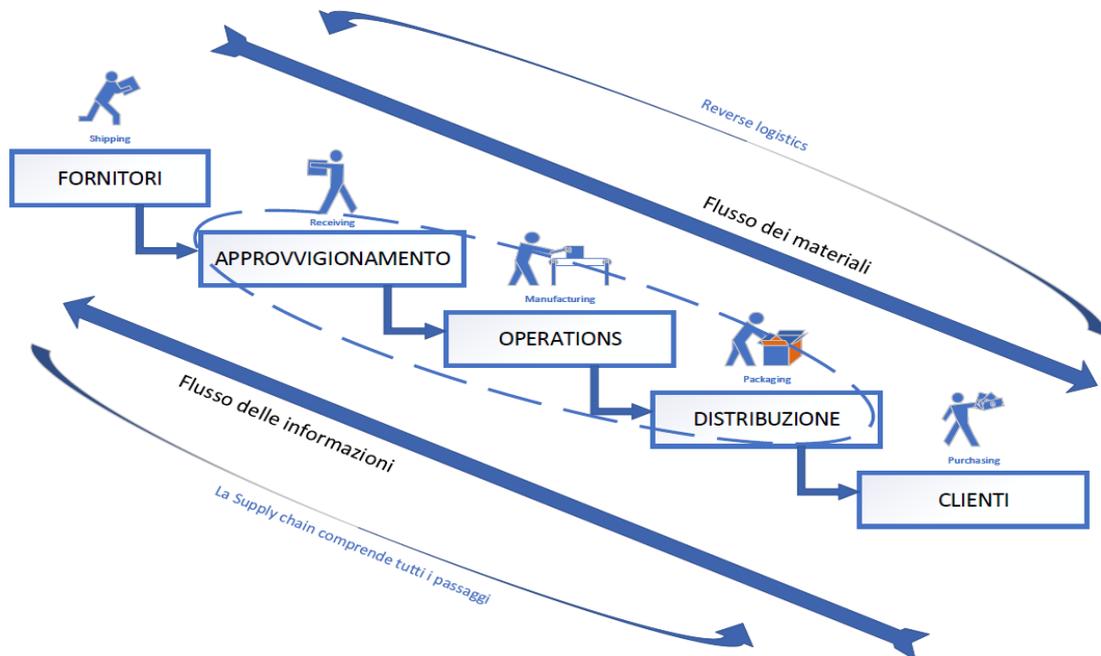


Figura 1: Rappresentazione dei passaggi chiave di una supply chain, realizzato su Visio.

1.2 Il Supply Chain Management

Come è stato chiarito nel paragrafo precedente la supply chain è un sistema dinamico che evolve nel tempo e si definisce nel momento in cui diverse aziende stabiliscono tra di loro dei legami finalizzati alla commercializzazione di un prodotto o servizio al cliente finale. La complessità e la vastità di molte supply chain però presentano il problema della gestione di un sistema eterogeneo di attori con obiettivi diversi, se non tra loro conflittuali. Per adottare un'ottica di sistema risulta necessaria la gestione dell'intera filiera come un'entità unica che punta alla massimizzazione del valore complessivamente generato [1].

Si introduce quindi il concetto di Supply Chain Management, termine inizialmente usato da due studiosi, Oliver e Webber, che lo definirono come una tecnica di riduzione delle scorte in azienda facenti parte della filiera, e ripreso in seguito con diverse definizioni [2]. Secondo Mentzer (2001) il Supply Chain Management può essere definito come *“un coordinamento sistematico delle tradizionali funzioni aziendali e delle tattiche, all'interno di ogni organizzazione e lungo la catena di distribuzione, che ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni*

di lungo periodo dei diversi attori che operano lungo la supply chain". Utilizzando una definizione più semplicistica, secondo M. Christopher SCM è "la gestione delle relazioni a monte e a valle con i fornitori e i clienti per distribuire un valore cliente superiore a un costo inferiore in relazione alla supply chain globale".

Il termine Supply Chain Management (SCM) lo definiamo, secondo "The Council of SCM Professionals", come la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche. Include, inoltre, la coordinazione, l'integrazione e collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, e clienti. In poche parole, il SCM integra e coordina la supply chain e la gestione dei rapporti tra i vari attori della supply chain stessa [3]. Nello specifico la Supply Chain si compone di nove attività diverse.



Figura 2: Attività di cui si occupa la Supply Chain, realizzato su Visio.

Appare dunque chiaro come un ruolo fondamentale sia interpretato ormai da tutti gli attori di ogni singola funzione o business all'interno di una supply chain, è proprio la loro coordinazione e le giuste scelte di trade-off che rendono una catena di distribuzione competitiva, efficace ed efficiente. Non si può più pensare nel ventunesimo secolo di operare all'interno di un mercato quanto più globalizzato, ignorando completamente ciò che avviene a monte e a valle della propria filiera. Ogni agente è interconnesso con gli altri e ogni singola azione o avvenimento, seppur di minimo impatto locale, può generare un effetto a catena, come per esempio il *Bullwhip effect* [5], che diventa sempre più grande man mano che si propaga.

La soluzione a questo problema la troviamo nel SCM, la corretta gestione delle attività e degli attori di una supply chain è diventata importante quanto il funzionamento dei singoli (se non di più). Per quanto riguarda il coinvolgimento degli attori, i due ambiti di azione sono di tipo [6]:

- 1- *Up-stream integration*: in quanto concernono processi di input da parte dei fornitori (di materie prime, beni intermedi, servizi, consulenza). La necessità di coinvolgere i fornitori nei processi di innovazione portati avanti dall'impresa focale, di ridurre la durata dei cicli di consegna, di acquisire informazioni rilevanti sull'evoluzione delle tecnologie e sul comportamento dei concorrenti, di subappaltare ad essi porzioni rilevanti dei processi produttivi (rispetto ai quali l'impresa focale non è in grado di esprimere competenze distintive), fa sì che il fabbisogno di coordinamento fra impresa focale e fornitori aumenti al punto da rendere convenienti accordi di lungo periodo, più intensi processi di comunicazione, la condivisione di organi destinati a gestire processi decisionali congiunti, lo sviluppo di relazioni fiduciarie.

- 2- *Down-stream integration*: ossia processi di output verso imprese clienti. Anche in questo caso la necessità di raccogliere informazioni, di rafforzare la fedeltà dei clienti, di coinvolgerli nei processi di sviluppo di nuovi prodotti e servizi porta ad una più intensa gestione organizzativa del rapporto.

1.3 La Sostenibilità

Alla base di una buona gestione della catena di distribuzione (SCM) c'è sicuramente il monitoraggio degli indicatori o drivers di performance, senza di essi non sarebbe possibile contestualizzare le scelte e verificarne gli effetti sulla supply chain globale. I tipici drivers che hanno sempre fatto dello studio della SC e che servono per misurare la competitività strategica, l'efficienza e la responsabilità, sono sicuramente: le scorte, i trasporti, gli impianti, le informazioni. Il primo rappresenta un driver strategicamente competitivo e di elevato costo in molte filiere, il secondo ha un forte impatto sulla responsabilità e l'efficienza trattandosi di metodi e modalità di trasporto, gli impianti sono di due tipologie, di produzione (factory) e di stoccaggio (warehouse) ed entrambi includono trade-off sulle locazioni e le modalità di gestione. L'ultimo driver necessita un discorso a parte, le informazioni si rendono utili in tutte le modalità di scambio, il flusso costante delle informazioni è una caratteristica imprescindibile di una qualsiasi supply chain e l'uso dei dati digitali permette l'implementazione dei processi automatizzati (digitalisation), nonché della *Blockchain*, cioè una tecnologia in grado di registrare ogni transazione che avviene tra gli attori di una filiera in modo sicuro e condiviso all'interno di un database [7].

Nella prima decade del ventunesimo secolo è cresciuto in maniera costante un senso di considerazione, da parte di scienziati, industriali, politici e cittadini, nei confronti della sostenibilità ambientale [8]. Nel vero senso del termine con sostenibilità si intende "la

possibilità di portare avanti a tempo indeterminato un certo comportamento o un modello socio-economico” questo implica un equilibrio tra il consumo di risorse e la loro rigenerazione, così come la produzione di inquinanti e la loro naturale eliminazione. Un’altra definizione di sostenibilità è “la condizione per cui la generazione presente soddisfa i suoi bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri” (Treccani).

La politica ha iniziato a considerare gli effetti del nostro comportamento e sistema economico solo verso la fine del Novecento, da allora si susseguono accordi internazionali sempre più rigidi sulle modalità di crescita economica della nostra società. Secondo il co-premio Nobel per la Pace Herman Daly, un sistema umano può essere eco-sostenibile solo se [9]:

- 1- La velocità con cui si sfruttano le risorse rinnovabili non supera il relativo tasso di rigenerazione.
- 2- L’immissione di particelle inquinanti e scorie nell’ambiente non supera la sua capacità di assimilarle, cioè la sua capacità di carico.
- 3- Il consumo di risorse non rinnovabili è compensato dalla produzione di una pari quantità di risorse rinnovabili che a lungo termine siano in grado di sostituirle.

Possiamo concludere che la sostenibilità ambientale è un tipo di approccio responsabile che si ha nei confronti dell’ambiente che ci circonda, per le generazioni presenti e future. Grazie a tali caratteristiche e all’interesse che suscita, a partire dalla seconda decade del ventunesimo secolo, è entrato a tutti gli effetti nel gruppo di drivers principali di una supply chain.

1.3.1 Indicatori di sostenibilità

Come abbiamo visto lo sviluppo sostenibile è un tema molto complesso, che riguarda l’economia, l’industria, la produzione di beni di consumo, ma anche il modo di vivere e fruire delle risorse naturali a nostra disposizione. Come ogni driver, presenta degli indicatori di performance, come ad esempio il Carbon Footprint (impronta ecologica) un indicatore di sostenibilità ambientale di recente introduzione, ma molto importante per sviluppare politiche volte ad incentivare un processo di sostenibilità ambientale efficace. Il principio alla base degli indicatori di sostenibilità ambientale è la necessità di fornire informazioni sui fattori ambientali ed economici, come acqua, aria, società, ecc. Il loro utilizzo è efficace ed immediato data la facilità di lettura e comprensione a prescindere dalle competenze tecniche in possesso della singola persona, l’obiettivo di carattere informativo è pienamente assolto per guidare l’analisi e i processi decisionali politici, economici e sociali più eco-sostenibili [10].

Le caratteristiche che devono contraddistinguere un indicatore per essere definito tale, sono:

- Accessibilità: devono risultare immediatamente comprensibili;
- Reperibilità: i valori utilizzati per delineare un indicatore devono essere prelevati da fonti accessibili a tutti e verificabili;
- Rigorosità scientifica: gli indicatori devono essere creati a partire da un approccio scientifico e rigoroso, in modo da poter essere valido per tutti;
- Riproducibilità e affidabilità: proprio in virtù del loro carattere scientifico, accessibile e reperibile, gli indicatori possono essere riprodotti nello spazio e nel tempo allo stesso modo da chiunque.

La World Commission on Environment and Development ha proposto un tipo di approccio, detto *triple bottom line*, che basa la propria visione di sviluppo sostenibile sull'analisi di tre dimensioni: economica, sociale ed ambientale. Perciò al giorno d'oggi un'organizzazione o azienda per essere definita sostenibile deve essere stabile finanziariamente, deve minimizzare i propri impatti ambientali negativi agendo in conformità con le aspettative sociali e le norme legali, e deve farlo con maggiore responsabilità in merito a ciò che si è prodotto in termini non solo economici ma anche etici, ambientali e sociali [11].

1.4 Lo sviluppo economico sociale sostenibile

1.4.1 Definizione di sviluppo sostenibile

L'articolo 2 del Trattato di Amsterdam recita: "la Comunità Europea promuoverà [...] uno sviluppo sostenibile, armonioso ed equilibrato delle attività economiche, un alto livello di occupazione e della sicurezza sociale, l'eguaglianza tra donne e uomini, una crescita economica sostenibile e non inflattiva [...] un alto grado di protezione e miglioramento della qualità dell'ambiente, la crescita degli standard e della qualità della vita, la solidarietà e la coesione sociale ed economica tra gli Stati membri".

Il concetto di sviluppo sostenibile, inserito nei principi costituzionali dell'Unione Europea è andato evolvendo a partire dagli anni '60 del secolo scorso e ha fatto registrare una profonda evoluzione che, partendo da una visione centrata preminentemente sugli aspetti ecologici, è approdata verso un termine che tenesse conto, oltre che della dimensione ambientale, di quella economica e di quella sociale. Quindi queste tre E (ecologia, equità, economia) sono considerate in un rapporto sinergico e sistemico, e lo sviluppo sostenibile si definisce tale solo se è in grado di generare situazioni di sostanziale equilibrio tra questi tre ambiti. Questo

perché le tre dimensioni in questione sono strettamente correlate ed ogni intervento di programmazione deve tenere conto delle reciproche interrelazioni.

Si potrebbe concludere che la sostenibilità implica un benessere (ambientale, sociale, economico) costante e preferibilmente crescente e la prospettiva di lasciare alle generazioni future una qualità della vita non inferiore a quella attuale.

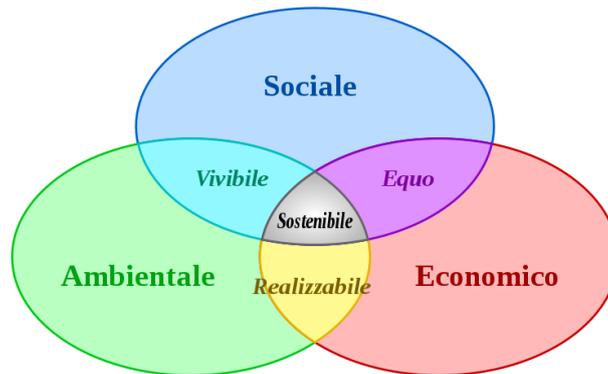


Figura 3: Sustainable development, fonte: Johann Dreo.

L'UNESCO ha ampliato nel 2001 il concetto di sviluppo sostenibile indicando che “la diversità culturale è necessaria per l'umanità quanto la biodiversità per la natura [...] la diversità culturale è una delle radici dello sviluppo inteso non solo come crescita economica, ma anche come un mezzo per condurre una esistenza più soddisfacente sul piano intellettuale, emozionale, morale e spirituale” [12].

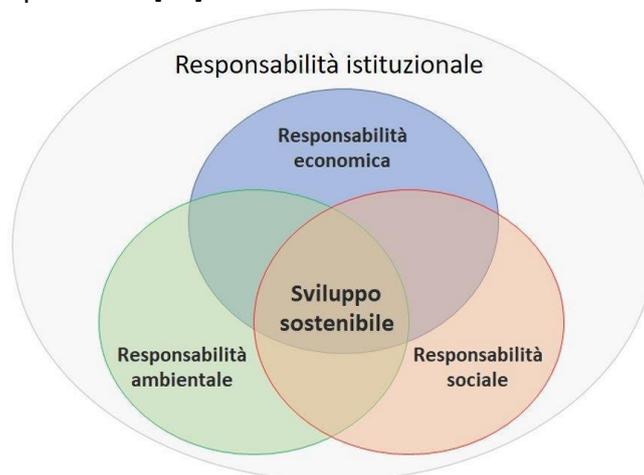


Figura 4: Concetto di Responsabilità e Sviluppo Sostenibile, fonte: Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile-2015 [13].

Seguendo l'approccio dell'Agenda 2021 e Agenda 2030, oltre ai tre pilastri precedentemente citati dello sviluppo sostenibile possiamo inserirne un quarto, sostenibilità istituzionale, intesa come capacità di assicurare condizioni di stabilità, democrazia, partecipazione, informazione, formazione e giustizia. In altri termini lo sviluppo sostenibile si basa su un'integrazione

efficiente tra ecosistemi naturali non degradati, tecnologie avanzate e sistemi sociali e culturali consapevoli e responsabili [11].

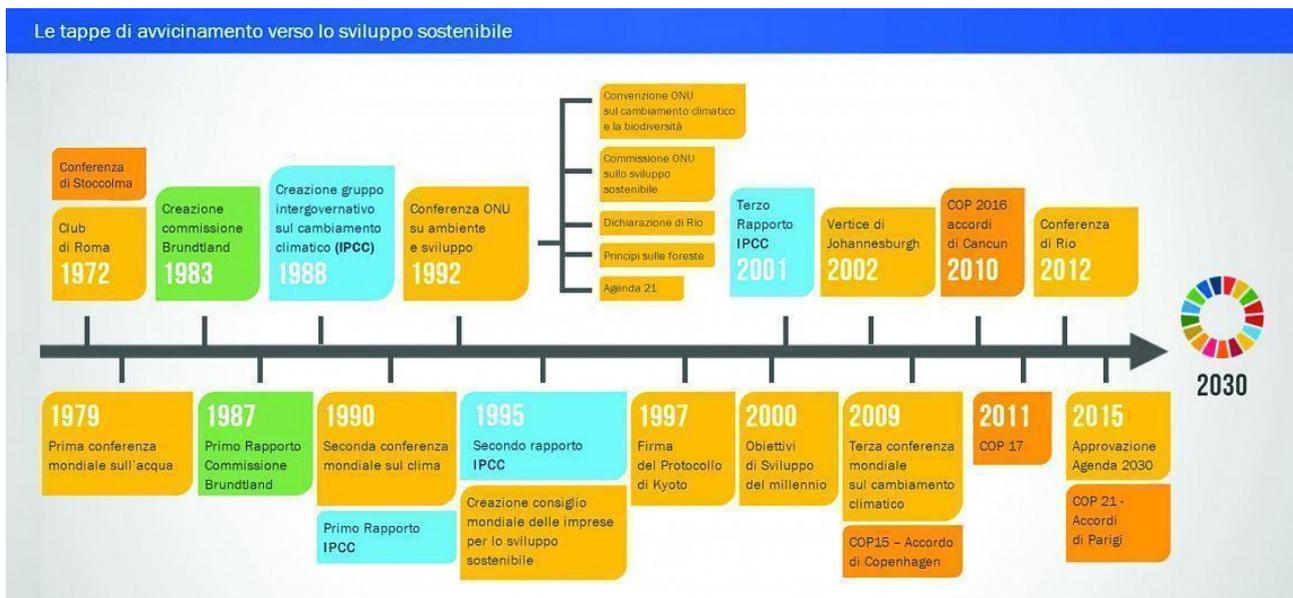


Figura 5: Tappe e progressi verso l'obiettivo del 2030 ,fonte: Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile-2015 [13].

1.4.2 Obiettivi futuri

L'Italia insieme a 192 Paesi membri delle Nazioni Unite ha sottoscritto il 25 settembre 2015 L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dall'Assemblea Generale dell'ONU che è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità. L'Agenda è costituita da 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile inquadrati all'interno di un programma d'azione più vasto costituito da 169 traguardi da raggiungere in ambito ambientale, economico, sociale e istituzionale entro il 2030 [14].



Figura 6: 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile.

Gli obiettivi qui rappresentati hanno una validità globale che coinvolge tutte le componenti della società, dalle imprese private al settore pubblico, dalla società civile agli operatori dell'informazione e cultura. Tutti i Paesi sono chiamati a impegnarsi per definire una propria strategia di sviluppo sostenibile che consenta di raggiungere gli obiettivi fissati, comunicando i risultati conseguiti all'interno di un processo coordinato dall'ONU. Ciascun Paese viene infatti valutato annualmente in sede ONU attraverso l'attività dell'High-level Political Forum (HLPF) che ha il compito di valutare i progressi, i risultati e le sfide per tutti i Paesi, e dalle opinioni pubbliche nazionali e internazionali. Ogni quattro anni si svolge, inoltre, un dibattito sull'attuazione dell'Agenda 2030 in sede di Assemblea Generale dell'ONU, alla presenza di Capi di Stato e di Governo: la prima verifica di questo tipo è stata realizzata nel settembre 2019 [14].

Lo strumento di coordinamento nazionale per l'attuazione dell'Agenda 2030 è rappresentato dalla *Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile*, il quale si struttura in cinque aree di intervento, corrispondenti alle "5P" dello sviluppo sostenibile correlati agli obiettivi dell'Agenda 2030, e richiamano alla profonda interrelazione tra dinamiche economiche, crescita sociale e qualità ambientale [15].

- Persone: contrastare povertà ed esclusione sociale e promuovere salute e benessere per garantire le condizioni per lo sviluppo del capitale umano;
- Pianeta: garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali, contrastando la perdita di biodiversità e tutelando i beni ambientali e culturali;
- Prosperità: affermare modelli sostenibili di produzione e consumo, garantendo occupazione e formazione di qualità;
- Pace: promuovere una società non violenta ed inclusiva, senza forme di discriminazione. Contrastare l'illegalità;
- Partnership: intervenire nelle varie aree in maniera integrata.

È doveroso annotare anche che in data 7 ottobre 2020 l'Europarlamento ha approvato ufficialmente un emendamento che punta ad un nuovo obiettivo di riduzione delle emissioni comunitarie: un meno 60% di CO₂, rispetto ai livelli del 1990, da raggiungere entro il 2030. Un passaggio importante dato che il testo rilasciato precedentemente da Bruxelles fissa un target del 55%, in aumento di 15 punti percentuali rispetto a quanto richiesto dalle attuali normative; una volta in vigore sarebbe vincolante per gli Stati membri e avrebbe lo scopo di intraprendere un percorso più mirato verso le zero emissioni entro il 2050, e il completo stop all'utilizzo di combustibili fossili entro il 2100.

1.4.3 Sostenibilità e Supply Chain Management

A causa della globalizzazione, i canali di distribuzione di prodotti e servizi sono diventati negli anni sempre più complessi, ampliando le reti di diffusione (network) e quindi comportando rapporti con contesti socio-economici diversificati che diventano determinanti per il successo della supply chain. La competizione sempre più ferrata fra le aziende ha posto le basi anche sulla sostenibilità ambientale e sociale, con approcci orientati all'innovazione tecnologica e all'importanza di sicurezza, diversità ed equità.

Ora è il momento di integrare il concetto di sostenibilità con quello della gestione della supply chain. Il SCM considera il flusso di materiali, prodotti e informazioni come abbiamo visto precedentemente, e richiede un utilizzo ottimale, efficace, efficiente e coordinato, di tutte le risorse facenti parte di una catena di distribuzione, con obiettivo finale la soddisfazione del consumatore.

Ciò che non si adatta più alle tendenze però, è l'utilizzo di un modello di gestione prettamente economico e tradizionalista che non include considerazioni sulla sostenibilità ambientale. L'integrazione della Sustainability nel processo decisionale è diventato uno dei punti focali degli ultimi anni, e continuerà ad esserlo con sempre maggiore forza nel prossimo futuro. Come, ad esempio, l'inclusione dell'approccio *triple bottom line* nei processi decisionali di pianificazione aggregata [16].

Una SSCM riguarda "la gestione dei flussi di materiali, informazioni e finanziari, così come la cooperazione tra le aziende della supply chain per il raggiungimento di obiettivi nelle tre direzioni dello sviluppo sostenibile, economico, ambientale e sociale, richiesti da stakeholder e consumatori" [18].

Sono molti i metodi che riguardano l'integrazione della sostenibilità, la maggior parte di essi però considera esclusivamente l'aspetto economico e ambientale. Beamon and Handfield et al. presentano un metodo di valutazione dell'impatto delle politiche ambientali sulla supply chain, dal punto di vista ambientale, e mostrano come sono rilevanti per ottenere una supply chain più green. Toptal et al. analizza differenti politiche sulle emissioni di carbonio tramite il sistema di compravendita europeo delle emissioni consentite (carbon tax). Turkey categorizza metodi per la SSCM (sustainable supply chain management) in differenti approcci: centrati sul prodotto, sulla produzione, e sul sistema di trasporto. Ci sono inoltre studi, pionieristici e non, che dimostrano un collegamento tra la Corporate social responsibility (CSR) e le performance di una supply chain, indicando la necessità di inclusione dei fattori sociali nei modelli di pianificazione, in modo da ottenere una supply chain più sostenibile nel tempo da tutti i punti di vista, anche quello sociale [16].

Secondo l'articolo scientifico *Sustainability in Supply Chain Management: Aggregate Planning from Sustainability Perspective*, le considerazioni che si devono fare sulla sostenibilità nei modelli di pianificazione aggregata di una supply chain sono: fattori economici, fattori ambientali, Carbon Footprint, consumo energetico, aspetti sociali, sicurezza sul lavoro e motivazione, salute dei dipendenti e stabilità familiare, soddisfazione del cliente. I risultati della ricerca dimostrano che quando i fattori ambientali sono considerati da soli, incrementano il costo totale di un modello standard di pianificazione aggregata di una supply chain del 4.47%, nel caso dei fattori sociali del 2.47%. Quando si adotta un approccio *triple bottom line* l'incremento di costo è del 6.51% che risulta essere minore della somma dei due contributi presi singolarmente. Un'informazione importante che ci comunica la convenienza di considerare le dimensioni sociali, ambientali ed economiche simultaneamente.

Secondo un altro studio scientifico *Sustainable Supply Chain Management: Framework and Further Research Directions* [17], la definizione di SSCM è l'integrazione volontaria di aspetti sociali, economici e ambientali, con i business chiave organizzativi interni dell'azienda in modo da coordinare una supply chain in modo efficace alla gestione dei vari flussi associati con le attività di approvvigionamento, produzione e distribuzione di un prodotto o servizio. L'obiettivo è la profittabilità a breve e lungo termine, unita alla soddisfazione delle richieste dei clienti, la competitività e la resilienza dell'organizzazione. Lo studio individua 12 drivers chiave di SSCM tra cui annoveriamo nello specifico: Green warehousing, Strategic supplier collaboration e Logistics Optimization. Per quanto riguarda il primo driver, esso richiede la massimizzazione dell'utilizzo di spazio stoccabile, la minimizzazione dei costi di recupero e la minimizzazione dell'utilizzo di energia. Il ricorso a fonti di energia pulita (green), così come l'adozione di tecnologie ad uso efficiente, sono i temi più importanti oggetto di ricerca costante per il futuro della sostenibilità. La collaborazione risulta anch'essa fondamentale, un sistema di pianificazione, previsione e approvvigionamento collaborativo aiuta le organizzazioni a surclassare barriere di operatività di ogni genere, quindi permette di intraprendere più facilmente iniziative per una supply chain sostenibile, come l'utilizzo di tecnologie pulite, consumi energetici minori, e riutilizzo dei materiali. L'ottimizzazione logistica può essere riassunta come l'ottimizzazione delle velocità, le rotte, il carico e la natura dei mezzi di trasporto; l'utilizzo di combustibili alternativi; la logistica inversa (reverse logistics); la collaborazione logistica. Tutte queste caratteristiche contribuiscono significativamente al margine di profittabilità di una supply chain oltre che al controllo delle sue GHG. Una logistica ad utilizzo efficiente di energia e un sistema di supply chain integrato e collaborativo sono i fattori principali per un migliore sviluppo sostenibile e una riduzione globale del Carbon Footprint.

Possiamo concludere dicendo che le organizzazioni private dovrebbero in primo luogo attestare il loro impatto sull'ambiente attraverso la considerazione di fattori sociali e ambientali, utilizzando indicatori che diano informazioni immediate e leggibili dello stato in cui operano e benchmark delle attività per confrontarle con aziende migliori di loro e fare di meglio (standardizzazione), in secondo luogo le autorità governative dovrebbero inasprire in maniera crescente le norme sui limiti e obiettivi dello sviluppo sostenibile, improntando le aziende a adottare un approccio *triple bottom line* che tenga conto di più aspetti oltre a quello strettamente ambientale. La conservazione ambientale è impostata dalle istituzioni mentre è messa in atto dai professionisti della supply chain, focalizzando l'attenzione sull'utilizzo di tecnologie green e design green. Questo in aggiunta permette di migliorare l'immagine della singola azienda e della supply chain da un punto di vista del brand, ciò che ne consegue è un miglioramento della domanda finale, un risparmio sui costi e in ultima battuta una migliore profittabilità e stabilità economica.

CAPITOLO 2

2. Inquadramento dello scenario energetico Nazionale

2.1 Principali fonti energetiche fossili

2.1.1 Bilancio energetico Nazionale

L'inquadramento del mix energetico a livello nazionale, con riferimento alle principali fonti energetiche fossili, è stato effettuato di seguito, attingendo completamente dalla Situazione Energetica Nazionale nel 2019 [19], finita di redigere nel giugno 2020.

Nel 2019 la domanda di energia primaria è calata del -1.3%, a fronte di un lieve aumento del PIL in termini reali del +0.3%, il consumo interno del Paese è stato pari a 169,079 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep). È presente, dunque, un disaccoppiamento tra crescita economica e crescita del consumo di energia. Così come è calata la domanda finale del -0.5%, dovuto al calo degli impieghi finali di gas naturale -2.2% e di petrolio -1.9%. L'intensità energetica si è attestata a 98,1 tep/milioni di euro, in diminuzione rispetto al 2018 (99,6). Le imprese appartenenti al settore energetico hanno registrato un valore aggiunto pari a 30,2 miliardi di euro, con un contributo del PIL dell'1.7%. In volume, ha registrato un incremento dell'1.6%.

La domanda primaria è stata soddisfatta dal gas naturale per il 36.1% del totale, dal petrolio per il 34%, dalle fonti rinnovabili per il 21% e, in misura residuale, dall'energia elettrica importata e dai combustibili solidi. Per il gas naturale, in particolare, si registra un aumento nel settore termoelettrico dove la generazione a gas ha sostituito parte della generazione a carbone. Gas naturale e rinnovabili hanno aumentato il loro peso nell'approvvigionamento energetico del Paese, mentre il petrolio ha registrato una diminuzione del 2% rispetto all'anno precedente.

	2018	2019*						
	Totale	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale	Var % (2019/18)
Produzione	41,574	0,229	3,974	4,279	34,108		42,590	2,4%
Importazione	158,615	6,843	58,202	80,620	1,546	9,675	156,886	-1,1%
Esportazione	30,390	0,233	0,266	27,902	0,265	1,279	29,945	-1,5%
Variazioni scorte	-1,433	0,229	0,918	-0,815	0,120		0,452	
Consumo interno lordo	171,232	6,610	60,992	57,812	35,269	8,396	169,079	-1,3%

Figura 7: Tabella dei valori del Bilancio dell'energia in Italia in Mtep, 2018/2019, fonte [19].

Risulta evidente come la maggior parte della domanda primaria sia soddisfatta prevalentemente da gas naturale e petrolio, fonti energetiche fossili, mentre fonti fossili solide come il carbone rappresentano un consumo pressoché residuale e comunque in calo.

	2015	2016	2017	2018	2019 (a)
PIL (milioni euro) (b)	1.655.355,0	1.676.766,4	1.704.732,5	1.718.338,3	1.723.514,9
Domanda di energia (milioni tep)	171,3	167,6	169,7	171,2	169,1
Intensità energetica (tep/milione euro)	103,5	100,0	99,5	99,6	98,1

Figura 8: tabella dell'intensità energetica in Italia, fonte: ISTAT, ministero dello sviluppo economico.

Nello specifico, tra il 2018 e il 2019, la composizione percentuale delle fonti energetiche ha registrato un aumento del contributo del gas (dal 34.7% al 36.1%) e delle fonti rinnovabili (dal 19.6% al 20.9%) mentre è diminuito quello dell'energia elettrica importata (dal 5.6% al 4.9%), dei combustibili solidi (dal 5.5% al 3.9%) e del petrolio (dal 34.5% al 34.2%).

2.1.2 Approvvigionamento

Nel 2019, la produzione nazionale di fonti energetiche è aumentata complessivamente del 2.4%, passando da 41,574 a 42,590 Mtep. Sono aumentate le fonti rinnovabili (6.1%) mentre si sono ridotti i combustibili solidi (-21%), il gas naturale (-10.9%) e il petrolio (-8.6%). Le importazioni nette di energia sono passate da 128,2 nel 2018 a 126,9 Mtep nel 2019 (-1%): per il gas naturale sono aumentate dell'1% (da 55,268 Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) a 55,936 Mtep), per il petrolio sono rimaste alquanto stabili, mentre per l'energia elettrica sono diminuite del 13.1%.

Un indicatore molto importante e significativo è sicuramente la quota delle importazioni nette rispetto al fabbisogno energetico nazionale, questo perché dà una misura del grado di dipendenza del Paese dall'estero. Questo indicatore è leggermente diminuito passando dal

74.9% nel 2018 al 74.7% nel 2019. Si conferma quindi, la prevalente dipendenza del nostro Paese da fonti di approvvigionamento estere.

1. FONTE PETROLIFERA

Il 2019 ha registrato una flessione del consumo interno lordo di petrolio e di prodotti petroliferi del 2% rispetto all'anno precedente, principalmente per effetto del minor fabbisogno della carica petrolchimica. Per quanto riguarda i due principali carburanti per autotrazione si è assistito ad andamenti contrastanti: la benzina ha mostrato lievi segnali di recupero (+0.1%) grazie soprattutto all'aumento delle immatricolazioni, mentre il gasolio ha visto una contrazione dell'1.5%.

Il consumo degli impieghi finali è diminuito dell'1.9%, quello nel settore della generazione elettrica del 2.6%. Rispetto all'anno precedente, cala produzione di semilavorati (-15.2%), degli oli combustibili (-10%) e della virgin nafta (-3.7%). Si mantengono pressoché costanti le produzioni di gasoli (+0.8%) e benzine (+0.5%), aumenta la produzione di carboturbo fetfuel (+3%).

2. GAS

Nel 2019 la domanda di gas naturale è stata pari a 74,5 miliardi di metri cubi con un incremento del 2,5% rispetto al 2018 pari a 1,8 miliardi di metri cubi in termini assoluti. La domanda di gas è stata coperta per il 7% dalla produzione nazionale e per il rimanente 93% dall'importazione. La produzione nazionale, 4,85 miliardi di metri cubi, è risultata in riduzione del 10.9%, mentre l'importazione, 71,1 miliardi, è cresciuta del 4.7%.

Le importazioni via gasdotto, pari a 57 miliardi di metri cubi che rappresentano l'80% delle importazioni totali, hanno registrato rispetto al 2018 una diminuzione di 2,2 miliardi di metri cubi. In particolare, sono diminuite le importazioni dall'Algeria (10,2 miliardi di metri cubi, -40.3%), mentre sono risultate in aumento le importazioni dal Nord Europa (Olanda e Norvegia) che si attestano a 11,1 miliardi di metri cubi (+43.4%) e quelle dalla Libia (5.7 miliardi, +27.6%). Sostanzialmente stabili le forniture provenienti dalla Russia (29,9 miliardi, +0.6%).

L'apporto del GNL nel 2019 è stato pari a circa 14,0 miliardi di metri cubi, il 20% del totale delle importazioni, con un incremento del 59.8% rispetto all'anno precedente, pari in termini assoluti a circa 5,2 miliardi di metri cubi. La nuova disponibilità di GNL a livello mondiale, trainata dall'incremento della capacità di liquefazione per circa 55 miliardi di metri cubi di gas principalmente da USA, Russia e Australia, ha favorito anche per Italia gli arrivi di GNL ai tre terminali di rigassificazione: LNG Adriatic (Cavarzere) 7,9 miliardi di metri cubi (+17.7%); GNL

Italia (Panigaglia) 2,45 miliardi di metri cubi (+173.5%); OLT (Livorno) 3,56 miliardi di metri cubi (+224.6%).

I maggiori consumi del gas sono da attribuirsi in primo luogo alla crescita della domanda di gas nel settore termoelettrico (+2,4 Gm³; +10.1%) dove la generazione di gas ha sostituito parte della generazione a carbone, grazie ad una situazione di prezzi di gas, carbone e CO₂ che ha favorito lo “switching” economico. Il 2019 è infatti stato caratterizzato da prezzi del gas particolarmente bassi, con una riduzione del 37% rispetto al 2018 e prezzi della CO₂ in crescita di oltre il 50%.

3. COMBUSTIBILI SOLIDI - CARBONE

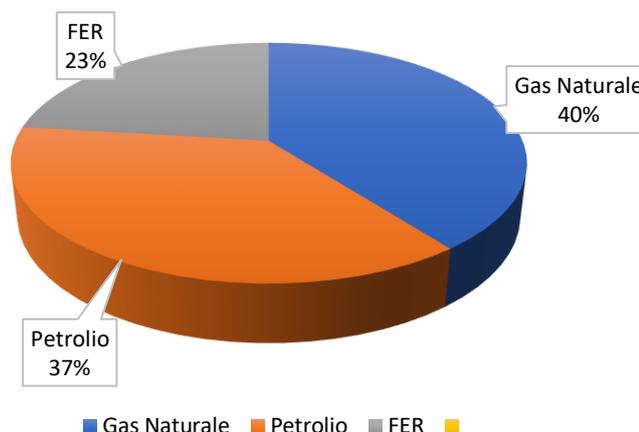
Nel 2019, in Italia, le importazioni di combustibili solidi sono diminuite del 27% rispetto all'anno precedente, passando da 14,15 a 10,31 milioni di tonnellate. Tale diminuzione ha confermato il trend negativo di questi ultimi anni. Sono diminuite del 32% le importazioni di carbone da vapore e dell'1% quelle di carbone da coke, e questo è un dato importante dal momento che la componente più consistente delle importazioni totali è rappresentata dal carbone a vapore (83.7%), mentre il carbone da coke rappresenta solo il 21.8%.

Le principali importazioni provengono dalla Russia (4453 kton), USA (2403 kton), Colombia (1754 kton) e Australia (498). Rispetto all'anno precedente, i flussi di importazioni sono aumentati dall'Australia (14.2%) mentre sono diminuiti dalla Colombia (38.4%), dagli Stati Uniti (31.7%), dalla Russia (12.3%).

Spendendo qualche parola sulle fonti energetiche rinnovabili, si può dire che queste ultime hanno trovato ampia diffusione sul territorio italiano, anche nel 2019, consolidando il proprio ruolo di primo piano nel sistema energetico nazionale e confermandosi elemento determinante per lo sviluppo sostenibile del Paese. Si sono rilevati appunto trend di crescita delle fonti energetiche rinnovabili (FER) in tutti i settori di impiego (elettrico, termico, trasporti); la quota stimata dei consumi complessivi nazionali di energia coperta da rinnovabili ha superato la soglia del 18%.

Dunque, l'approvvigionamento energetico del paese può essere riassunto nel grafico a torta successivo, dove le FER rappresentano le fonti energetiche rinnovabili:

Vendite



2.2 Impieghi

Nel 2019 la domanda finale di energia è diminuita dello 0.5% rispetto all'anno precedente attestandosi a 125,79 Mtep. La diminuzione ha interessato tutti i settori, tranne gli usi civili e i trasporti. Tra le fonti di approvvigionamento degli impieghi, le fonti rinnovabili hanno fatto segnare l'aumento maggiore.

In termini settoriali è aumentata la domanda di energia per gli usi civili, che rimangono il primo settore di consumo finale (+0.6%) e dei trasporti (+0.1%), mentre diminuiscono gli impieghi nel settore industriale (-0.9%) e dei bunker (-1.2%).

	2018	2019*					Totale	Var % 2019/18
	Totale	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica		
Industria	27,150	2,198	12,440	2,920	0,111	9,228	26,897	-0,9%
Trasporti	40,373		0,960	37,163	1,277	1,022	40,422	0,1%
Usi civili	47,125		22,994	2,698	7,418	14,283	47,393	0,6%
Agricoltura	3,003		0,142	2,209	0,041	0,494	2,885	-3,9%
Usi non energetici	5,679	0,057	0643	4,387			5,087	-10,4%
Bunkeraggi	3,143			3,106			3,106	-1,2%
	126,473	2,255	37,178	52,482	8,847	25,027	125,790	-0,5%

Figura 9: tabella consumi finali di energia in Mtep, fonte: Ministero dello sviluppo economico – BEN.

Tra le fonti di energia, con cui vengono soddisfatti gli impieghi finali, sono aumentate le rinnovabili (+15.1%), il quale utilizzo è stato positivo in tutti i settori, e i combustibili solidi (+8.6%); sono invece diminuiti il gas (-2.2%), il petrolio (-1.9%) e l'energia elettrica (-0.7%).

Ciò che risulta interessante è il crescente utilizzo del gas nei trasporti (+11.8%), oltre che negli usi non energetici e in agricoltura. Esso è calato solo negli usi civili (-3.2%) e nel settore industriale (-1.6%). Il consumo di prodotti petroliferi, al contrario è diminuito in tutti i settori, dagli usi non energetici ai trasporti.

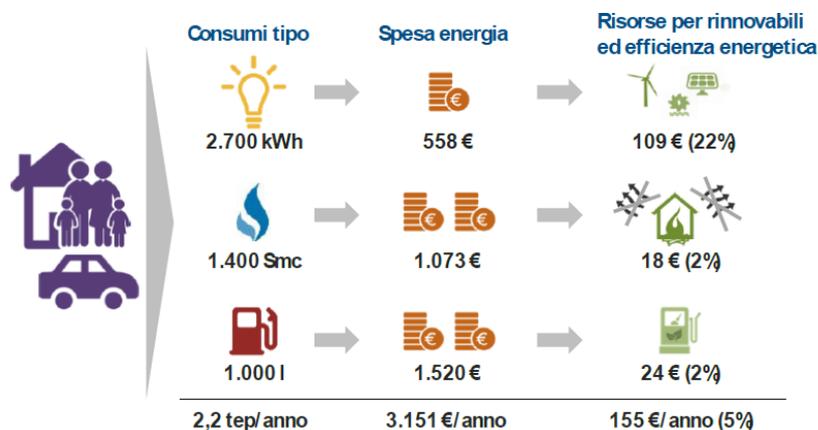


Figura 10: Consumi di una famiglia media tipo italiana, fonte [19].

Prospetto dei consumi e della spesa energetica di una famiglia tipo nel 2019, fonte: elaborazione GSE 2020.

Come dimostra la figura, la spesa energetica della famiglia tipo ammonta a 3.151 euro, riconducibile per il 48% all'acquisto di carburante, per il 34% alla bolletta del gas e per il 18% alla bolletta elettrica.

2.2.1 Trasporti

Considerata l'attuale capacità di approvvigionamento, la penetrazione nel mercato domestico e del terziario, appare in questa fase poco attraente per il GNL nel caso di utenze di piccola/media taglia ed il suo impiego in tale settore risulta condizionato dalle esigenze fisiche del prodotto che ne limitano molto l'uso in utenze che non hanno consumi continui nel tempo e consistenti nei volumi.

Il crescente interesse verso il gas naturale per autotrazione, un carburante meno inquinante, grazie ai positivi impatti ambientali e climatici per la minor emissione di gas climalteranti rispetto ai carburanti tradizionali, in particolare NO_x, PM e CO₂, principali responsabili dell'inquinamento e dell'effetto serra, ha portato ad un incremento del commercio del gas, delle sue infrastrutture e una maggior immatricolazione di veicoli negli anni. Dal punto di vista normativo infatti, le politiche ambientali per i trasporti prevedono una riduzione di emissioni dei veicoli dagli attuali 130 g/km a 95 g/km di CO₂ al 2021 ed una stretta sulle emissioni di particolato con conseguente penalizzazione in particolare dei motori diesel più inquinanti.

Le tabelle di seguito riportano i consumi di gas per i trasporti e il parco circolante dei veicoli in Italia (alimentati a metano). Come si può osservare il settore è dominato dall'utilizzo del gas sotto forma di GNC, cui negli ultimi anni si è affiancato l'uso del GNL come carburante per il trasporto pesante, una parte del quale viene rigassificato presso i distributori e utilizzato come GNC. Risultano in crescita anche i veicoli per trasporto merci, con gli autocarri che crescono del 3.9% rispetto al 2018 (principalmente dovuto ai Light Duty Vehicles LDV, fino a 3,5 t).

AUTOTRAZIONE	2015 [MSm3]	2016 [MSm3]	2017 [MSm3]	2018 [MSm3]	2019 [MSm3]	Variazione 2019/2018 [%]
CNG da Distributori allacciati alla rete SRG	810	804	775	748	723	-3.3%
CNG da Distributori allacciati ad altre reti	277	290	287	277	314	13.5%
Totale CNG da Distributori allacciati a rete	1 100	1 091	1 052	1 048	1 037	-1.0%
GNL per trasporti Stradali	-	14	25	47	135	189.3%
di cui L-CNG	-	8	13	20	33	68.4%
Totale CNG + GNL	1 100	1 105	1 077	1 094	1 172	7.1%

Figura 11: andamento dei consumi per autotrazione, fonte [19].

Veicoli a Metano	2015	2016	2017	2018	2019	Variazione 2019/2018 [%]
AUTOVETTURE	883 190	911 246	926 704	945 184	965 340	2.1%
AUTOCARRI	80 074	85 390	86 781	88 863	92 324	3.9%
MOTRICI	126	191	487	1 092	1 850	69.4%
ALTRO	8 440	8 981	9 449	10 184	11 248	10.4%
TOTALE	971 830	1 005 808	1 023 421	1 045 323	1 070 762	2.4%

Figura 12: Parco circolante in Italia dei veicoli alimentati a metano, fonte [19].

Alla crescita della domanda di gas nei trasporti si è conseguentemente associata anche una maggiore offerta con una diffusione crescente delle autostazioni di rifornimento che nel 2019 sono pari a 1.379 con un incremento di 53 stazioni rispetto al 2018 e di 296 stazioni rispetto al 2015.

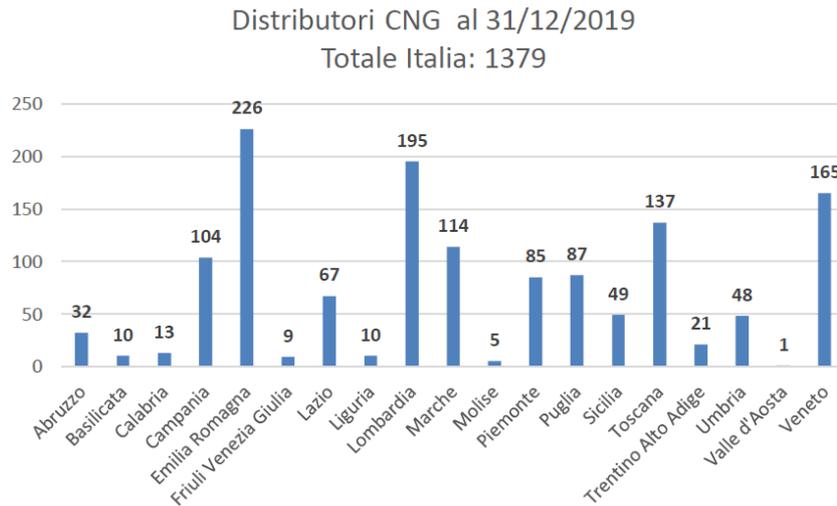


Figura 13: Distributori di Gas Naturale Compresso in Italia, fonte [19].

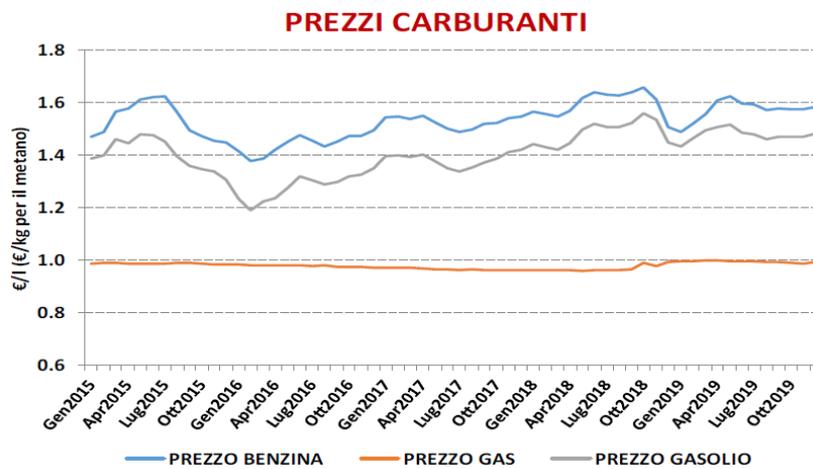


Figura 14: Confronto dei prezzi di Benzina, Gas, Gasolio, fonte [19].

L'effetto di questa conversione negli anni è dovuto anche alla competitività del prezzo del gas naturale come carburante per autotrazione. Il grafico in fig.14 riporta l'andamento dei prezzi dei vari carburanti e la sostanziale stabilità del prezzo del gas è stato sicuramente un fattore determinante per il suo successo.

2.3 Scenari di fornitura futuri del gas

Il percorso verso la sostenibilità passa dunque sia attraverso un miglioramento della tecnologia di propulsione, già in atto da qualche anno, sia attraverso lo stimolo di modi di trasporto più efficienti. Le dinamiche più innovative del sistema energetico nazionale si manifestano nei settori delle fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica e dell'utilizzo delle infrastrutture del gas, coerentemente con gli impegni assunti dal nostro Paese nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) [20].

La Commissione europea ha definito come “combustibili alternativi”: elettricità, idrogeno, biocarburanti, combustibili sintetici e paraffinici, gas naturale in forma compressa (GNC, compreso il biometano) e in forma liquefatta (GNL) e gas di petrolio liquefatti (GPL). La Commissione sta contestualmente elaborando strategie globali per il GNL e il suo stoccaggio, collaborando con gli Stati Membri per sviluppare l’accesso ai fornitori alternativi, inclusa la rotta del Corridoio meridionale del gas, il Mediterraneo e l’Algeria, al fine di ridurre le dipendenze esistenti dai singoli fornitori [23]. L’Italia dal canto suo ha recepito e adottato la direttiva AFID (Alternative Fuels Infrastructure Directive), una serie di misure per la realizzazione di un’infrastruttura per i combustibili alternativi [21].

Nel 2018 le unità residenti italiane hanno consumato per il trasporto in tutte le sue forme (terrestre, aereo, navale) 45,3 Mtep, il consumo energetico per trasporto ha rappresentato il 30.8% del consumo finale di prodotti energetici. Il trasporto su strada corrisponde al 71.8% del totale dei consumi per trasporto e viene esercitato per conto terzi o da imprese in conto proprio, attraverso l’impiego di varie tipologie di veicoli: autovetture, autocarri, autobus, pullman, motoveicoli e altri veicoli per trasporto speciale.

In base ai dati dell’International Energy Agency (IEA), nel 2017 il settore dei trasporti contribuiva a livello globale a circa un quarto delle emissioni totali di CO₂, l’incidenza di quello su strada era pari al 18.1%, mentre in Europa tali quote erano del 30.8% e del 29.1% rispettivamente.

2.3.1 La decarbonizzazione del trasporto pesante – GNL

Il settore dei trasporti, industriale e collettivo, deve affrontare la sfida della decarbonizzazione, ossia conciliare lo sviluppo, importante dal punto di vista economico e sociale, con la necessità di uscire dalla forte dipendenza dai combustibili fossili, una delle principali fonti di emissioni climalteranti e di inquinamento atmosferico.

Le esternalità della mobilità impattano su tre macroaree: impatto sulla salute umana, impatto sul clima e impatto sulla qualità della vita. La rilevanza maggiore viene assegnata agli effetti sulla salute umana e al contributo delle varie tecnologie del trasporto su strada ai principali inquinanti atmosferici. L’impatto sul clima del trasporto stradale è studiato mediante un approccio “well-to-wheel”, che confronta le emissioni climalteranti delle diverse tecnologie a partire dalla produzione del combustibile (o fonte energetica), sino al suo utilizzo durante il moto del veicolo.

Il trasporto merci si effettua prevalentemente via strada, circa il 50%, mentre la restante quota avviene via mare (30%), ferrovia, oleodotto e residualmente per via aerea. Oltre il 90% dei

consumi sono imputabili al trasporto su gomma, nonostante via ferro e via acqua siano energeticamente preferibili. Inoltre, in termini di distanze percorse, la metà del trasporto su strada percorre meno di 300 km, l'altra metà percorre distanze superiori ai 300 km. Anche la navigazione marittima risulta fondamentale per il trasporto merci e le infrastrutture portuali assumono ruoli chiave nelle supply chain. L'Italia è il terzo Paese in Europa per volume di traffico di container via mare.

Il trasporto industriale nello specifico presenta caratteristiche particolarmente adeguate all'adozione di nuove tecnologie di trazione o di modelli organizzativi più efficienti, come ad esempio la forte programmabilità e ripetibilità dei percorsi che riducono i rischi della scelta di soluzioni tecnologiche innovative, e gli elevati chilometraggi dei veicoli che rendono più semplice l'adozione di tecnologie con maggiori costi d'investimento iniziali ma minori costi di esercizio. L'evoluzione prevede integrazione delle attività di trasporto, sviluppo delle tecnologie smart e delle infrastrutture, miglioramento tecnologico delle propulsioni tradizionali, ed infine, lo sviluppo delle tecnologie a combustibili alternativi per l'evoluzione del parco circolante. Quest'ultima nell'obiettivo di riduzione significativa delle emissioni inquinanti e dei gas climalteranti, e di contestuale contenimento dei costi operativi (TCO – Total Cost Ownership). Le soluzioni tecnologiche saranno diversificate ma per il trasporto merci su strada e la logistica integrata di media e lunga percorrenza, si prevedono alimentazioni a GNL in ragione delle elevate performance e autonomie, che potranno assicurare costi di gestione significativamente più bassi (tra il 20 e il 40 per cento inferiori rispetto a quelli di un veicolo commerciale diesel, come mostrato dalla figura successiva) in termini di TCO, a fronte di un costo d'investimento leggermente più elevato rispetto all'analogia versione diesel Euro 6. La competitività del GNL è determinata sostanzialmente dal diverso regime di accise alla vendita. Nel caso del metano l'accisa prevista è di 0,00331 €/mc, mentre per il gasolio è di 0,403 €/l, espresso come contenuto energetico equivalente è rispettivamente 0,32 €/MWh contro 39,6 €/MWh.

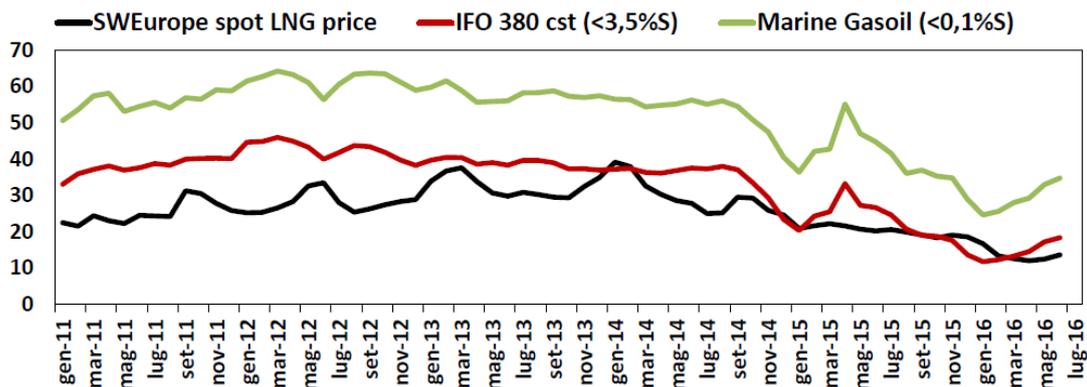


Figura 15: Differenziale costo GNL – Gasolio nel trasporto stradale pesante (€/MWh), fonte [24].

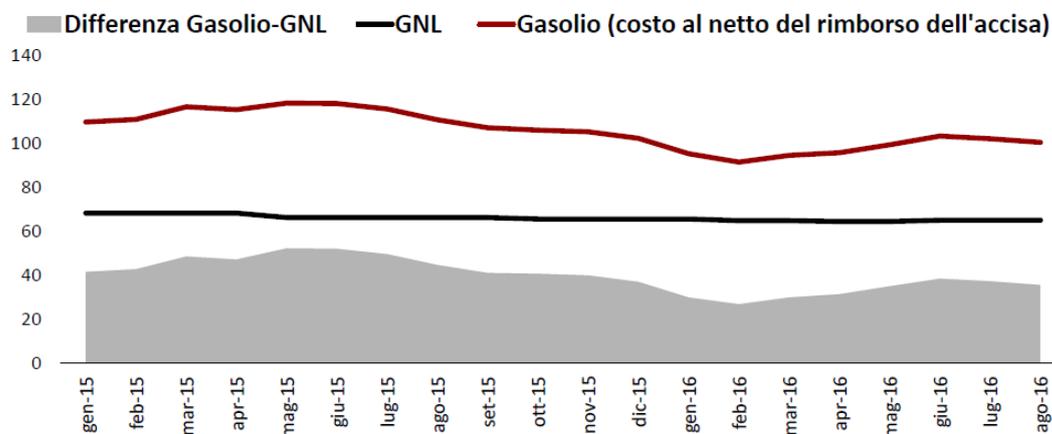


Figura 16: Differenziale prezzi GNL contro prezzi combustibili nel trasporto marittimo ((€/MWh), fonte [24].

Nel trasporto stradale l’impatto dei diversi regimi di accise è stato ed è determinante per consentire di mantenere la competitività del GNL rispetto al gasolio (così come il GNC per il trasporto leggero), nel trasporto marittimo la competitività del GNL rispetto a gasolio marino è rimasta inalterata, ma sembra ridursi a confronto con l’olio combustibile (BTZ).

I volumi di GNL per trasporti nel 2019 hanno raggiunto i 135 milioni di metri cubi rappresentando circa l’11% della domanda totale di gas per autotrazione, inoltre la crescente disponibilità di GNL per autotrazione ha favorito le immatricolazioni di motrici a GNL che nel 2019 sono aumentate di 758 unità (+70% rispetto al 2018) e raggiungono quota 1.850. Nel 2030 si stima un uso di 3,2 milioni di tonnellate di GNL destinate al settore trasporti con 800 stazioni di servizio dedicate [23].

Il carburante in questione (GNL) attualmente viene importato dall’estero mediante autocisterne criogeniche caricate direttamente presso gli impianti di GNL (Francia, Barcellona, Spagna, Olanda), che viaggiano su strada per giungere alle stazioni di rifornimento in Italia. Per sostenere però una diffusione maggiore nei trasporti pesanti, è necessario dotare il Paese di un’infrastruttura adatta, comprensiva di depositi costieri e microliquefattori che

consentano di liquefare il gas direttamente da rete, riducendo il traffico secondario di autocisterne su gomma, soprattutto per il Sud Italia.

La liquefazione del gas naturale che permette di ridurre il volume di circa 600 volte aumenta significativamente la capacità di stoccaggio di energia in serbatoi, anche di dimensioni limitate, che consentono il trasporto di grandi quantità di gas su lunghe distanze, tramite navi metaniere con serbatoi criogenici di dimensioni contenute.

Grazie alla presenza di un serbatoio criogenico a bordo, l'autoveicolo può godere di una maggiore quantità di gas naturale rispetto al caso dello stoccaggio sotto forma di gas naturale compresso. Ciò permette a sua volta una maggiore autonomia del mezzo, che può superare i 1.000/1.500 km (percorrenze 2,5 volte maggiori del GNC), mantenendo vantaggi in termini di emissioni.

Le motrici a GNL rappresentano circa l'1% dell'intero segmento, e questa tipologia di trazione si conferma una valida alternativa per la riduzione delle emissioni del segmento Heavy Duty Vehicles (HDV). Di pari passo è cresciuta la diffusione delle stazioni di rifornimento che nel 2019 ha raggiunto quota 49 (nel 2016 raggiungeva quota 6), concentrate principalmente al Nord e nel Centro.

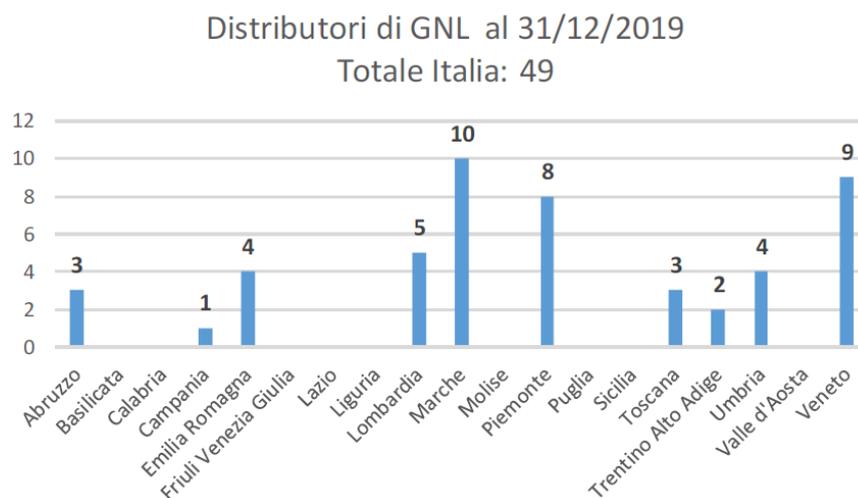


Figura 17: Distributori di GNL in Italia, fonte [19].

Oltre che per il trasporto su strada, il GNL costituisce un combustibile per l'uso navale, al fine di contribuire al rispetto dei requisiti di riduzione del tenore di zolfo nei combustibili per uso marittimo stabiliti dalla normativa IMO 2020 (Organizzazione Marittima Internazionale) [22]. Dal 1° gennaio 2020, tutte le navi per il trasporto marittimo hanno l'obbligo di ridurre gli ossidi di zolfo dell'85%, tale prospettiva si traduce in incertezza sulla disponibilità futura di prodotti derivanti dal petrolio.

2.3.2 Infrastruttura del Gas GNC/GNL

Il GNL è una miscela di idrocarburi, prevalentemente metano; altri componenti importanti mediamente presenti sono l'etano, il propano e il butano. Tutti gli idrocarburi più complessi, come i composti di biossido di carbonio e zolfo, vengono rimossi durante la produzione. Il gas naturale liquefatto deriva, dopo trattamenti di liquefazione per poter essere stoccato e trasportato, dal Gas Naturale, anch'esso miscela complessa di idrocarburi e gas non combustibili come azoto e anidride carbonica. Il GN destinato alla liquefazione viene poi purificato dai gas acidi (CO₂ e H₂S), dagli idrocarburi pesanti e da buona parte di etano, propano e butani. Il gas naturale purificato viene quindi liquefatto a pressione atmosferica mediante raffreddamento fino a circa -160 gradi per ottenere il GNL che occupa un volume circa 600 volte inferiore rispetto alla condizione gassosa. Il GNL è quindi un liquido criogenico incolore, inodore, non tossico e non corrosivo, contenente una componente di metano che varia dall'85 al 96% in volume, che una volta rigassificato torna ad essere un gas infiammabile [23]. La differenza principale tra un veicolo a GNC e GNL risiede esclusivamente nel sistema di stoccaggio in fase liquida e il dispositivo di vaporizzazione del combustibile a monte del sistema di dosaggio.

Nel 2017 la filiera del gas naturale ha generato complessivamente un valore aggiunto pari a 9,6 miliardi di euro (0.6% del PIL italiano). Le principali attività in cui si articola la filiera sono:

- *Produzione*: si tratta di attività a monte della filiera, che consistono nell'acquisizione dei diritti di sfruttamento, esplorazione, sviluppo ed estrazione di gas naturale dal sottosuolo. (2,4 miliardi di euro)
- *Approvvigionamento*: è l'attività di importazione svolta stipulando contratti con società estere proprietarie dei giacimenti (spesso espressione degli stessi stati produttori). L'attività viene svolta mediante condotte di importazione che collegano fisicamente i campi di produzione esteri alle aree di consumo, o mediante navi metaniere che trasportano gas naturale liquefatto e mantenuto allo stato liquido a bassa temperatura per essere poi scaricato negli impianti di rigassificazione e reso disponibile al consumo dopo il processo di rigassificazione.
- *Trasporto*: si intende l'attività di veicolazione di gas, attraverso la rete dei metanodotti, dai punti di produzione e di importazione ai centri di consumo. La rete si suddivide in "nazionale", gasdotti collegati con i punti di produzione, importazione, esportazione e stoccaggio, e "regionale", che collega la rete nazionale con i centri di consumo.
- *Stoccaggio e dispacciamento*: lo stoccaggio è un'attività di gestione e immagazzinamento di gas in depositi naturali, per compensare le variazioni giornaliere o stagionali dei consumi e garantire la fornitura. Il dispacciamento invece è l'attività di

coordinamento delle infrastrutture di trasporto, coltivazione, stoccaggio e distribuzione del gas con cui viene assicurato l'equilibrio costante fra domanda ed offerta.

- *Distribuzione*: il semplice trasporto del gas attraverso reti di gasdotti locali fino ai clienti finali. (2,9 miliardi di euro per distribuzione e 2,6 per trasporto e stoccaggio)
- *Vendita*: l'attività di commercio ai clienti finali del gas acquistato da grossisti o importato. (1,7 miliardi di euro)

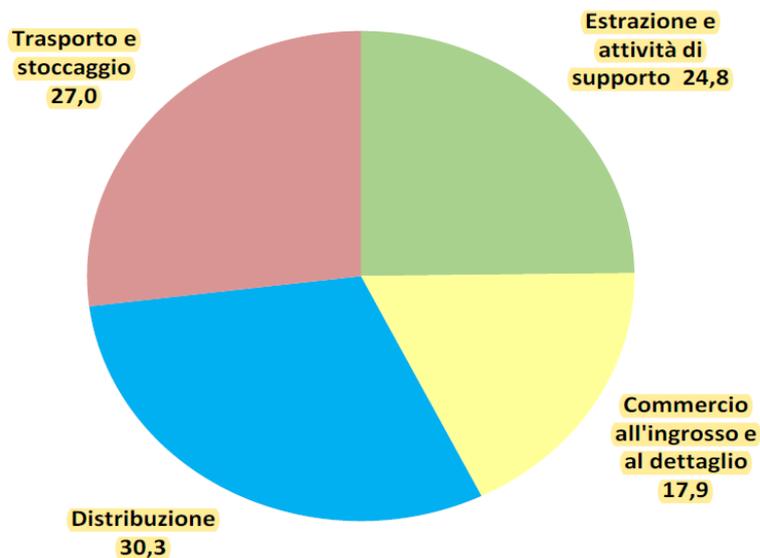


Figura 18: Stime di contabilità nazionale, fonte: ISTAT.

Le caratteristiche strutturali delle imprese della filiera sono profondamente differenti a livello dei singoli anelli della catena del valore e, all'interno di ciascun segmento, a seconda della dimensione dell'impresa. Le attività di estrazione di gas e petrolio, in ragione dei rilevanti investimenti richiesti, sono gestite da grandi imprese appartenenti a gruppi multinazionali. Analogamente, Le attività di trasporto e stoccaggio del gas naturale, legate alla gestione delle infrastrutture, da grandi imprese. Le attività di distribuzione sono attività regolamentate contraddistinte dalla necessità di disporre di infrastrutture, per cui il segmento è caratterizzato da un numero limitato di operatori con presenza talvolta diffusa sul territorio nazionale, o concentrata su ambiti territoriali regionali, cui si contrappone una platea più numerosa di operatori in concessione, attivi su base locale. Le grandi imprese generano la quota più significativa del valore aggiunto del segmento, con un peso pari al 73.4% sul totale del segmento di attività. Le attività di commercio infine presentano un numero molto elevato di operatori, circa l'87% del totale, a fronte del 18% del valore aggiunto totale della filiera.

In Italia il primo anello della catena logistica per il downstream del GNL è ancora completamente assente e le utenze di GNL sono rifornite tramite autocisterne o isocontainer

da terminali francesi, spagnoli o belgi. Per l'attivazione della distribuzione primaria di GNL sono necessarie:

- Facilities per il carico di metaniere SSLNG (small scale LNG) presso i terminali
- Metaniere SSLNG per il trasporto presso i depositi costieri
- Depositi costieri per la distribuzione del GNL

Lo Small Scale LNG si definisce come la modalità attraverso la quale il GNL viene gestito direttamente in forma liquida, e consente l'utilizzo del gas naturale "più pulito" e con più basse emissioni di NO_x e di CO₂, in zone dove la rete di trasporto di gas non è molto diffusa a causa di vincoli tecnico-economici. Le infrastrutture necessarie sono le seguenti [23]:

1. Terminali di rigassificazione, per servizi come
 - Re-loading: trasferimento GNL dai serbatoi del terminale a navi metaniere
 - Trans-shipment: trasferimento diretto di GNL da una nave ad un'altra
 - Caricamento di GNL su navi bunker
 - Caricamento di GNL su autobotti (o isocontainer)
 - Caricamento di GNL su vagoni-cisterna ferroviari
2. Navi bunker (bettoline/shuttle), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi locali costieri.
3. Mini impianti di liquefazione per la trasformazione allo stato liquido del gas naturale proveniente dalla rete, utilizzati per rifornire autobotti (o isocontainer) e bettoline/shuttle.
4. Autobotti (o isocontainer), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi locali
5. Stoccaggi locali, riforniti da autobotti (o isocontainer) e/o bettoline/shuttle e utilizzati per:
 - I. Caricamento di autobotti (o isocontainer) e di bettoline
 - II. Impianti di rifornimento costieri per navi alimentate a GNL (bunkeraggio)
 - III. Impianti di rifornimento di autoveicoli alimentati a GNL o a GNC
 - IV. Depositi satellite di stoccaggio per usi industriali o civili

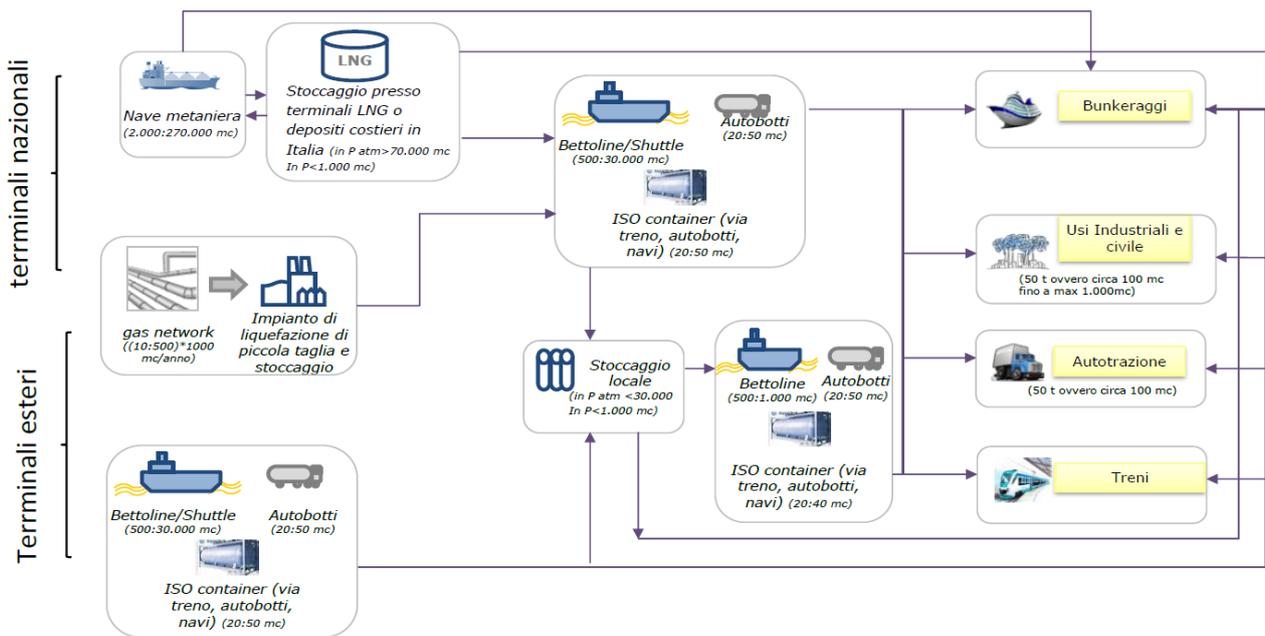


Figura 19: Schema della filiera del GNL, fonte [23].

Le modalità di rifornimento di GNL per il trasporto marittimo (bunkeraggio) sono le seguenti:

- Da autobotte a nave (Truck – To – Ship, TTS) (adatto a piccole dimensioni)
- Da impianto a terra a nave (Shore – Pipeline – To – Ship, PTS) (adatto a grandi dimensioni)
- Da nave a nave (Ship – To – Ship, STS)
- Da cisterne mobili o isocontainer criogenici.

La selezione del singolo porto tiene conto di vari parametri quali: volumi di bunkeraggio GNL, barriere fisiche nel porto, aspetti logistici, tipologia di imbarcazioni, costi d’investimento e di esercizio, sicurezza, normative tecniche e operative, questioni ambientali e normative [26].

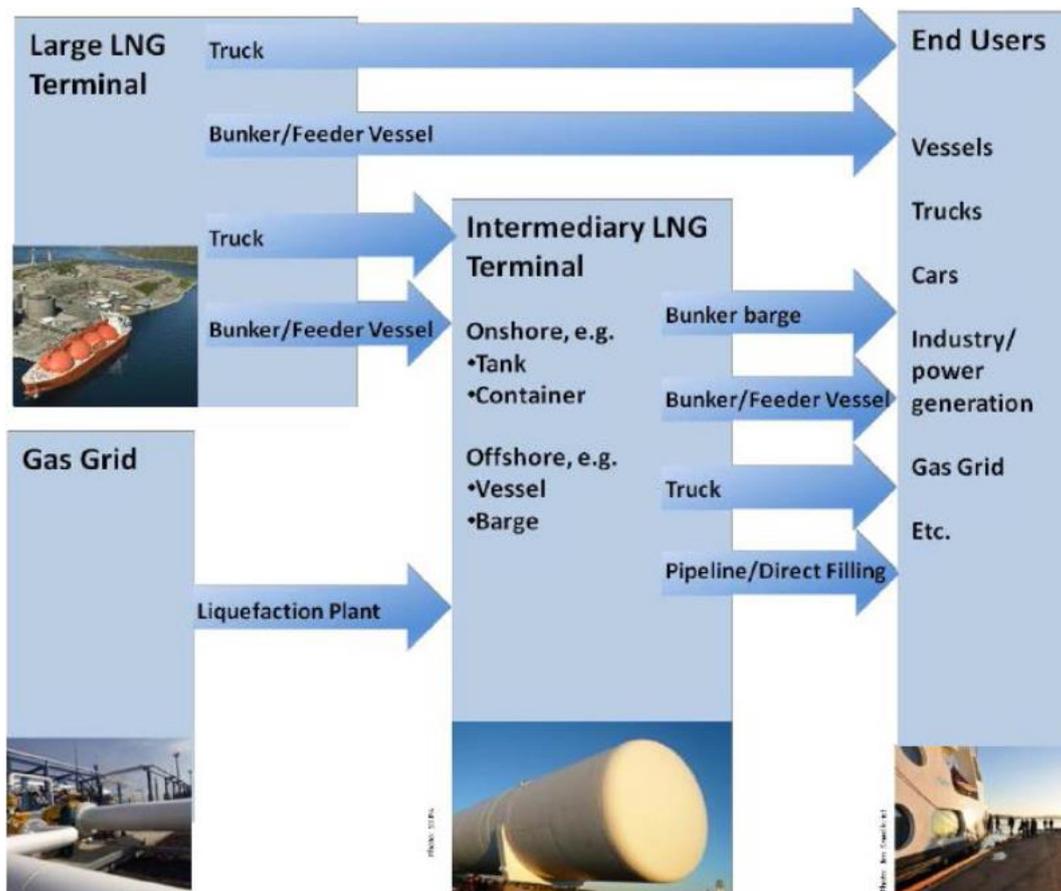


Figura 20: Schema dei possibili sviluppi della supply chain del GNL per uso marino, fonte: [26]

Oltre ai benefici ambientali derivanti dall'utilizzo del GNL come carburante marino:

- La riduzione quasi a zero delle emissioni di ossido di zolfo (SO_x)
- La riduzione fino all'80% delle emissioni di ossido di azoto (NO_x)
- La riduzione del 20-25% delle emissioni di anidride carbonica (CO_2)

Il suo sviluppo può risultare anche economicamente vantaggioso, assumendo lo sviluppo concomitante della logistica di terra e che il differenziale di costo con l'olio combustibile aumenti nel tempo, in modo tale da compensare i maggiori costi che derivano dalla necessaria conversione del mercato alla filiera (costruzione o modifica delle nuove navi, costi di gestione tecnica, procedurale, manutenzione, ispezione, addestramento e formazione).

L'adattamento di un terminale di rigassificazione per fornire anche lo stoccaggio e il rifornimento del GNL per mezzi navali o terrestri, è possibile prevedendo determinate modifiche tecniche-impiantistiche che rispettino le normative ambientali e di prevenzione degli incidenti rilevanti [25]. I servizi aggiuntivi alla tradizionale attività di rigassificazione sono principalmente [23]:

- Servizio di caricamento di GNL su navi bunker

- Servizio di reloading di navi metaniere
- Servizio di caricamento su autobotti
- Servizi aggiuntivi.

È in corso però una serie di iniziative, formalizzate e non, per la realizzazione di impianti di stoccaggio intermedio di GNL attrezzati come punti di carico per autocisterne e navi cisterna per la distribuzione di GNL oltre che come infrastrutture per il bunkeraggio di imbarcazioni alimentate a GNL. La fattibilità tecnica di ogni singolo impianto dipenderà in buona parte dal rispetto delle prescrizioni di prevenzione incendi, dalla disponibilità di aree adeguate e dal rispetto dei vincoli paesaggistici.

L'Italia possiede la principale industria del trasporto marittimo a corto raggio in Europa e dispone di un'industria cantieristica che si pone ai vertici mondiali nei segmenti di naviglio a maggiore complessità tecnologica. Perciò si presenta perfettamente in grado di far fronte alla futura domanda di conversioni, di nuove navi a propulsione GNL, grazie alle competenze tecnologiche e all'esperienza dei cantieri navali e la relativa supply chain e la filiera nazionale del criogenico.

A fine aprile 2017 i mezzi alimentati a GNL circolanti per il trasporto pesante erano 400 circa, acquistati prevalentemente per iniziativa di operatori della logistica che hanno avviato la conversione della propria flotta. Inoltre, tra il 2018 e il 2019 sono operative nei mari italiani le prime navi alimentate a GNL (traghetti e crociere), oltre ad annunci di ordini per la costruzione delle prime metaniere SSLNG [24]. I costi di investimento e operativi delle infrastrutture in progetto della catena logistica per la distribuzione del GNL influiranno in modo determinante sulla competitività degli usi finali del GNL in Italia, la quale è legata all'andamento dei mercati energetici e alla dotazione infrastrutturale, inoltre politiche ambientali e politiche di sostegno integrate tra loro (semplificazione dei permessi autorizzativi, agevolazione fiscale, nuove norme di regolazione), sono i principali fattori che possono agire sugli scenari di penetrazione nei settori del trasporto stradale (pesante e leggero) e marittimo.

In base ad esperienze di altri Stati che hanno già sviluppato un'infrastruttura adeguata del gas naturale, gli aspetti necessari risultano:

- 1) Disponibilità delle norme tecniche sulla costruzione delle navi a gas
- 2) Disponibilità di procedure autorizzative alla costruzione e il funzionamento di infrastrutture terrestri, per il rifornimento
- 3) Disponibilità di infrastrutture di stoccaggio di GNL
- 4) Sicurezza in tutte le fasi del processo, dallo stoccaggio al rifornimento, dallo stoccaggio a bordo all'utilizzo finali, garantita dalle adeguate tecnologie per le varie applicazioni

- 5) Sostenibilità finanziaria dei progetti e sostenibilità economico – sociale e ambientale del GNL
- 6) Accettazione sociale del GNL e delle relative infrastrutture.

2.3.3 Impianti di rigassificazione e accettabilità sociale

Le ipotesi di configurazione di rete nazionale fatte finora individuano tre macroaree, area mar Tirreno e mar Ligure, area mari del sud Italia, area mare Adriatico, all'interno delle quali vengono identificati i porti e gli altri elementi chiave della rete, ognuno dei quali deve essere provvisto di possibilità di approvvigionamento stoccaggio, rifornimento per navi, distribuzione e rifornimento non navale. In termini di potenziale massimo a regime, il GNL potrebbe soddisfare fino al 20% della domanda italiana di energia per i trasporti, ma un'infrastruttura di questo tipo necessita di un quadro regolatorio definito e favorevole, disponibilità di GNL in Italia e la sua convenienza relativa sulle alternative oil, ed infine, una disponibilità di gamma completa di veicoli GNL a prezzi competitivi [23].

L'aspetto strategico primario è comunque quello di mettere in correlazione la domanda potenziale del comparto autotrasporto con quello del comparto marittimo, per prefigurare la massa critica di domanda potenziale di consumo di GNL in grado di attrarre investimenti per la realizzazione degli impianti di distribuzione lungo la rete. Tale domanda potenziale potrà essere alla base dei business-plan delle società energetiche che operano nel settore degli impianti di distribuzione dei carburanti, in particolare presso i porti e gli interporti dove tale domanda presenterà le maggiori possibilità di concentrazione.

Il conseguimento degli obiettivi di crescita nella diffusione del GNL come combustibile per i trasporti necessita dello sviluppo di infrastrutture legate alle modalità di trasporto, distribuzione e utilizzo finale del prodotto. Un aspetto non trattato finora che rappresenta un ostacolo alla implementazione delle suddette infrastrutture è l'accettabilità sociale da parte delle comunità locali e dell'opinione pubblica. La sottovalutazione del ruolo di strumenti di comunicazione, informazione e partecipazione, ha reso negli anni particolarmente lenti i processi autorizzativi delle infrastrutture energetiche. Il tipico atteggiamento sociale detto "*not in my back yard*", sindrome NIMBY, deriva da una discrepanza tra il rischio (ambientale, sanitario, incidentale) oggettivamente definito tramite strumenti tecnico-scientifici e il rischio soggettivamente percepito dal pubblico interessato.

Le infrastrutture e i vettori necessari per il conseguimento degli obiettivi di sviluppo della filiera del GNL, come visto precedentemente sono:

- Terminali costieri e a mare di approvvigionamento e stoccaggio del GNL

- Punti di carico per navi cisterna adibite al trasporto di GNL
- Punti di carico per autocisterne adibite al trasporto del GNL e per isocontainer per il trasporto multimodale, marittimo e ferroviario del GNL
- Autocisterne per il trasporto del GNL e isocontainer per il trasporto multimodale, marittimo e ferroviario del GNL
- Navi-cisterna adibite alla distribuzione del GNL
- Depositi costieri e banchine attrezzate per il rifornimento diretto di navi alimentate a GNL
- Stazioni di rifornimento lungo la rete stradale per l'approvvigionamento di veicoli pesanti alimentati a GNL e veicoli alimentati a GNC
- Depositi per utilizzatori finali nel settore civile e produttivo.

Gli impianti in questione sono di piccola e media dimensione e, in base a studi di incidentalità del GNL a livello globale, nei settori dove da anni è diffuso il trasporto e utilizzo del prodotto è di assoluto primato per quasi totale assenza di incidenti. Perciò risulta necessario favorire una corretta percezione dei rischi, rimuovere il deficit informativo e stabilire relazioni di fiducia tra gli attori nel territorio di localizzazione degli impianti.

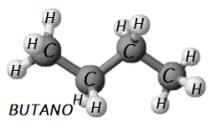
CAPITOLO 3

3. Supply chain del GPL e caratteristiche del prodotto

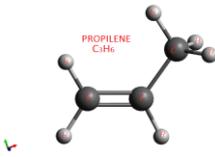
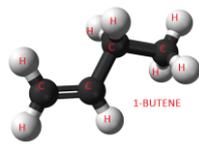
3.1 Gas di Petrolio Liquefatto

I gas di petrolio liquefatti, comunemente indicati con la sigla GPL e commercialmente utilizzati per il riscaldamento domestico o come carburante, sono composti da miscele di idrocarburi ottenuti dall'estrazione petrolifera o per raffinazione del greggio. Tali idrocarburi presentano un numero di atomi di carbonio variabile da 1 a 4 ed un numero di atomi di idrogeno compreso fra 4 e 12 e si dividono in:

alcani, anche chiamati paraffine, a cui appartengono i maggiori costituenti del GPL, ossia:

- Propano C_3H_8 
- Butani C_4H_{10} , (n-butano, isobutano) 

alcheni, anche chiamati olefine, a cui appartengono altri costituenti minori:

- Propilene C_3H_6 
- Butilene C_4H_8 , (1-butene, 2-butene) 
- Isobutilene C_4H_8 

Questi idrocarburi presentano la favorevole caratteristica di essere in forma gassosa a pressione e temperatura ambiente e di poter passare in fase liquida, con conseguente accumulo di energia, mediante semplici procedimenti di compressione o raffreddamento.

Il procedimento di liquefazione comporta infatti un incremento nella densità energetica della fase liquida che risulta circa 300 volte superiore alla densità energetica della fase gassosa, in quanto una piccola quantità di GPL liquido si trasforma in una grande quantità di gas utilizzabile. Ad esempio, la densità del propano liquido alla temperatura standard di 15 °C è pari a 508 kg/mc mentre in forma gassosa, alla stessa temperatura ed a pressione atmosferica, la sua densità è pari a 1.86 kg/mc, quindi un volume di GPL liquido nel suo passaggio in fase gassosa aumenterà di volume nella misura di:

$$508 : 1,861 = 273,12$$

Ne consegue la convenienza economica di utilizzare tali gas in forma liquefatta e quindi di agevole trasporto e movimentazione, per l'alimentazione di utenze domestiche non ancora raggiunte dalla rete del gas naturale (metano) o per l'alimentazione di veicoli meno inquinanti. A questo proposito si rammenta che il GPL è classificato come combustibile a basse emissioni essendo assenti nei prodotti della combustione il benzene, gli idrocarburi aromatici policiclici, e presentando livelli molto bassi delle polveri sottili (PM₁₀ e PM_{2.5}).

Si riportano di seguito alcune caratteristiche dei componenti principali del GPL:

Tabella 1:

SOSTANZA	TENSIONE DI VAPORE 37.8 °C (atm)	TEMPERATURA DI EBOLLIZIONE (°C)	DENSITÀ' DEL LIQUIDO (kg/mc)	DENSITÀ' DEL VAPORE (kg/mc)	POTERE CALORIFICO INF. (MJ/kg)
propano	13.32	- 42.1	508	1,861	46,5
n-butano	3.65	- 0.5	584	2,452	45,9
isobutano	5.16	- 11.7	563	2,452	45,8
propilene	15.97	- 47.7	522	1,776	45,6

La **tensione di vapore** della sostanza indica, per la temperatura indicata, la pressione parziale della sua fase gas quando si trova in equilibrio con la fase liquida. In altri termini esso indica la pressione a cui si porterà il recipiente che contenga tale sostanza in forma liquida ed alla temperatura indicata.

La **temperatura di ebollizione** della sostanza indica la temperatura al di sotto della quale essa si trova solo in forma liquida. Ovviamente al superamento della temperatura di ebollizione inizierà il processo di vaporizzazione, tanto più veloce quanto maggiore sarà la sua temperatura.

La **densità del liquido** riportata in tabella rappresenta il peso di un metro cubo di sostanza in fase liquida alle condizioni standard di 15.5 °C. Si osservi che tali idrocarburi presentano un peso specifico inferiore rispetto all'acqua ed in generale inferiore anche rispetto ad altri combustibili liquidi.

La **densità del gas** riportata in tabella rappresenta il peso di un metro cubo di sostanza in fase gassosa alle condizioni standard di 15.5 °C. Si osservi che tali idrocarburi presentano un peso specifico superiore rispetto all'aria, da cui deriva un comportamento pericoloso del GPL ossia la tendenza a non disperdersi verso l'alto in atmosfera, come fa ad esempio il metano che è più leggero dell'aria, bensì a stratificare al suolo e riempire chiusini e tubazioni interrate.

Il **potere calorifico** rappresenta la quantità massima di calore ritraibile dalla combustione completa di un chilogrammo di sostanza combustibile. Il valor medio del potere calorifico del GPL (46,1 MJ/kg) non si discosta molto da quello della benzina (43,6 MJ/kg) o del gasolio (44,1 MJ/kg).

Altra caratteristica interessante del GPL è che essendo formato da una miscela di idrocarburi ognuno con caratteristiche diverse, esso può essere "modellato" sulla base della richiesta stagionale del mercato, ad esempio:

- **Inverno:** miscele con un più alto tenore di propano, maggiore tensione di vapore e quindi più facile evaporazione, anche in presenza di basse temperature esterne.
- **Estate:** miscele con maggiori percentuali di butano, minore pressione dei recipienti utilizzati, maggior peso e quindi maggior contenuto energetico a parità di volume.

3.2 Catena logistica di distribuzione del GPL sul territorio nazionale

3.2.1 Produzione del GPL

I GPL sono gas di origine naturale, come il petrolio provengono dalla decomposizione anaerobica della materia organica e possono essere ottenuti o direttamente in fase di estrazione del greggio, oppure dalla sua raffinazione.

- Estrazione

Nel processo estrattivo la fuoriuscita del greggio trasporta con sé una quota di idrocarburi gassosi la cui composizione varia in funzione del giacimento di partenza e della sua fase di vita. Tali gas, fra cui essenzialmente metano, propano, butano, butileni, ecc., vengono rimossi dal greggio e sfruttati commercialmente prima che questo venga immagazzinato e spedito via nave o via pipeline agli impianti di raffinazione. Particolarmente importante è la separazione fra il metano, di solito il principale componente di tale fase estrattiva, e gli altri idrocarburi, in quanto il suo trasporto avviene per mezzo di metanodotti ed a pressioni tali da far condensare i GPL presenti con relative perdite di carico, problemi ai compressori e creazione di “tappi di liquido” nei dislivelli altimetrici.

I principali giacimenti petroliferi italiani, attivi ed in fase di sfruttamento, sono attualmente concentrati a Gela e Ragusa in Sicilia, nelle aree offshore dell’alto mare Adriatico e in Basilicata con i suoi pozzi estrattivi della Val d’Agri e di Tempa Rossa.



Figura 21: Immagine di una Piattaforma Offshore.

- Raffinazione

Il processo di raffinazione consiste nella scissione termica del petrolio greggio nei suoi componenti principali quali benzine, gasolio, kerosene, bitume e ancora idrocarburi gassosi. Questo processo è detto di *distillazione frazionata* ed ha luogo in una torre di frazionamento in cui viene immesso dal basso il petrolio grezzo riscaldato ad alta temperatura. La fase vapore risultante tende a salire lungo la torre fino alla temperatura caratteristica di condensazione di ogni “taglio” o frazione gassosa, liquida o semisolida.



Figura 22: immagine di una Raffineria.

La torre di frazionamento è composta da una colonna di distillazione che può essere a pressione atmosferica o leggermente sottovuoto per agevolare il recupero della maggior parte degli idrocarburi pregiati. In ambedue i casi la torre è composta da un contenitore cilindrico verticale che presenta una serie di “piatti” di condensazione disposti ad altezze e temperature diverse. La corrente gassosa incontra nel suo flusso verso l’alto tali punti privilegiati di condensazione, passa di fase e fuoriesce in forma liquida dalle pipeline dedicate. Ad esempio, la benzina condensa a circa 200 °C ed il gasolio a 350 °C.

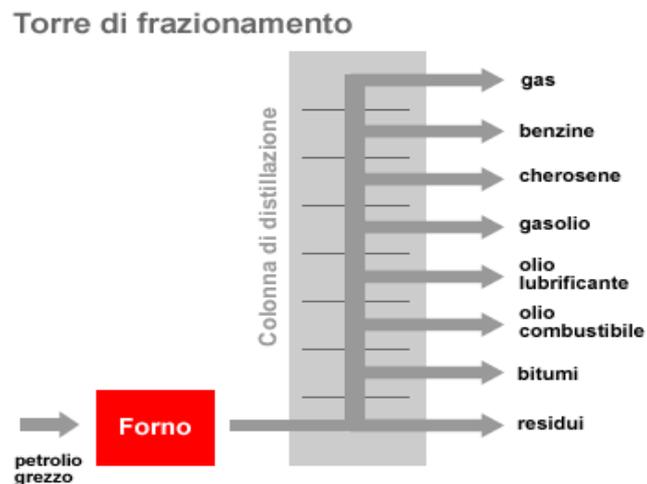


Figura 23: Torre di frazionamento.

Gli idrocarburi così prodotti vengono successivamente sottoposti ad ulteriori trattamenti, fra cui i principali sono:

- desolforazione: riduzione entro limiti accettabili del tenore di zolfo presente nel combustibile, ottenuto mediante immissione di idrogeno e produzione di H_2S

successivamente allontanato (lo zolfo è altamente corrosivo e responsabile delle piogge acide)

- cracking catalitico: processo ad alta temperatura ed in presenza di catalizzatori, in cui si “spezzettano” idrocarburi ad alto peso molecolare ottenendo molecole con minor numero di atomi di carbonio e maggior pregio economico. Durante tale processo si ottiene anche una quota di GPL.
- reforming catalitico: processo di “ristrutturazione” delle lunghe catene di atomi di carbonio ed idrogeno tendente alla produzione di idrocarburi con maggior numero di ottani e quindi più efficienti nell’uso come carburante. Durante tale processo si ottiene anche una quota di GPL.

Il GPL in fase gassosa prodotto da questi processi, unito a quanto recuperato dai piatti più alti della colonna di distillazione, viene convogliato in impianti di trattamento in cui, mediante raffreddamento e compressione, passa allo stato liquido per poi essere stoccato in serbatoi a pressione.

Gli impianti di raffinazione del greggio ancora attivi in Italia, fra chiusure per eccesso di capacità produttiva e riconversione ecologica, sono attualmente dieci con una quota di produzione inferiore agli 80 milioni di tonnellate annue.

3.2.2 Stoccaggio del GPL

Il GPL è per la Legge italiana un prodotto non tossico ma estremamente infiammabile e quindi pericoloso e ricadente nella Normativa SEVESO, soggetto quindi al D.Lgs. 105/2015 *“Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose”*.

La Norma che invece disciplina la progettazione, costruzione ed esercizio dei depositi di stoccaggio GPL è il D.M. 13/10/1994 *“Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione, installazione e l’esercizio dei depositi di G.P.L. in serbatoi fissi”*.

Secondo la Norma lo stoccaggio in deposito è consentito in serbatoi metallici interrati o ricoperti, dotati delle necessarie strumentazioni di sicurezza e dei collegamenti funzionali al resto dell'impianto. Sono anche possibili stoccaggi effettuati in caverne naturali del sottosuolo quando le condizioni ambientali lo consentano, il Costiero Gas di Livorno ne è il maggiore esempio italiano.

Lo stoccaggio interrato consente di escludere dai possibili eventi incidentali sui serbatoi di stoccaggio il BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) ossia il cedimento catastrofico del recipiente con istantanea vaporizzazione ed esplosione del combustibile contenuto. Tale evento si può realizzare in un serbatoio fuori terra, investito da fiamma, le cui lamiere raggiungano la temperatura di 420 °C.

Da questa temperatura, infatti, intervengono fenomeni di plasticizzazione dell'acciaio e di degrado delle sue caratteristiche meccaniche tali da non garantire più il contenimento del combustibile.

La quasi totalità dei depositi italiani utilizza principalmente serbatoi metallici progettati per pressioni variabili fra 16 e 20 bar, in virtù delle limitate pressioni di esercizio raggiunte dal GPL alla temperatura ambiente (circa 7-8 bar).

Ricordiamo di seguito alcune delle principali regole costruttive e di esercizio dettate dalla Regola Tecnica di Prevenzione Incendi specifica per il GPL, derivate dall'esperienza maturata e dall'aggiornamento delle conoscenze in materia di installazioni in pressione, in particolare:

- obbligo di interrimento, tumulazione o coibentazione dei serbatoi di stoccaggio a protezione dell'effetto di irraggiamento in caso di incendio esterno,
- adozione di adeguate distanze di sicurezza esterne ed interne fra gli elementi pericolosi del deposito (sale pompe, serbatoi di stoccaggio, punti carico, impianti di imbottigliamento, ecc.),
- obbligo di dotazione di impianto antincendio progettato secondo la Regola Tecnica, di idonea portata e riserva d'acqua,
- obbligo di sorveglianza dell'impianto, di monitoraggio dell'atmosfera esplosiva, ecc.

3.2.3 Trasporto del GPL

Il GPL ricade nelle sostanze pericolose, è estremamente infiammabile, non tossico e non nocivo ed il suo trasporto è disciplinato da accordi internazionali, recepiti dalla normativa italiana, in funzione della specifica modalità utilizzata:

- trasporto su gomma: ADR *"Accord ... transport international ... Dangereuses par Route"*
- trasporto su rotaia: RID *"Règlement transport International ferroviaire des Dangereuses"*

- trasporto aereo: IATA DGR “*Dangerous Good Regulations*”
- trasporto via nave: IMDG “*International Maritime Dangerous Goods Code*”



Figura 24: Foto di autocisterne per la movimentazione di gas, fonte Levorato Vettore.

In Italia gli accordi internazionali ADR e RID sono stati recepiti dal D.M. 12/02/2019 “*Recepimento dell’accordo europeo relativo al trasporto internazionale delle merci pericolose su strada (ADR) e per ferrovia (RID)*” che disciplina le modalità di trasporto, le dotazioni minime di bordo, l’informazione da esporre sui mezzi allo scopo adibiti, ecc. in funzione del tipo di merce pericolosa trasportata.

Il trasporto del GPL può essere suddiviso per semplicità di esposizione nelle seguenti fasi:

Approvvigionamento dei Depositi Costieri: il GPL proveniente dagli impianti produttori esteri arriva esclusivamente via nave a pochi e grandi Depositi Costieri, mediante navi gasiere di capacità media variabile tra 8.000 - 10.000 ton, in relazione alle limitazioni all’ormeggio presenti nei vari porti ed alle dimensioni dello specifico Deposito ricevente. Il GPL proviene prevalentemente dai paesi dell’Africa mediterranea, quali Egitto, Libia e Algeria ma sono possibili, in caso di condizioni di instabilità politica nell’area e dell’andamento dei prezzi del petrolio, approvvigionamenti anche da Russia, USA, Norvegia ed altri Paesi. Negli ultimi anni le tank container solo pressurizzate sono state sostituite da navi refrigerate o semi-refrigerate, in quanto la maggior complicazione costruttiva rispetto alle navi pressurizzate viene compensata dai minori spessori delle lamiere dei serbatoi, con un minor peso complessivo della nave e minori consumi di carburante.



Figura 25: Immagine della Gaz Providence nel porto di Brindisi, fonte aziendale.

Trasporto primario: Il GPL proveniente dai Depositi Costieri e dalle raffinerie ancora presenti sul territorio nazionale viene trasferito ai depositi commerciali o ai distributori stradali di carburante diffusi su tutto il territorio nazionale. Si tratta in questo caso di trasporto realizzato su rotaia (ferrocisterne) o su gomma (autobotti). Nel Nord Italia, per gli stabilimenti collegati all'infrastruttura ferroviaria, è anche relativamente diffuso il trasporto ferroviario dalla Francia, principalmente Marsiglia. Nel contesto italiano, diversamente da quanto avviene in altri Paesi europei, si osserva una spiccata frammentazione degli impianti, generalmente di piccole dimensioni, con un'area commerciale circoscritta e raramente dotati di infrastruttura ferroviaria. La modalità di trasporto più diffusa è pertanto quella stradale.



Figura 26: Foto di un'autocisterna di grandi dimensioni (trattore), Fonte: fornitore aziendale.

Trasporto secondario o all'utenza finale: dai depositi commerciali al distributore al dettaglio oppure al cliente finale. Il GPL può essere consegnato sfuso (riempimento di serbatoi di proprietà dell'azienda distributrice offerti in comodato d'uso al cliente finale) oppure condizionato in bombole di varia capacità (10, 15, 25 kg).



Figura 27: Foto di un'autobotte di piccole dimensioni.

Di seguito si riportano alcuni mezzi e il tipo di alimentazione utilizzato:

- 1) Navi cisterna: alimentazione Fuel Oil in navigazione, gasolio in porto.
- 2) Gasdotti (pipeline): a sviluppo limitato nel GPL - generalmente utilizzati per collegare raffinerie a depositi di stoccaggio esterni o moli di attracco navi ai depositi costieri.
- 3) Ferrocisterna: trazione elettrica.
- 4) Autocisterne: formate da motrice e rimorchio e alimentate a gasolio
- 5) Autobotti: mezzi di ridotta capacità, particolarmente adatti al carico e scarico di prodotto presso gli utenti finali e all'approvvigionamento di piccole stazioni di rifornimento - alimentazione a gasolio.

3.2.3 Consumo del GPL

In Italia il GPL è utilizzato prevalentemente nei seguenti ambiti:

- riscaldamento domestico: nei luoghi non raggiunti dalla rete nazionale del metano il GPL viene distribuito direttamente al cliente finale in bombole o serbatoi
- combustibile per autotrazione: sono presenti in Italia più di 4300 distributori stradali di GPL che alimentano un parco circolante di circa 2.5 milioni di autoveicoli
- defiscalizzato ad uso industriale: una quota parte del GPL è destinato ad attività industriali che per posizione geografica non possono essere economicamente raggiunte dai metanodotti della rete nazionale. Il cliente industriale può in questo caso effettuare il recupero parziale dell'imposta
- refrigerazione: il propano, che è il principale componente del GPL, se utilizzato in forma pura può sostituire i gas utilizzati nei circuiti degli impianti di refrigerazione, responsabili dell'effetto serra
- sintesi chimica: il GPL può essere utilizzato, in alternativa alla virgin nafta, anche per la sintesi chimica industriale di etilene e propilene, precursori gassosi necessari alla produzione di polietilene e polipropilene.

CAPITOLO 4

4. La Carbon Footprint

4.1 Cos'è la Carbon Footprint

Uno dei temi attualmente al centro del confronto pubblico, per anni oggetto di dibattito e studi, è senza dubbio il riscaldamento globale indotto dall'azione umana (*global warming*).

Si tratta di un fenomeno che prende origine dall'attività del Homo Industrialis sulla Terra ma che negli ultimi decenni è arrivato a minacciare la stessa sopravvivenza di alcuni habitat naturali (atolli polinesiani in pericolo per l'innalzamento del livello dei mari). Negli ultimi anni, anche grazie ad un cambiamento di sensibilità delle giovani generazioni come nel caso del Movimento ispirato da Greta Thunberg, si è assistito ad un crescendo di iniziative da parte di enti governativi, organizzazioni multinazionali, e aziende private allo scopo di diminuire le emissioni di gas serra in atmosfera, causa diretta di questo fenomeno.

I gas ad effetto serra (*GHG – Greenhouse Gases*) sono dei gas, presenti in natura, che svolgono un ruolo fondamentale per la sopravvivenza. Questi ultimi infatti permettono ai raggi solari di attraversare l'atmosfera e trattengono buona parte della radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, dall'atmosfera e dalle nuvole, in modo tale da innalzare la temperatura sul pianeta, che altrimenti sarebbe troppo bassa. Questi gas hanno sia origine naturale che antropica, dovuta alle attività umane.

Nel corso degli ultimi decenni si è verificata un'impennata di emissioni di GHG di origine antropica in atmosfera che ha portato e sta portando sempre più verso drastici e continui cambiamenti climatici, sempre più estremi a livello globale, nonché ad innalzamenti delle temperature medie terrestri. La maggior quantità di gas di natura antropica è dovuta principalmente alle attività svolte nell'ambito dell'agricoltura, dell'industria e dei servizi in generale (rispettivamente primario, secondario, terziario). I trasporti dal canto loro sono responsabili di circa un terzo delle emissioni a livello globale.

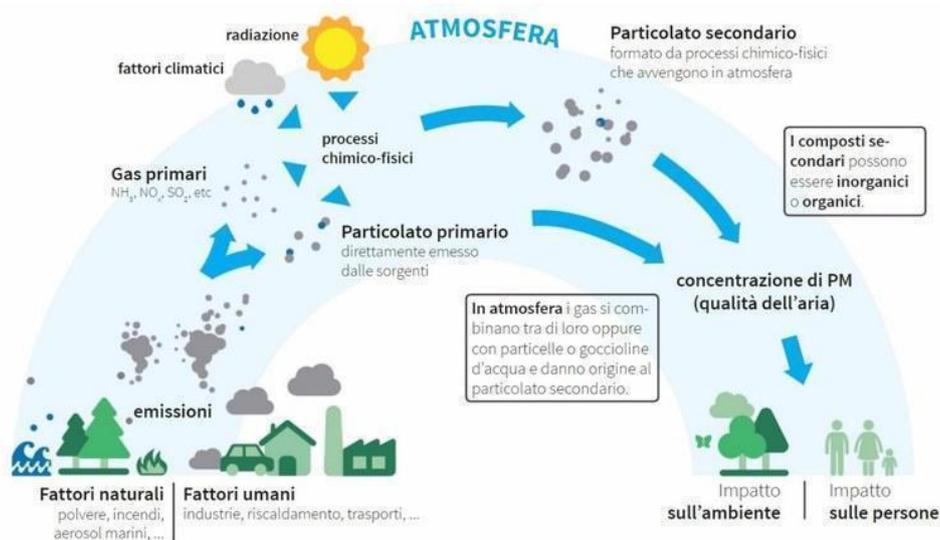


Figura 28: Processo di emissione dei gas climalteranti ed inquinanti.

In conformità con il Protocollo di Kyoto [27], un accordo volontario internazionale sottoscritto nel 1997 ed entrato in vigore nel 2005, i gas ad effetto serra più importanti da annoverare sono:

- Anidride Carbonica – CO₂
- Metano – CH₄
- Protossido di azoto – N₂O
- Idrofluorocarburi – HFCs
- Esafluoruro di zolfo – SF₆
- Perfluorocarburi – PFCs

Ognuno di questi gas contribuisce in modo diverso all'aumento dell'effetto serra, e il suo potere climalterante (*GWP – Global Warming Potential*) viene calcolato tramite la tCO_{2e} (tonnellate di CO₂ equivalente), ossia in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO₂ considerato pari a 1. Un report da parte della IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) del 2014 mostra in figura 29, il GWP dei gas su un orizzonte temporale di 100 anni:

GAS AD EFFETTO SERRA	FORMULA CHIMICA	GWP ₁₀₀
Anidride carbonica	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28

Ossido nitroso	N ₂ O	265
HFCs	-	4 – 12.400
Esafluoruro di zolfo	SF ₆	23.500
PFCs	-	6.630 – 11.100
BC*	-	210 – 1500

Figura 29: *La Black Carbon ossia le particelle di particolato carbonico PM_x sono state ricavate dal sito dell'arpa Lombardia, fonte [28].

“La Carbon Footprint (CFP) è una misura che esprime in CO_{2e} (equivalente) il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio” [29].

La Carbon footprint rappresenta un indicatore per la misurazione, il monitoraggio, la rendicontazione e la verifica delle emissioni e delle rimozioni di gas serra.

La misurazione della carbon footprint di un prodotto o di un processo richiede in particolare l'individuazione e la quantificazione dei consumi di materie prime e di energia nelle fasi selezionate del ciclo di vita dello stesso [30]. Perciò l'indicatore CFP può essere considerato a tutti gli effetti come un indicatore di sostenibilità, percepito come indice di qualità di un'azienda, perché misura l'impatto delle attività umane sul clima globale.

È evidente, comunque, che il CFP non dà informazioni sull'intero impatto ambientale, dato che rappresenta un sottoinsieme di uno studio più ampio d'impatto, detto *Life Cycle Assessment* - LCA, che consiste in un metodo standardizzato a livello internazionale (ISO 14040:2006, ISO 14044:2006) per la valutazione dei carichi ambientali e delle risorse consumate in tutte le fasi di un prodotto o servizio, dall'estrazione allo smaltimento finale [30].

Ad ogni modo il CFP risulta un indicatore semplice, di facile comprensione e che acquista sempre più importanza presso le aziende, anche da un punto di vista del marketing, dal momento che si moltiplicano metodi e certificazioni ufficiali per certificare l'entità dell'impronta di carbonio. Una bassa CFP significa che il prodotto o servizio in esame dà un basso contributo ai cambiamenti climatici.

4.2 Elaborazione del CFP

4.2.1 ISO

Le modalità di calcolo della Carbon footprint si basano sull'utilizzo delle ISO (*International Standard Organization*) ossia norme standardizzate a livello internazionale (di natura volontaria) che rafforzano il ruolo di ogni Paese disposto a recepirle nella normativa nazionale. Una norma ISO è un documento che definisce le caratteristiche e gli standard di un procedimento, servizio o prodotto, e può essere di tre tipologie: norma internazionale (ISO), europea (EN), nazionale (UNI).

In particolare, attraverso la norma ISO 14064 e il GHG Protocol, si definiscono le linee guida per progettare, sviluppare, gestire, monitorare, rendicontare e verificare banche dati di emissioni di gas ad effetto serra (GHG) a livello aziendale. Uno strumento oggettivo di valutazione, che si suddivide in tre parti [31]:

- ISO/CD 14064 – 1 “Greenhouse gases – Parte 1: specifiche per la quantificazione, il monitoraggio e il reporting delle emissioni di un’organizzazione e la loro rimozione. Una fase iniziale di valutazione del contributo attuale della propria attività al riscaldamento globale.
- ISO/CD 14064 – 2 “Greenhouse gases – Parte 2: specifiche per la quantificazione, il monitoraggio e il reporting del progetto GHG per modificare o rimuovere le emissioni. Una volta ottenuto l’impatto ambientale si procede con l’adozione di nuovi metodi di gestione delle attività aziendali. Nello specifico si possono avere due tipologie di interventi:
 - I. Azioni di riduzione della CO₂, intervenendo miratamente sulla fonte di inquinamento cercando di prevenire l’emissione.
 - II. Azioni di compensazione della CO₂, generalmente complementari, che prevedono soluzioni di riassorbimento della CO₂ emessa, spesso con interventi di finanziamento a progetti per la tutela dell’ambiente e del clima, produzione di energia rinnovabile o piantumazione.
- ISO/CD 14064 – 3 “Greenhouse gases – Parte 3: specifiche e guide per la validazione e verifica dei risultati. Se alla fine dei vari processi precedenti si ottengono dei risultati, bisogna quantificarli, verificarli e validarli attraverso enti di certificazione affidabili, in modo da comunicare efficientemente la gestione della criticità ambientale. Come abbiamo detto inoltre la maggior vicinanza a questi argomenti porta ad un

miglioramento indiretto dell'immagine aziendale e conseguentemente, oltre alla sostenibilità ambientale, una competitività maggiore sul mercato.

Sono inoltre presenti altre normative ISO, come ad esempio: ISO 14065 e ISO 14066 che specificano i requisiti e le competenze che devono possedere gli enti certificatori, o la norma ISO 14067 che definisce i requisiti e le linee guida per la quantificazione dell'impronta di carbonio.

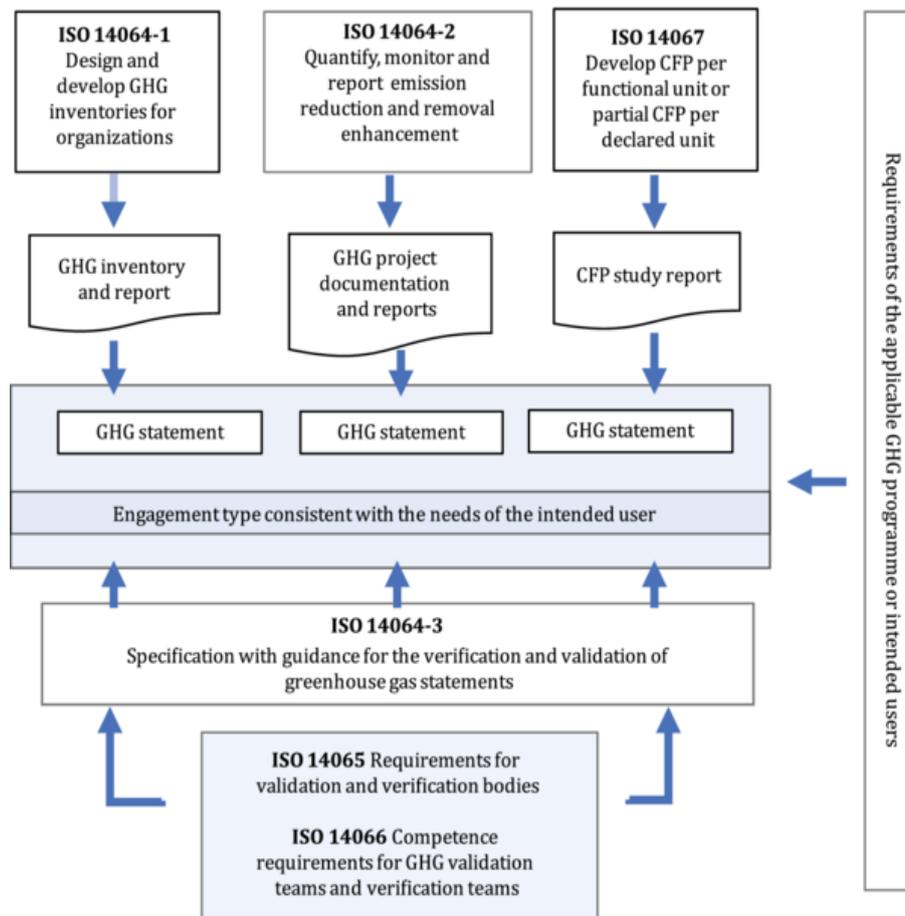


Figura 30: Famiglia di ISO, fonte [32].

4.2.2 Life Cycle Assessment

Uno studio sul CFP, preso singolarmente, fa parte di un progetto più ampio, composto da procedure formalizzate e standardizzate per la LCA (Life Cycle Assessment), ovvero la valutazione del ciclo di vita di un prodotto commerciale, un processo o un servizio. Si tratta di uno strumento utile alla valutazione della sostenibilità lungo tutta la supply chain, coinvolge molteplici aspetti, fra cui tutte le categorie di impatto ambientale rilevanti per il ciclo di vita di un prodotto.

Uno studio sul CFP può essere trattato mediante le procedure di un LCA, le cui linee guida sono contenute nelle norme ISO 14040, che raccoglie principi e quadro di riferimento, e ISO

14044, composta da requisiti e linee guida. La prima norma dà la corretta composizione di una valutazione LCA mentre la seconda guida l'operatore nella sua esecuzione [33].

La struttura della LCA si compone di quattro fasi principali:

1. **Definizione di obiettivi e scopi:** in questa fase preliminare dello studio, si definiscono quelli che sono gli obiettivi che hanno portato alla scelta di un LCA o CFP, successivamente si specifica il campo di applicazione e il periodo temporale, in modo da entrare efficacemente nel dettaglio della trattazione e raccogliere dati nella maniera più adeguata.
2. **Analisi dell'inventario:** ossia raccolta dei dati necessari all'analisi, che si basa su un piano di raccolta di attività e informazioni primarie sui flussi e le emissioni di un prodotto o servizio, per poi essere verificate qualitativamente associandole ad un determinato processo. In questo modo si entra sempre più nel dettaglio dei confini del sistema analizzato.
3. **Valutazione degli impatti:** questa fase, come si evince dalla stessa definizione, riguarda la valutazione degli impatti ambientali di un prodotto o servizio per mezzo delle informazioni raccolte precedentemente. Si tratta quindi di un processo per fasi che parte dalla composizione dei flussi e delle attività raccolte, la loro moltiplicazione per i rispettivi fattori emissivi ed infine porta al controllo dei risultati e la loro validazione. Nel caso del CFP questa fase si potrebbe tradurre nella quantificazione delle emissioni di gas serra e nella moltiplicazione degli stessi per il corrispettivo GWP_{100} di ogni gas, ottenendo in questo modo una valutazione dell'impatto ambientale espressa in massa di CO_2 equivalente.
4. **Interpretazione dei risultati:** questa ultima fase è un test di sensitività e significatività di tutte le fasi precedenti e del processo nel suo insieme. Nel momento in cui si verificano delle anomalie tra le procedure applicate e le linee guida della ISO 14067 (per la quantificazione dell'impronta di carbonio), risulta necessaria una correzione del processo per poter arrivare a delle conclusioni valide. Il risultato raggiunto consente di identificare eventuali opportunità di intervento future, anche coerenti con l'applicazione del lavoro svolto, avendo però cura per la trasparenza di comunicare i limiti dello stesso.

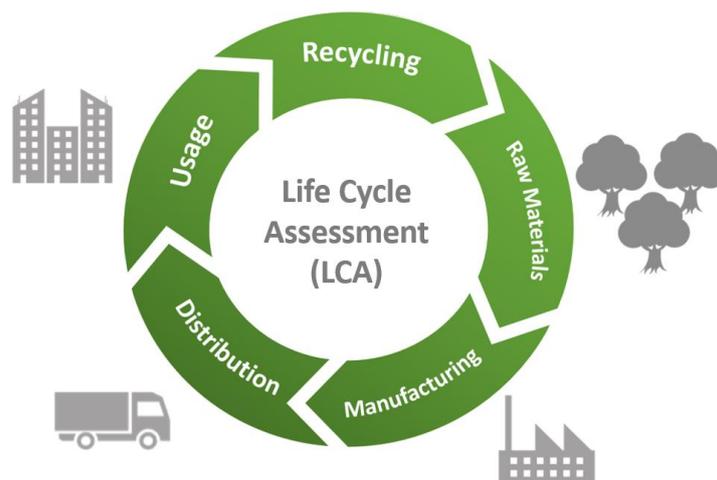


Figura 31: Schema Life Cycle Assessment, fonte [34].

4.2.3 PAS 2050

Il PAS 2050 e il GHG Protocol [35] sono specifiche tecniche che si basano sullo standard ISO 14044, la prima è stata sviluppata dal *British Standards Institution* (BSI), un'organizzazione britannica di standardizzazione [36], mentre la seconda dal *World Resources Institute* (WRI) [37] e dal *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) [38]. Si tratta di metodi per la stima delle emissioni di gas GHG prodotte da beni o servizi.

Il PAS 2050 fa riferimento solo all'impatto sul riscaldamento globale (trascura impatti sociali, ambientali ed economici) considerando le emissioni in 100 anni di tempo dalla formazione del prodotto (GWP_{100}), richiede l'utilizzo di tecniche LCA per definite categorie di prodotti, essendo costruita sulla metodologia del calcolo delle emissioni di gas serra dal ciclo di vita dei prodotti e servizi così come definito negli standard ISO 14040 e 14044, e suggerisce informazioni per quanto riguarda le dichiarazioni di conformità [39]. Le emissioni GHG fanno riferimento all'utilizzo di energia convenzionale e rinnovabile, processi di combustione, operativi, agricoli e chimici, gestione dei rifiuti, perdite di gas e servizi, tra cui magazzini, logistica e trasporti.

I principi di implementazione sono [39]:

- Rilevanza: selezione dei gas serra, dati e metodi appropriati per la valutazione delle emissioni derivanti dai prodotti e servizi.
- Completezza: tutte le emissioni che danno un contributo materiale alla valutazione devono essere considerate.

- Consistenza: bisogna consentire confronti significativi tra le informazioni relative ai gas serra.
- Accuratezza: cercare di conseguire la maggior qualità nei dati possibile.
- Trasparenza: le informazioni condivise devono con enti terzi devono poter essere affidabili ai fini dell'applicabilità esterna, perciò bisogna comunicare ogni informazione rilevante.

Mentre i 5 passaggi fondamentali della PAS 2050 (figura 32) sono [39]:

1. La costruzione della mappa di un processo (Flow chart)
2. Il controllo dei confini e delle priorità
3. La raccolta dei dati
4. Il calcolo dell'impronta di carbonio (carbon footprint)
5. Il controllo dell'incertezza

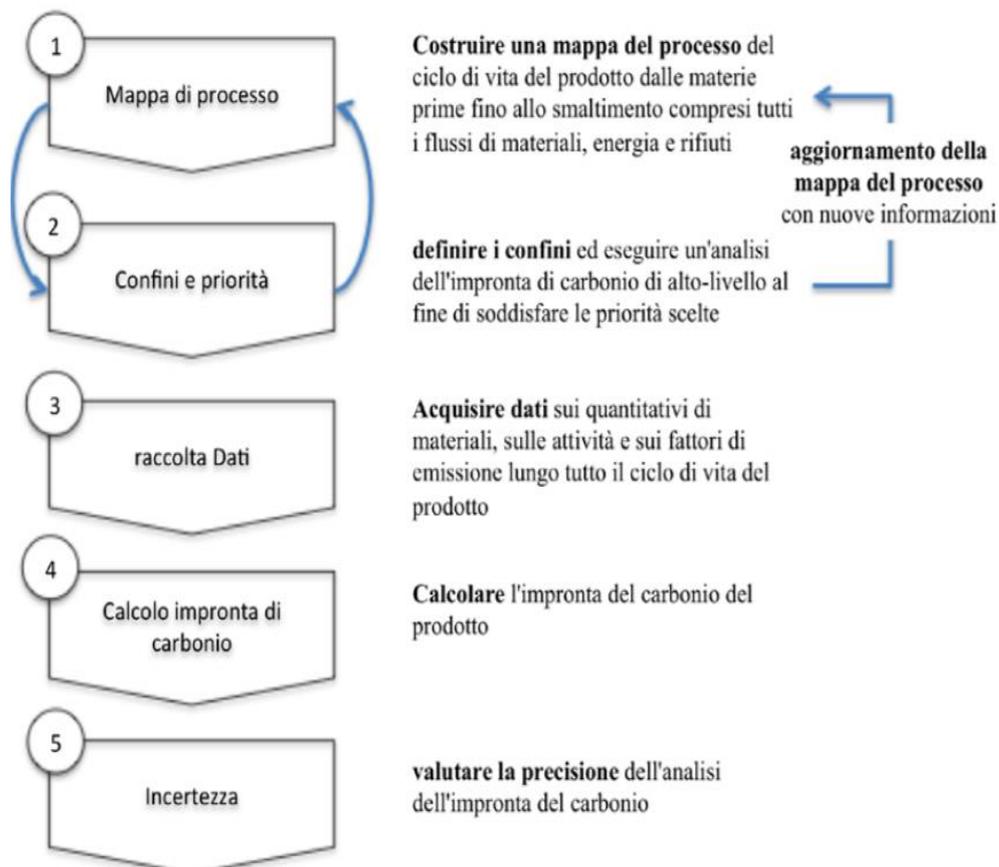


Figura 32: I 5 passaggi della PAS 2050, fonte [39].

Concludendo si può affermare che la misurazione del Carbon footprint è il modo in cui si acquisiscono informazioni necessarie per:

- Attuare politiche di riduzione delle emissioni
- Identificare e adottare strategie di riduzione dei costi più efficaci e appropriate
- Incorporare le decisioni di riduzione delle emissioni di gas serra all'interno degli obiettivi dell'impresa
- Dimostrare responsabilità e attenzione verso l'ambiente

Gli step per quantificare il CFP possono essere riassunti semplicemente in :

- i. Impostare gli obiettivi e costruire una mappa del processo
- ii. Decidere il metodo di calcolo e definire i limiti dell'approccio
- iii. Raccogliere i dati e scegliere i fattori emissivi
- iv. Effettuare il calcolo
- v. Verificare e validare il risultato

A cui seguono successivamente:

- vi. Approfondimento ed analisi delle azioni di miglioramento
- vii. Sviluppo di un piano di mitigazione
- viii. Monitoraggio e controllo dell'efficienza del piano

4.3 Tipologie di emissione

Sia la norma ISO 14064 che il GHG Protocol forniscono una divisione delle fonti di emissione in tre diverse categorie:

➤ *Emissioni Dirette di GHG – Scope 1:*

Sono emissioni che provengono direttamente dalle fonti utilizzate e controllate dall'organizzazione in questione, le varie fonti di emissione distinguono le emissioni in derivanti da: Combustione stazionaria per il funzionamento di impianti industriali,

Combustione mobile per la mobilità dei trasporti, Emissioni di processo a causa dei processi produttivi, ed emissioni fuggitive da sistemi di refrigerazione e distribuzione.

➤ *Emissioni Indirette di GHG da consumo energetico – Scope 2:*

Sono emissioni che derivano dalla generazione di energia approvvigionata da fornitori esterni e consumata dall'organizzazione. Ad esempio, l'energia elettrica utilizzata in un'organizzazione influenza la produzione a monte di energia, che difficilmente risulta sotto controllo.

➤ *Altre Emissioni Indirette di GHG – Scope 3:*

Queste ultime emissioni invece, sono una conseguenza delle attività di un'organizzazione, non direttamente imputabili ad essa. Vanno dalle emissioni associate al tragitto casa-lavoro da parte dei dipendenti, a quelle della consegna dei prodotti e smaltimento finale. Ma non ci sono categoria predefinite di emissioni che rientrano in questa tipologia, esse vengono definite a seconda del contesto, dell'azienda e dello studio che si vuole effettuare.

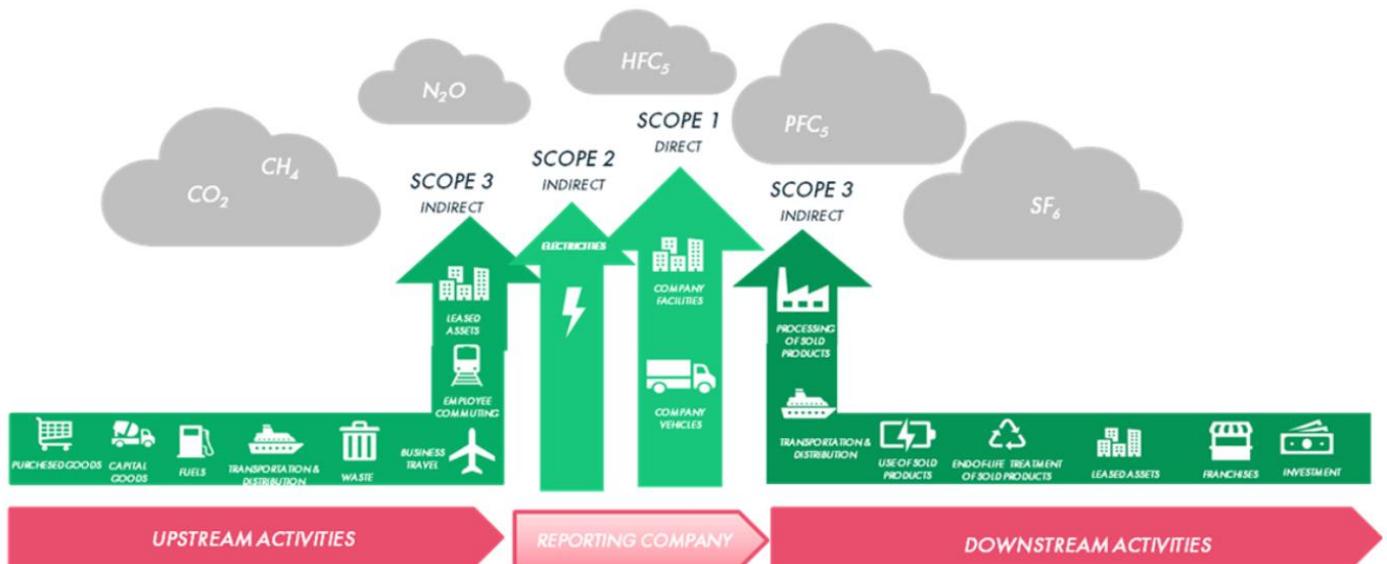


Figura 33: Rappresentazione delle diverse emissioni dirette ed indirette, fonte GHG Protocol.

La considerazione sull'inserimento o meno di un'attività nel computo dipende esclusivamente dal contesto e dal tipo di studio; ciò che emerge in letteratura è che, tipicamente, il contributo maggiore al CFP proviene spesso dalle attività logistiche e non dalle fasi di produzione. Per questo motivo si vuole condurre uno studio sul contributo dell'impronta ecologica della supply chain e dei trasporti, dove le soluzioni più accreditate per ridurre l'impatto ambientale sono: l'utilizzo di mezzi moderni a impatto minore o a impatto zero, riduzione dell'impatto ambientale dei centri di distribuzione o stoccaggio intermedi (warehouses), l'ottimizzazione delle rotte e dei carichi.

L'utilizzo di combustibili fossili contribuisce, nel settore dei trasporti, all'inquinamento atmosferico in generale (oltre che al riscaldamento globale) generando diversi tipi di esternalità negative:

- Effetti globali sull'ambiente: principalmente legati all'emissione di gas climalteranti, responsabili dell'effetto serra e dell'incremento della temperatura;
- Effetti diretti sulla salute umana: legati principalmente all'emissione di sostanze nocive per l'uomo ("sostanze inquinanti"), con effetti patogeni diretti;
- Incidentalità;
- Rumore;
- Congestione stradale e occupazione di spazio.

Queste voci sono riconducibili a tre macro-tematiche: clima, salute e qualità della vita. La sostenibilità della mobilità può essere intesa come la capacità di determinare il minor impatto possibile in termini delle esternalità appena citate, garantendo comunque una soddisfazione delle esigenze di spostamento o movimentazione [21]. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nell'aprile del 2015, ha pubblicato il documento "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe", in cui si stimano i decessi attribuibili al PM2.5 per tutti i paesi Europei [40]. La stima per l'Italia è di circa 30.000 decessi ogni anno solo per il particolato fine, con effetti maggiori nel Nord Italia, più popolato e inquinato.

Le emissioni dei principali inquinanti atmosferici sono diverse a seconda della tecnologia di trazione e del combustibile utilizzato. Le caratteristiche tecniche dei motori e le proprietà chimico-fisiche dei combustibili influenzano la quantità e la composizione dei gas di scarico dei veicoli per il trasporto su strada, durante il loro utilizzo. Tra gli inquinanti più rilevanti annoveriamo [21]:

- CO – Monossido di carbonio;
- NO_x – Ossidi di azoto;
- NMVOC – Composti Organici Volatili Non Metanici;
- PM – Particolato.

Diverse sono le metodologie di stima dell'impatto ambientale dei veicoli. Includendo via via la valutazione di fasi aggiuntive del ciclo di vita del prodotto, tali metodologie possono riferirsi

alla sola fase di utilizzo del veicolo: *tank-to-wheel assessment* (vengono stimate e raccolte in un'apposita banca dati ISPRA), includere anche le attività di produzione dell'energia che alimenta il motore: *well-to-wheel assessment*, o considerare l'intero ciclo di vita del veicolo e di ogni suo componente: *life-cycle assessment* [41].

Per quanto riguarda il trasporto su strada, vanno considerati solo i gas più rilevanti: anidride carbonica, metano e protossido di azoto. Il metano è un gas responsabile per circa il 10% dell'effetto serra ma nonostante la combustione del metano determini un'emissione di CO₂ e altre sostanze inquinanti, ad oggi risulta comunque il meno impattante dal punto di vista ambientale.

Ciò è dovuto anche al fatto che il suo tempo medio di permanenza in atmosfera è di circa 12 anni, contro le potenziali centinaia di anni di permanenza della CO₂. La costruzione dei veicoli e le filiere di produzione e approvvigionamento dei vettori energetici (*Well-to-tank*) comportano emissioni atmosferiche non trascurabili anche di gas ad effetto serra (climalteranti). Queste emissioni producono il loro effetto a prescindere dalla sede di emissione, avendo perciò effetti globali normalmente risulterebbe opportuno considerare anche le fasi *well-to-tank* [21].

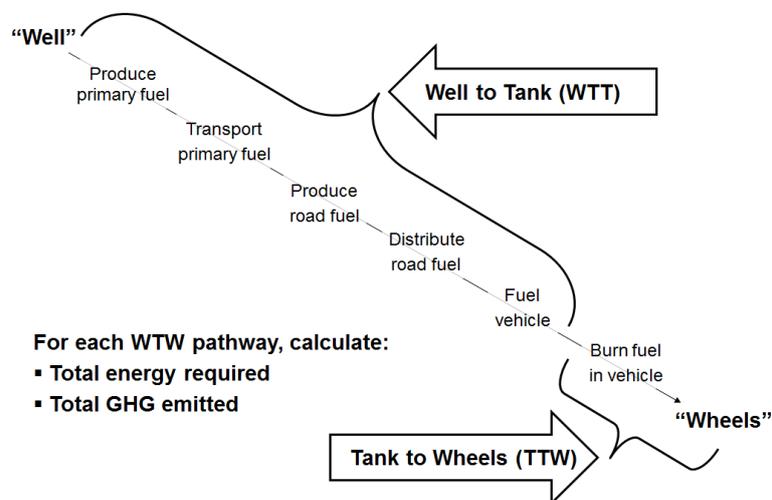


Figura 34: Analisi WTW, fonte [42].

Per quanto riguarda le varie emissioni che verranno prese in considerazione nel seguito della descrizione del caso aziendale, possiamo collegare alle emissioni dirette principalmente la voce combustione mobile, dal momento che le altre tipologie di emissioni nel caso di studio sono di scarso valore o trascurabili, oltre al fatto che eventuali miglioramenti non porterebbero a sostanziali traguardi. Nel caso di specie le emissioni dovute alla logistica si devono intendere legate al trasporto GPL su strada e ferrovia tramite autobotti e convogli ferroviari, trasporto via nave tramite gasiere e trasporti di gas mediante pipeline.

CAPITOLO 5

5. Caso Aziendale

Premessa

In questo capitolo è presentata l'applicazione di un caso reale. Nello specifico è approfondita la composizione della supply chain e il lato trasporti, in uscita e in entrata dall'azienda.

Durante la raccolta dei dati è emerso che l'attività di maggior impatto ambientale nella filiera di distribuzione del GPL risulta essere proprio il trasporto del prodotto.

Questa scelta è stata fatta in quanto, escludendo l'impronta ecologica della fase di estrazione e raffinazione, l'immagazzinamento del GPL è un processo statico e non energivoro, come già descritto nel capitolo 3.

Di conseguenza il presente studio si è focalizzato sulla valutazione della Carbon Footprint attraverso la procedura del "Carbon Assessment", riportata nella prima parte della norma ISO 14064 [31] e nel GHG Protocol [31].

Si sono quindi individuati i principali passaggi logistici del GPL in riferimento al caso specifico, ossia:

- IMPORTAZIONE GPL IN ITALIA: trasporto effettuato via nave
- INTRODUZIONE GPL IN DEPOSITO: a mezzo elettropompe della nave
- MOVIMENTAZIONE GPL IN DEPOSITO: con elettropompe per movimentazioni interne e carico autobotti e ferrocisterne
- ESTRAZIONE GPL DAL DEPOSITO: trasporto effettuato via autobotte e/o ferrocisterna e/o pipeline.

Il prodotto una volta in deposito non è soggetto a lavorazioni energivore o emmissive, la normale operatività del deposito (funzionalità dei sistemi di sicurezza, antincendio, illuminazione, ecc.) e l'impronta del personale, rappresentano una quota marginale del consumo energetico aziendale, per tale motivo si ritiene trascurabile il loro contributo a questo studio.

Successivamente alla definizione dell'impronta ecologica dell'attuale sistema di logistica dell'Azienda si presenterà una ipotesi di filiera alternativa, la supply chain to be.

Le esigenze di responsabilità ambientale e di contenimento delle emissioni di gas ad effetto serra prevedono infatti, in attesa della transizione verso l'idrogeno come combustibile alternativo, degli scenari transitori in grado di cambiare gradualmente il settore dei trasporti.

Il GNL (Gas Naturale Liquido) presentato in questo studio come combustibile alternativo per la logistica inbound ed outbound del GPL risulta al momento il miglior candidato alla sostituzione dei combustibili attualmente utilizzati, ossia il gasolio e l'olio combustibile.

Tutti i dati di seguito riportati, ove non sia diversamente specificato, provengono da fonti aziendali. Si è scelto come anno di riferimento il 2019 in quanto gli stessi dati riferiti al 2020 risultano poco rappresentativi dell'effettiva attività a causa della contrazione dei consumi legata alla pandemia da COVID-19 e del relativo lockdown attuato nei primi mesi dell'anno passato.

5.1 Analisi della Supply chain "As Is"

5.1.1 Presentazione dell'azienda

La IPEM è un'azienda che opera nel settore petrolchimico nel campo dello stoccaggio e movimentazione del GPL e l'attività principale dello stabilimento consiste nel ricevimento, stoccaggio, movimentazione, miscelazione, travaso e spedizione di gas di petrolio liquefatto.

Tale attività ricade tra quelle previste dall'art. 2, comma 1 del Decreto Legislativo n. 105 del 26/06/2015 "Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose".

La quantità massima di GPL stoccabile in Deposito è pari a 23.672 ton, superiore al minimo previsto nell'allegato 1 del suddetto decreto, pari a 200 ton di GPL, pertanto la Società è soggetta alla presentazione di una specifica analisi di rischio denominata Rapporto di Sicurezza, tesa a verificare la conformità legislativa dell'Azienda e la compatibilità territoriale del Deposito con le altre attività presenti.

Lo stabilimento è ubicato nella zona Industriale di Brindisi, collegato con la rete ferroviaria nazionale mediante un raccordo base gestito dal Consorzio per lo Sviluppo Industriale di Brindisi (ASI) e, mediante viabilità ordinaria, con la superstrada per Lecce (S.S. 163), con la Strada Statale per Bari (S.S. n. 379) e con la Via Appia Antica (S.S. n. 7) per Taranto.

L'area recintata totale dello stabilimento è pari a circa 170.000 m² suddivisa in due impianti fisicamente separati ma impiantisticamente interconnessi, denominati IPEM 1 ed IPEM 2 (figura 35).

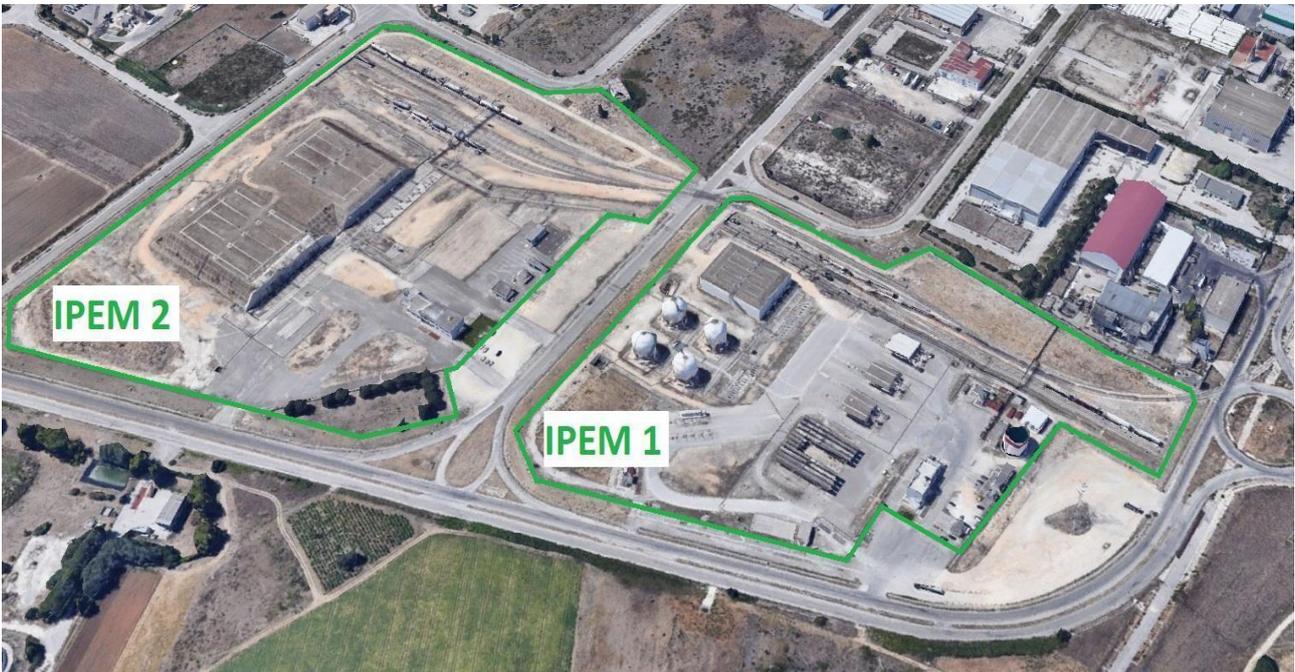


Figura 35: Foto dall'alto dell'area operativa aziendale, IPEM 1 e IPEM 2, fonte google/maps.

IPEM 1 di superficie pari a circa 75.000 m², già denominato deposito costiero, ha ingresso principale in Via Archimede ed ulteriori 3 accessi stradali e 2 accessi ferroviari. Nel deposito denominato IPEM 1 sono installati quattro serbatoi da 1650 mc/cadauno tumulati entro cassa di contenimento (7 mt di diametro e 45 mt di lunghezza) e quattro sfere coibentate da 2000 mc/cadauno (16 mt di diametro) in esecuzione fuori terra (figura 36).

In IPEM 1 vengono effettuate le operazioni di additivazione del denaturante e dell'odorizzante, ai fini della successiva commercializzazione del GPL.

Il carico e la spedizione su strada del GPL sono accentrati esclusivamente sul deposito IPEM1, in cui sono presenti sei punti di carico per autobotte di cui quattro esclusivamente per il prodotto denaturato destinato al riscaldamento e soggetto a imposizione fiscale agevolata.

Il carico e la spedizione via ferrovia del GPL è invece possibile sia sul deposito IPEM1 che nel deposito IPEM2.



Figura 36: Foto dei serbatoi di stoccaggio interrati e fuori terra in IPEM 1, fonte aziendale.

IPEM 2 di superficie pari a circa 95.000 m², già denominato deposito doganale, ha ingresso principale in Via O.M. Corbino ed ulteriori 4 accessi stradali e 1 accesso ferroviario. Nel deposito denominato IPEM 2 sono installati cinque serbatoi interrati da 3000 mc/cadauno (7 mt di diametro e 82 mt di lunghezza) e cinque serbatoi interrati da 4500 mc/cadauno (8,4 mt di diametro e 83,4 mt di lunghezza) per un totale complessivo di 37.500 mc (figura 3).



Figura 37: Foto dei serbatoi di stoccaggio interrati e della sala pompe in IPEM 2, fonte aziendale.

Le aree circostanti lo stabilimento rientrano in zona industriale a Nord, ad Est ed Ovest, mentre a Sud sono presenti zone agricole con colture stagionali. In direzione Nord-Est, a circa

1 km di distanza, si trova il Polo Petrochimico di Brindisi, al cui interno è presente la società VERSALIS S.p.A. in cui è operativo un gasdotto di collegamento per la fornitura di GPL da IPEM a VERSALIS. Nella seguente tabella sono presentate alcune caratteristiche principali delle due unità produttive menzionate:

Tabella 2:

IPEM 1	IPEM 2
Area dell'unità: 75.000 m ²	Area dell'unità: 95.000 m ²
Stoccaggio: <ul style="list-style-type: none"> ▪ serbatoi tumulati: n. 4 da 1.650 mc ▪ sfere coibentate: n. 4 da 2.000 mc Volumetria totale: 14.600 mc	Stoccaggio: <ul style="list-style-type: none"> ▪ serbatoi tumulati: n. 5 da 3.000 mc ▪ serbatoi tumulati: n. 5 da 4.500 mc Volumetria totale: 37.500 mc
Prodotti detenuti: <ul style="list-style-type: none"> ▪ GPL denaturato ▪ GPL non denaturato 	Prodotti detenuti: <ul style="list-style-type: none"> ▪ GPL non denaturato
Pompe di movimentazione prodotto: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.9 pompe prodotto denaturato ▪ n.8 pompe prodotto non denaturato 	Pompe di movimentazione prodotto: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.6 pompe GPL non denaturato
Compressori movimentazione prodotto: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.3 compressori prodotto denaturato ▪ n.3 compressori non denaturato 	Compressori movimentazione prodotto: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.2 compressori GPL ▪ n.1 compressore di blow-down
Punti di travaso: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.3 ferroviari GPL non denaturato ▪ n.2 ferroviari GPL denaturato ▪ n.2 stradali GPL non denaturato ▪ n.4 stradali GPL denaturato 	Punti di travaso: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.7 ferroviari GPL non denaturato
Gruppi elettrogeni di emergenza: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n. 2 generatori da 300 kVA 	Gruppi elettrogeni di emergenza: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n. 2 generatori da 300 kVA
Impianti di pesatura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.2 pese stradali ▪ n.1 pesa ferroviaria 	Impianti di pesatura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ n.1 pesa stradale ▪ n.2 pese ferroviarie
Impianti speciali: <ul style="list-style-type: none"> ▪ impianto di denaturazione ▪ impianto di odorizzazione ▪ impianto trattamento acque meteoriche 	Impianti speciali: <ul style="list-style-type: none"> ▪ impianto trattamento acque meteoriche ▪ --

Si riporta di seguito uno schema a blocchi di sintesi dell'attività di stabilimento:

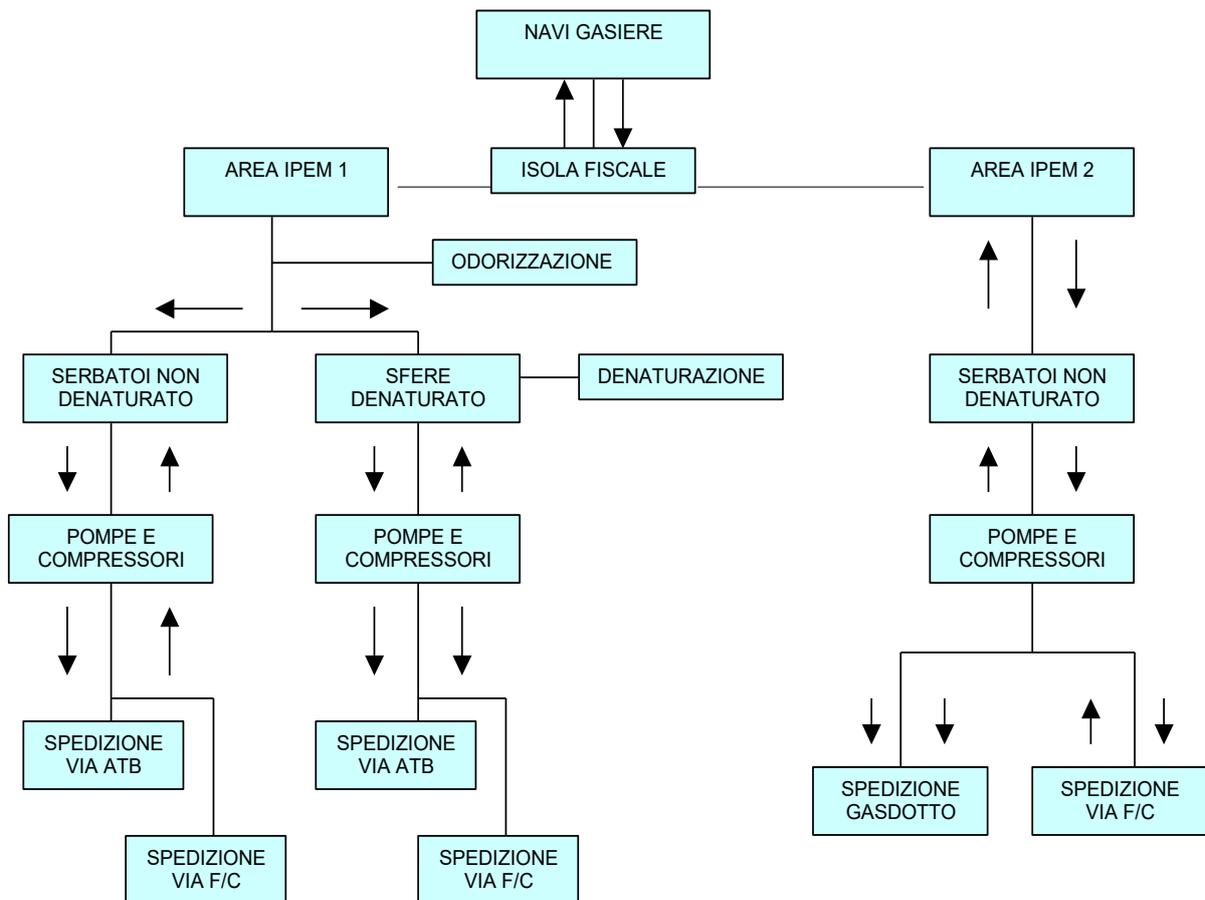


Figura 38: Schema a blocchi delle attività aziendali, fonte aziendale.

Le sostanze pericolose normalmente movimentate o utilizzate in quantitativi significativi nello stabilimento sono le seguenti:

- GPL di purezza commerciale – 23.672 ton max
- Gasolio per alimentazione di gruppi elettrogeni, motopompe, locomotori – 11,7 ton max

Sono inoltre utilizzati in stabilimento i seguenti prodotti chimici in minori quantitativi:

- Denaturante – 1.800 kg max per la fiscalità del GPL uso combustione
- Odorizzante – 160 kg max per l'odorizzazione del gas
- Azoto – 8 bombole da 50 lt come gas inerte di flussaggio
- Elio – 1 bombola da 50 lt per le analisi gascromatografiche
- Idrogeno – 1 bombola da 50 lt per le analisi gascromatografiche
- Schiumogeno – 10 fusti da 200 lt max.

5.1.2 Logistica Inbound

Il GPL perviene al Deposito prevalentemente con la modalità di trasporto via mare con navi cisterne di capacità media variabile tra 16.000-20.000 m³ (8.000-10.000 ton), con alimentazione a Fuel Oil in navigazione e gasolio all'ormeggio in porto.

Per quanto riguarda la logistica in entrata del prodotto l'azienda si avvale di un unico fornitore che si approvvigiona su diverse basi di carico, quasi esclusivamente presenti e operanti nel mar Mediterraneo. Per il periodo preso a riferimento nella presente analisi, in ordine di importanza, le basi utilizzate sono state:

Tabella 3:

PROVENIENZA	PORTO DI PARTENZA	ORE DI NAVIGAZIONE	DISTANZA IN KM	TONNELLATE
LIBIA	MELLITAH	36	1100	148.993
EGITTO	ALEXANDRIA	52	1600	134.818
ALGERIA	ARZEW	60	2200	31.982
MALTA (*)	TRANSHIPMENT	27	830	3.517
MALTA (**)	TRANSHIPMENT	27	830	1.853
ITALIA (***)	TARANTO	-	-	88
TOTALE INTRODUZIONE ANNO 2019				321.252

*Prodotto origine Norvegia, **Prodotto origine USA, ***Prodotto spot arrivato con Autobotte.

La provenienza del GPL da USA e Norvegia non viene presa in considerazione in questo studio, in quanto rappresenta una quota minima ed episodica di approvvigionamento, così come non si considera il quantitativo residuale approvvigionato via terra dalla raffineria ENI di Taranto.

Il prodotto è stato approvvigionato esclusivamente mediante Tank Container (Navi gasiere) refrigerate o semi-refrigerate, con lotti medi di scarico pari a 5.000 tonnellate.

La materia prima necessaria al fabbisogno nazionale è esclusivamente di origine estera essenzialmente perché:

- I Paesi produttori del greggio nel corso dell'ultimo ventennio si sono dotati di impianti di raffinazione di grande capacità produttiva, sia per i propri fabbisogni interni che per

introitare anche i proventi della raffinazione oltre che quelli derivanti dalla mera vendita del petrolio greggio.

- La capacità di raffinazione italiana si è, nello stesso periodo, grandemente ridotta sia per la riduzione dei margini che per le problematiche legate all'inquinamento ambientale ed al pericolo, reale o percepito, derivante dalle attività industriali di raffinazione.

In base ai dati aziendali si farà riferimento alla **Gaz Providence** quale mezzo navale standard (figura 39), avente le caratteristiche tecniche riportate nella tabella seguente.

Tabella 4:

LPG/C GAZ PROVIDENCE									
IMO	BUILT	TANK	POLIZZA	LOA	FLAG	DRAFT	PUMP	BOOSTER	GT
Number	anno	mc	ton	m		m	cbm/hr	cbm/hr	mc
9448504	2010	22800	5000	154	PANAMA	9.0	6x350	2x350	16777

*IMO Number: Numero identificativo assegnato a costruzione nave dalla International Maritime Organization,

*Polizza: Scarico medio effettuato a Brindisi, non coincide con la potenzialità massima del vettore

*LOA: Length over all - Lunghezza fuori tutto della nave

*Draft: pescaggio medio della nave – importante per la possibilità di ormeggio ai pontili dedicati

*GT: Gross tonnage – stazza massima della nave.

Attraverso l'azienda è stato possibile reperire il consumo medio di carburante per rotta da percorrere, risultato pari a circa 1,583 tonnellate di carburante per ogni ora di navigazione.



Figura 39: Foto della LPG GAZ Providence ormeggiata nel porto di Brindisi, fonte aziendale.

La nave presa a riferimento effettua solitamente solo uno scarico parziale sul deposito di Brindisi, proseguendo poi la navigazione verso il successivo punto di scarico, ad esempio Ravenna. Non essendo a conoscenza delle destinazioni successive di ogni nave, si considereranno per semplicità come tratti utili ai fini del calcolo solo il porto di carico e il porto di Brindisi.

Nella tabella successiva si mostra, sulla base degli assunti precedenti, il consumo medio di carburante per singola base di carico:

Tabella 5:

PROVENIENZA	PORTO DI PARTENZA	ORE DI NAVIGAZIONE	DISTANZA IN KM	CONSUMI CARBURANTE
LIBIA	MELLITAH	36	1100	57 ton
EGITTO	ALEXANDRIA	52	1600	82.3 ton
ALGERIA	ARZEW	60	2200	95 ton
MALTA (*)	TRANSHIPMENT	27	830	42.7 ton
MALTA (**)	TRANSHIPMENT	27	830	42.7 ton

In seguito, ai fini del calcolo, terremo conto anche dei consumi di gasolio marino con nave all'ormeggio durante la fase di scarico del GPL.

La nave infatti, una volta all'ormeggio, arresta i motori principali ed avvia gli ausiliari che forniscono l'energia termica ed elettrica necessaria per alimentare tutti i sistemi di bordo, l'illuminazione e la potenza utile alla marcia delle pompe principali e di rilancio (booster) per lo scarico del GPL.

Durante la sosta in porto i motori ausiliari, per motivi ambientali, generalmente sono alimentati con gasolio marino con un consumo medio pari a:

- Circa 3 ÷ 4 tonnellate al giorno (Navi oltre i 150 metri di lunghezza)
- Circa 2 ÷ 3 tonnellate al giorno (Navi fino a 150 metri di lunghezza)

Il procedimento di scarico nave al porto di Brindisi prevede l'ormeggio della nave ad un pontile dedicato ed il collegamento a terra attraverso un braccio meccanico di carico/scarico. L'operazione viene effettuata dalla nave mediante le proprie pompe di bordo che trasferiscono il GPL nel deposito aziendale attraverso dei gasdotti interrati da 8".

Le rate di scarico prevedono un range operativo compreso fra le 150 e 200 ton/h, di conseguenza lo scarico di una polizza media di 5.000 ton, fra operazioni doganali e svuotamento finale della linea, comporta tempi operativi maggiori di 24 ore. Una volta introdotto il GPL in deposito, non sono necessarie ulteriori lavorazioni energivore fino alla sua movimentazione per il carico delle autobotti o ferrocisterne e successiva distribuzione.

Il GPL, così come tutti i prodotti energetici provenienti dall'estero, è soggetto al pagamento delle imposte doganali, mentre il pagamento delle accise avviene soltanto all'uscita del prodotto dal deposito, in quanto la IPEM è un Deposito Fiscale ed opera in regime di "sospensione d'accisa".

5.1.3 Logistica Outbound

La logistica in uscita del GPL nel caso in esame prevede le seguenti soluzioni di trasporto:

- Gasdotti (pipeline): a sviluppo limitato nel GPL - generalmente utilizzati per collegare raffinerie a depositi di stoccaggio esterni o moli di attracco navi ai depositi costieri.
- Ferrocisterne: capacità dai 100 ai 120 m³ (40-52 ton) - trazione elettrica - Distanza media 750 - 900 km; convoglio limitato a massimo 15-17 vagoni.
- Autocisterne o Autobotti grandi (ATB): formate da motrice e rimorchio - capacità dai 50 ai 60 m³ (20-22 ton) - Peso massimo complessivo 44 ton - alimentazione a gasolio - Distanza max 300 - 400 km.
- Autobotti piccole (Botticelle): mezzi di ridotta capacità, dai 10 ai 25 m³ (8-10 ton) - particolarmente adatti al carico e scarico di prodotto presso gli utenti finali e all'approvvigionamento di piccole stazioni di rifornimento - Peso massimo complessivo 14 ton - alimentazione a gasolio - Distanza max 100 - 150 km.

Sulla base dei dati forniti dall'Azienda si dettaglia nella tabella successiva la modalità di trasporto adottata per la logistica outbound nel corso del 2019:

Tabella 6:

TRASPORTO	DESTINAZIONI	ALIMENTAZIONE	TONNELLATE
stradale	depositi e distributori	gasolio	189.801
ferroviario	depositi	elettrico	33.996
pipeline (*)	VERSALIS	elettrico	95.607
TOTALE ESTRAZIONE ANNO 2019			319.404

*Il trasferimento di prodotto tramite pipeline fa riferimento al GPL fornito alla società VERSALIS S.p.A. collegata all'azienda IPEM con gasdotto interrato. Il combustibile in questo caso viene utilizzato per fini industriali in alternativa alla Virgin Nafta nella produzione di precursori dei polimeri plastici.

Considereremo, ai fini dell'ottimizzazione ambientale della supply chain, i soli trasporti su strada, considerato che le modalità di trasporto ferroviario e via pipeline sono da questo punto di vista già ottimizzate ed eventuali miglioramenti dipendono unicamente da scelte politiche nazionali piuttosto che aziendali.

Poiché l'Azienda opera solo sul mercato industriale e non si rivolge al consumatore finale risulta facile distinguere i flussi di GPL in uscita in base alla loro destinazione:

- **DEPOSITI COMMERCIALI:** consegne effettuate con autobotti da deposito a deposito, variamente dislocati sul territorio nazionale. In tabella 7 presentiamo i flussi di prodotto divisi per destinazione, regione, provincia e chilometraggio.
- **DEPOSITI FISCALI:** consegne effettuate mediante pipeline o trasporto ferroviario. Escluse dai calcoli successivi, vengono qui riportate per completezza dell'informazione. In tabella 8 si presentano tali flussi di prodotto divisi per destinazione, regione, provincia e chilometraggio.
- **IMPIANTI DEFISCALIZZATI:** consegne effettuate generalmente con autobotti di piccola capacità (botticelle) su impianti industriali medio-piccoli, non raggiunti dalla rete del metano che pertanto hanno installato serbatoi GPL e godono di un trattamento fiscale privilegiato. Per gestire tali dati si è deciso di operare raccogliendo i numerosi punti di arrivo per provincia di competenza, una semplificazione dovuta alla quantità di piccoli impianti dislocati in vari comuni limitrofi. Questo ci permette di lavorare con un adeguato e ragionevole numero di tratte. In tabella 9 si presentano tali flussi di prodotto divisi per destinazione, regione, provincia e chilometraggio.
- **DISTRIBUTORI STRADALI:** consegne effettuate con autobotti da deposito a distributore stradale, generalmente localizzate nelle regioni Puglia e Basilicata. In tabella 10 si presenta il dato complessivo di consegna del prodotto con l'indicazione del chilometraggio medio.
- **DEPOSITI CONTABILI:** consegne effettuate, generalmente con autobotti di piccola capacità (botticelle) da altre Società distributrici, che hanno aperto sul deposito IPEM di Brindisi dei Depositi Contabili. In tabella 11 si presenta il dato complessivo di consegna del prodotto con l'indicazione del chilometraggio medio.

Tabella 7, *ATB fa riferimento ad autobotte:

TOTALE USCITE PER DEPOSITI					
DESTINAZIONE	TRATTA (km)	PR	REGIONE	Trasporto	kg
JESI	602	AN	MARCHE	ATB	151.900
PRATOLA SERRA	312	AV	CAMPANIA	ATB	3.325.200
BARI	136	BA	PUGLIA	ATB	19.546.390
BENEVENTO	315	BN	CAMPANIA	ATB	671.500
BOLOGNA	784	BO	E.ROMAGNA	ATB	115.350
ORIA	33	BR	PUGLIA	ATB	1.506.740
S.MARIA A VICO	348	CE	CAMPANIA	ATB	277.460
CHIETI	382	CH	ABRUZZO	ATB	506.650
MONTALTO UFFUGO	286	CS	CALABRIA	ATB	23.057.690
CATANIA	247	CT	SICILIA	ATB	5.800.690
LAMEZIA TERME	353	CZ	CALABRIA	ATB	15.568.190
FOGGIA	255	FG	PUGLIA	ATB	8.140.810
PORTO SAN GIORGIO	522	FM	MARCHE	ATB	820.390
SUPINO	472	FR	LAZIO	ATB	69.130
STRONGOLI	291	KR	CALABRIA	ATB	2.359.350
LECCE	57	LE	PUGLIA	ATB	14.315.640
MONTECASSIANO	577	MC	MARCHE	ATB	22.800
GIAMMORO	487	ME	SICILIA	ATB	2.148.110
NAPOLI	370	NA	CAMPANIA	ATB	1.401.540
CARINI	701	PA	SICILIA	ATB	1.506.420
PESCARA	434	PE	ABRUZZO	ATB	1.600.220
FOLIGNO	642	PG	UMBRIA	ATB	22.590
CUCCURANO	629	PU	MARCHE	ATB	23.270
VIGGIANO	213	PZ	BASILICATA	ATB	2.525.090
REGGIO CALABRIA	438	RC	CALABRIA	ATB	3.823.410
ROMA	550	RM	LAZIO	ATB	605.570
SALERNO	317	SA	CAMPANIA	ATB	4.508.790
				TOTALE	114.420.890

Tabella 8, *FC fa riferimento a ferrocisterna, PIPE fa riferimento a pipeline:

TOTALE USCITE PER DEPOSITI FISCALI					
Luogo Destinazione	km DA BR	PR	REGIONE	Trasporto	kg
BRINDISI	0	BR	PUGLIA	PIPE	95.607.100
DOMEGLIARA	933	VR	VENETO	FC	17.623.790
ARDEA	571	RM	LAZIO	FC	225.200
CAMPOFORMID O	1047	UD	FRIULI	FC	3.633.650
ARQUA'	854	RO	VENETO	FC	11.765.420
SAN GIORGIO	1023	UD	FRIULI	FC	951.200
				TOTALE	129.806.360

Tabella 9, *bot fa riferimento a botticelle:

TOTALE USCITE PER DEFISCALIZZATI				
km DA BR	Provincia	REGIONE	Trasporto	kg
139	BA	PUGLIA	bot	619.530
33	BR	PUGLIA	bot	488.410
192	BT	PUGLIA	bot	28.620
250	CS	CALABRIA	bot	511.770
334	CZ	CALABRIA	bot	42.950
236	FG	PUGLIA	bot	178.870
52	LE	PUGLIA	bot	1.054.580
153	MT	BASILICATA	bot	90.750
439	RC	CALABRIA	bot	766.110
87	TA	PUGLIA	bot	420.800
406	VV	CALABRIA	bot	77.090
			TOTALE	4.279.480

Tabella 10:

TOTALE USCITE PER DISTRIBUTORI STRADALI					
Luogo Destinazione	km DA BR	Provincia	REGIONE	Trasporto	kg
--	170	-. -	--	ATB	63.796.290
				TOTALE	63.796.290

Tabella 11:

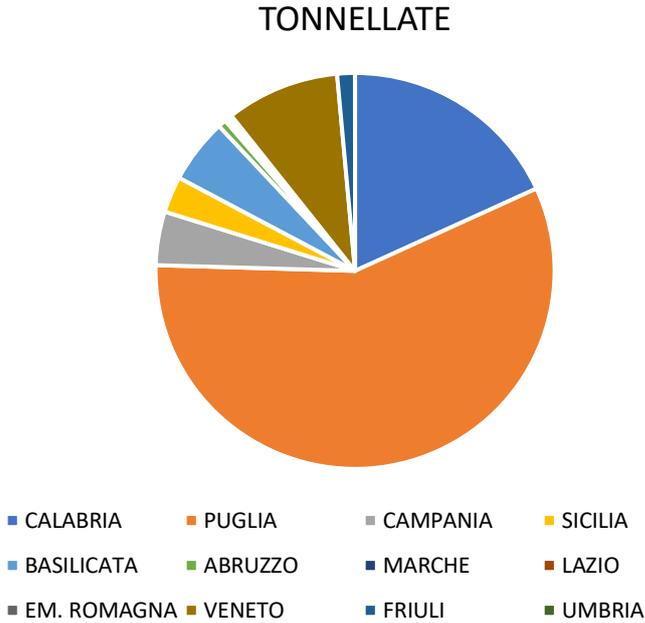
TOTALE USCITE CONTABILI				
km DA BR	Provincia	REGIONE	Trasporto	kg
170	--	--	bot	7.101.220
			TOTALE	7.101.220

Nella tabella successiva si mostrano i dati aggregati nuovamente per regione delle uscite di GPL dal Deposito in riferimento alla modalità di trasporto utilizzata:

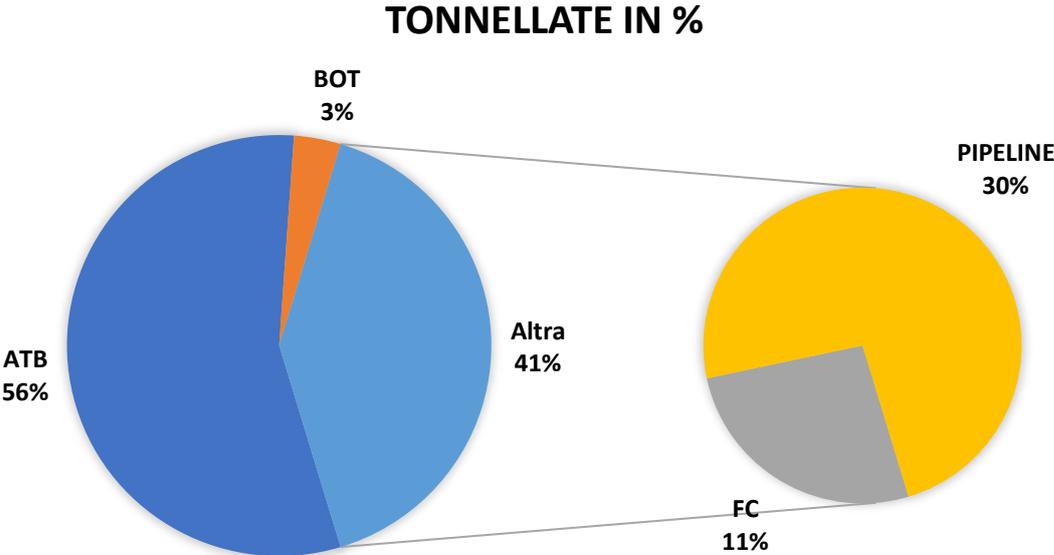
Tabella 12:

USCITE TOTALI		COMMERCIALI	FISCALI	DEFISCALIZZATI	STRADALI	CONTABILI
		ATB	FC / pipe	botticelle	ATB	botticelle
REGIONE	ton	ton	ton	ton	ton	ton
CALABRIA	58,026.56	44,808.64	0	1397.92	11000	820
PUGLIA	183008.71	43509.58	95607.1	2790.81	38000	3101.22
CAMPANIA	13980.78	10184.49	0	0	3796.29	0
SICILIA	9455.22	9455.22	0	0	0	0
BASILICATA	16795.84	2525.09	0	90.75	11000	3180
ABRUZZO	2106.87	2106.87	0	0	0	0
MARCHE	1018.36	1018.36	0	0	0	0
LAZIO	899.9	674.7	225.2	0	0	0
E. ROMAGNA	115.35	115.35	0	0	0	0
VENETO	29389.21	0	29389.21	0	0	0
FRIULI	4584.85	0	4584.85	0	0	0
UMBRIA	22.59	22.59	0	0	0	0
TOTALI	319,404.24	114,420.89	129806.36	4279.48	63796.29	7101.22

Le uscite totali per regione sono quindi:



Mentre le tonnellate trasportate per tipologia di trasporto sono:



La voce “Totale uscite per depositi” fa riferimento a GPL uso combustione (denaturato) trasferito dal deposito costiero IPEM ad altri stabilimenti di minore dimensione detti “depositi commerciali” con contestuale pagamento delle accise, per essere successivamente distribuito al cliente finale sotto forma di bombole o sfuso in serbatoi.

“Totale uscite per depositi fiscali” fa riferimento a GPL che non può essere denaturato, non ancora sottoposto ad accise, e trasferito in un altro deposito di medie dimensioni ed ancora in regime di esenzione d’imposta.

“Totale uscite per defiscalizzati” fa riferimento a GPL per uso industriale che pur essendo soggetto a pagamento di accise, in ragione del suo utilizzo gode di un’imposizione privilegiata con storno parziale o totale dell’imposta.

“Totale uscite per distributori stradali” rappresenta la quota di GPL ad uso autotrazione che raggiunge direttamente i distributori stradali, in ragione delle particolari caratteristiche della filiera di distribuzione di questa tipologia di carburante per autotrazione, si considera una distanza media ponderata dal deposito IPEM pari a 250 km.

“Totale uscite contabili” rappresenta una quota parte del GPL presente nel deposito aziendale che in virtù di particolari contratti commerciali ed autorizzazione doganali, viene distribuito da società terze a partire dallo stesso deposito IPEM, in questo caso si considera una distanza media ponderata dal deposito IPEM pari a 150 km.

Il mezzo standard di riferimento per il trasporto su strada è l'autobotte. Questa può essere di capacità 50-60 m³, composta da un semirimorchio cisterna e relativo trattore, tale tipologia di mezzo rappresenta la totalità delle tratte a sviluppo medio-lungo denominate "ATB".



Figura 40: Foto dell'autobotte in fase di carico in IPEM, fonte aziendale.

La seconda tipologia di mezzo stradale utilizzato nelle tratte a sviluppo medio-breve viene detto "botticella" ed indicato in tabella come "bot". Tale mezzo è composto da un corpo unico di dimensioni ridotte, con una capacità variabile fra 10-25 m³.



Figura 41: Foto del mezzo definito botticella in fase di carico in IPEM, fonte aziendale.

5.2 Scenari alternativi “to be”

5.2.1 Deposito Costiero di GNL

Lo studio di una Supply Chain to be, alternativa a quella già esistente, si basa sull’utilizzo del GNL come combustibile per il trasporto del GPL. La previsione di questo scenario è possibile in futuro dato il recente progetto presentato al Comune di Brindisi da parte di Edison S.p.A., l’azienda italiana operante nel settore dell’approvvigionamento, produzione e vendita energetica.

Nel mese di ottobre 2020 si è tenuto un incontro tra la società e il comune di Brindisi, durante il quale si è discusso dell’opera in questione e in concomitanza sono stati resi pubblici alcuni documenti preliminari del progetto [43].

La Società ha presentato al Comitato Tecnico Regionale dei VV.F. competente in materia un Rapporto di Sicurezza fase N.O.F. (Nulla Osta di Fattibilità) per avere il parere positivo alla costruzione di un deposito costiero “small scale” costituito da un unico serbatoio dalla capacità di 20.000 mc di GNL nel porto di Brindisi.

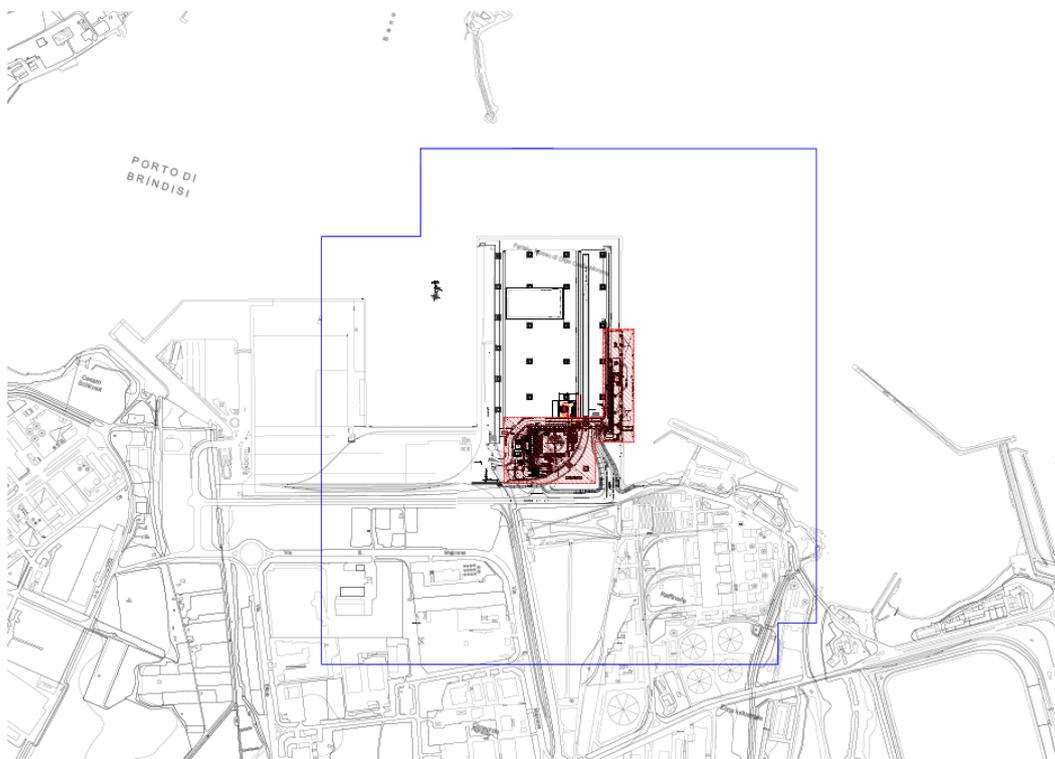


Figura 42: localizzazione dello stabilimento nel porto di brindisi, fonte [43].

Come indicato nel Documento di presentazione [43], è previsto lo sviluppo e la realizzazione delle infrastrutture, dei sistemi e delle apparecchiature necessarie per:

- Ormeaggio delle metaniere

- Trasferimento del GNL dalle metaniere al deposito
- Stoccaggio del GNL in un serbatoio atmosferico verticale di tipo full integrity
- Caricamento del GNL su bettoline (terminal to ship)
- Caricamento del GNL su autobotti/isocontainer trasportati su rimorchio (terminal to truck)

Il caricamento del GNL su bettoline è l'attività connessa al rifornimento delle navi a GNL, infatti queste ultime generalmente non si riforniscono direttamente dal serbatoio di terra, ma fanno uso di navi metaniere di piccola taglia con capacità variabile tra 1.000 e 7.570 m³ che si affiancano alla nave da rifornire ed effettuano il bunkeraggio.



Figura 43: Rifornimento di una porta container a GNL da una bettolina affiancata.

La società ha previsto nel suo progetto anche di alimentare una rete di distributori stradali a GNL mediante autobotti caricate direttamente dall'impianto costiero.

Il deposito è stato progettato per lo svolgimento delle seguenti funzioni [43]:

- permettere l'approdo e lo scarico di navi gasiere (unloading)
- stoccare il GNL a temperatura criogenica, tra un'operazione di scarico gasiera e l'altra (holding)

- permettere il caricamento di autobotti e isocontainer per il rifornimento della rete stradale e delle bettoline per il rifornimento navi.

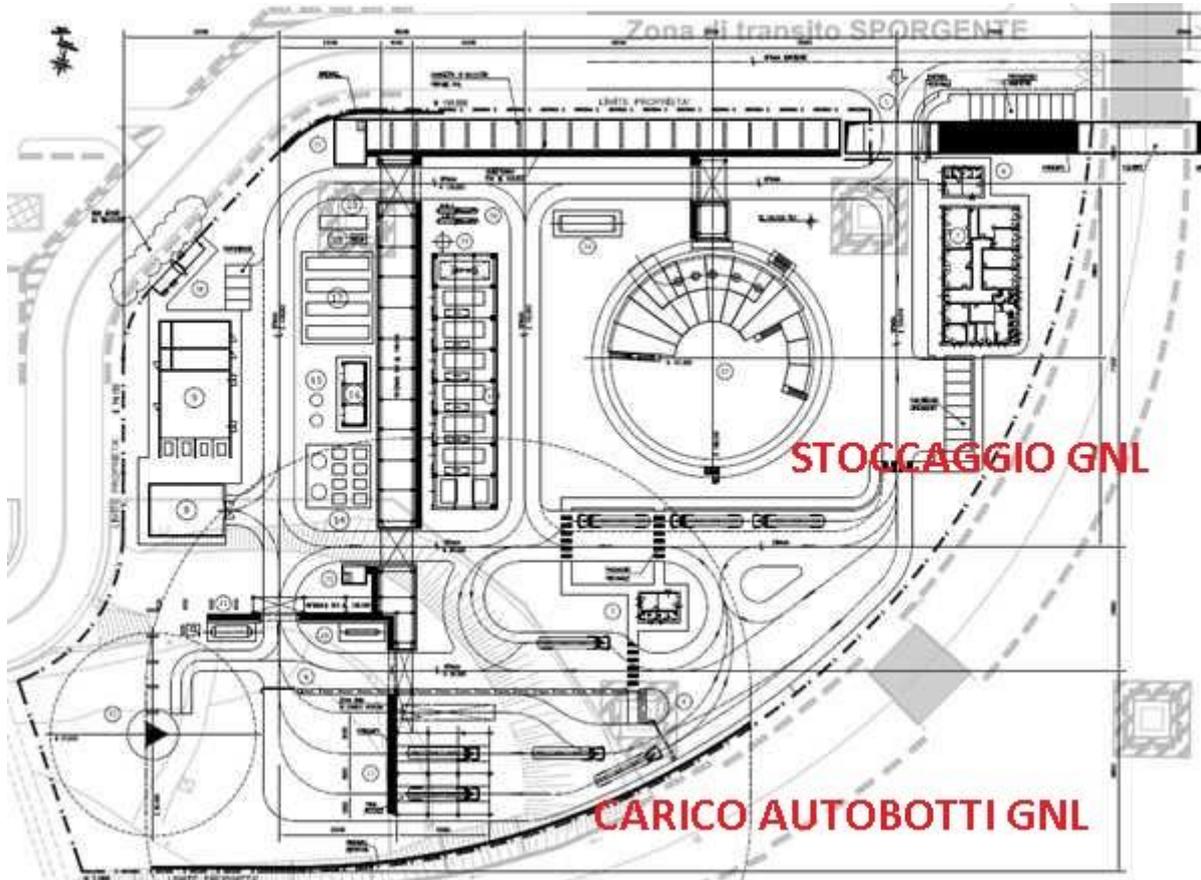


Figura 44: Planimetria Area impianto principale, fonte [43].

Da quanto proposto dalla EDISON risulta quindi possibile prevedere lo scenario della costruzione di un deposito costiero di GNL idoneo alla gestione di una supply chain che possa realmente e adeguatamente rifornire di questo combustibile i mezzi utilizzati per i trasporti in uscita (autobotti) e in entrata (navi gasiere) dall'azienda IPEM.

5.2.2 Logistica Inbound "to be"

Il trasporto di GPL in entrata tramite navi non è sostituibile con altre tipologie di trasporto che risultino più efficienti. Qualunque tipologia di trasporto alternativa non sarebbe realistica considerando il tipo di prodotto, la sua origine, le rotte e i volumi trasportati.

Nella costruzione di una diversa e migliore logistica è quindi possibile operare solo sulla tipologia di combustibile adottato dai vettori navali. Al momento il GNL è l'unico combustibile disponibile per raggiungere gli obiettivi di contenimento delle emissioni di gas serra nei trasporti via mare, almeno in attesa di una transizione verso l'idrogeno.

Nel corso di questo studio, dunque, verrà presa a riferimento una nave alimentata a GNL che abbia dal punto di vista teorico le stesse caratteristiche tecniche della nave “GAZ PROVIDENCE”, considerando la stessa tipologia di rotte e le stesse condizioni di navigazione, in modo da poter effettuare un confronto diretto e verosimile.



Figura 45: Foto nave a GNL con serbatoi a bordo in vista.

Gli attuali combustibili per uso marittimo più diffusi nel Mediterraneo, l’olio combustibile pesante a basso tenore di zolfo (HFO) e anche il gasolio marino (MGO) esercitano un forte impatto ambientale, sia in quanto grandi produttori di gas a effetto serra che potenzialmente in grado di produrre gravi danni all’ecosistema marino in caso di perdite o scarichi illegali. Le associazioni del settore (I.M.O.) stanno infatti dando grande risalto alla ricerca di combustibili alternativi che garantiscano una migliore sostenibilità della navigazione come tipologia di trasporto [44].

Risulta opportuno osservare però che affinché il GNL si confermi come una migliore alternativa ambientale, è necessario limitare il più possibile le “methane slip” ossia le perdite di gas metano in ambiente. Questo è possibile grazie alle tecnologie implementate sulle navi gasiere di nuova progettazione e ad uno scrupoloso controllo durante le fasi di estrazione, lavorazione, trasporto e bunkeraggio del GNL [45].

Ad oggi la riduzione reale delle emissioni di gas a effetto serra legate all’uso del GNL nelle applicazioni navali è compreso tra il 13 e il 18%, nonostante che tale riduzione possa teoricamente arrivare fino al 28% [46] rispetto all’olio combustibile pesante (HFO). Questo gap fra il valore medio reale ed il valore medio teorico è indicativo dei margini di

miglioramento ancora disponibili agendo sulla ricerca e sulla efficienza della combustione dei grandi motori navali oltre che sulle modalità di gestione di tale combustibile.

Il GNL resta in ogni caso un combustibile di origine fossile e quindi, qualora non provenga dalla filiera del biogas, il suo utilizzo porta solo ad una riduzione delle emissioni ma non al loro azzeramento. In tal senso esso costituisce uno strumento di transizione verso un'era industriale post fossile, limitando il più possibile le emissioni nel settore dei trasporti e garantendo la costruzione di motori e strutture distributive più efficienti, peraltro in larga parte utilizzabili anche in vista della transizione verso l'economia dell'idrogeno.

L'utilizzo del GNL risulta efficace dal punto di vista ambientale per le seguenti motivazioni:

- sostanziale eliminazione degli SOx
- riduzione di almeno il 15% delle emissioni di CO₂
- azzeramento di NOx
- azzeramento delle polveri sottili

Il suo uso si accompagna poi ad ulteriori vantaggi, quali l'annullamento del rischio di sversamenti in mare di petrolio o derivati, la riduzione dei fermi per manutenzione dei navigli e il miglioramento del confort in navigazione grazie alle minori vibrazioni [46].

Non esistono attualmente navi gasiere adibite al trasporto del GPL che adottino l'alimentazione a GNL. Ciò è dovuto essenzialmente alla grande disponibilità e ai prezzi ridotti degli attuali combustibili. Lo studio pertanto verrà effettuato considerando i reali consumi di combustibile delle navi attuali parametrati al GNL sulla base del rispettivo potere calorifico.

Tabella 13:

CARBURANTE	DENSITÀ	POTERE CALORIFICO*
HFO	0,98 kg / lt	41,0 MJ / kg
MGO	0,835 kg / lt	43,1 MJ / kg
GNL	0,41 kg / lt	51,22 MJ / kg

*si assume come ipotesi che i rendimenti dei motori marini alimentati a GNL siano gli stessi di quelli attuali, sia alimentati a HFO che a MGO. Questa scelta comporterà una voluta sottostima del vantaggio conseguibile con il cambio di carburante, in quanto è plausibile che un motore più moderno, progettato per questa alimentazione e con un combustibile più efficiente avrà una efficienza sicuramente superiore agli attuali motori.

Di seguito è presentata una tabella con i dati più importanti riguardanti la navigazione, la provenienza e il consumo:

Tabella 14:

Provenienza	GPL ton*	Viaggi N.ro	Viaggio ore	CONS ton/h**	HFO ton	Sosta ore	CONS ton/h**	MGO ton
ALGERIA	31.982	7	60	1,583	675,0	32,5	0,167	38,50
EGITTO	134.818	30	52	1,583	2466,2	32,5	0,167	162,28
USA	1.853	1	27	1,583	17,6	32,5	0,167	2,23
LIBIA	148.993	33	36	1,583	1886,8	32,5	0,167	179,34
NORVEGIA	3.517	1	27	1,583	33,4	32,5	0,167	4,23
	321.163				5.079			387

*vengono ipotizzati più viaggi perché si è verificato dai dati aziendali che il carico medio per viaggio è pari a circa 5.000 ton di GPL.

** il consumo in “tonnellate per ora di navigazione” e “tonnellate per ora di scarico in banchina”, sono dati ricavati direttamente dall’azienda, così come le ore di navigazione e sosta.

Il carburante HFO, ossia olio combustibile BTZ (Basso Tenore di Zolfo) viene utilizzato durante la fase di navigazione in mare, mentre il carburante MGO (gasolio marino) viene utilizzato durante la fase di ormeggio in banchina in cui vengono avviati i motori ausiliari, per la produzione dell’energia elettrica necessaria alle elettropompe di movimentazione del GPL fino al deposito IPEM.

Nel caso di una nave alimentata a GNL tutte le fasi, sia di navigazione che all’ormeggio in banchina, prevedono l’utilizzo di un unico combustibile che, a parità di potenza erogata, genera i consumi dettagliati nella tabella di seguito riportata:

Tabella 15:

Provenienza	GPL ton	Viaggi n.ro	NAVIGAZIONE			ORMEGGIO		
			In mare ore	CONSUMI		Sosta ore	CONSUMI	
				ton/h	ton		ton/h	ton
ALGERIA	31.982	7	60	1,2664	540,0	32,5	0,140	32,34
EGITTO	134.818	30	52	1,2664	1972,9	32,5	0,140	136,32
USA	1.853	1	27	1,2664	14,1	32,5	0,140	1,87
LIBIA	148.993	33	36	1,2664	1509,5	32,5	0,140	150,65
NORVEGIA	3.517	1	27	1,2664	26,7	32,5	0,140	3,56

Utilizzando il metodo di valutazione del GHG Protocol [31], sono stati adottati i fattori di emissione specifici per ogni sostanza rilasciata durante la combustione. I fattori emissivi e i dati sulle quantità sono stati ricavati dal “Quarto Report finale sullo studio GHG del 2020” [53].

Estrapolando da tali dati i singoli fattori inquinanti per carburante adottato si ottiene la seguente tabella:

Tabella 16:

Inquinante	Carburante	Emissioni in (Em) kg/ton
CO₂	HFO	3.114
	MDO	3.206
	GNL	2.755
CH₄	HFO	0,05
	MDO	0,05
	GNL	11,96
N₂O	HFO	0,18
	MDO	0,18
	GNL	0,10
NOx	HFO	75,90
	MDO	56,71
	GNL	13,44
CO	HFO	2,88
	MDO	2,59
	GNL	3,97
SOx	HFO	50,83
	MDO	1,37
	GNL	0,03
BC	HFO	0,26
	MDO	0,38
	GNL	0,019

Il calcolo della CO₂ equivalente emessa nella catena logistica inbound attuale e futura viene effettuato mediante la seguente formula:

$$CO_2eq = \sum(Fe_{CO_2} \times Em)$$

Vengono considerati i potenziali climalteranti (Fe) dei principali gas serra emessi, così come presentati nel capitolo 4 alla figura 29, ossia:

- CO₂ : 1
- CH₄ : 28
- N₂O : 265
- BC : 1000 (Black Carbon - particolato solido)

Ottenendo quindi i valori riportati in tabella:

Tabella 17:

	HFO	MGO	LNG
CO₂eq	3.423,1 kg/ton fuel	3.635,1 kg/ton fuel	3.155,38 kg/ton fuel

Considerati pertanto i consumi complessivi di carburante riportati nelle tabella 14 e 15 (pag. 89) si effettua di seguito il riepilogo del totale emissioni.

Tabella 18:

CARBURANTE	CONSUMI TOTALI	CO₂eq	TOTALE EMISSIONI
HFO	5.079 ton	<i>3.423,1 kg/ton fuel</i>	17.385,925 ton CO₂eq
MGO	386,58 ton	<i>3.635,1 kg/ton fuel</i>	1.405,257 ton CO₂eq
GNL	4.287,94 ton	<i>3.155,38 kg/ton fuel</i>	13.845,618 ton CO₂eq

La riduzione teorica della produzione di gas serra risulta significativa, pari a quasi il 27% in meno di emissioni.

Non inclusa nei calcoli ma pur meritevole di menzione è la riduzione drastica delle emissioni di NOx e l'azzeramento delle emissioni di SOx responsabili delle cosiddette "piogge acide".

È opportuno osservare che tale miglioramento è possibile soltanto evitando accuratamente tutte le fughe incontrollate in ambiente di metano. Se, al contrario, si ipotizzano perdite di gas naturale lungo la filiera, essendo il metano più impattante dell'anidride carbonica con un rapporto di 28 a 1, il vantaggio di questo carburante può diminuire molto rapidamente.

Procediamo ora ad effettuare una valutazione economica del passaggio al GNL per la movimentazione dei vettori navali.

Considerata la volatilità dei prezzi del carburante, per la valutazione economica del vantaggio competitivo nell'utilizzo del GNL, si considera la media dei prezzi dell'ultimo periodo [47][48]:

- HFO presenta un prezzo medio di **320 € / ton**
- MGO presenta un prezzo medio di **400 € / ton**
- GNL presenta un prezzo medio di **314 € / ton***

*è opportuno considerare un prezzo del GNL simile al Marine Gas Oil perché molto dipende dal luogo in cui ci si approvvigiona, dalla modalità e dalla fiscalità dello Stato.

In Italia non c'è possibilità di confrontare realisticamente il prezzo di vendita del GNL per il bunkeraggio navi, considerato che finora l'unico caso di rifornimento di GNL avvenuto in acque nazionali ha riguardato la nave crociera Costa Smeralda il 26 ottobre 2020 nel porto di La Spezia.

Dal punto di vista economico, con le ipotesi poste, otteniamo per i vari carburanti un costo come da tabella seguente:

Tabella 19:

CARBURANTE CONVENZIONALE		GNL	DELTA
COSTO HFO (€/anno)	COSTO MGO (€/anno)	COSTO GNL (€/anno)	(€/anno)
1.625.280 €	154.632 €	1.346.413,16 €	433.500 €/anno

Il delta annuale risultante, pur rappresentando un risparmio economico significativo, non è minimamente comparabile con i costi di una nuova nave gasiera costruita appositamente per l'utilizzo del GNL.

È quindi certo che gli armatori, in mancanza di forti stimoli politici a livello internazionale, continueranno ad utilizzare il naviglio esistente fino alla sua obsolescenza tecnica (per una gasiera circa 20-25 anni) e solo al momento dell'acquisizione di nuove unità decideranno se orientarsi verso motorizzazioni a GNL.

In questa ottica un ruolo importante verrà giocato dalla possibilità di effettuare i rifornimenti di carburante sulle rotte utilizzate. A tal proposito l'Italia, in questo momento, è particolarmente svantaggiata in quanto non ha nessun deposito small scale utile allo scopo.

5.2.3 Logistica Outbound "to be"

Per quanto riguarda la distribuzione in uscita dal deposito costiero IPEM, come visto in precedenza, si trattano diverse modalità di trasporto con diversi quantitativi movimentati.

Le modalità di trasporto via pipeline e ferrocisterne riguardano una considerevole parte di prodotto movimentato verso i clienti, che però non risulta essere migliorabile scegliendo altre tipologie di mezzi o altre alimentazioni. La modalità di trasporto su strada può essere, invece, oggetto di studio oltre a produrre il maggior impatto climatico.

Considerata la necessità di stoccaggio del GNL liquido a bassa temperatura, in serbatoi opportunamente coibentati, lo stesso risulta competitivo se utilizzato sulle lunghe percorrenze, che non prevedano soste prolungate o frequenti fermi macchina. I trasporti trattati nel caso in esame sono effettuati principalmente su superstrade e autostrade e con una certa regolarità settimanale, di conseguenza le tratte sono adeguate all'utilizzo di tale combustibile.

La nostra analisi è stata effettuata operando con fattori di emissione espressi in grammi su chilometri percorsi, dal momento che il consumo nel caso preso in esame si può ritenere pressoché costante indipendentemente dal tipo di percorso.

Utilizzando il metodo di valutazione del GHG Protocol [31], sono stati adottati i fattori di emissione specifici per ogni sostanza rilasciata durante la combustione. I dati in questo caso sono stati ricavati dal portale SINAnet (sito ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale [49]), in cui sono presenti le banche dati sui differenti fattori emissivi distinti per tipologia di mezzo di trasporto.

Il documento presenta i vari fattori emissivi del 2018, stimati attraverso il software COPERT 5.2.2, basati sui dati comunicati nel 2020. Sono stati suddivisi per cicli di guida (urbano, extraurbano, autostradale, totale), e categorizzati in base alla tipologia di veicolo, al suo peso totale, allo standard euro e alla tipologia di carburante impiegato.

Tabella 20:

AUTOMEZZO				FATTORI DI EMISSIONE (Em) ESPRESSI IN g/km*								
TIPO	EURO	DIESEL	MASSA	CO	CO ₂	SO ₂	VOC (HC)	N ₂ O	CH ₄	BC	NOx	Fuel CONS.
Botticella	6	SI	14-20 t	0,1031	488,210	0,0023	0,0200	0,029	0,0042	0,1158	0,1263	6,5444 MJ/km
Autobotte	6	SI	40-50 t	0,1185	794,013	0,0037	0,0263	0,048	0,0042	0,1656	0,1283	10,6477 MJ/km

*i valori selezionati fanno riferimento alla guida autostradale

Il calcolo della CO₂ equivalente emessa nella catena logistica outbound attuale e futura viene effettuato mediante la seguente formula:

$$CO_2eq = \sum (Fe_{CO_2} \times Em)$$

Vengono considerati i potenziali climalteranti (Fe) dei principali gas serra emessi così come presentati nel capitolo 4 alla figura 29, ossia:

- CO₂ : 1
- CH₄ : 28
- N₂O : 265
- BC : 1000 (Black Carbon - particolato solido)

Nel calcolo della CO₂ equivalente sul lato trasporti in uscita si tiene conto del potere climalterante dei gas serra in termini di Global Warming Potential su un arco temporale di 100 anni (GWP 100). Le emissioni specifiche dei due mezzi presi in considerazione sono pari a:

Tabella 21:

EMISSIONI SPECIFICHE	AUTOBOTTI	BOTTICELLE
CO ₂ eq (g/km)	972,4514 g/km*	611,8133 g/km*

*i valori risultano congruenti a altri studi simili sull'impatto ambientale nel settore dei trasporti, fonte [50].

Per ottenere la quantità aggregata di CO₂eq prodotta dalla logistica outbound dell'Azienda si terrà conto del chilometraggio totale percorso dai mezzi di trasporto, ottenendo quindi i seguenti valori:

Tabella 22:

MEZZO DI TRASPORTO	Km TOTALI	CO ₂ eq g/km	IMPATTO AMBIENTALE kg di CO ₂ eq
Autobotte	1.829.435,33	972,4514	1.779.036,948
Botticella	247.530,00	611,8133	151.442,1461

Quanto emerge da tutti gli studi sul GNL utilizzato come carburante per camion (trattori), ci porta a considerare un miglioramento dal punto di vista ambientale più ridotto rispetto a quanto calcolato per la logistica in entrata.

Ciò è principalmente dovuto alla grande ricerca effettuata negli ultimi anni dalle case automobilistiche sui motori diesel. Dal confronto fra un mezzo a GNL ed il miglior diesel Euro 6 presente sul mercato [51] si ottiene una limitata riduzione percentuale delle emissioni di gas ad effetto serra pari a circa il 10% e comunque considerando solo un percorso su tratto autostradale, dove può garantire appunto prestazioni migliori. Considerando tratti urbani o misti, il cambio di carburante potrebbe addirittura essere penalizzante dal punto di vista ambientale. In tabella riportiamo i valori risultanti dall'analisi:

Tabella 23:

DIESEL		GNL	
Autobotte kg di CO ₂ eq	Botticella kg di CO ₂ eq	Autobotte kg di CO ₂ eq	Botticella kg di CO ₂ eq
1.779.036,948	151.442,1461	1.601.133	136.298
≈ 1.930.479,0 kg di CO₂eq		≈ 1.737.431,0 kg di CO₂eq	

Procediamo ora ad effettuare, così come fatto per il settore navale, una valutazione economica del passaggio al GNL per la movimentazione stradale.

Il confronto tra il GNL e il gasolio sarà fatto, come per la logistica inbound, collegando il costo del carburante al rapporto fra il potere calorifico fornito dal GNL con quello fornito dal gasolio per autotrazione.

Tabella 24:

CARBURANTE	POTERE CALORIFICO*	COSTO CARBURANTE**
GASOLIO	43,1 MJ / kg	1,686766 €/kg
GNL	51,22 MJ / kg	0,981000 €/kg

*si assume che il rendimento di un motore stradale alimentato a GNL sia equivalente a quello di un motore stradale alimentato a gasolio, fonte [52].

**i prezzi sono ricavati dal portale del MISE (Ministero dello Sviluppo Economico).

Tabella 25:

TIPOLOGIA	CONSUMO MJ / kg	CONSUMO g / km	COSTO TRASPORTO
Autobotte	10,6477*	247,0	0,41660 €/km
Autobotte GNL	-	207,9	0,20395 €/km
Botticella	6,5444*	151,8	0,25605 €/km
Botticella GNL	-	127,8	0,12537 €/km

*dati estrapolati dal portale SINAnet per i consumi su tratti autostradali.

In tabella riportiamo il costo del trasporto collegato al tipo di vettore ed alla sua alimentazione:

Tabella 26:

DIESEL		GNL	
Autobotte	Botticella	Autobotte GNL	Botticella GNL
762.155 €	63.380,30 €	373.119 €	31.033,30 €
825.535,30 €		404.152,30 €	

La convenienza economica totale risultante dai calcoli è pari a circa **421.380 € all'anno** divisi fra i vari trasportatori utilizzati dall'Azienda.

Si noti che in questo caso, pur considerata la molteplicità dei trasportatori utilizzati e la diluizione del risparmio conseguibile, il minor costo di acquisto del vettore incentiverebbe fortemente gli imprenditori del settore ad effettuare il cambio di motrice. Tale sostituzione del parco circolante è per ora bloccata unicamente dalla incertezza sull'approvvigionamento del carburante e dal limitato sviluppo della rete distributiva.

A completezza dell'analisi effettuata, volendo confrontare anche altre tipologie di combustibile presenti sul mercato per veicoli stradali, ci si scontra con alcune difficoltà oggettive che si prova di seguito ad esplicitare:

- **GPL:** non sono in produzione mezzi stradali pesanti che utilizzino questo carburante, anche perché la produzione di quest'ultimo avviene durante il processo di raffinazione del greggio, e rappresenta una frazione minima degli oli combustibili distillati. Un eventuale suo utilizzo, seppur limitato, potrebbe portare ad un contenimento dei gas a effetto serra, comunque non superiore a quanto conseguibile con il metano.
- **GNC:** si tratta, come per il GNL, di metano, ciò per cui si differenzia rispetto a quest'ultimo è soltanto la forma fisica (gassosa invece che liquida) di immagazzinamento nei serbatoi del mezzo. Esso è sviluppato attualmente solo per auto e non per mezzi pesanti, principalmente a causa della limitata autonomia, delle dimensioni importanti delle bombole e delle pressioni necessarie (200 bar) per avere a bordo uno stoccaggio minimo di carburante.

- **Elettrico:** attualmente non esistono batterie dalla capacità sufficiente ad alimentare mezzi stradali pesanti per il trasporto merci, inoltre non si prevedono nell'immediato futuro miglioramenti tali da poter immagazzinare tali potenze.
- **Idrogeno:** l'implementazione della tecnologia applicata all'utilizzo di questo carburante è ancora in fase embrionale, ma sicuramente rappresenterà il futuro della transizione energetica al post fossile, sia per i motori a combustione interna che nel caso del suo utilizzo nelle celle a combustibile.

5.3 Confronto delle diverse reti distributive di combustibile

5.3.1 Rete di distribuzione dei carburanti marini

Un'adeguata rete di distribuzione è determinante per il successo o meno nella diffusione di un carburante, che sia per uso autotrazione, navale o industriale.

La presenza di una rete carburante diffusa e correttamente fornita è imprescindibile soprattutto per i trasporti, la mancanza della possibilità di approvvigionamento è infatti senz'altro debilitante per promuoverne l'utilizzo.

Nel capitolo 3 si sono introdotte le funzioni principali cui deve assolvere una filiera di gas naturale liquefatto e i fattori determinanti per lo sviluppo della stessa su scala nazionale.

Gli aspetti necessari risultano:

- Disponibilità delle norme tecniche sulla costruzione delle navi gasiere
- Disponibilità di procedure autorizzative per la costruzione e il funzionamento delle infrastrutture terrestri per il rifornimento
- Disponibilità di infrastrutture di stoccaggio di GNL
- Sicurezza in tutte le fasi del processo, dallo stoccaggio al rifornimento, dallo stoccaggio a bordo all'utilizzo finale, garantito da adeguate tecnologie per ogni applicazione
- Sostenibilità finanziaria dei progetti e iniziale sostegno fiscale alla filiera
- Accettazione sociale del GNL e delle relative infrastrutture attraverso la comunicazione degli aspetti socioeconomici e di sostenibilità ambientale del GNL

I recenti sviluppi tecnologici e il differenziale di prezzo tra greggio e gas stanno permettendo la possibilità d'impiego per il GNL sia nel trasporto stradale pesante che per la propulsione navale.

L'attuale situazione dell'approvvigionamento marittimo prevede circa 16 porti principali in grado di rifornire di olio combustibile BTZ e gasolio marino la flotta esistente. Tali porti sono indicati di seguito e rappresentati nella figura successiva:

Tabella 27:

AREA	PORTO	PRINCIPALE*	TRIBUTARIO**
Tirreno Settentrionale	Genova	X	
	Livorno	X	
	Savona		X
	La Spezia		X
	Marina di Carrara		X
	Piombino		X
Tirreno Centrale	Civitavecchia	X	
	Napoli	X	
	Salerno		X
Mar di Sicilia	Augusta	X	
Mar Ionio	Taranto	X	
Adriatico Settentrionale	Ravenna	X	
	Chioggia	X	
	Venezia	X	
	Trieste	X	
	Monfalcone		X

*Principale fa riferimento ai porti che sono sedi di impianti di stoccaggio o raffinerie. **Tributario fa riferimento ai porti che ricevono il bunker dai porti principale con motocisterne in navigazione costiera breve.



Figura 46: Mappa dei porti con servizio di bunkeraggio sul territorio nazionale, fonte Confitarma

Si riporta di seguito una tabella con i dati di bunkeraggio effettuati in Italia nell'ultimo triennio:

Tabella 28:

ANNO	HFO	MGO	TOTALE
2017	2.621.000 ton	470.000 ton	3.091.000 ton
2018	2.693.000 ton	475.000 ton	3.168.000 ton
2019	2.605.000 ton	512.000 ton	3.117.000 ton

Lo sviluppo della navigazione a GNL passa necessariamente attraverso uno scenario distributivo simile a quello che si presenta per il carburante tradizionale. Attualmente in Italia tale rete distributiva è ancora quasi inesistente, tanto che i bunkeraggi a GNL riguardano soltanto casi isolati e non rappresentativi di una vera rete di distribuzione. Lo sviluppo dell'infrastruttura nazionale necessaria deve articolarsi nella costruzione di un congruo numero di depositi Small Scale con copertura basata della conformazione del territorio italiano e sulle rotte esistenti.

I principali porti nazionali su cui si sta lavorando per l'adattamento al GNL sono 14, alcuni dei quali fanno parte di quattro dei nove corridoi della rete TEN-T (Trans European Network Transport):

- Corridoio Mediterraneo, collegato con i porti di Venezia e Trieste
- Corridoio Reno Alpi, collegato con il porto di Genova
- Corridoio Baltico Adriatico, collegato con i porti di Trieste e Venezia
- Corridoio Scandinavo Mediterraneo, collegato con i porti di Livorno, Napoli, Bari, Messina e Palermo

Nonostante i vari progetti finalizzati alla realizzazione di impianti adeguati, saranno necessari anni per garantire una rete distributiva adeguata al trasporto navale sul territorio nazionale.

Nel 2019 la filiera del GNL contava solo tre terminali di rigassificazione operativi, tecnicamente in grado di operare come depositi small scale per il rifornimento di bettoline con servizio ship to ship:

- 1) Terminale di OLT - Offshore LNG Toscana di Livorno
- 2) Terminale SNAM di Panigaglia
- 3) Terminale Adriatic LNG di Ravenna.

Di questi Terminali, che attualmente ricevono il GNL e lo rigassificano immettendolo nella rete nazionale del metano, solo il Terminale OLT ha finora richiesto l'autorizzazione ad operare come Hub di rifornimento per navi a GNL.

La situazione degli impianti in via di costruzione o operatività a fine 2019 risultava essere invece la seguente:

Località	Società	Stato procedure autorizzazioni	Capacità stoccaggio (m3)	Punti di carico per autocisterne	Punti di carico per vagoni-cisterna	Punti di carico betoniere o navi cisterna
Porto Marghera	Venice LNG spa	Attivata a febbraio 2018 procedura ex c.1 arti.10 Dlgs 257/2016. Procedura di VIA in corso presso il TATTM, NOF rilasciato.	32.000	5	5	1
Ravenna	Depositi Italiani GNL (JVPIR Spa e Edison Spa)	Autorizzato il 28/3/2018 con procedura ex c.10 Dlgs 257/2016.	20.000	6	-	1
Livorno	Livorno LNG Terminal Spa (Newco: Costiero Gas Livorno Spa Neri Spa/SIGL Vulcangas)	Richiesta conformità del progetto al PRP alla A.d.S.P.	9.000	2	2	1
Oristano	Higas Srl	Autorizzato (DD MSE il 17/1/2017) con procedura ex c.10 Dlgs 257/2016. Comunicata l'apertura dei cantieri.	9.000	2	-	1
Oristano	IVI Petrolifera Spa	Attivata presso il MSE come impianto di rigassificazione (art.9 Dlgs n. 257/2016)	9.000	2	-	1
Oristano	Edison Spa	Autorizzato con DDMSE il 12/1/2018 con procedura ex c.10 Dlgs 257/2016.	10.000	4	-	1
Cagliari	ISGAS ENERGIT Multiutilities Spa	Attivata ad agosto 2018 presso il MSE come impianto di rigassificazione (art.9 Dlgs n. 257/2016). Procedura di VIA in corso presso il MATTM. NOF rilasciato.	22.000	2	-	1
Porto Torres	Consorzio industriale provinciale Sassari	Avviato l'iter la concessione dell'area all'A.d:S:P: e pubblicato il bando per la fornitura di bracci di carico e scarico di GNL.F	10.000	1	-	1
Napoli	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale	Attivata e conclusa la procedura di avvidenza pubblica per soggetti interessati a realizzare deposito costiero	10.000/20.000	2	-	1

Figura 47: Impianti in fase di avviamento in varie località nel 2019, fonte [54]

Si aggiunge alla lista di cui sopra il progetto presentato dalla Edison Spa per l'impianto Small Scale GNL nell'area portuale di Brindisi.

Attualmente di tali progetti gli unici in fase avanzata di realizzazione o messa in esercizio sono:

- Higas Srl - Oristano : messa in esercizio dell'impianto entro il 2021
- Depositi Italiani GNL - Ravenna : in costruzione, completamento entro il 2021

Nonostante l'attuale mancanza di adeguati punti di approvvigionamento, i principali armatori sono comunque in fase di rinnovamento delle proprie flotte navali. Costa Crociere, ad esempio, ha opzionato l'acquisto di 11 nuove navi da crociera alimentate a GNL e MGO, che al momento si potranno rifornire esclusivamente presso i porti di Barcellona, Marsiglia e Tenerife, orientando geograficamente anche le future rotte crocieristiche. Da questo si evince che i ricavi del turismo crocieristico e l'indotto collegato con il GNL verranno irrimediabilmente persi in mancanza di un'adeguata rete distributiva.

5.3.2 Rete di distribuzione dei carburanti stradali

Per quanto riguarda il GNL ad uso autotrazione, l'Italia è tenuta a rispettare la direttiva europea del 2014 per la realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi entro il 31 dicembre 2025. Ciò si concretizza nella costruzione di un adeguato numero di punti vendita per il rifornimento di GNL accessibili al pubblico, in primo luogo lungo le TEN-T per garantire

la circolazione dei veicoli pesanti (max 400 km di distanza) lungo le strade principali dell'Unione. Questo garantirebbe un'adeguata diversificazione in tutto il territorio nazionale, poiché la TEN-T conta circa 3.300 km di strada complessivi, divisi in 3 principali corridoi [23]:

- Asse Palermo-Napoli-Roma-Bologna-Modena-Milano-Verona-Brennero
- Asse Genova-Milano-Chivasso e Genova Voltri-Alessandria-Gravellona Toce
- Asse Frejus-Torino-Milano-Bergamo-Verona-Padova-Venezia-Trieste

Nel 2019 sul territorio nazionale erano presenti più di 20.000 stazioni di servizio, delle quali 1379 abilitate all'erogazione di gas naturale compresso, e 49 all'erogazione di gas naturale liquefatto, presenti principalmente nell'area nord d'Italia [19].

La filiera del GNL come vettore energetico richiede una logistica basata sulle esigenze di distribuzione del prodotto liquefatto, integrata con le infrastrutture già presenti sul territorio (figura 48). La realizzazione delle infrastrutture di stoccaggio e travaso di prodotto deve tener conto delle esigenze di tutti i settori che potrebbero beneficiare dell'ingresso del GNL nel paniere energetico nazionale.



Figura 48: Schema tecnico distributore GNL e L-GNC, fonte [23]

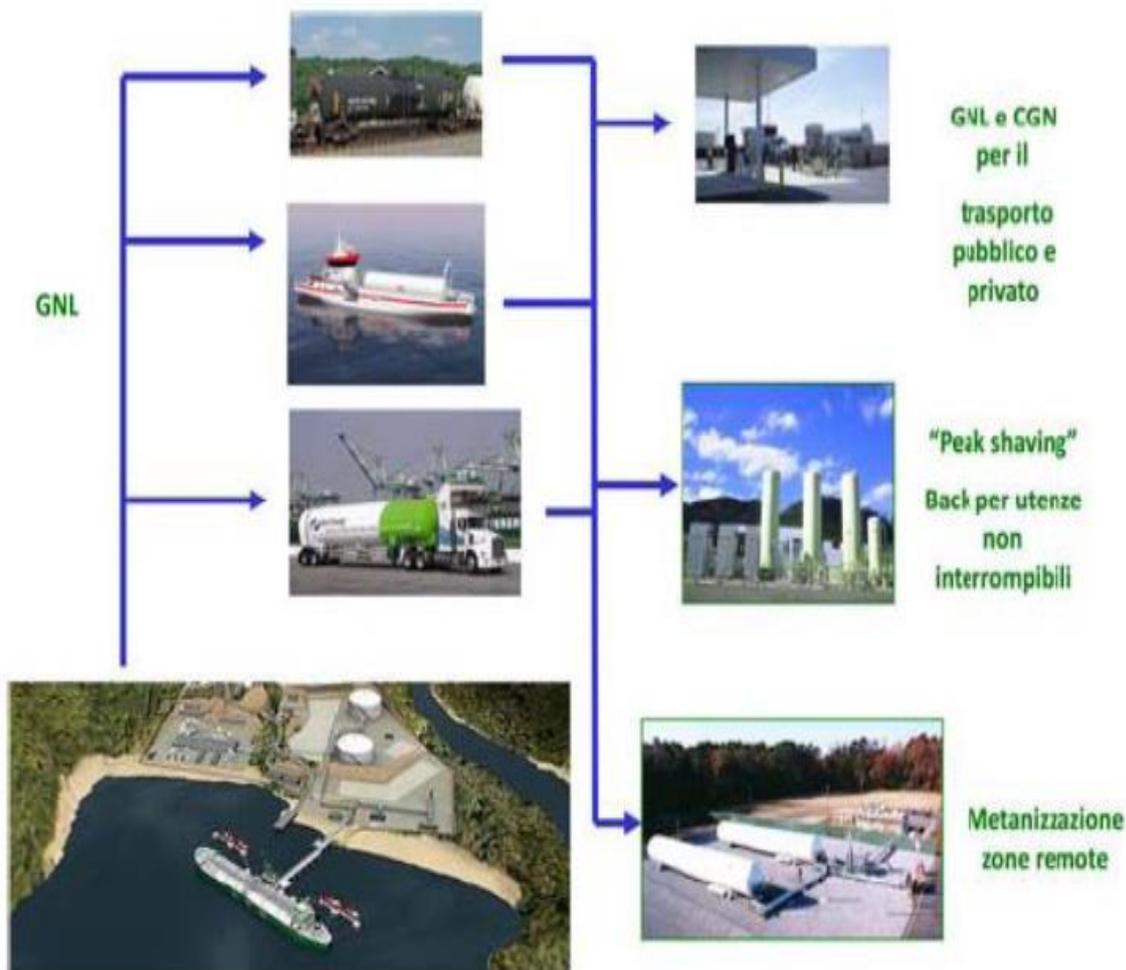


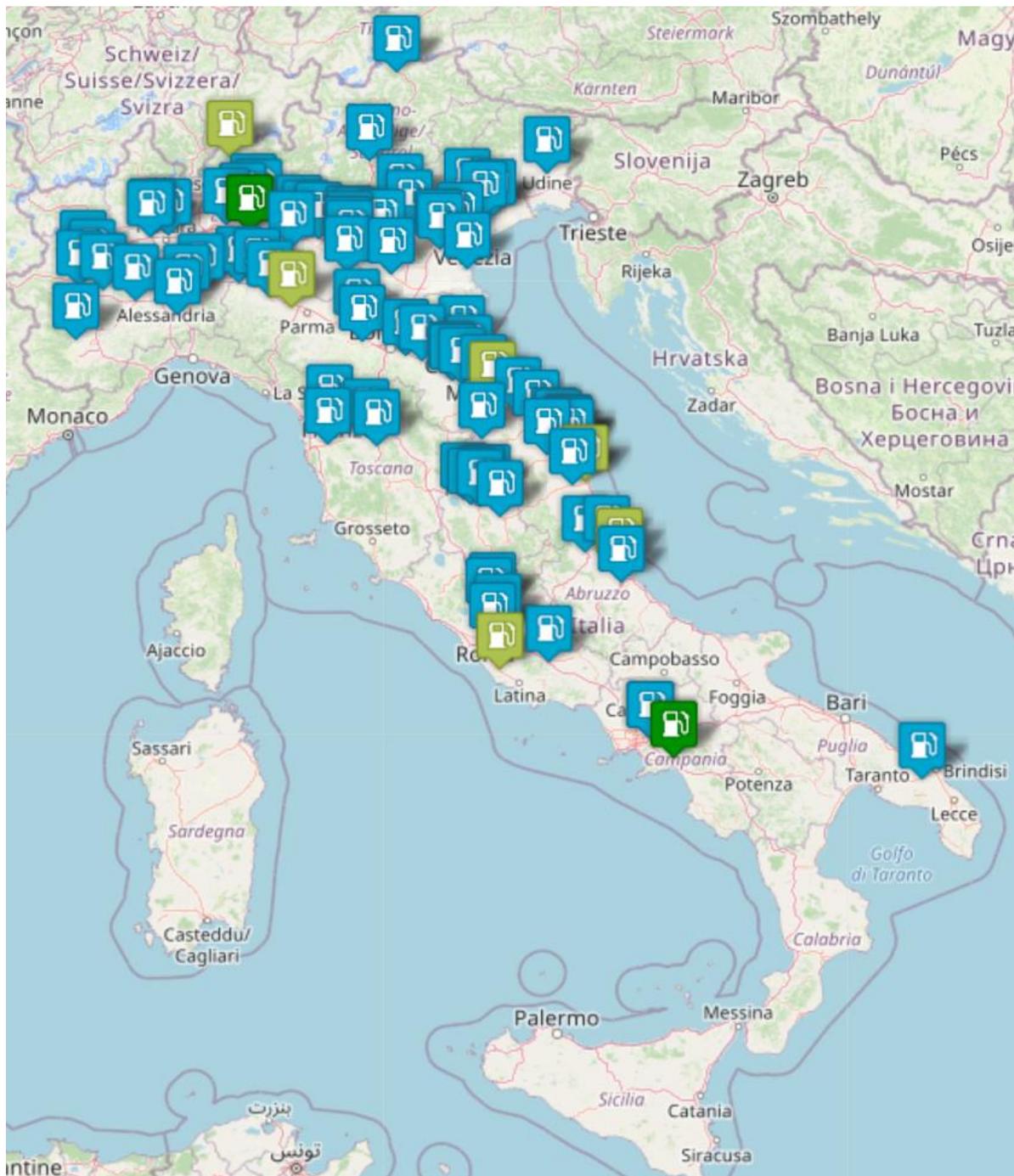
Figura 49: Infrastruttura per il GNL, fonte [23]

Al momento in base ai dati di Federmetano, il numero di distributori di GNL presenti sul territorio nazionale è aumentato a 83, mentre 36 sono in progetto, ed è in via di sviluppo anche l'erogazione di Biogas GNL che vede la presenza di 6 distributori totali su territorio nazionale [55]. L'aumento riscontrato dal 2019 ad oggi, pur percentualmente superiore al 90%, è un processo lento ma che supera già i numeri minimi necessari per essere un'infrastruttura a carattere nazionale.

Nella figura seguente vengono mostrati i distributori dislocati sul territorio italiano:

- Le icone celesti rappresentano i distributori attivi sulle strade
- Le icone verdi rappresentano i distributori attivi sulle autostrade
- Le altre icone invece rappresentano distributori attivi di Biogas

Figura 50: Mappa dei distributori di GNL attivi su territorio nazionale, fonte [55]



Nella figura seguente viene mostrata la mappa dei distributori in progetto o in fase di costruzione sul territorio nazionale.

Figura 51: mappa dei distributori di GNL ancora in progetto su territorio nazionale, fonte [55]



Come si evince dalle mappe dei distributori, la disponibilità del GNL si estende al momento principalmente nelle zone del Nord Italia in quanto l'approvvigionamento del carburante avviene quasi esclusivamente attraverso il trasporto stradale pesante dall'impianto di Marsiglia in Francia. Nonostante questa limitazione tecnica negli approvvigionamenti, sono comunque in fase di progettazione e costruzione distributori nelle zone del Sud Italia, in quanto molte imprese stanno già ammodernando il proprio parco mezzi aziendale con veicoli alimentati a GNL.

In conclusione, le principali criticità della rete di distribuzione del GNL a confronto con le altre reti distributive, sulla base delle considerazioni fatte, risultano essere:

- La presenza di una Normativa nazionale definita che agevoli la costruzione di terminali costieri GNL di piccola, media e grande taglia
- L'accettabilità sociale di tali impianti costieri da parte della popolazione locale
- La disponibilità di aree dislocate su tutto il territorio nazionale adeguate alla realizzazione dei distributori di GNL, per rendere il carburante competitivo nel mercato dei trasporti
- La certezza della permanenza della convenienza fiscale sull'uso dei carburanti gassosi, che consenta alle imprese di effettuare il cambio di paradigma e la sostituzione dei mezzi
- La presenza di incentivi economici relativi alla realizzazione di infrastrutture SSLNG (Small Scale Liquefied Natural Gas) da parte degli investitori privati
- Sinergie tra i diversi sistemi modali e operativi, nonché aumento dei modelli di veicoli offerti dal mercato del trasporto pesante nazionale.

CONCLUSIONI

L'obiettivo principale di questo elaborato di tesi è stato la verifica della fattibilità tecnica, economica ed ambientale di una supply chain alternativa su un'azienda operante nel settore energetico.

In merito ai risultati ottenuti nell'analisi del caso aziendale si può affermare che nell'ambito marittimo:

- 1) Esiste la tecnologia per effettuare la sostituzione dell'alimentazione delle navi da olio combustibile e gasolio marino, a Gas Naturale Liquefatto.
- 2) Esiste, con riferimento al caso preso in esame, una convenienza ambientale quantificabile in una riduzione percentuale del 26% e in termini assoluti in 4.945,563 tonnellate di CO₂eq annuali.
- 3) Esiste, con riferimento al caso preso in esame, una convenienza economica quantificabile in una riduzione percentuale del 24% e in termini assoluti di 433.500 €/anno sul costo del carburante
- 4) Il differenziale di prezzo tra un motore a GNL e un motore a olio combustibile o gasolio marino influenza in maniera relativa il costo complessivo di acquisto di una nave gasiera.
- 5) Non si effettuano operazioni di revamping (ammodernamento) del solo motore navale in quanto si tratta di un'attività onerosa sia in termini di fermo del mezzo che di invasività dell'intervento.
- 6) Considerati i punti precedenti, gli armatori non prevedono di effettuare un cambio nella propria flotta prima della obsolescenza tecnica dei mezzi attuali.

Si conclude affermando che la scelta degli armatori sulla tipologia di alimentazione da adottare per le navi gasiere che sostituiranno le flotte esistenti, sarà subordinata unicamente alla presenza o meno sul territorio italiano e generalmente mediterraneo di un sufficiente numero di punti di approvvigionamento, comparabili con l'attuale rete di bunkeraggio, unitamente ad un'azione legislativa premiante nei confronti del GNL.

Per quanto riguarda invece i risultati dell'analisi ottenuti nell'ambito stradale, si può affermare che:

- 1) Esistono e sono già in uso trattori stradali alimentati a GNL.

- 2) Esiste, con riferimento al caso preso in esame, una convenienza ambientale quantificabile in una riduzione percentuale del 10% e in termini assoluti in 193,048 tonnellate di CO₂eq annuali.
- 3) Esiste, con riferimento al caso preso in esame e alla fiscalità agevolata, una convenienza economica quantificabile in una riduzione percentuale del 51 % e in termini assoluti di 421.380,00 € /anno sul costo del carburante
- 4) Le grandi flotte di trasporto hanno già iniziato la conversione del proprio parco mezzi verso il GNL come carburante per l'autotrazione.
- 5) Considerata l'attuale infrastruttura nel Sud e Centro Italia, l'utilizzo dei mezzi a GNL è possibile ma subordinato ad un'attenta programmazione delle tratte e a una maggiore diffusione di punti di approvvigionamento.
- 6) Il differenziale di costo tra un trattore a GNL e un trattore a gasolio influenza il costo totale di acquisto in termini assoluti di +35.000 €.
- 7) Il chilometraggio minimo di rientro relativo al maggiore investimento nel mezzo a GNL è stato valutato, nel caso preso in esame, pari a circa 165.000 km e, considerata una media di percorrenza di 100.000 km/anno, in termini temporali di un anno e mezzo.

La logistica stradale è caratterizzata da un elevato numero di veicoli circolanti, un costo di acquisto ragionevole ed una rotazione rapida dei mezzi per cui è prevedibile che il processo di sostituzione dei veicoli, già in atto, presenti nei prossimi anni un forte trend di crescita che potrà essere limitato unicamente dalla presenza o meno di una rete distributiva sufficientemente dislocata sul territorio nazionale.

....

Per completezza delineiamo quelli che sono gli scenari futuri che la Commissione Europea prevede nella sua Comunicazione al Parlamento Europeo riguardo la "Strategia per l'Idrogeno per un'Europa climaticamente neutra" [56], in cui si delineano quelli che saranno gli investimenti e i trend di lungo periodo da oggi fino al 2050.

L'idrogeno elettrolitico, rinnovabile o di origine fossile con cattura di carbonio, rappresenta il miglior candidato energetico per un sistema a impatto zero nel lungo termine, secondo un processo di conversione suddiviso in tre fasi:

1. Nella prima fase, dal 2020 al 2024, l'obiettivo è di produrre fino a 1 milione di tonnellate di idrogeno sul territorio europeo mediante elettrolizzatori alimentati da energia rinnovabile e avviare il processo di investimenti per un'infrastruttura adeguata.

2. Nella seconda fase, dal 2025 al 2030, l'idrogeno da fonte rinnovabile diventerà parte stabile del sistema energetico integrato e la sua produzione salirà a 10 milioni di tonnellate annue. Contemporaneamente la rete e l'infrastruttura già esistente saranno parzialmente convertiti al trasporto di miscele metano – idrogeno, predisponendo impianti di stoccaggio sotterranei su più vasta scala.
3. Nella terza fase, dal 2030 al 2050 e oltre, si prevede la maturità delle tecnologie basate sull'idrogeno rinnovabile e un'espansione su larga scala in tutti i settori, compresi ovviamente i trasporti commerciali stradali e marittimi, mediante l'uso di vettori energetici alternativi come l'ammoniaca o l'uso diretto dell'idrogeno nelle celle a combustibile.

Dallo studio effettuato il GNL, dunque, risulta un ottimo strumento per la transizione energetica verso il post fossile in quanto l'infrastruttura associata ad esso risulta adattabile all'utilizzo dell'idrogeno sia in forma gassosa che in forma liquida.

L'idrogeno, infatti, potrà essere trasportato in gasdotti ma anche con mezzi indipendenti dalla rete, ad esempio su autocarri o navi che attraccino a terminali di GNL adeguatamente riconvertiti.

Si conclude questo lavoro di tesi affermando che lo sviluppo di una rete distributiva di GNL completa e diffusa sul territorio nazionale non può che portare benefici sia in termini ambientali che in termini economici, essendo un carburante meno impattante ed economicamente vantaggioso, oltre che un buon candidato per l'obiettivo di lungo termine di transizione energetica dell'Unione Europea.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Orientare al successo la Supply Chain, Sergio Cavalieri, Roberto Pinto, II edizione.
- [2] <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/supply-chain-management-cose-e-perche-e-importante-per-le-aziende/>
- [3] https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx
- [4] Supply Chain Management. Creare valore con la logistica, Martin Christopher, 2005.
- [5] <file:///C:/Users/feliz/OneDrive/Desktop/SupplyChainManagementandBullWhipEffect.pdf>
- [6] L'evoluzione nella dimensione organizzativa della Supply Chain. Dalla gestione di un flusso alla gestione di una rete, Roberto Pinna.
- [7] Blockchain. Tecnologia e applicazioni per il business: Tutto ciò che serve per entrare nella nuova rivoluzione digitale, G. Chiap, J. Ranalli, R. Bianchi, 2019.
- [8] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/197071/local_197071.pdf
- [9] <https://np4sd.org/about/herman-daly/>
- [10] <https://www.fasda.it/indicatori-di-sostenibilita-ambientale/>
- [11] Indici e modelli di Sostenibilità, Paolo Tenuta, 2009.
- [12] Artt. 1 e 3, Dichiarazione Universale sulla Diversità Culturale, UNESCO, 2001.
- [13] <https://asvis.it/sviluppo-sostenibile>
- [14] <https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>
- [15] https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/Galletti/Comunicati/snsvs_ottobre2017.pdf
- [16] <http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC4725800&blobtype=pdf>
- [17] <https://kar.kent.ac.uk/57193/1/1-s2.0-S0959652616301883-mainSustainability%20further%20research.pdf>

[18] file:///C:/Users/feliz/OneDrive/Desktop/Core_Issues_in_Sustainable_Supply_Chain_Management.pdf

[19] Situazione Energetica Nazionale 2019, Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari.

[20] Piano Nazionale Integrato per l'energia e il clima, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2019.

[21] https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/comunicati/roadmap_della_mobilita_sostenibile_v5_interno.pdf

[22] <https://www.imo.org/>

[23] https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/gas/documento_di_consulazione_per_una_strategia_nazionale_sul_GNL.pdf

[24] Prospettive del mercato italiano del GNL.

[25] Linee guida sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi, Conferenza delle regioni e delle province autonome.

[26] Danish Maritime Authority – North European LNG Infrastructure Project.

[27] <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/contesto/protocollo-di-kyoto>

[28] https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

[29] <https://www.minambiente.it/pagina/cose-la-carbon-footprint>

[30] https://www.researchgate.net/profile/Paolo_Masoni/publication/232219855_Indicatori_di_sostenibilita_ambientale_la_carbon_footprint/links/09e4150797e633c194000000.pdf

[31] <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/verificatori/normazione-tecnica/iso-14064>

[32] www.iso.org

- [33] <https://www.greenreport.it/rubriche/life-cycle-assessment-lca-origini-standard-normativi-e-struttura-operativa/>
- [34] www.reteclima.it
- [35] https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/GHG%20Protocol%20PAS%202050%20Factsheet.pdf
- [36] https://it.wikipedia.org/wiki/British_Standards_Institution
- [37] <https://www.wri.org/>
- [38] <https://www.wbcsd.org/>
- [39] Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Low Carbon Economy: Il settore agro-alimentare di fronte all'opportunità di coniugare la valorizzazione del made in Italy e la difesa dell'ambiente, 2012.
- [40] <https://www.euro.who.int/en/media-centre/events/events/2015/04/ehp-mid-term-review/publications/economic-cost-of-the-health-impact-of-air-pollution-in-europe>
- [41] <https://www.reteclima.it/lca-life-cycle-assessment-analisi-del-ciclo-di-vita/>
- [42] <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/activities/wtw>
- [43] <https://comune.brindisi.it/brindisi/zf/index.php/atti-amministrativi/delibere/index/table-delibere-public-page/3>
- [44] https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2018_10_TE_GNC_e_GNL_per_auto_e_navi_ITA.pdf
- [45] <http://cittadiniperlaria.org/wp-content/uploads/2017/11/it-nabu-lng-as-marine-fuel.pdf>
- [46] <http://astrolabio.amicidellaterra.it/node/836>
- [47] <https://www.dnv.com/maritime/lng/current-price-development-oil-and-gas.html>
- [48] <https://www.mandieselturbo.com/docs/default-source/shopwaredocuments/costs-and-benefits-of-lng3739431d863f4f5695c4c81f03ac752c.pdf?sfvrsn=3>
- [49] http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp/settore_selezionato

[50] https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2018_10_TE_GNC_e_GNL_per_auto_e_navi_ITA.pdf

[51] Transport & Environment.

[52] <https://www.ngvitaly.com/gas-naturale-per-i-trasporti/>

[53] Fourth IMO GHG Study 2020 – Final report.

[54] <http://www.freightleaders.org/wp-content/uploads/2019/05/Q28-impaginato-LOWxWEB.pdf>

[55] <https://www.federmetano.it/distributori-metano/distributori-metano-liquido-Ing/>

[56] Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, “Una strategia per l’idrogeno per un’Europa climaticamente neutra.

RINGRAZIAMENTI

Finisce un percorso della mia vita cominciato quasi cinque anni fa, anni che mi hanno permesso di crescere, maturare, conoscere persone nuove, scoprire nuovi posti e vivere esperienze emozionanti nella città che rimarrà per sempre nel mio cuore, Torino.

Se sono arrivato fino a questo punto non è assolutamente solo merito mio, devo ringraziare le tante persone che hanno contribuito a rendere questo giorno speciale e me una persona migliore.

Alla mia famiglia, ai miei zii che sono stati sempre presenti, ai miei nonni che hanno sempre creduto in me e mi hanno sostenuto anche da lontano, ai nonni che non ci sono più perché sicuramente sarebbero entrambi fieri di me se fossero qui, non ho avuto modo di conoscervi ma se sono qui è anche merito vostro.

Ai miei genitori che sono stati e continuano ad essere la mia guida personale per la vita, senza di loro sicuramente non sarei quello che sono oggi, mi hanno mostrato affetto ma non mi hanno viziato, mi hanno incoraggiato ma non mi hanno costretto, mi hanno aiutato e non mi hanno abbandonato. Tante volte sono stati l'unico faro che illuminava una strada buia, e quella luce non si è mai spenta.

A mia madre che è stata la madre migliore che potessi desiderare. A mia madre che esaudiva ogni desiderio che fosse nelle sue possibilità. A mia madre che non ha mai mancato di punirmi quando andava fatto. A mia madre che mi ha sempre difeso. A mia madre che è stata sempre la prima a credere in quello che credevo io e a ricordarmi chi ero quando cadevo. A mia madre, la donna con la quale ho scambiato baci, abbracci, sorrisi e lacrime. L'unica donna che è rimasta e sicuramente rimarrà al mio fianco fino all'ultimo dei nostri giorni insieme, perché una mamma ama suo figlio più di sé stessa, e penso che per mia madre sia proprio così, grazie Mamma.

A mio padre che è stato un padre vero fino in fondo. A mio padre che non mi ha mai imposto niente e mi ha permesso sempre tutto. A mio padre che ha sempre il sorriso, e che riesce a vedere sempre il bicchiere mezzo pieno anziché mezzo vuoto, anche quando è quasi vuoto. A mio padre che anche senza dire o fare niente a volte con lo sguardo era più padre di quanto pensassi. A mio padre che ha saputo trasmettermi la passione in tutto ciò che ho fatto. A mio padre che non è mai mancato nel momento del bisogno, e diventava il mio compagno di studi, il mio professore per l'interrogazione, l'autista che ti porta a scuola, e qualche volta quella persona che fa il lavoro al posto tuo, solo qualche volta. Un uomo sicuro, un uomo dolce, un uomo curioso, un uomo

instancabile, un uomo dalle mille potenzialità. L'uomo perfetto per mia madre, e il padre perfetto per suo figlio. Grazie Papà.

A miei amici, tutti i miei amici, tutti quelli che non hanno mai smesso di farsi sentire perché io ho dato qualcosa a loro e loro hanno dato sicuramente più di qualcosa a me.

A Lorenzo, il fratello che non ho mai avuto e che il destino ha voluto darmi, e giuro che non me lo farò scappare fino a quando avrò vita in corpo. Se agli altri serve tempo da passare insieme, se agli altri serve litigare ogni tanto, se agli altri serve parlarsi tanto, se agli altri serve uscire in gruppo per essere amici, io e te non siamo amici come gli altri. Siamo più che amici perché ci basta uno sguardo, siamo più che amici perché potrebbero passare giorni, mesi e anni ma nonostante tutto rivederci sarebbe sempre come se fosse passato un solo giorno, siamo più che amici perché sappiamo entrambi che uno andrebbe in soccorso dell'altro ancora prima che si verifichi il bisogno se fosse necessario. Siamo più che amici, siamo fratelli.

Al gruppo di amici con cui ho trascorso anni fantastici dell'adolescenza, il mio Smokers group. Grazie Gabriele, Davide, Francesco Melacca, Francesco Cortazzi, Stefano, Andrea, Marta, Carola, Giorgia. Sono stati anni di feste, di serate a casa, di serate in giro, di viaggi, di risate fino a farsi mancare il fiato, di compleanni, di confessioni, di incomprensioni e chiarimenti. Voi siete stati gli amici di una vita e se sono arrivato fino a qui è anche merito vostro.

Grazie agli amici che hanno accompagnato i miei pomeriggi e le mie notti in giro per anni, e con cui ho condiviso tante di quelle esperienze che non riesco a ricordarle tutte, grazie Gabriele, Giorgio, Francesco, Marco Miccoli, Marco De Salvatore, Simone, Angelo.

Ai miei colleghi di studio, grazie Francesco Bennardi, Francesco Cafagna, Enrico, Vincenzo, Ermore. Senza i quali non avrei studiato abbastanza, senza i quali non mi sarei divertito abbastanza, senza i quali non avrei gioito abbastanza. Grazie ai quali la mia esperienza universitaria è stata molto più di abbastanza.

Ai miei coinquilini, tutti i miei coinquilini, con cui ho condiviso tutto, dalla tavola di cucina al bagno. I coinquilini con cui ho mangiato, studiato, litigato, guardato film, dormito, festeggiato, e maturato. Senza di voi non saprei il significato vero della parola condividere.

A Paola, la mia ragazza, la mia donna, quella che mi sprona quando ne ho bisogno, che mi capisce più di tutti, che riesce a sentire i miei pensieri, e che mi è stata vicino anche quando sarebbe potuta stare lontano. Grazie alla donna per cui darei tutto.

Ringrazio tutte le persone che ho conosciuto in questi anni, a Torino e non, tutte le persone che in un modo o nell'altro hanno contribuito a plasmare la mia identità e a rendermi l'uomo che sono oggi.

Infine, voglio dedicare questa tesi e tutto il percorso universitario ad una persona. Una persona che ha sacrificato tanto e ha pianto tanto, ha avuto il coraggio di abbandonare i propri cari, ha avuto il coraggio di fare scelte difficili, ha sofferto innumerevoli volte, voleva mollare innumerevoli volte, è caduta ma si è rialzata ogni volta più forte di prima. Grazie Francesco De Sanctis per aver ascoltato quelli che credevano in te e grazie per aver creduto in te stesso.