



Interreg
MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fonds européen de développement régional



STUDIO DEI FLUSSI DI ENERGIA NEL PORTO DI TOLONE E IL SUO ENTROTERRA



In collaborazione con



RAPPORTO DI STUDIO

All'attenzione di

Chambre de Commerce et d'Industrie du Var
Service des Marchés Publics
ZIP de Brégaillon
663, avenue de la 1ère Armée Française
83500 – La Seyne-sur-Mer

18/06/2020

1 Preambolo

Di seguito trovate il nostro rapporto per la missione di studio dei flussi di energia nei porti del porto di Tolone e del suo entroterra.

Lo studio descrive in particolare il consumo annuo di elettricità e gas del porto e del suo entroterra, nonché la produzione locale di energia fotovoltaica. Vengono identificate e analizzate le aree ad alto consumo.

È stato condotto uno studio sul traffico di traghetti e navi da crociera di Corsica Ferries per determinare il potenziale fabbisogno di energia, volume e massa di GNL in uno scenario realistico di distribuzione del GNL. Per prendere in considerazione la realizzazione di una stazione di rifornimento di GNL, sono state stimate le esigenze di una flotta di autocarri. Questo studio ha anche permesso di determinare i corrispondenti flussi di approvvigionamento sulla base delle ipotesi formulate. Lo stesso studio è stato condotto per la sostituzione dell'olio combustibile dei traghetti con l'idrogeno, prodotto per elettrolisi o per reforming a vapore.

Indice

1	Preambolo	1
2	Introduzione	5
2.1	Presentazione della situazione studiata	5
2.2	Dati e documenti forniti dalla CCI	6
2.3	Altri dati disponibili	7
3	Analisi dei consumi di gas ed elettricità	9
3.1	Approccio.....	9
3.2	Analisi	9
3.3	Conclusioni	17
4	Analisi del traffico navale	18
4.1	Approccio.....	18
4.2	Analisi del traffico dei traghetti.....	18
4.3	Analisi del traffico delle navi da crociera.....	22
4.4	Conclusioni	24
5	Consumo stimato di GNL.....	26
5.1	Approccio.....	26
5.2	Consumo di traghetti.....	26
5.3	Consumo delle navi da crociera	27
5.4	Consumo di autocarri	29
5.5	Consumo totale	29
5.6	Logistica di approvvigionamento	30
5.7	Conclusioni	32
6	Studio idrogeno	33
6.1	Approccio.....	33
6.2	Analisi	33
6.3	Conclusioni	35
7	Conclusione generale	37
7.1	Analisi dei vettori energetici.....	37
7.2	Flussi di lavoro futuri suggeriti	40
8	Appendice.....	42

Tabella delle illustrazioni

Figura 1 : Portata geografica dello studio (fonte: Google Maps)	5
Figura 2 : Zona portuale	7
Figura 3 : Zona del porto e del suo entroterra	7
Figura 4 : Ripartizione dei consumi tra gas ed elettricità nel 2017	10
Figura 5 : Numero di consumatori di energia elettrica elencati per categoria nella zona portuale (2017)	10
Figura 6 : Consumo annuo di energia elettrica (in MWh) per categoria nella zona portuale (2017)	11
Figura 7 : Numero di consumatori di gas elencati per categoria nella zona portuale (2017)	11
Figura 8 : Consumo di gas (in MWh) per categoria nell'area portuale (2017)	11
Figura 9 : Consumo di energia elettrica escluso il settore residenziale nel porto di Tolone e nel suo entroterra nel 2017 (in MWh)	12
Figura 10 : Produzione fotovoltaica sulla rete Enedis del porto di Tolone e del suo entroterra nel 2017 (in MWh)	13
Figura 11 Numero di impianti fotovoltaici per rete nell'area di studio (2017)	13
Figura 12 : Consumo di gas escluso il settore residenziale nel porto di Tolone e nel suo entroterra nel 2017 (in MWh)	14
Figura 13 : Consumo di gas escluso il settore residenziale nel porto di Tolone nel 2017 (in MWh)	14
Figura 14 : Impianti di metanizzazione elencati da GRDF (immagine estratta dai dati aperti GRDF)	15
Figura 15 : Foto dell'impianto BioGNVAL (fonte: ADEME)	16
Figura 16 : Schema delle 3 catene di produzione bioGNL	17
Figura 17 : Numero di scali mensili di traghetti nel porto di Tolone	18
Figura 18 : Ripartizione delle origini dei traghetti che arrivano al porto di Tolone	19
Figura 19 : Ripartizione mensile delle origini dei traghetti che arrivano al porto di Tolone	19
Figura 20 : Numero di scali e consumo di carburante al mese	20
Figura 21 : Ripartizione dei porti di scalo per nave	20
Figura 22 : Numero di collegamenti per barca e per mese	20
Figura 23 : Distribuzione degli orari di partenza e di arrivo dei traghetti	21
Figura 24 : Ripartizione dei tempi di sosta	21
Figura 25 : Ripartizione dei tempi di sosta per categoria	21
Figura 26 : Numero di scali per durata (estratto dello studio sull'elettrificazione delle imbarcazioni in banchina)	22
Figura 27 : Numero di scali per durata (risultati Keynergie con parametri identici)	22
Figura 28 : Somma delle durate delle chiamate per tipo (studio dell'elettrificazione delle imbarcazioni in banchina)	22
Figura 29 : Somma delle durate delle chiamate per tipo (risultati Keynergie con parametri identici)	22
Figura 30 : Numero mensile di navi da crociera nel 2019	23
Figura 31 : Orari di arrivo delle navi da crociera	23
Figura 32 : Orari di partenza delle navi da crociera	23
Figura 33 : Numero di scali per azienda	24
Figura 34 : Numero di scali per nave da crociera	24
Figura 35 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto in tonnellate	27
Figura 36 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto in m ³	27

Figura 37 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto per numero di chiatte	27
Figura 38 : Requisiti di GNL per una nave da crociera (in tonnellate).....	28
Figura 39 : Requisiti di GNL per una nave da crociera (in m ³).....	28
Figura 40 : Distribuzione dei requisiti di GNL in base all'uso	30
Figura 41 : Flusso mensile in tonnellate di consumo di GNL nello scenario selezionato	30
Figura 42 : Numero mensile di contenitori nello scenario proposto	31
Figura 43 : Numero mensile di chiatte nello scenario proposto	31
Figure 44 : Consumo potenziale di idrogeno al mese	34
Figura 45 : Produzione solare e fabbisogno di idrogeno al mese	35
Figura 46 : Rapporto tra il fabbisogno mensile di idrogeno e la produzione mensile	35
Figura 47 : Massa annua di carburante consumata (per tipo di carburante) da un traghetto	38
Figura 48 : Volumi annui di carburante consumati (per tipo di carburante) da un traghetto	38
Figura 49 : Bilancio annuale del carbonio dei diversi vettori energetici per un traghetto	40
Figura 50 Numero di consumatori di energia elettrica classificati nella zona portuale e nell'entroterra (2017)	42
Figura 51 : Consumo annuo di energia elettrica (in MWh) per categoria nella zona portuale e nel suo entroterra (2017).....	42
Figura 52 : Numero di consumatori di gas elencati per categoria nella zona portuale e nell'entroterra (2017)	43
Figura 53 : Consumo di gas (in MWh) per categoria nell'area portuale e nel suo entroterra (2017).....	43

Elenco delle tabelle

Tabella 1 : Consumo annuo di energia (2017).....	10
Tabella 2 : Caratteristiche degli impianti di metanazione elencati nei dati aperti del GRDF.....	15
Tabella 3 : Dati e ipotesi sul carburante dei traghetti e sul GNL.....	26
Tabella 4 : Riepilogo del consumo di GNL per un traghetto.....	27
Tabella 5 : Requisiti di GNL per una nave da crociera.....	28
Tabella 6 : Requisiti GNL per autocarri.....	29
Tabella 7 : Requisiti del GNL nello scenario selezionato	29
Tabella 8 : Capacità del terminale di Fos-sur-Mer (Tonkin e Cavaou).....	32
Tabella 9 : Riepilogo del consumo di H ₂ per un traghetto	34
Tabella 10 : Fattori di emissione per vettore energetico (fonte: Bilans GES ADEME)	39
Tabella 11 : Numero di consumatori e consumo di elettricità e gas per settore di attività (2017)	43
Tabella 12 : Consumo mensile dettagliato di carburante di Corsica Ferries e potenziale consumo di GNL per un traghetto	44
Tabella 13 : Potenziale consumo di idrogeno per un traghetto.....	44

2 Introduzione

2.1 Presentazione della situazione studiata

2.1.1 Portata dello studio

Lo scopo dello studio è mostrato nella Figura 1, e comprende:

- I porti della rada di Tolone con in particolare il terminal di Tolone Costa Azzurra, il terminal di Seyne-sur-Mer e il porto di Brégailion. Il porto militare è escluso dall'area di studio.
- L'entroterra del porto copre l'intera area compresa tra le città di Bandol, Signes e Hyères.



Figura 1 : Portata geografica dello studio (fonte: Google Maps)

La CCI del Var vuole fare un inventario dei flussi di energia tra i porti del porto di Tolone e il suo entroterra per comprendere meglio le relazioni esistenti e sensibilizzare gli attori locali sul problema della riduzione dei consumi di combustibili inquinanti. Lo studio consiste quindi nel determinare il fabbisogno energetico del porto per diversi vettori energetici: elettricità, gas, olio combustibile... Un inventario dei consumi dovrebbe anche permettere di determinare quali consumi possono essere sostituiti da vettori energetici meno inquinanti, sia in termini di inquinamento locale (emissioni di polveri sottili, NOX...) che di inquinamento globale (CO₂). Lo studio si concentra sul GNL, ma può essere rilevante guardare globalmente ad altre possibili sostituzioni tra vettori energetici.

2.1.2 Obiettivi dello studio di opportunità

Gli obiettivi principali dello studio sono:

- Stabilire un equilibrio globale del fabbisogno energetico del porto per conoscere il mix energetico locale, del porto e del suo entroterra, integrando progetti esistenti e futuri;

- Identificare i siti produttivi sul territorio studiato e sviluppare relazioni vantaggiose tra questi e il porto (economia circolare, riduzione dell'impronta ambientale del porto...);
- Valutare il ruolo del GNL come sostituto di vettori energetici più inquinanti per determinare le esigenze attuali e future, integrando i consumi legati al trasporto, ma anche all'industria, in interazione con la rete di distribuzione del gas;
- Elaborare una prefigurazione del piano regolatore dei flussi di energia del porto, compreso il GNL, al fine di impegnare il porto di Tolone in un processo di transizione energetica.

2.2 *Dati e documenti forniti dalla CCI*

La CCI ha fornito i seguenti documenti per questo studio:

- Rapporto di studio T2.2.1 SIGNAL GNL "Missione di studio territoriale e normativa".

Questo documento presenta le varie normative e i vincoli da rispettare nella realizzazione di impianti di stoccaggio e fornitura di GNL. Combinando i vari vincoli, è possibile individuare i luoghi più favorevoli per la realizzazione di un impianto di stoccaggio GNL nel porto. Nel suo stato attuale, l'area in esame si trova vicino al deposito di carburante militare di Saint-Mandrier.

- Rapporti di studio T3.2.1, T3.3.1, T3.4.1 e T3.5.1 SIGNAL GNL

Questi documenti presentano una modellazione dei requisiti di GNL fino al 2030 per la regione PACA, in diversi scenari, descrivendo in dettaglio i settori interessati (trasporto marittimo di merci, passeggeri, trasporto stradale, ecc.) Si propone di specificare la rete di distribuzione (stazioni, deposito, flotta di chiatte, ecc.) necessaria per raggiungere gli obiettivi prefissati.

- Rapporto di studio T2.2.1 TDI-RETE "Linee guida per la localizzazione e il dimensionamento degli impianti portuali GNL in Francia".

Questo documento presenta un inventario degli impianti di GNL esistenti in fase di progettazione nei vari terminali e porti francesi al fine di determinare le migliori pratiche, i principali parametri tecnici, normativi ed economici, per stabilire il miglior approccio per l'impiego del GNL nel porto di Tolone.

- Rapporto di studio T2.2.2 GNL FACILE "Studi per la costruzione di una catena di rifornimento di GNL tra i 7 porti partner - Analisi critica del rifornimento nei 7 porti".

Questo documento presenta le diverse possibilità per il bunkeraggio di GNL e i progetti nei porti partner. Viene proposta una stima delle esigenze logistiche e dei costi, basata in particolare sulla rotta delle navi bunkeraggio.

- Una presentazione dello studio "Elettrificazione delle navi sulla banchina del porto commerciale di Tolone".

Questo documento presenta un'analisi delle caratteristiche degli scali di Corsica Ferries e propone una soluzione tecnica di collegamento per l'elettrificazione delle navi in banchina che tiene conto delle caratteristiche degli scali (potenza richiesta, durata, numero di navi in banchina contemporaneamente, ecc.)

- La storia del traffico crocieristico nel 2019 (arrivi e partenze) e l'orario previsto per il 2020
- La storia del traffico di traghetti di Corsica Ferries nel 2018
- Consumo annuo di carburante dei traghetti di Corsica Ferries

2.3 Altri dati disponibili

2.3.1 Dati aperti sull'energia

I dati sul consumo locale di elettricità e gas e i dati di produzione in tutta la porta sono disponibili in Open Data. I gestori del sistema energetico (RTE, Enedis, GRTgaz, GRDF) forniscono alla rete IRIS i dati annuali di consumo energetico, in conformità all'articolo 179 della legge di transizione energetica per la crescita verde (LTECV). Le reti IRIS sono definite dall'INSEE e coprono circa 2.000 abitanti. L'aggregazione dei dati in questa cella di griglia deve permettere di rispettare la riservatezza delle informazioni personali.

Enedis fornisce il consumo sulla rete a bassa tensione e RTE fornisce il consumo dei clienti direttamente collegati alla rete di trasmissione dell'energia elettrica. Anche se c'è un solo cliente collegato al sistema di trasmissione in una rete IRIS, questa informazione rimane disponibile. GRDF e GRTgaz offrono gli stessi dati per il gas. Nel caso di Tolone, non c'è nessun consumatore direttamente collegato al sistema di trasporto del gas nella zona.

Per questo studio vengono utilizzate le seguenti 2 zone, definite come il raggruppamento di più griglie IRIS. Di seguito si parla di **zona portuale** e di **zona del porto e del suo entroterra**.

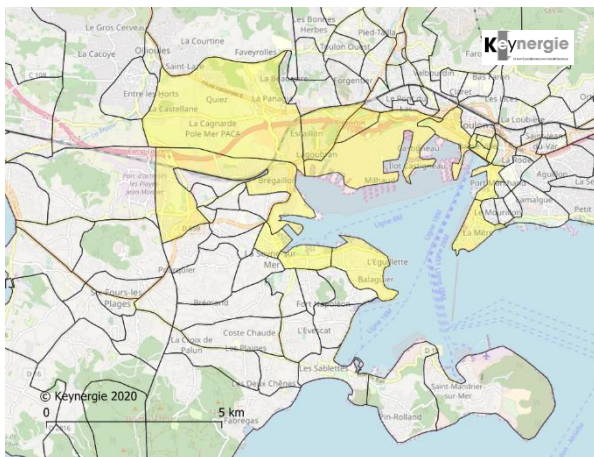


Figura 2 : Zona portuale

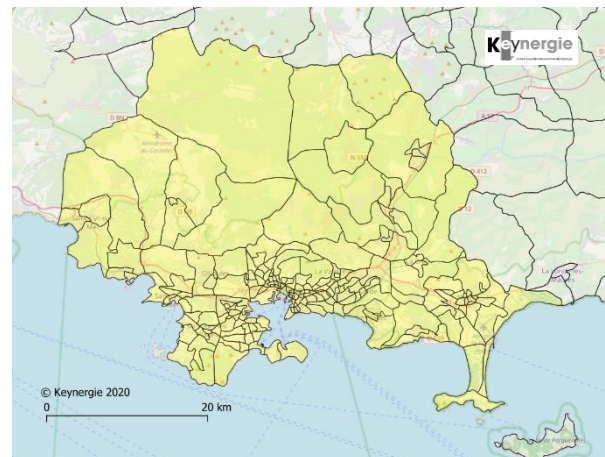


Figure 3 : Zona del porto e del suo entroterra

2.3.2 Dati energetici per combustibili e GNL

Alcuni dei dati utilizzati, in particolare i fattori di emissione di CO₂, sono forniti da ADEME. ADEME fornisce infatti una serie di ipotesi per gli studi di impatto ambientale al fine di fornire un quadro di valutazione definito e facilmente verificabile.



Altri dati sono raccolti da aziende industriali del settore (Air Liquide, GTT, Man Diesel & Turbo, ecc.) per ottenere informazioni sull'efficienza energetica dei motori, ad esempio.

3 Analisi dei consumi di gas ed elettricità

3.1 Approccio

I dati annuali di consumo per la rete IRIS sono disponibili in Open Data. E' possibile consultare i dati di consumo di gas ed elettricità, così come altri dati relativi alla produzione locale di energia (fotovoltaico, eolico, biogas...), alle reti, alle diverse reti geografiche (dipartimento, regione, paese...) o temporali (giorno, mese, anno). Tuttavia, per la rete IRIS, è disponibile solo il consumo annuale, separato per settore di attività.

I principali gestori di rete hanno una propria piattaforma, e altre piattaforme raccolgono dati da diversi operatori, in particolare quelli delle ELD (Società di distribuzione locale) che sono gestori di rete molto localizzati (Gaz Electricité de Grenoble, Gaz et Electricité de Strasbourg, Gaz de Bordeaux...). I dati utilizzati in questo studio sono estratti dalle seguenti piattaforme:

- Enedis : <https://data.enedis.fr/>
- GRDF : <https://opendata.grdf.fr/>
- Piattaforme Open Data Réseaux Energies (ODRE) : <https://opendata.reseaux-energies.fr/>
- Agence Opérateurs de Réseaux d'Énergie : <https://opendata.agenceore.fr/>

3.2 Analisi

3.2.1 Bilancio globale

L'area portuale consuma quasi 400 GWh di elettricità e gas tutto l'anno. Questo rappresenta il 10% del consumo dell'area di studio. Il consumo di elettricità è circa il doppio del consumo di gas.

Nell'area portuale, la stragrande maggioranza dei consumatori elencati sono consumatori residenziali, quasi l'80% per l'elettricità (Figura 5) e il 99% per il gas (Figura 7), ma questi rappresentano solo il 30% del consumo di elettricità (Figura 6) e il 47% del consumo di gas (Figura 8). Per l'energia elettrica, i settori terziario e professionale (secondo la classificazione fornita da Enedis) rappresentano i 2/3 del consumo totale del porto. Per il gas, il settore terziario e quello industriale rappresentano oltre la metà del consumo totale del porto.

Secondo Enedis:

- Residenziale: siti di consumo residenziale collegati alla rete Enedis a bassa tensione (BT) di potenza sottoscritta ≤ 36 kVA.
- Professionisti: siti di consumo professionali collegati alla rete Enedis a bassa tensione (BT) con una potenza sottoscritta ≤ 36 kVA.
- Società: siti consumer professionali collegati alla rete Enedis a bassa tensione (BT) con potenza sottoscritta > 36 kVA o collegati ad alta tensione. Le aziende sono suddivise nelle diverse categorie in base al loro settore di attività (codice NAF)

GRDF effettua la stessa ripartizione in base ai contratti di fornitura e ai codici NAF delle società collegate.

		Numero di consumatori elencati	Consumo di energia in MWh
Porto di Tolone	Elettricità	28 123	244 913
	Gas	7 933	145 731
Porto di Tolone e il suo entroterra	Elettricità	372 429	2 588 786
	Gas	84 422	1 196 825

Tabella 1 : Consumo annuo di energia (2017)

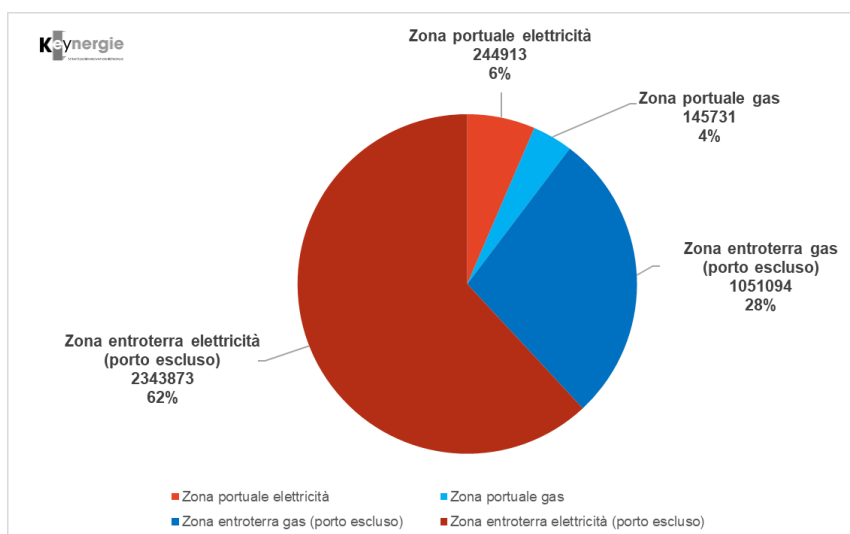


Figura 4 : Ripartizione dei consumi tra gas ed elettricità nel 2017

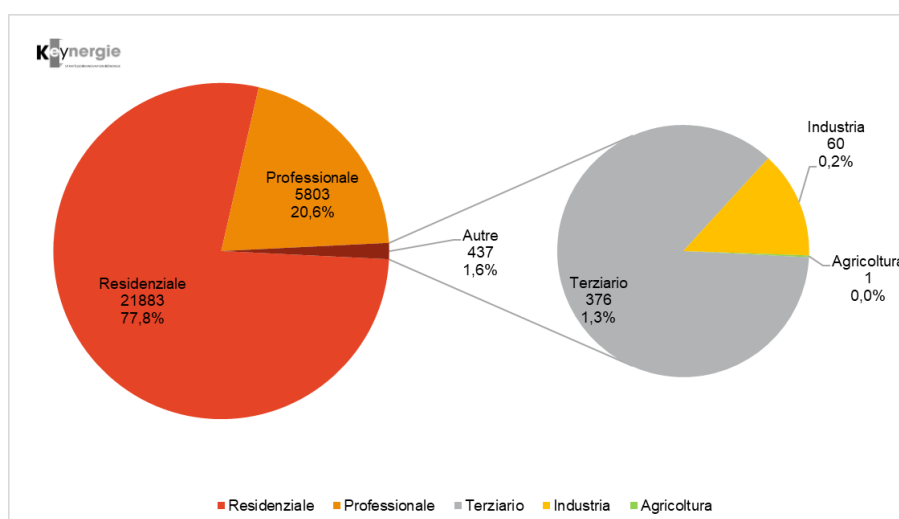


Figura 5 : Numero di consumatori di energia elettrica elencati per categoria nella zona portuale (2017)

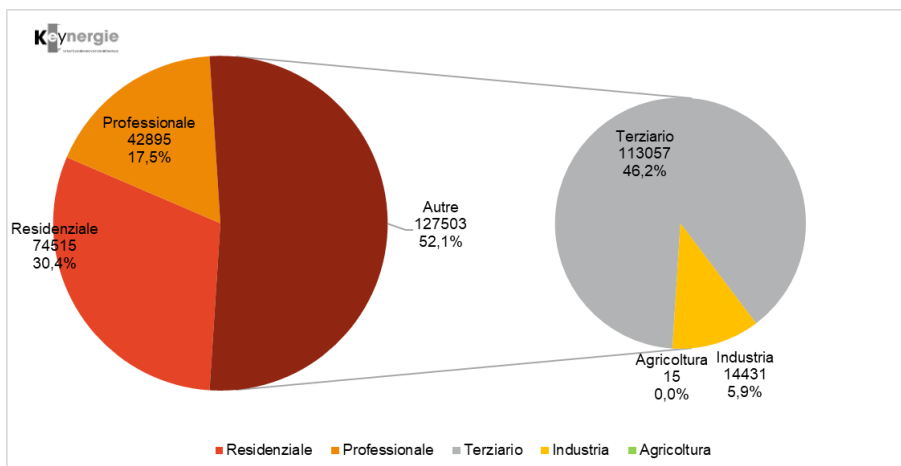


Figura 6 : Consumo annuo di energia elettrica (in MWh) per categoria nella zona portuale (2017)

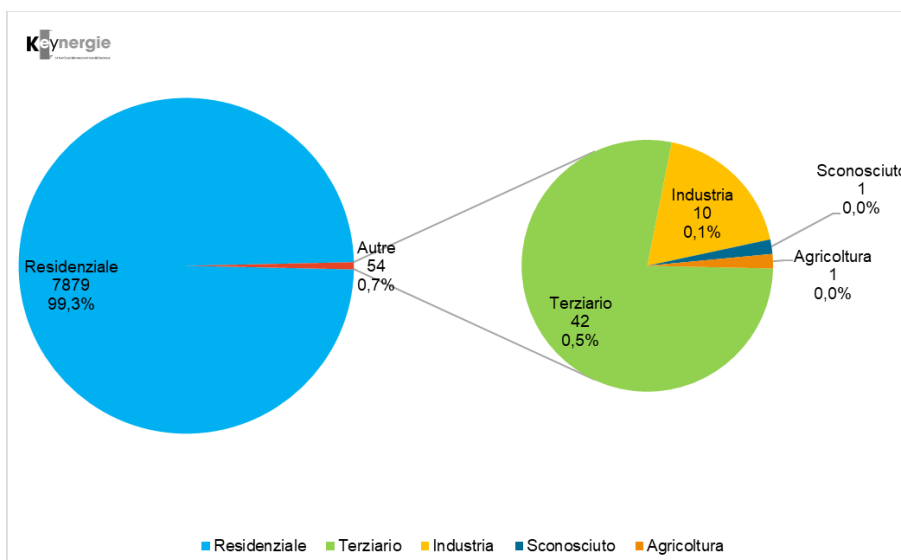


Figura 7 : Numero di consumatori di gas elencati per categoria nella zona portuale (2017)

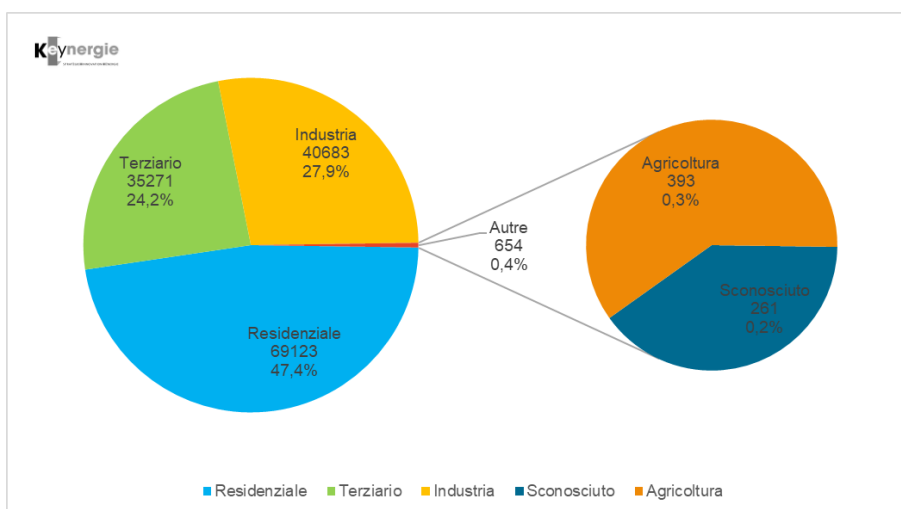


Figura 8 : Consumo di gas (in MWh) per categoria nell'area portuale (2017)

Grafici simili per l'area portuale e il suo hinterland, così come una tabella dettagliata dei dati utilizzati, sono forniti in Appendice (dalla Figura 50 alla Figura 53, Tabella 11) e forniscono dettagli sul numero di consumatori elencati e sui consumi per categoria, per elettricità e gas.

3.2.2 Distribuzione dei consumi di energia elettrica

Per facilitare l'interpretazione dei risultati, i consumatori residenziali sono esclusi da ogni casella della griglia IRIS. Nella Figura 9, si possono identificare 3 serie di griglie ad alto consumo:

- A Brégaillon, a ovest del porto, il consumo è elevato dove si trovano aziende e imprese industriali.
- La zona di attività di Castellet nel Nord-Ovest consuma molto di più delle maglie vicine, la superficie della maglia è più grande delle altre, ma non copre nessun altro centro di consumo importante sull'altopiano di Signes.
- A est di Tolone, 2 maglie consumano più delle altre, ci sono zone industriali e parchi commerciali, così come l'Università di Tolone.

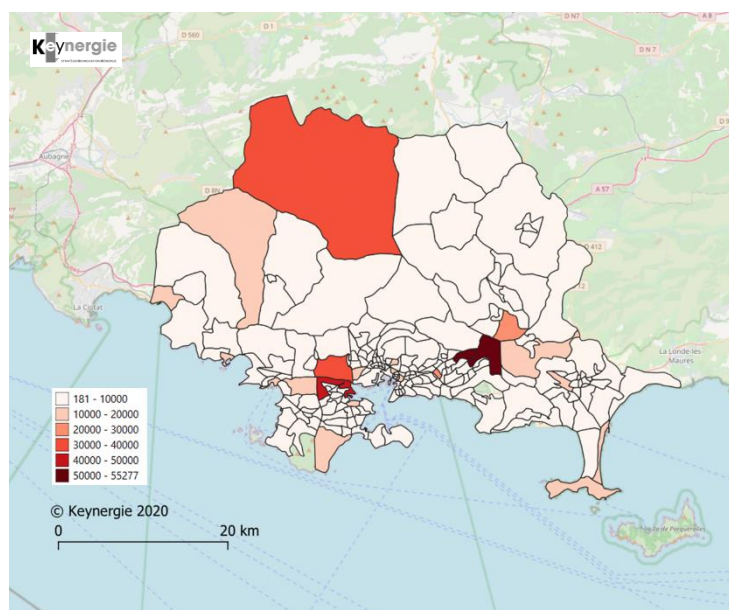


Figura 9 : Consumo di energia elettrica escluso il settore residenziale nel porto di Tolone e nel suo entroterra nel 2017 (in MWh)

3.2.3 Distribuzione della produzione locale di energia elettrica

Tutti gli impianti di produzione elencati nell'area di studio Open Data Enedis sono impianti fotovoltaici. Solo a Tolone e nel suo entroterra sono elencati 3.365 impianti fotovoltaici di dimensioni molto diverse (nel 2017). Le maglie che corrispondono approssimativamente alle città di Le Castellet, Signes e Méounes-lès-Montrieux a nord di Tolone hanno una produzione visibilmente superiore alle altre (vedi Figura 10), ci sono logicamente grandi parchi fotovoltaici. Il numero di installazioni non è necessariamente correlato alla produzione della rete (Figura 11) perché le dimensioni delle installazioni variano molto a seconda del tipo di installazione: tetti privati (tipicamente 3 o 6 kWp) o centrali solari con una potenza dell'ordine di pochi MWp.

La produzione fotovoltaica totale è di oltre 123.000 MWh, pari al 4% del consumo di energia elettrica dell'area.

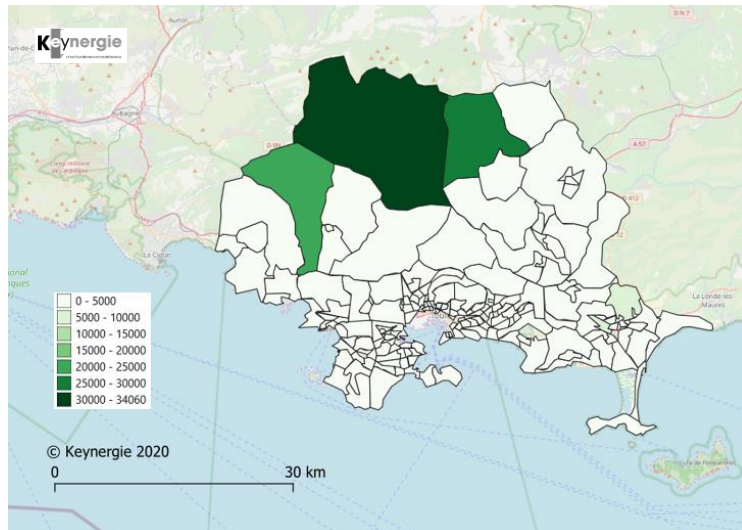


Figura 10 : Produzione fotovoltaica sulla rete Enedis del porto di Tolone e del suo entroterra nel 2017 (in MWh)

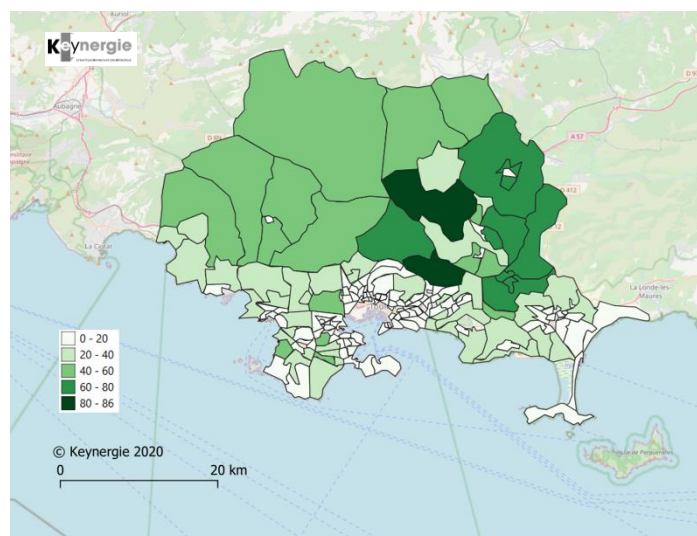


Figura 11 Numero di impianti fotovoltaici per rete nell'area di studio (2017)

3.2.4 Distribuzione dei consumi di gas

Come per il consumo di energia elettrica, i consumatori residenziali sono esclusi da ogni rete IRIS.

Il consumo di gas sulla rete GRDF non è distribuito in modo uniforme, molte zone residenziali a bassa densità nell'entroterra del porto di Tolone non sono collegate alla rete pubblica di distribuzione del gas, come si può vedere nella Figura 12.

Logicamente, troviamo le stesse zone dell'elettricità: Brégaillon, Le Castellet e la zona industriale ad est di Tolone. Si distinguono altre maglie, come Saint-Mandrier e in particolare una maglia sul bordo della base navale e del porto turistico (vedi Figura 13). Questo ha un consumo molto più elevato rispetto a

tutti gli altri nell'area di studio, e questo consumo potrebbe essere collegato alla base navale o ad un'altra installazione nel porto. Un inventario dei possibili consumatori in questa cella della griglia potrebbe essere interessante.

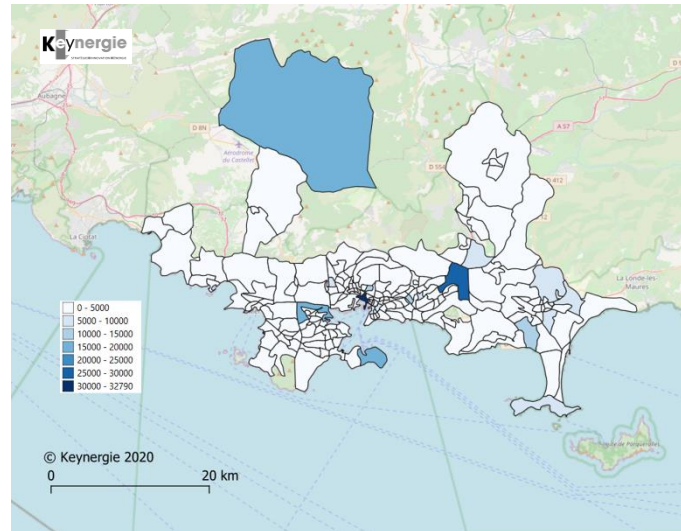


Figura 12 : Consumo di gas escluso il settore residenziale nel porto di Tolone e nel suo entroterra nel 2017 (in MWh)

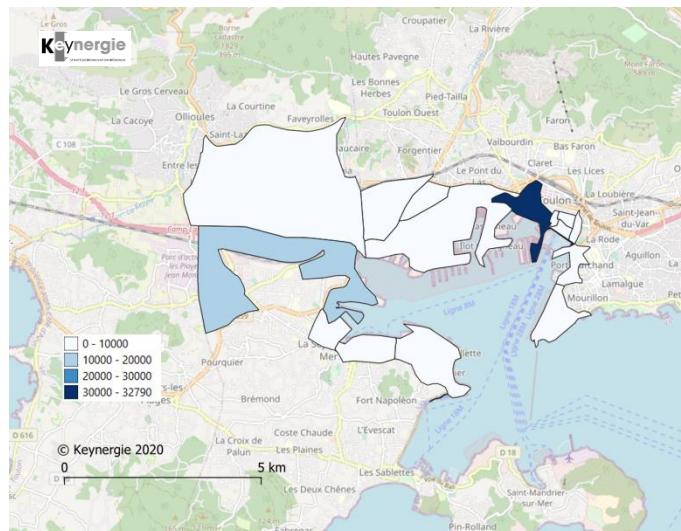


Figura 13 : Consumo di gas escluso il settore residenziale nel porto di Tolone nel 2017 (in MWh)

3.2.5 Produzione locale di gas

Gli impianti di metanizzazione che iniettano biometano nel sistema del gas sono pubblici e disponibili sui dati aperti GRDF e GRTgaz. Gli impianti più vicini elencati in queste aree sono gli impianti di metanizzazione che utilizzano i fanghi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue (WWTP) delle città di Marsiglia e Fréjus (vedi Figura 14). Le caratteristiche di queste strutture sono riportate nella Tabella 2.

Tuttavia, non tutti gli impianti iniettano necessariamente la loro produzione nella rete del gas. Questo richiede infatti la purificazione del gas all'uscita del metanizzatore (che non contiene solo metano).

Inoltre, la rete del gas non è bidirezionale come la rete elettrica, il che può portare a notevoli difficoltà. Se il gas viene iniettato nel sistema di distribuzione del gas GRDF e il consumo locale è inferiore all'iniezione, non è possibile evacuare l'eccesso direttamente sul sistema di trasmissione di GRTgaz. E' necessario utilizzare speciali strutture note come "installazione a flusso inverso", che reprimono il gas in eccesso sulla rete di distribuzione al fine di reimmetterlo nella rete di trasmissione. Questo tipo di impianto viene utilizzato dal GRTgaz quando vengono rilevate esigenze locali significative, ma il loro numero rimane molto limitato. Le prime installazioni sono state completate alla fine del 2019 nell'ambito del progetto West Grid Synergy realizzato da GRTgaz nelle regioni del Morbihan e della Vandea.

Un'altra soluzione è quindi quella di consumare il gas direttamente per produrre elettricità attraverso una turbina di cogenerazione, ad esempio, e reimmetterlo nel sistema di alimentazione. Questa è la scelta fatta dall'impianto di La Crau, vicino a Tolone, che recupera il metano rilasciato da una ex discarica. Questo impianto è stato messo in funzione nel 2015 e ha una capacità di 5 MW per una produzione annua di energia elettrica di 40 GWh.

Anche la metropoli di Tolone prevede di produrre biometano dall'impianto di trattamento delle acque di Almanarre, situato nella città di Hyères, non sono stati finora recuperati dati precisi.

	Data della prima iniezione	Quantità annua iniettata (2019)
Marsiglia (9° distretto)	29/01/2019	19 454 MWh
Fréjus	18/03/2019	5 694 MWh

Tabella 2 : Caratteristiche degli impianti di metanazione elencati nei dati aperti del GRDF

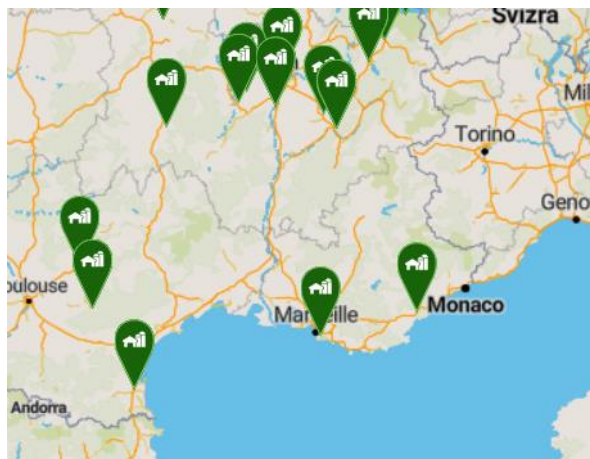


Figura 14 : Impianti di metanizzazione elencati da GRDF (immagine estratta dai dati aperti GRDF)

3.2.6 Interazione tra produzione locale di biometano e GNL

Il GNL rimane ad oggi un vettore di energia fossile ed è utilizzato principalmente per trasportare gas naturale su lunghe distanze dai paesi produttori ai paesi consumatori quando i gasdotti non sono realizzabili. La produzione mondiale di GNL è di 354,7 milioni di tonnellate (795,3 milioni di m³ in forma

liquida). I principali Paesi produttori di GNL sono il Qatar (21,9%), l'Australia (21,3%), gli Stati Uniti (9,5%) e la Russia (8,2%).

Il terminale GNL di Fos-sur-Mer (Fos Cavaou e Fos Tonkin) è uno degli unici punti di ricezione del GNL in Francia e in Europa. Gli altri terminali GNL francesi sono Montoir-de-Bretagne (Saint-Nazaire) e Dunkerque. Ce ne sono circa 20 in Europa.

Esistono diverse vie per la produzione di GNL verde (o bioGNL) a livello locale, corrispondenti a diversi processi di produzione di metano, che viene poi liquefatto:

- **Metanizzazione**, che permette di ottenere il metano dalla materia organica (spesso fanghi di depurazione degli impianti di depurazione o residui agricoli provenienti da bestiame o colture). Alcuni progetti sperimentali su piccola scala sono in corso in Francia e nel mondo, come il progetto BioGNVAL guidato da Engie a Valenton nel Val-de-Marne.



Figura 15 : Foto dell'impianto BioGNVAL (fonte: ADEME)

- **Metanazione dell'idrogeno verde**: è possibile produrre metano mediante una reazione di sintesi tra idrogeno (prodotto per elettrolisi dell'acqua) e monossido o biossido di carbonio (recuperato dai fumi di combustione di un consumatore industriale, ad esempio). Il progetto Jupiter 1000 a Fos-sur-Mer sta sperimentando questo modo di produrre metano, che sarà poi reiniettato nella rete del gas (nessuna liquefazione).
- **Pirogassificazione**, riscaldando materiali carbonacei (biomassa, rifiuti, spesso rifiuti di legno o plastica recuperati) ad alta temperatura (fino a 1500°C) con poco ossigeno, è possibile produrre un gas di sintesi (syngas) ricco di idrogeno e monossido di carbonio. Con la metanazione è poi possibile convertire questo gas di sintesi in metano. Questa tecnologia sta ancora emergendo e non è prevista per la produzione su larga scala di bioGNL a breve termine.

Riassumendo, ci sono diversi processi per la produzione di biometano. Tuttavia, l'uso di questo biometano sotto forma di bioGNL non è favorito da meccanismi di aiuto, ad esempio i bandi dell'ADEME per progetti sulla metanizzazione includono solo impianti di metanizzazione che reiniettano il gas nella rete o lo valorizzano nella cogenerazione. Inoltre, produrre GNL da queste piccole produzioni è ancora una sfida economica. Infatti, la costruzione di impianti di liquefazione su piccola scala penalizza il prezzo di costo e quindi la competitività economica del GNL prodotto, motivo per cui il GNL rimane ad oggi un combustibile fossile di produzione centralizzata.

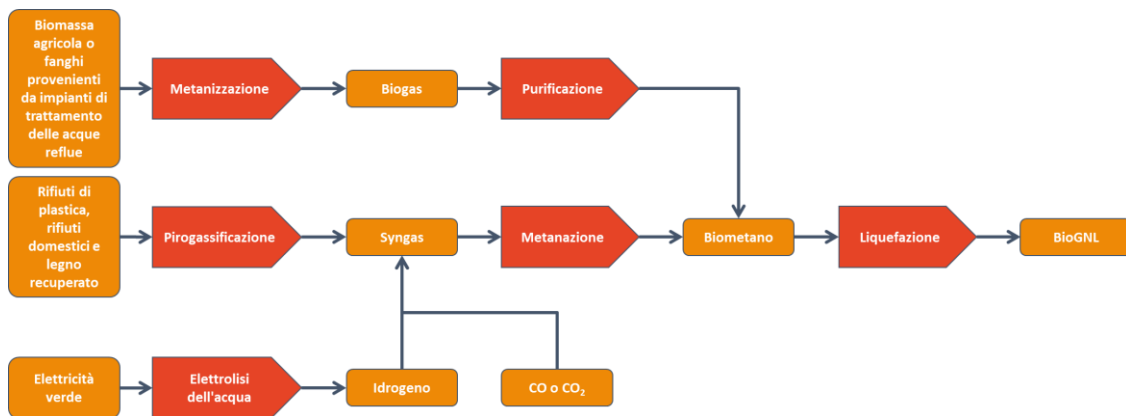


Figura 16 : Schema delle 3 catene di produzione bioGNL

3.3 Conclusioni

Possiamo identificare 3 zone ad alto consumo energetico, (elettricità e gas): Brégaillon, Le Castellet e una zona commerciale ad est di Tolone. Queste aree ad alto consumo sono principalmente consumatrici industriali e del terziario. Questi rappresentano una posta in gioco importante nell'obiettivo della transizione energetica ed ecologica del porto. È infatti fondamentale coinvolgere questi stakeholder per poter riuscire nella transizione energetica del territorio perché sono loro che possono attuare azioni ad alto impatto: riduzione dei consumi, produzione locale dal terreno disponibile e dai tetti degli edifici, anelli locali di cooperazione ed economia circolare tra consumatori vicini. Sulla base dei loro problemi e delle loro risorse, possono emergere progetti innovativi di transizione energetica. Il progetto HYNORVAR è un esempio di progetto che crea cooperazione tra diverse parti del territorio. Per garantire il successo di questo tipo di progetti è necessario chiarire i rapporti tra gli attori: chi produce energia, chi produce idrogeno, chi trasporta idrogeno, come vengono distribuiti la produzione e la remunerazione tra gli attori, ecc.

Sembra importante fare un inventario preciso dei principali consumatori di queste aree e contattarli per cercare di coinvolgerli in progetti territoriali e far emergere possibili collaborazioni.

Inoltre, più dati saranno recuperati da queste parti interessate, più questo migliorerà la nostra comprensione del comportamento su scala dell'area portuale e del suo hinterland.

4 Analisi del traffico navale

4.1 Approccio

Sulla base della storia completa degli scali al porto di Tolone che è stata fornita, è stata effettuata un'analisi della tipologia del traffico di Corsica Ferries e delle navi da crociera. L'analisi viene effettuata principalmente ordinando i dati in diversi modi per vedere le principali caratteristiche del traffico. Questi risultati permetteranno di stimare l'impatto dei traghetti e delle navi da crociera sui flussi energetici della zona e sul potenziale fabbisogno di approvvigionamento di GNL.

4.2 Analisi del traffico dei traghetti

Dalla storia degli scali di Corsica Ferries si possono evidenziare diversi punti.

Il numero di scali è quasi 3 volte maggiore in estate che in inverno (Figura 17).

Ciò è coerente, dato che le traversate sono legate ai periodi di vacanza. Dal punto di vista della logistica del rifornimento, l'integrazione del GNL può rendere più complessa la gestione delle consegne su chiatta, aumentando il numero delle consegne su chiatta da 2 a 3 diversi tipi di carburante, soprattutto in estate.

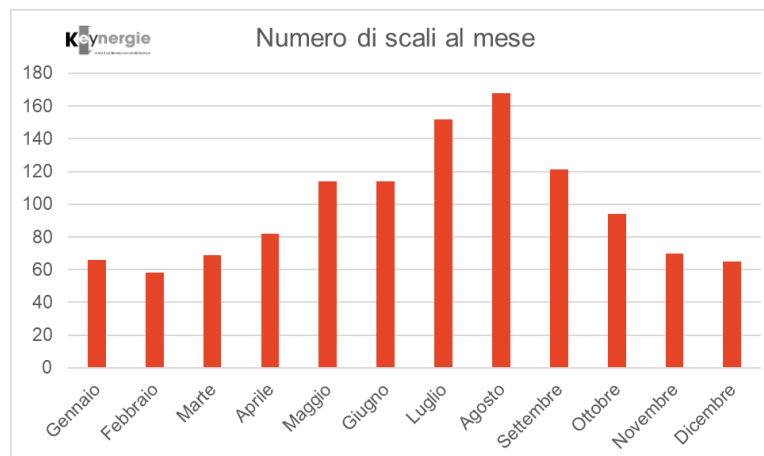


Figura 17 : Numero di scali mensili di traghetti nel porto di Tolone

- I collegamenti con la Corsica rappresentano più dell'80% dei viaggi durante tutto l'anno e tutti i viaggi in bassa stagione, da ottobre a marzo ((Figura 18 e Figura 19).

Poiché i tempi di traversata annunciati da Corsica Ferries sono più o meno gli stessi per le varie destinazioni in Corsica e in Sardegna, si può stimare che il consumo medio di energia delle navi varia poco, tranne che in estate, quando i collegamenti con le Baleari aumentano leggermente il consumo mensile di carburante (Figura 20). Infatti, questo è calcolato a partire dai consumi annuali, distribuiti in base al numero di viaggi a Tolone al mese, ponderati in base alla loro durata.

Questo approccio equivale ad attribuire il consumo di carburante dei traghetti al porto di arrivo; la destinazione dei traghetti in partenza da Tolone non è incluso nel calcolo. In altre parole, equivale a considerare che i traghetti fanno rifornimento in ogni porto di scalo per sostituire il carburante consumato per il viaggio appena completato.

Tuttavia, esattamente, il loro viaggio dovrebbe essere ponderato in base al tempo totale trascorso dall'ultimo rifornimento per corrispondere alla quantità di carburante aggiunta ai serbatoi dei traghetti. Tuttavia, non è possibile estrarre queste informazioni dai dati forniti. Tuttavia, la quantità totale di carburante consumata con i traghetti rimane invariata (totale fornito da Corsica Ferries), quindi l'impatto di questa ipotesi è probabilmente limitato.

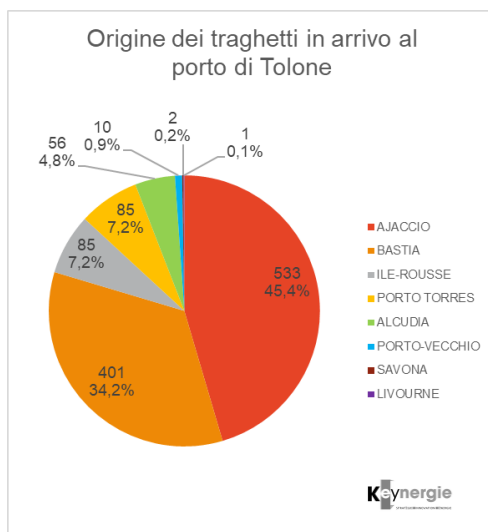


Figura 18 : Ripartizione delle origini dei traghetti che arrivano al porto di Tolone

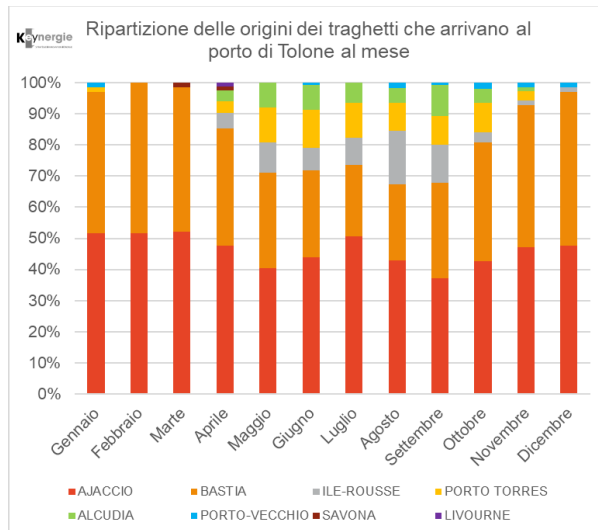


Figura 19 : Ripartizione mensile delle origini dei traghetti che arrivano al porto di Tolone

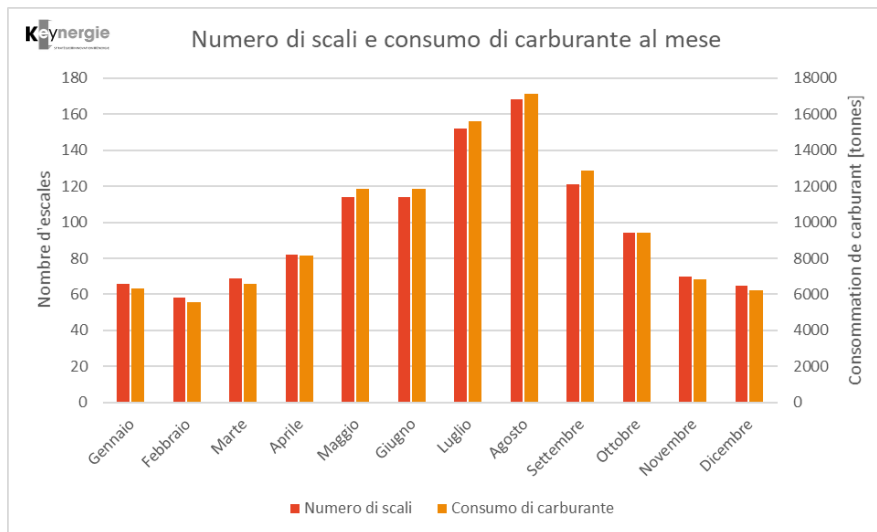


Figura 20 : Numero di scali e consumo di carburante al mese

- Non tutti i traghetti Corsica Ferries sono utilizzati allo stesso modo per i viaggi da e per Tolone.

Alcuni battelli di Corsica Ferries non fanno scalo a Tolone tutto l'anno (Figura 21), tra gli 8 che servono il porto, e il numero di scali per battello non è necessariamente costante o prevedibile (Figura 22) nel corso dell'anno. Non è possibile conoscere da queste informazioni solo le rotazioni delle navi. Ad esempio, alcuni traghetti potrebbero essere assegnati ad un collegamento fisso tra Tolone e un porto corso o ad una rotazione tra la Corsica e diversi porti continentali (ad esempio Tolone e Nizza) a seconda della domanda. Tuttavia, se Corsica Ferries dovesse sostituire solo una delle sue navi con una nave GNL, sarebbe imperativo che la nave fosse in grado di rifornirsi regolarmente di GNL nel porto di Tolone. Di seguito, per semplificare lo studio, considereremo quindi che una metaniera rappresenta 1/8 del consumo mensile.

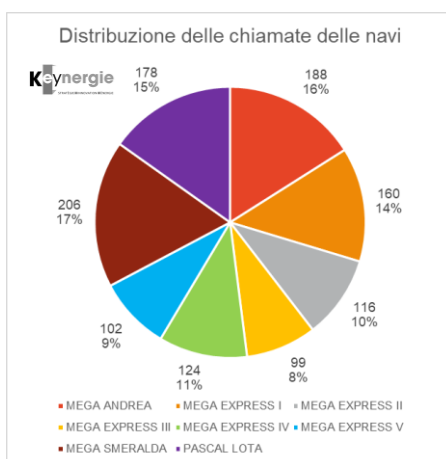


Figura 21 : Ripartizione dei porti di scalo per nave

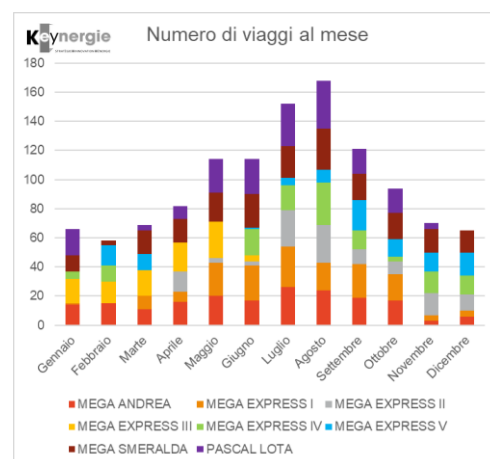


Figura 22 : Numero di collegamenti per barca e per mese

- La grande maggioranza delle porte di scalo può essere divisa in due gruppi: porte di scalo brevi (meno di 4 ore) e porte di scalo lunghe (più di 16 ore), come si può vedere nella Figura 24 e nella Figura 25.

Va notato che il conteggio qui effettuato non corrisponde a quello effettuato nello studio per l'elettificazione delle navi all'ormeggio, mentre i dati di input sono a priori gli stessi. I risultati ottenuti sono confrontati nella sezione seguente. Dopo la ricerca, sembrerebbe che la ragione delle differenze osservate rispetto allo studio precedente sia dovuta al fatto che, in quest'ultimo, sono stati considerati solo gli orari di arrivo e di partenza, e non l'orario esatto (12:00 invece di 12:25 per esempio). Ciò può in alcuni casi distorcere i risultati ottenuti, ma ciò non mette a priori in discussione le conclusioni generali dello studio, poiché le caratteristiche generali adottate per il dimensionamento degli impianti di connessione rimangono identiche. Di seguito sono riportati alcuni grafici corretti (Figura 26 e Figura 28 tratte dallo studio per l'elettificazione delle piattaforme, Figura 27 e Figura 29 per i grafici equivalenti corretti da Keynergie). Gli altri grafici non sono stati aggiornati.

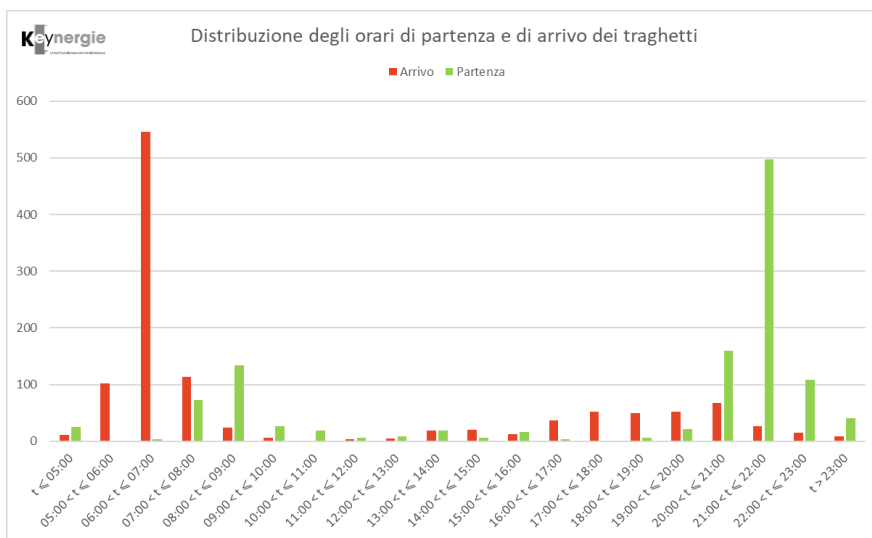


Figura 23 : Distribuzione degli orari di partenza e di arrivo dei traghetti

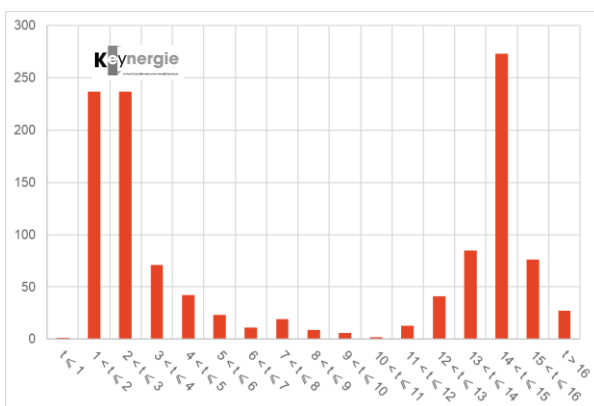


Figura 24 : Ripartizione dei tempi di sosta

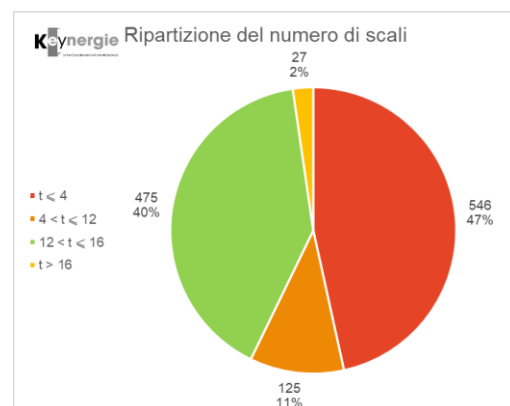


Figura 25 : Ripartizione dei tempi di sosta per categoria

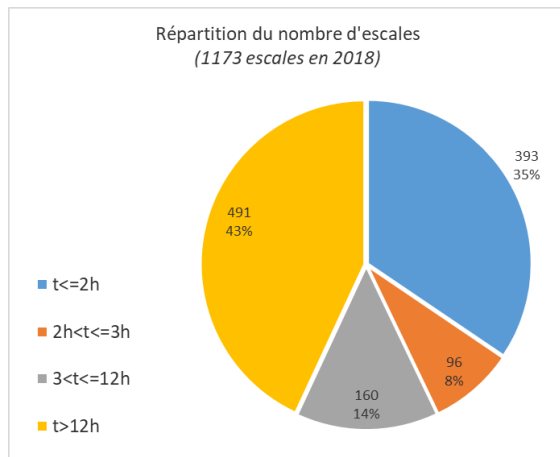


Figura 26 : Numero di scali per durata (estratto dallo studio sull'elettificazione delle imbarcazioni in banchina)

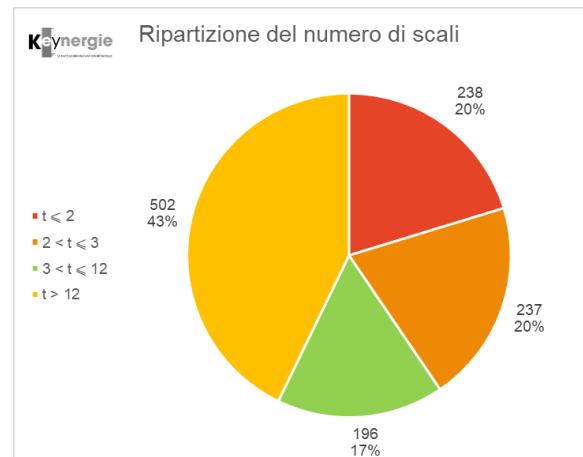


Figura 27 : Numero di scali per durata (risultati Keynergie con parametri identici)

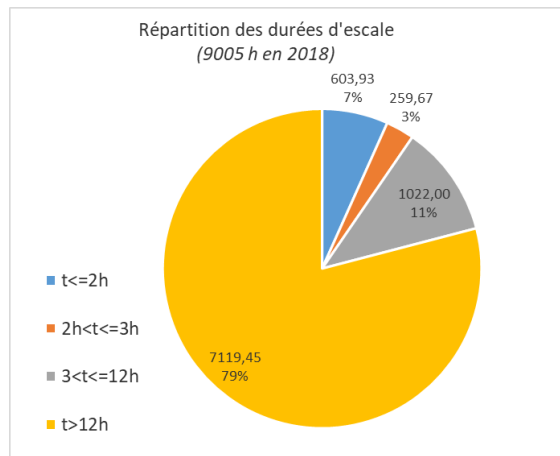


Figura 28 : Somma delle durate delle chiamate per tipo (studio dell'elettificazione delle imbarcazioni in banchina)

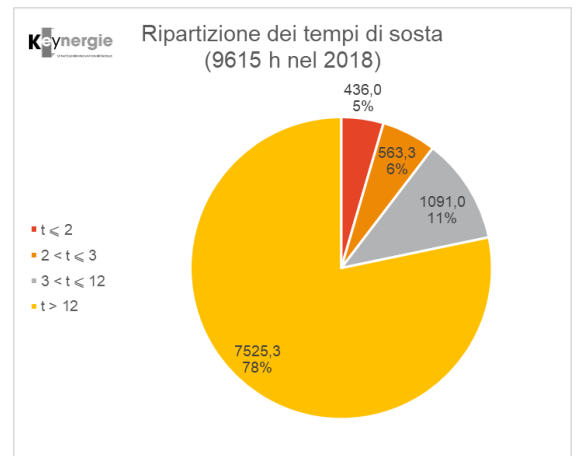


Figura 29 : Somma delle durate delle chiamate per tipo (risultati Keynergie con parametri identici)

4.3 Analisi del traffico delle navi da crociera

Lo stesso lavoro viene svolto per le navi da crociera, i dati qui riportati sono quelli relativi all'anno 2019, a differenza dei traghetti dove i dati forniti sono quelli relativi all'anno 2018. Di seguito si suppone che tra questi 2 anni non siano avvenuti cambiamenti di rilievo, in modo da poter confrontare il traffico dei 2 tipi di imbarcazioni.

Le principali caratteristiche del traffico delle navi da crociera sono le seguenti:

- Ci sono più navi nel periodo estivo ma la stagione dura fino a ottobre: nella Figura 30, possiamo vedere che il numero mensile di navi da crociera che fanno scalo a Tolone è significativo da maggio a ottobre.

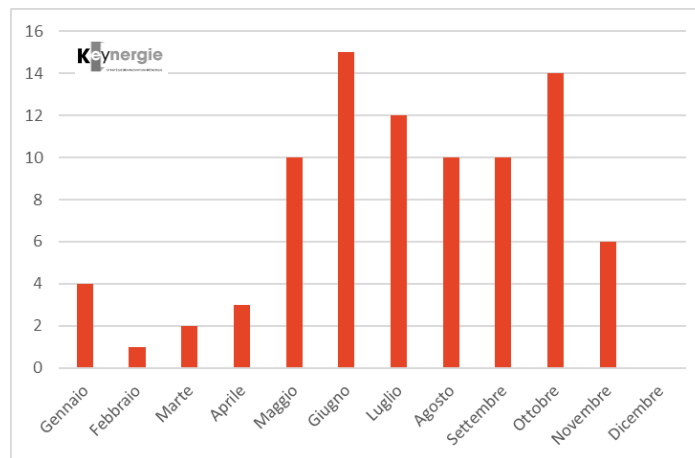


Figura 30 : Numero mensile di navi da crociera nel 2019

- Le navi rimangono ormeggiate durante il giorno: la Figura 31 e la Figura 32 mostrano che tutte le navi arrivano al mattino prima delle 09:00 e partono lo stesso giorno alla fine della giornata, dopo le 16:00 ore.

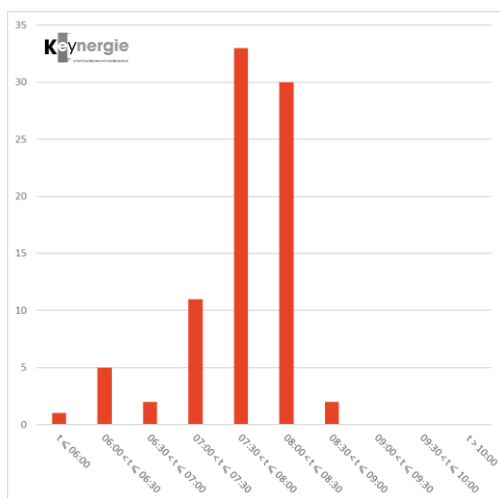


Figura 31 : Orari di arrivo delle navi da crociera

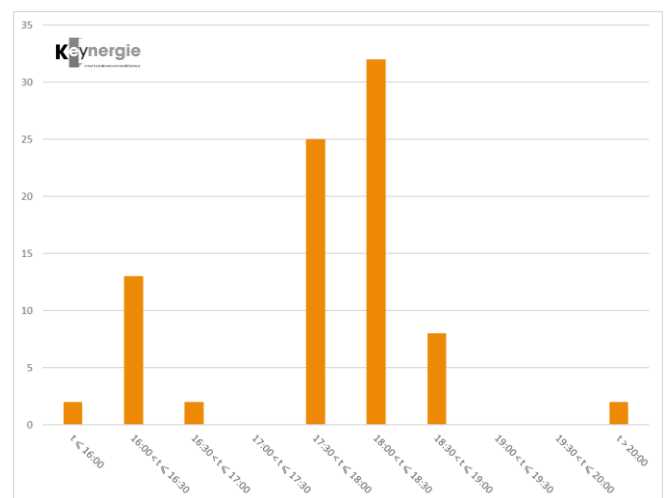


Figura 32 : Orari di partenza delle navi da crociera

- Molte compagnie e navi diverse possono attraccare a Tolone, solo 2 navi visitano il porto di Tolone più di dieci volte all'anno (Figura 33 e Figura 34).

Ciò può influenzare la strategia da adottare per costruire una pianificazione GNL per le navi da crociera. In effetti, sembra difficile convincere le compagnie a convertire le loro navi a GNL se si fermano a Tolone solo una o due volte all'anno. D'altra parte, Marella Cruises e Costa Croisières potrebbero essere interessate e sarebbe sicuramente rilevante includerle nelle riflessioni per costruire progetti comuni per lo spiegamento del GNL nel porto di Tolone.

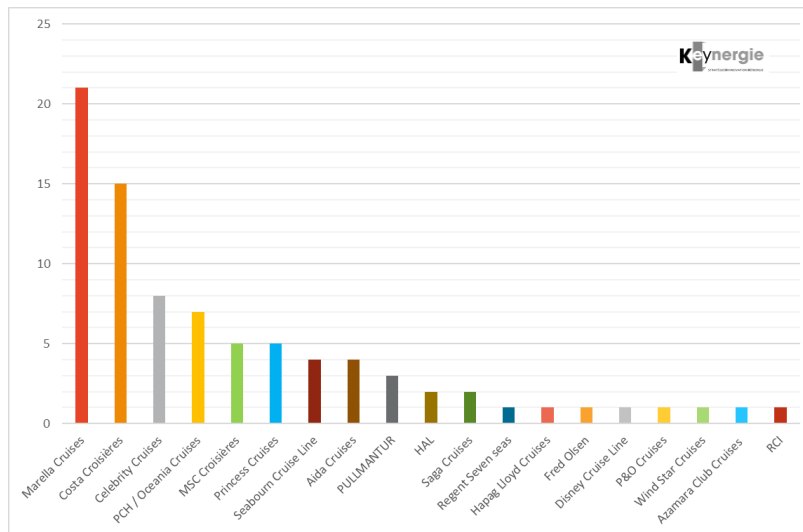


Figura 33 : Numero di scali per azienda

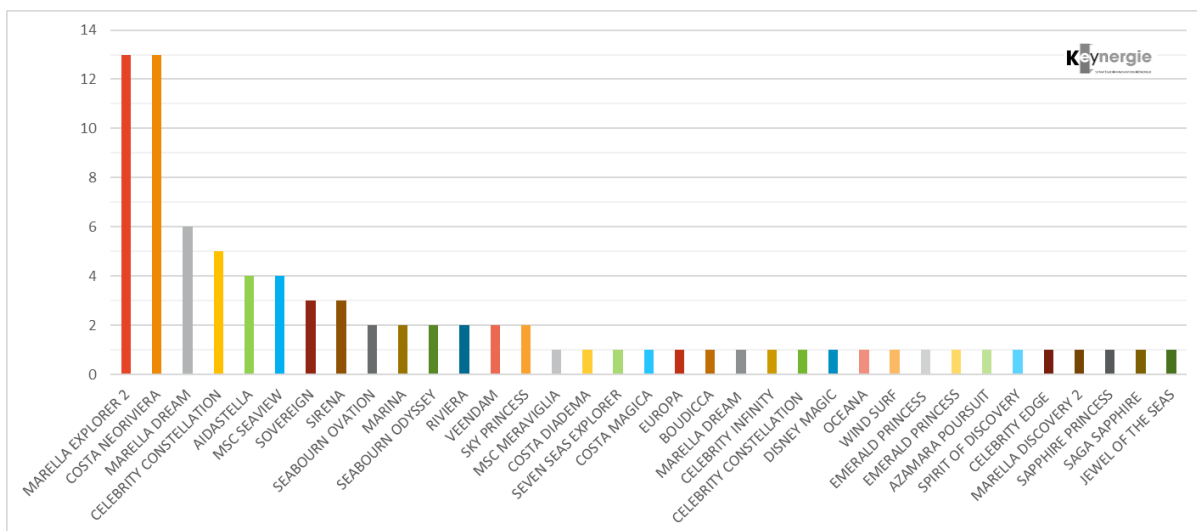


Figura 34 : Numero di scali per nave da crociera

4.4 Conclusioni

L'analisi del traffico dei traghetti ne rivela le principali caratteristiche: predominanza di collegamenti regolari con la Corsica, traffico molto più intenso nel periodo estivo e rotazioni delle navi difficilmente prevedibili.

Per completare questa analisi, potrebbe essere utile integrare i recenti cambiamenti nel traffico e i progetti di Corsica Ferries: aumento o diminuzione del traffico, nuovi servizi e destinazioni...

Nel caso di una conversione di un traghetti a GNL, la strategia di bunkeraggio prevista da Corsica Ferries dovrebbe essere conosciuta per far fronte ai suoi vincoli operativi e tecnici.

Per le navi da crociera, notiamo che molte barche si fermano solo una o due volte all'anno. Solo 2 barche fanno scalo regolarmente nella stagione estiva, Marella Cruises e Costa Croisières, che gestiscono queste



navi, sono le compagnie crocieristiche più attive a Tolone. Un targeting di queste aziende sembra indispensabile per ottenere un impegno fermo sulla conversione di un'imbarcazione.

5 Consumo stimato di GNL

5.1 Approccio

Per i traghetti, Corsica Ferries ha fornito il consumo annuale di carburante per i suoi traghetti, distinguendo tra i 2 tipi di carburante utilizzati (olio combustibile pesante e diesel marino leggero), così come il programma completo degli scali delle sue navi. Per ricostituire un consumo di carburante mensile o settimanale, consideriamo il numero di viaggi nello stesso mese e ogni viaggio è ponderato in base al numero di ore di viaggio dal porto di partenza, considerate proporzionali al consumo di carburante al primo approccio. È così possibile ricostituire un consumo mensile di carburante. Sulla base dei dati di consumo energetico dei traghetti di dimensioni comparabili, è possibile convertire il fabbisogno di carburante, inizialmente espresso in tonnellate, in fabbisogno energetico, ad esempio in MWh. Questo rende più facile manipolare queste quantità e convertirle in altri vettori energetici equivalenti.

Per le navi da crociera, la CCI ha fornito informazioni sui porti di scalo, ma non abbiamo accesso al consumo di queste navi perché finora non hanno fatto rifornimento a Tolone, quindi ci basiamo su ipotesi di rifornimento di GNL per porto di scalo per questo tipo di nave.

Per gli autocarri, si fa anche un'ipotesi sul numero di autocarri convertiti, prendendo il consumo dagli studi precedenti sul GNL.

Infine, questo fabbisogno energetico si traduce in un fabbisogno di GNL e il corrispondente flusso logistico (numero di chiatte, container su camion o treni) viene stimato sulla base di diverse ipotesi.

5.2 Consumo di traghetti

5.2.1 Dati e ipotesi

	Olio combustibile pesante	Diesel marino leggero	GNL
Densità in kg/m ³	995 ¹	890 ¹	445 ¹
Consumo specifico in kg/kWh	0,1905 ²	0,175 ²	0,1423 ²
Volume di una chiatte per il trasporto di GNL in m ³	3 000		
Volume di un contenitore per il trasporto di GNL in m ³	46		

Tabella 3 : Dati e ipotesi sul carburante dei traghetti e sul GNL

5.2.2 Risultati

Con queste ipotesi, il consumo annuo di GNL è stimato a 11.125 tonnellate per un traghetto convertito in GNL. Ciò rappresenta 25.000 m³ di GNL, ovvero 8,3 chiatte o 544 container standard all'anno. Tenendo

¹ Données issues de la loi de finances énergie environnement, Chambre syndicale du Raffinage (CSR), spécifications légales des carburants

² Données issues de MAN Diesel & Turbo et du International Council of Clean Transportation (ICCT) d'après données constructeurs

conto della variazione stagionale dei consumi, ciò corrisponde a circa 1 chiatta al mese o 70 contenitori in estate e 0,4 chiatte o 30 contenitori al mese in inverno (dalla Figura 35 alla Figura 37).

Consumo annuo di GNL in tonnellate	11 125
Volume equivalente in m ³	25 000
Numero equivalente di chiatte	8,3
Numero equivalente di contenitori	544

Tabella 4 : Riepilogo del consumo di GNL per un traghetto

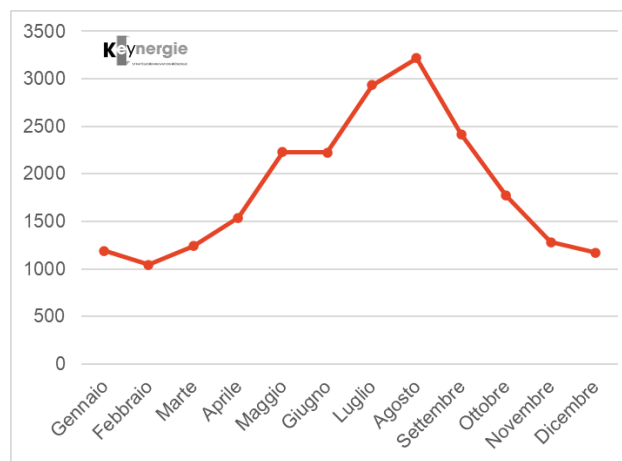


Figura 35 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto in tonnellate

I grafici seguenti presentano gli stessi dati del grafico precedente ma presentati in un'unità diversa per una migliore leggibilità.

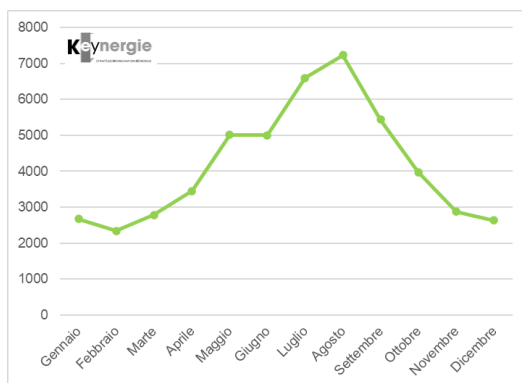


Figura 36 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto in m³

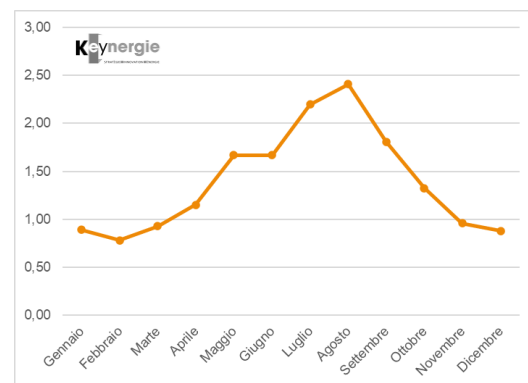


Figura 37 : Consumo potenziale di GNL al mese per un traghetto per numero di chiatte

5.3 Consumo delle navi da crociera

Si presume che ogni nave da crociera convertita a GNL che fa scalo nel porto di Tolone faccia rifornimento con 3000 m³ di GNL. Questa ipotesi è stata fornita dalla CCI e potrebbe essere necessario adattarla in base alle esatte caratteristiche delle navi da crociera convertite.

Si considera che solo la nave che fa più chiamate a Tolone viene convertita a GNL, quindi possiamo scegliere i dati di chiamata della Marella Explorer 2 o della Costa Neoriviera con 13 chiamate all'anno

ciascuna. Scegliamo la Costa Neoriviera che fa tappa a Tolone solo da giugno a ottobre (2 o 3 scali al mese) mentre la Marella Explorer 2 va da aprile a ottobre (1 o 2 scali al mese), meno penalizzante per la logistica di approvvigionamento.

Con queste ipotesi, il consumo annuo di GNL per una nave da crociera è stimato in 17.355 tonnellate. Ciò rappresenta 39.000 m³ di GNL, ovvero 13 chiatte o 848 container standard all'anno. Con le ipotesi utilizzate, ogni scalo corrisponde esattamente al bunkeraggio di una chiatta di GNL completa. Si può notare che, anche se la nave da crociera fa molto meno scali nel porto di Tolone, tuttavia, consuma una quantità di carburante maggiore di quella di un traghetto. In effetti, le navi da crociera sono più grandi e offrono più servizi ai loro passeggeri, il che implica un maggiore consumo di energia.

In sintesi, i risultati sono i seguenti:

Consumo annuo di GNL in tonnellate	17 355
Volume equivalente in m ³	39 000
Numero equivalente di chiatte	13
Numero equivalente di contenitori	848

Tabella 5 : Requisiti di GNL per una nave da crociera

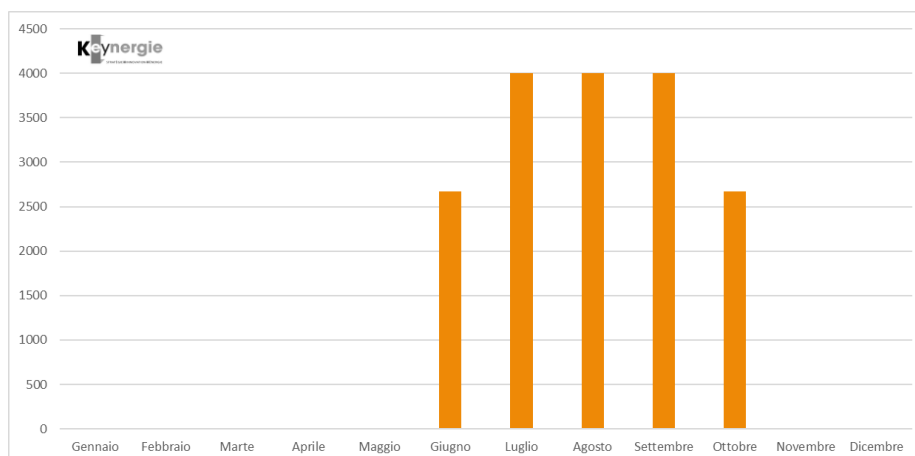


Figura 38 : Requisiti di GNL per una nave da crociera (in tonnellate)

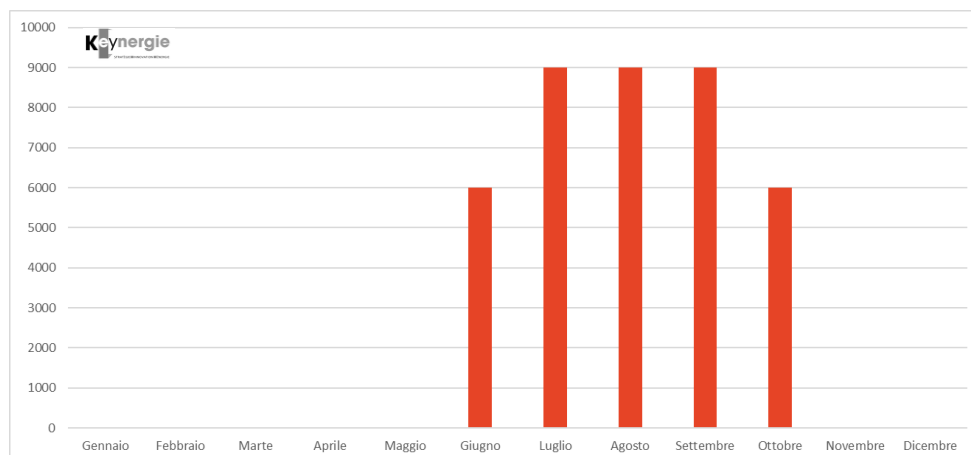


Figura 39 : Requisiti di GNL per una nave da crociera (in m³)

5.4 Consumo di autocarri

Lo studio SIGNAL illustra in dettaglio le ipotesi sulle esigenze di una flotta di autocarri a GNL entro il 2030 e sulla regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra. Lo studio prevede un fabbisogno annuo compreso tra 40.000 e 80.000 tonnellate di GNL per circa 2.300 camion. Tuttavia, il quadro del presente studio è più incentrato sul porto di Tolone e dintorni e non sull'intera regione. Pertanto, si presume che 100 autocarri convertiti a GNL farebbero rifornimento nell'area di studio. Ciò è coerente con l'ipotesi di dispiegare una stazione di autocarri per GNL nel 2030 a Tolone, che permetterà di convincere diverse aziende industriali della zona a convertire parte della loro flotta a GNL a partire da quella data.

Si presume che questi consumi siano costanti durante tutto l'anno e non soggetti a stagionalità.

La quantità di GNL consumata dai camion si avvicina alle 3 500 tonnellate, una quantità molto inferiore a quella richiesta per navi, traghetti o navi da crociera. Tuttavia, rappresenta ancora l'equivalente di 550 contenitori all'anno, ossia quasi dieci alla settimana.

Consumo annuo di GNL in tonnellate	3 455
Volume equivalente in m ³	7 763
Numero equivalente di chiatte	2,6
Numero equivalente di contenitori	169

Tabella 6 : Requisiti GNL per autocarri

5.5 Consumo totale

La somma dei consumi precedenti è presentata utilizzando le seguenti ipotesi:

- 2 Traghetti Corsica Ferries LNG
- 1 nave da crociera a GNL
- 100 autocarri GNL

Il consumo totale in questo scenario è quindi superiore a 43 000 tonnellate, ovvero quasi 100 000 m³. I 2 traghetti rappresentano la metà del fabbisogno e la nave da crociera il 40% del fabbisogno. La stagionalità, e in particolare gli scali delle navi da crociera concentrati nel periodo estivo hanno un forte impatto sui flussi di GNL consumati, raggiungendo oltre 7 000 tonnellate nel periodo estivo, contro le circa 1 500 della bassa stagione.

Consumo annuo di GNL in tonnellate	43 059
Volume equivalente in m ³	96 762
Numero equivalente di chiatte	32,3
Numero equivalente di contenitori	2 104

Tabella 7 : Requisiti del GNL nello scenario selezionato

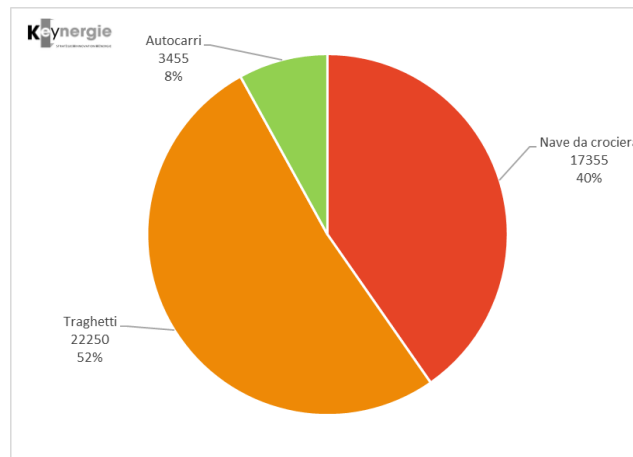


Figura 40 : Distribuzione dei requisiti di GNL in base all'uso

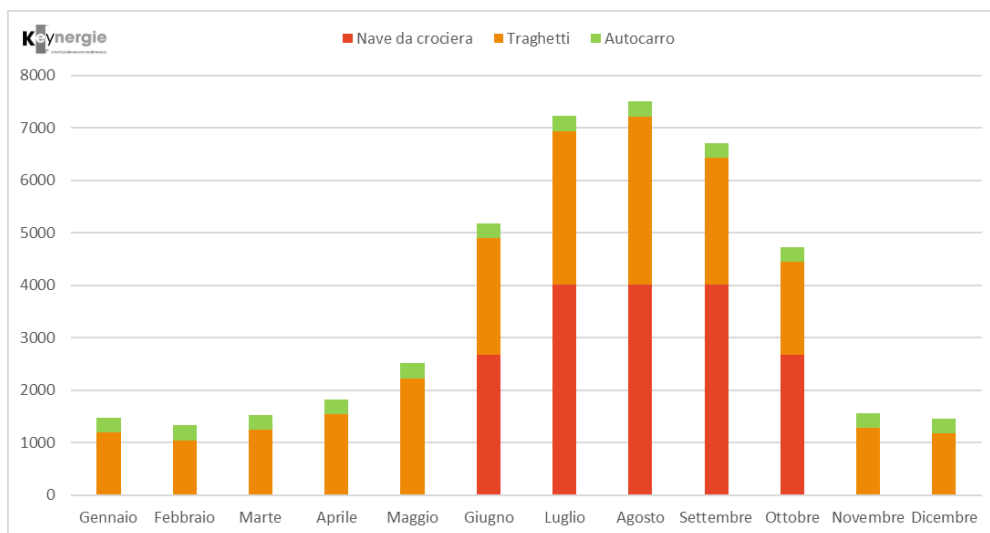


Figura 41 : Flusso mensile in tonnellate di consumo di GNL nello scenario selezionato

5.6 Logistica di approvvigionamento

Il requisito totale di GNL nello scenario è di circa 2.100 contenitori o 32 chiatte. Tenendo conto delle variazioni stagionali, ciò rappresenta fino a 12 contenitori al giorno e più di una chiatte alla settimana nei mesi estivi.

Lo studio SIGNAL ha descritto la capacità di fornitura per contenitori dei 2 terminali di Fos-sur-Mer (vedi Tabella 8). Questi dati forniscono la capacità di carico disponibile di container GNL che potrebbe essere utilizzata per soddisfare le esigenze di Tolone, questa capacità aggiuntiva è di 281.000 tonnellate, e quasi 600.000 tonnellate con l'estensione del terminal di Cavaou menzionato nello studio SIGNAL.

Nello scenario proposto, il fabbisogno di GNL è di 43.000 tonnellate, che è inferiore alla capacità disponibile del terminale di Fos-sur-Mer. Si può quindi pensare di fornire solo contenitori, anche senza l'estensione Fos Cavaou. Tuttavia, l'uso della fornitura di chiatte sembra essere interessante per limitare i viaggi dei camion fornendo uno stock tampone nel porto di Tolone. Lo stock dovrebbe essere in grado di

fornire almeno una nave da crociera (ipotesi di 3 000 m³, cioè una chiatta completa) e traghetti per una settimana. L'equivalente di 2 chiatte sembrerebbe quindi essere un minimo.

Ipotizzando la produzione locale di bioGNL, possiamo notare che il consumo di navi (traghetti o navi da crociera) è molto elevato in relazione alla produzione potenziale di biometano. Ad esempio, come indicato nel paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, la produzione di metano dell'impianto di trattamento delle acque reflue di Marsiglia si avvicina ai 20 GWh per un anno quasi completo. Questo rappresenta solo il 25% del fabbisogno energetico di un singolo traghetto. L'impianto più importante³ della rete GRDF raggiunge i 28 GWh nel 2019, che rappresenta solo 1/3 del fabbisogno di un traghetto. D'altra parte, il fabbisogno di circa 100 autocarri convertiti a GNL è stimato in 20 GWh, che potrebbe essere compatibile con una fornitura locale di gas con un impianto di metanizzazione di dimensioni paragonabili a quello di Marsiglia.

Si prevede di installare entro il 2030 una stazione di rifornimento di GNL per il rifornimento dei camion nella zona del porto di Tolone. La capacità prevista di questa stazione è di 50 riempimenti al giorno, ovvero 21 tonnellate di GNL al giorno. In base a queste ipotesi, nello scenario adottato, la stazione verrebbe utilizzata a circa il 45% della sua capacità massima.

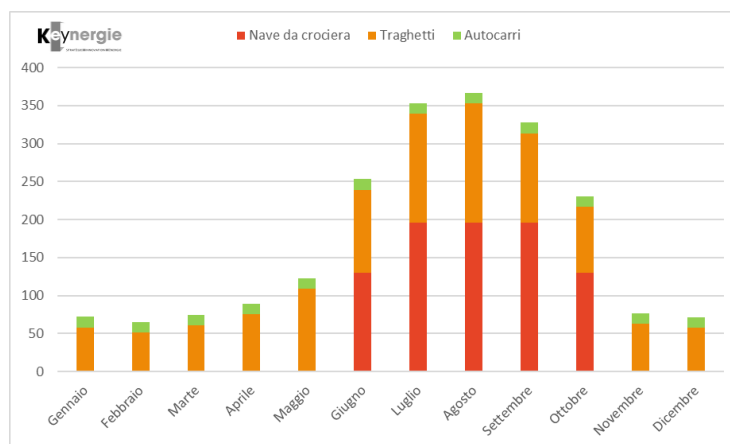


Figura 42 : Numero mensile di contenitori nello scenario proposto

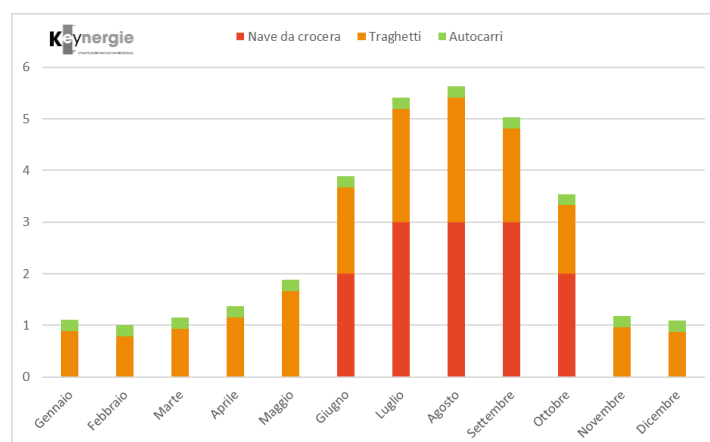


Figura 43 : Numero mensile di chiatte nello scenario proposto

³ Installazione per la metanizzazione dei rifiuti agricoli a Thennelières nella regione dell'Aube

	Fos Tonkin	Fos Cavaou	Estensione Fos Cavaou	Totale (+ estensione)
Capacità massima	190 000 t	210 000	+ 315 000 t	400 000 t (+315 000 t)
Tasso di utilizzo attuale	60%	4%	NA	30%
Capacità supplementare	79 000 t	202 000 t	315 000 t	281 000 t (+315 000 t)

Tabella 8 : Capacità del terminale di Fos-sur-Mer (Tonkin e Cavaou)

5.7 Conclusioni

Il consumo totale di GNL nello scenario proposto è di 43.000 tonnellate, che corrisponde a più di 32 chiatte di GNL di 3.000 m³ all'anno.

Il volume da trasportare è maggiore nel caso del GNL rispetto all'olio combustibile (+66% circa), penalizzato dalla sua densità, che è quasi il doppio di quella dell'olio combustibile. Questo aumento porta anche ad un aumento del numero di viaggi di rifornimento, su chiatta o camion. È necessario garantire che questo aumento non comporti difficoltà per la logistica dell'approvvigionamento di carburante e per la gestione complessiva del porto.

Un'alimentazione solo tramite container via Fos-sur-Mer è teoricamente possibile, con le capacità disponibili, il tasso di utilizzo dei 2 terminali è quindi del 45%. Tuttavia, è necessario fare attenzione a non avere troppi altri progetti di distribuzione di GNL su larga scala nella regione, che comporterebbero una domanda molto elevata per le strutture di Fos-sur-Mer. L'uso di una chiatta potrebbe limitare il numero di viaggi dei camion che sarebbero necessari per spostare i container di GNL.

Uno stock tampone appare indispensabile, soprattutto in caso di conversione di una nave da crociera, poiché potrebbe consumare fino a 3.000 m³ in ciascuno dei suoi porti di scalo. Il bunkeraggio di una nave da crociera con il solo camion rappresenterebbe l'equivalente di 65 container da scaricare uno dopo l'altro, tra il suo arrivo al mattino e la sua partenza nel pomeriggio. Lo stock tampone dovrebbe quindi consentire di alloggiare una nave da crociera e mantenere un margine supplementare per il fabbisogno di traghetti. Nello scenario studiato, l'equivalente di 2 bunkeraggi di navi da crociera sembra rilevante.

Una chiatta potrebbe essere un sostituto di uno stock fisso a terra, ma allora sarebbe necessario assicurarsi che una chiatta sia permanentemente presente nel porto. Sarebbero quindi necessarie almeno 2 chiatte per la rotazione. Una chiatta potrebbe anche semplificare la gestione di uno stock di buffer, in quanto una singola chiatta potrebbe trasportare l'equivalente dei requisiti di uno scalo di una nave da crociera.

L'uso di bioGNL non sembra essere sufficiente per fornire carburante a navi, traghetti o crociere. Si potrebbe considerare l'utilizzo del bioGNL per i camion, in quanto il consumo energetico di una flotta di circa 100 camion è dello stesso ordine di grandezza della produzione di un impianto di trattamento delle acque reflue delle dimensioni di quello di Marsiglia. Tuttavia, è ancora necessario uno studio economico per confrontare questa soluzione con la reiniezione del biometano nella rete.

6 Studio idrogeno

NB: I seguenti dati sono forniti per un traghetto 100% H₂, da confrontare facilmente con lo studio LNG, tuttavia non vengono presi in considerazione aspetti tecnici o pratici⁴ relativi alla progettazione di un traghetto 100% H₂. Il caso di una nave da crociera al 100% H₂, essendo ancora meno concepibile a medio termine, non viene trattato in questa sede.

6.1 Approccio

Come per il GNL, è possibile tradurre il consumo di carburante in fabbisogno di idrogeno.

Dai dati di soleggiamento provenienti dalle misurazioni satellitari della rete europea Copernicus è possibile stimare la massima produzione elettrica dei pannelli solari installati nella regione di Tolone (in questo caso i pannelli sono considerati installati sul Plateau de Signes). Da questo valore e dal consumo energetico di un elettrolizzatore, il fabbisogno di idrogeno può essere tradotto nella produzione fotovoltaica necessaria per la produzione di un idrogeno 100% energia rinnovabile.

Inoltre, nel caso specifico del trasporto marittimo, l'utilizzo dell'idrogeno prodotto dal "steam reforming" degli idrocarburi fossili può essere interessante dal punto di vista ambientale, nonostante il bilancio di carbonio piuttosto pesante di questa operazione (oltre 10 kg di CO₂ per 1 kg di H₂ prodotto). Infatti, la sostituzione permette di eliminare completamente le emissioni di particelle fini, ossido di azoto e zolfo durante il suo utilizzo a bordo della nave (anche se il steam reforming emette quantità di ossido di azoto e zolfo simili alla combustione del gas naturale), nonché di ridurre le emissioni complessive di CO₂ (vedi bilancio del carbonio nel paragrafo 7.1.3).

6.2 Analisi

6.2.1 Dati e ipotesi

Efficienza dell'elettrolizzatore in kWh _e /kg _{H2}	56 ⁵
Efficienza delle celle a combustibile in kWh _e /kg _{H2}	16 ⁵
Densità dell'idrogeno liquido in kg/m ³	71
Densità di idrogeno a 700 bar in kg/m ³	42

6.2.2 Requisiti dell'idrogeno

Con queste ipotesi, il consumo annuo di H₂ è stimato a 4.890 tonnellate per un traghetto convertita al 100% di H₂. Ciò rappresenta 68.800 m³ di H₂ liquefatto, cioè 23 chiatte o 1.500 contenitori standard, o considerando H₂ gassoso a 700 bar, 116.300 m³, cioè 39 chiatte (anche se l'idrogeno compresso non è a priori trasportato da chiatte) o 2.530 contenitori.

⁴ Attualmente non ci sono traghetti 100% H₂ di dimensioni paragonabili ai traghetti di Corsica Ferries in servizio o in costruzione. Sono in funzione alcuni dimostratori di shuttle e vengono annunciati piani soprattutto per le imbarcazioni più piccole. Sarebbe sicuramente più coerente prendere in considerazione traghetti ibridi con una quota minoritaria di idrogeno.

⁵ Données ADEME 2020

	H ₂ liquefatto	H ₂ gassoso
Consumo annuo di H ₂ in tonnellate	4 890	
Volume equivalente in m ³	68 800	116 300
Numero equivalente di chiatte	23	29
Numero equivalente di contenitori	1 500	2 530

Tabella 9 : Riepilogo del consumo di H₂ per un traghetto

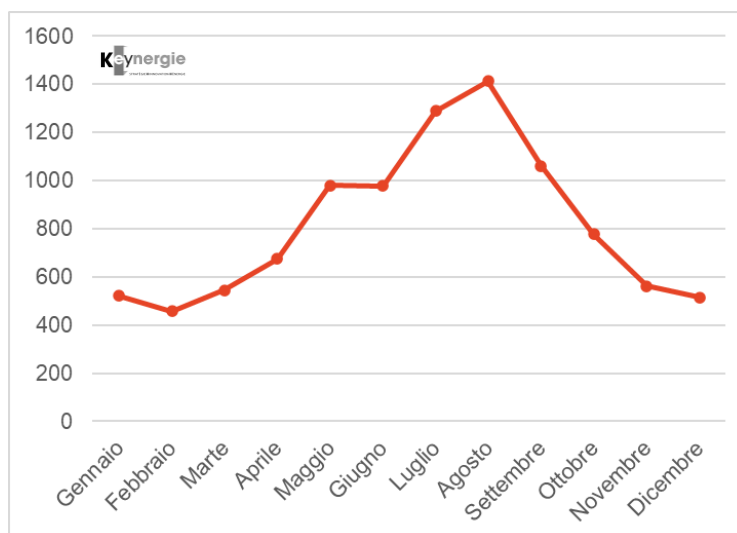


Figure 44 : Consumo potenziale di idrogeno al mese

6.2.3 Generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili equivalenti

La produzione fotovoltaica massima teorica sull'altopiano di Signes è di circa 1,6 MWh/kWp installati, molto favorevole rispetto alla media francese, circa 1,1 - 1,2 MWh/kWp.

Il fabbisogno di idrogeno precedentemente stabilito, tenendo conto del consumo energetico di un elettrolizzatore, equivale alla produzione totale di 167 MWp di pannelli solari, abbinati ad elettrolizzatori della stessa potenza.

A titolo di confronto, in Francia, i 3 maggiori parchi solari fotovoltaici sono:

- La centrale solare Cestas di Gironde, entrata in funzione nel 2015, con una potenza installata di 300 MWp.
- La centrale solare di Toul-Rosières a Meurthe-et-Moselle, entrata in funzione alla fine del 2012, con una potenza installata di 115 MWp
- La centrale solare del Colle des Mées nelle Alpes-de-Haute-Provence sull'altopiano di Valensole, entrata in funzione nel 2011, con una potenza installata di 100 MWp

I progetti per l'impiego di elettrolizzatori in Francia rimangono per il momento limitati e sono di potenza relativamente bassa (circa 1 MW, come nel caso di Jupiter 1000 per esempio).

L'ordine di grandezza ottenuto sembra quindi troppo elevato per essere realistico. Sarebbe sicuramente più rilevante considerare i traghetti ibridi con una quota minoritaria di idrogeno nella loro propulsione,

che sarebbero necessari ad esempio durante le manovre e i parcheggi nei porti (a meno che, ovviamente, non ci sia un collegamento in banchina).

Tuttavia, è interessante notare che i requisiti sono relativamente ben correlati con la luce del sole (Figura 45), il che permetterebbe di limitare le scorte tampone, poiché la produzione mensile è vicina al consumo mensile (Figura 46).

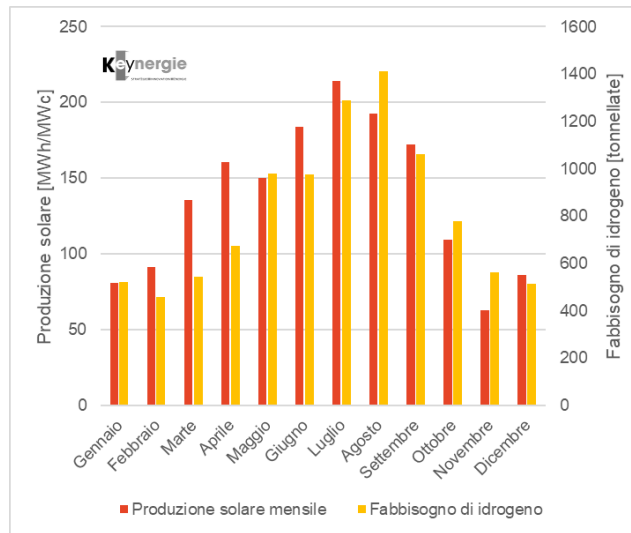


Figura 45 : Produzione solare e fabbisogno di idrogeno al mese

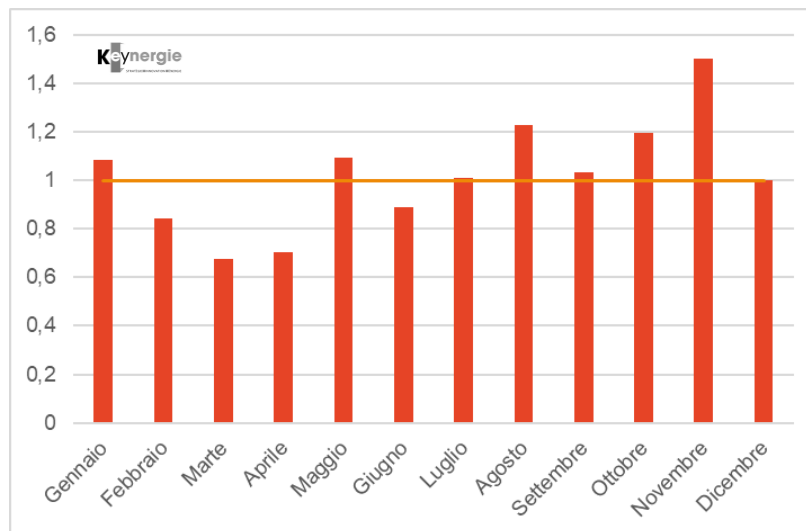


Figura 46 : Rapporto tra il fabbisogno mensile di idrogeno e la produzione mensile

6.3 Conclusioni

Considerato lo stato attuale delle tecnologie e dei modelli disponibili sul mercato, non è possibile prevedere un traghetto di dimensioni paragonabili a quelle di Corsica Ferries alimentato al 100% a idrogeno. Il problema della congestione è ancora più importante che nel caso del GNL. Infatti, sia per lo stoccaggio a terra che nei serbatoi delle navi, l'idrogeno rimane estremamente scarso e i volumi richiesti

sono molto più elevati che nel caso dell'olio combustibile (volume moltiplicato per 4,5 rispetto all'olio combustibile per l'idrogeno e 1,6 per il GNL).

L'unica alternativa praticabile per l'uso dell'idrogeno nei traghetti a medio termine sembra essere quella di prendere in considerazione l'ibridazione e di progettare una nave H₂ al 10%, ad esempio.

Una strada più rilevante sarebbe quella di considerare gli autocarri a idrogeno più vicini alla fase di commercializzazione e di diffusione su larga scala. Le esigenze sarebbero soddisfatte più facilmente con la produzione locale basata sull'elettrolisi e la produzione fotovoltaica. I dettagli della necessità di una flotta di autocarri a idrogeno potrebbero essere chiariti se si raccogliessero dati più precisi sulle flotte di autocarri nella zona e se alcuni operatori del settore esprimessero interesse.

7 Conclusion generale

7.1 *Analisi dei vettori energetici*

7.1.1 Consumo di elettricità e gas

Sul territorio studiato possiamo identificare 3 aree ad alto consumo energetico, (elettricità e gas): Brégaillon, Le Castellet e una zona di attività ad est di Tolone. Queste aree ad alto consumo includono principalmente i consumatori industriali e del terziario. Questi rappresentano una posta in gioco importante nell'obiettivo della transizione energetica ed ecologica del porto.

La transizione energetica del territorio richiede un maggiore coinvolgimento di questi attori che possono attuare azioni ad alto impatto: riduzione dei consumi, produzione locale da terreni disponibili e tetti edificabili, anelli locali di cooperazione ed economia circolare tra consumatori vicini.

L'analisi dei consumi di questi attori su scale temporali più fini (con il loro consenso) e delle risorse permetterà di far emergere progetti innovativi di transizione energetica. Il progetto HYNORVAR, che crea cooperazione tra più parti del territorio, è un'illustrazione della tipologia di progetti che potrebbero emergere. Per garantire il successo di queste iniziative, è necessario chiarire i rapporti tra gli attori: chi produce l'energia, chi produce l'idrogeno, chi trasporta l'idrogeno, come vengono distribuite la produzione e la remunerazione tra gli attori, ecc.

È quindi indispensabile fare un inventario preciso dei principali consumatori di queste aree e contattarli per cercare di coinvolgerli in progetti territoriali e per far emergere eventuali collaborazioni.

I dati, che possono essere recuperati da questi attori con il loro consenso, e le analisi che possono essere effettuate sulla base di questi dati permetteranno, da un lato, di migliorare l'efficienza energetica di questi consumatori e, dall'altro, di sviluppare una comprensione più dettagliata dei comportamenti su scala dell'area portuale e del suo entroterra. Questi passi sono essenziali per identificare le azioni e i progetti da avviare.

7.1.2 Impatto logistico delle sostituzioni dei vettori energetici

Date le differenze nella densità energetica, ogni vettore energetico ha un impatto specifico dal punto di vista logistico.

Per l'energia equivalente, il GNL e l'idrogeno rappresentano una massa inferiore rispetto all'olio combustibile (rispettivamente -25% e -66%), ma in termini di volume, l'olio combustibile è ancora la soluzione più densa di energia.

Il GNL rappresenta un aumento del 66% del volume totale consumato, e l'idrogeno, che qui ha una densità molto bassa, rappresenta un aumento di 4,5 volte il volume consumato in forma liquefatta e quasi un aumento di otto volte in forma compressa rispetto all'olio combustibile. Questi maggiori volumi possono penalizzare la logistica di approvvigionamento delle navi e lo stoccaggio di scorte di riserva per questi vettori energetici (dimensioni dei serbatoi a terra e a bordo delle navi), in quanto lo spazio è spesso più limitato del peso.

Un'alimentazione solo tramite container via Fos-sur-Mer è teoricamente possibile, con le capacità disponibili, il tasso di utilizzo dei 2 terminali è quindi del 45%. Tuttavia, è necessario fare attenzione a non avere troppi altri progetti di distribuzione di GNL su larga scala nella regione, che comporterebbero una domanda molto elevata per le strutture di Fos-sur-Mer. L'uso di una chiatta potrebbe limitare il numero di viaggi dei camion che sarebbero necessari per spostare i container di GNL.

Uno stock tampone appare indispensabile, soprattutto in caso di conversione di una nave da crociera, poiché potrebbe consumare fino a 3.000 m³ in ciascuno dei suoi porti di scalo. Il bunkeraggio di una nave da crociera con il solo camion rappresenterebbe l'equivalente di 65 container da scaricare uno dopo l'altro, tra il suo arrivo al mattino e la sua partenza nel pomeriggio. Lo stock tampone dovrebbe quindi consentire di alloggiare una nave da crociera e mantenere un margine supplementare per il fabbisogno di traghetti. Nello scenario studiato, l'equivalente di 2 bunkeraggi di navi da crociera sembra rilevante.

Una chiatta potrebbe essere un sostituto di uno stock fisso a terra, ma allora sarebbe necessario assicurarsi che una chiatta sia permanentemente presente nel porto. Sarebbero quindi necessarie almeno 2 chiatte per la rotazione. Una chiatta potrebbe anche semplificare la gestione di uno stock di buffer, in quanto una singola chiatta potrebbe trasportare l'equivalente dei requisiti di uno scalo di una nave da crociera.

L'uso di bioGNL non sembra essere sufficiente per fornire carburante a navi, traghetti o crociere. Si potrebbe considerare l'utilizzo del bioGNL per i camion, in quanto il consumo energetico di una flotta di circa 100 camion è dello stesso ordine di grandezza della produzione di un impianto di trattamento delle acque reflue delle dimensioni di quello di Marsiglia. Tuttavia, è ancora necessario uno studio economico per confrontare questa soluzione con la reiniezione del biometano nella rete.

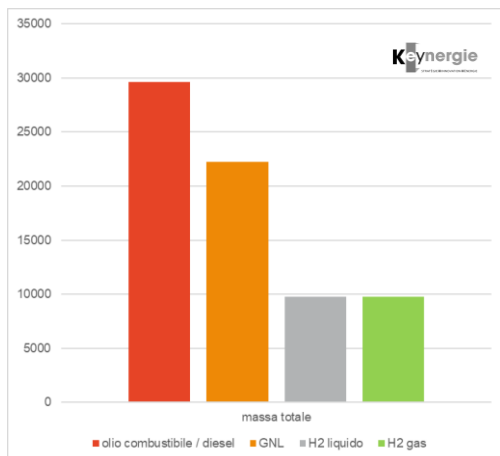


Figura 47 : Massa annua di carburante consumata (per tipo di carburante) da un traghetto

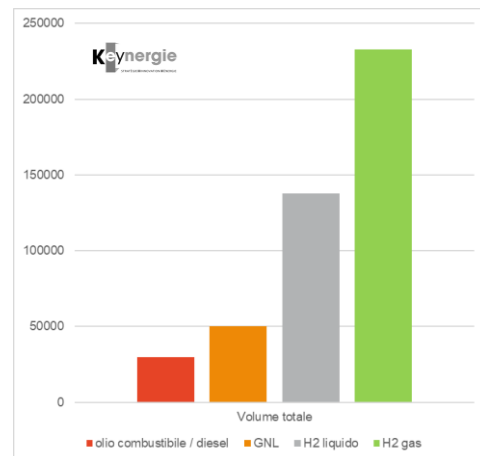


Figura 48 : Volumi annui di carburante consumati (per tipo di carburante) da un traghetto

7.1.3 Impronta di carbonio delle diverse soluzioni considerate per i traghetti

Le emissioni di CO₂ di ogni soluzione possono essere confrontate prendendo i fattori di emissione trattenuti da ADEME sulla base dei " bilans GES⁶ " per ciascuno dei vettori energetici utilizzati.

⁶ <https://bilans-ges.ademe.fr/>

Questo studio viene effettuato solo per i traghetti, poiché non sono noti dati precisi sui consumi delle navi da crociera e dei camion, le conclusioni si baserebbero su troppe ipotesi e supposizioni. Tuttavia, stime simili potrebbero essere effettuate con un maggior numero di dati raccolti presso le parti interessate.

Per l'idrogeno elettrolitico, ci sono pochissime informazioni sui fattori di emissione del ciclo di vita degli elettrolizzatori e dei sistemi correlati, quindi vengono presentate solo le emissioni del ciclo di vita dei pannelli solari.

	Fattori di emissione	Unità
Olio combustibile pesante	3,64	kg CO ₂ /kg
Diesel marino leggero	3,85	kg CO ₂ /kg
GNL	3,51	kg CO ₂ /kg
Elettricità FV	0,055	kg CO ₂ /kWh (elettricità prodotta da pannelli fotovoltaici)
Idrogeno fossile	0,664	kg CO ₂ /kWh (elettricità a celle a combustibile)

Tabella 10 : Fattori di emissione per vettore energetico (fonte: Bilans GES ADEME)

La sostituzione tra combustibili convenzionali (olio combustibile / diesel) e GNL consente una riduzione di quasi il 30% delle emissioni di CO₂ (Figura 49), oltre alla riduzione di altre emissioni (particelle fini, zolfo, ossido di azoto). Questo ordine di grandezza è quello citato in diverse pubblicazioni da industriali e professionisti del settore, tra il 25 e il 30%.

Tuttavia, un punto di vigilanza appare in diversi studi sull'impatto del GNL: perdite di metano per alcuni tipi di motori. Se la combustione non è completa nei motori della nave e parte del metano incombusto viene rilasciato nell'atmosfera, ciò può penalizzare l'impatto ambientale della sostituzione del GNL, o addirittura essere più penalizzante del bilancio iniziale.

Il Global Warming Potential (GWP) viene utilizzato per confrontare le emissioni di gas serra. Questo misura l'impatto globale dei gas a effetto serra in relazione alla CO₂ in un determinato periodo (spesso 100 anni) in base alla loro durata e alle loro proprietà chimiche e radiative. Nel caso del metano, il suo GWP è di 28 (cioè 28 volte superiore all'impatto della CO₂), quindi anche piccole perdite possono avere un impatto significativo. Tuttavia, il problema delle perdite di metano (slittamento del metano) è stato identificato dai produttori di motori e sono stati fatti notevoli progressi.

La sostituzione tra i combustibili convenzionali (gasolio/gasolio) e l'idrogeno elettrolitico, prodotto dall'elettricità fotovoltaica, permette una riduzione di oltre il 70% delle emissioni di CO₂ (ciclo di vita degli elettrolizzatori non considerato). In questo caso, le altre emissioni (particelle fini, zolfo, ossido di azoto) scompaiono completamente.

La sostituzione tra i combustibili convenzionali (olio combustibile / diesel) e l'idrogeno fossile, prodotto dal reforming a vapore degli idrocarburi, spesso metano, permette una riduzione del 10% delle emissioni di CO₂. Altre emissioni (particelle fini, zolfo, ossido di azoto) sono ridotte e dovrebbero essere paragonabili a quelle della combustione del GNL.

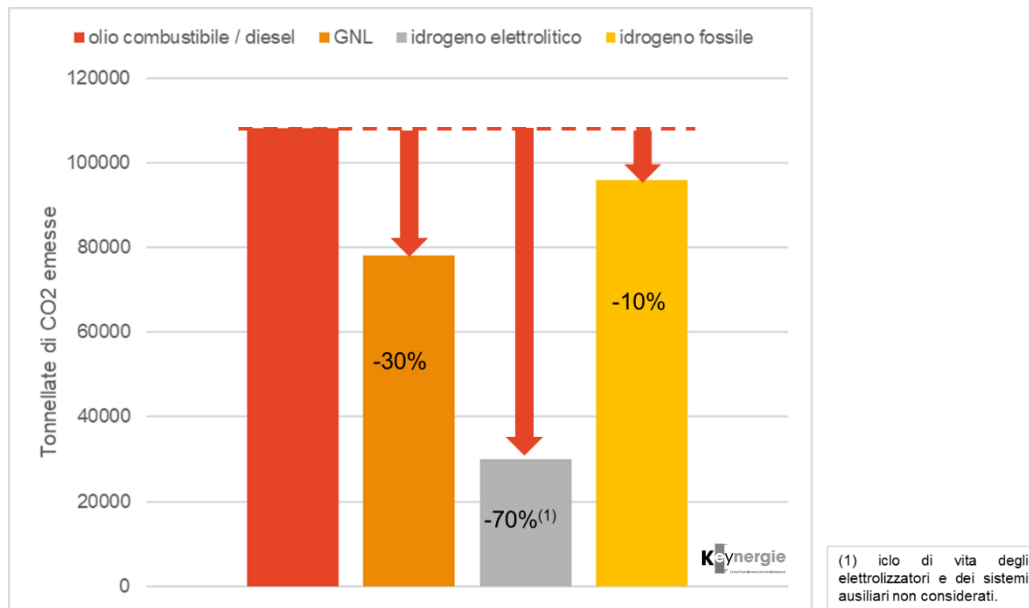


Figura 49 : Bilancio annuale del carbonio dei diversi vettori energetici per un traghetto

7.2 Flussi di lavoro futuri suggeriti

7.2.1 Recupero dati utente

All'inizio di questo studio è emerso che alcuni dati non sono disponibili o non sono facilmente accessibili. Tra questi dati ci sono i seguenti:

- Consumo dei traghetti: Corsica Ferries ha fornito solo stime annuali del suo consumo di carburante. Per chiarire e verificare le conclusioni di questo studio, sarebbe utile avere accesso ai dati di consumo e di consegna dei carburanti consumati da Corsica Ferries. Questi dati potrebbero essere integrati con informazioni su come le rotazioni delle navi e l'approvvigionamento di carburante sono gestiti da Corsica Ferries.
- I consumi di elettricità e gas su scala territoriale in una fase temporale più fine rispetto ai bilanci annuali, se possibile ripartiti per settore di attività (separando almeno i consumatori residenziali dal resto dei consumatori industriali e terziari). Questi dati potrebbero essere recuperati dalla Francia metropolitana da RTE, Enedis e GRDF.
- L'elenco dei produttori che consumano di più, con i relativi consumi: Questi dati consentirebbero di identificare i maggiori consumatori, che potrebbero poi essere contattati direttamente dalla CCI ed essere oggetto di azioni mirate per ridurre i consumi o essere integrati in progetti sul territorio.

Questi dati aiuterebbero la CCI a identificare i problemi, a individuare i progetti e a quantificare con precisione alcune esigenze, al fine di argomentare le decisioni e gli orientamenti per realizzare la transizione energetica del porto.

7.2.2 Impulso alle dinamiche con gli attori locali

Sono in corso numerosi progetti ambientali e iniziative locali, sulla scala del porto, della metropoli, del dipartimento o della regione: studi di GNL già realizzati in collaborazione con le regioni limitrofe, elettrificazione delle banchine, il progetto HYNNOVAR, il Piano Territoriale Clima-aria-energetico (PCAET) della metropoli di Tolone, il Piano Territoriale di Coerenza (SCoT) della Provenza Mediterranea, il Piano Regionale Clima-aria-energetico (SRCAE) della regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra...

Tuttavia, è necessario creare coerenza tra queste diverse azioni e riunire tutti gli attori locali (funzionari eletti, attori pubblici istituzionali, industriali, imprese...) all'interno delle stesse dinamiche per realizzare progetti concreti adattati alle specificità locali ed evitare di realizzare azioni o progetti concorrenti.

Per il porto, la CCI può identificare e riunire tutti i soggetti interessati per presentare un inventario della situazione attuale, dei progetti intrapresi e pianificati e per far emergere questioni comuni. Questo evento potrebbe assumere la forma di un seminario di previsione in cui vari relatori verrebbero a condividere gli studi e i progetti già realizzati, gli approcci che hanno costruito e i loro feedback. Sarebbe inoltre importante coinvolgere i giocatori di altri porti francesi per vedere cosa è già stato fatto e cosa potrebbe essere trasposto a Tolone.

7.2.3 Ripartizione degli obiettivi generali in obiettivi operativi e realizzazione del progetto

Sulla base delle problematiche individuate dalla consultazione degli stakeholder locali e dall'analisi dei dati territoriali, si tratta di costruire progetti concreti, di dispiegarli nel porto, di verificarne l'impatto rispetto a quello previsto e di studiarne la replicabilità a livello dell'intera zona.

L'incontro tra gli obiettivi espressi nei piani energetici territoriali e le problematiche degli attori locali deve consentire la costruzione di un piano di azione operativo composto da progetti rilevanti, argomentati e sostenuti dai partner giusti.

8 Appendice

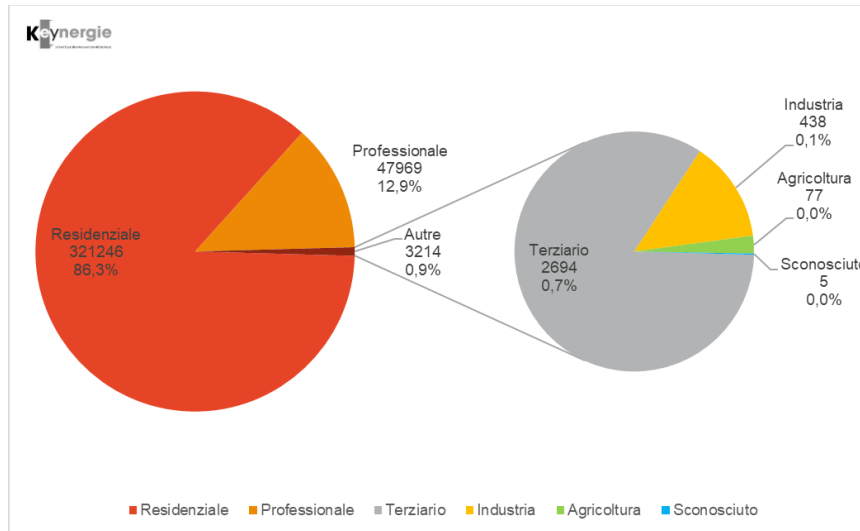


Figura 50 Numero di consumatori di energia elettrica classificati nella zona portuale e nell'entroterra (2017)

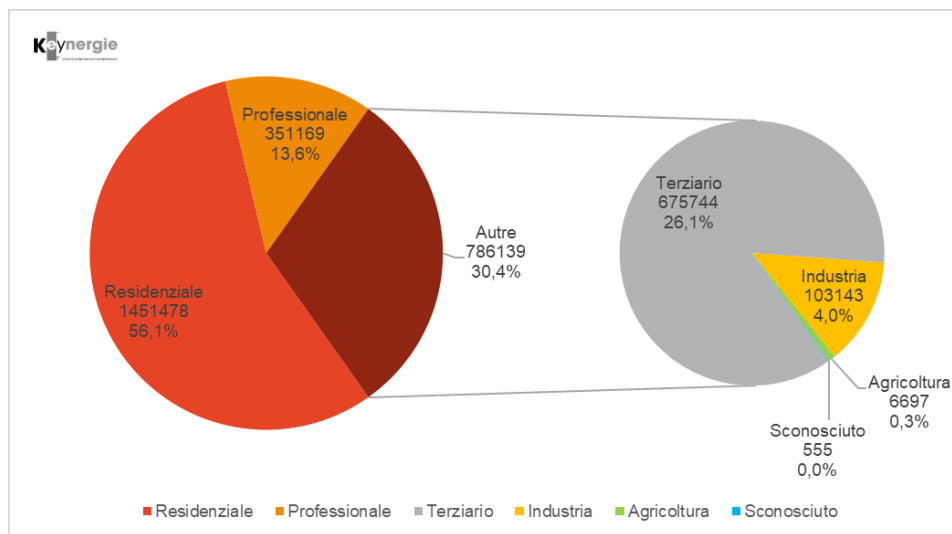


Figura 51 : Consumo annuo di energia elettrica (in MWh) per categoria nella zona portuale e nel suo entroterra (2017)

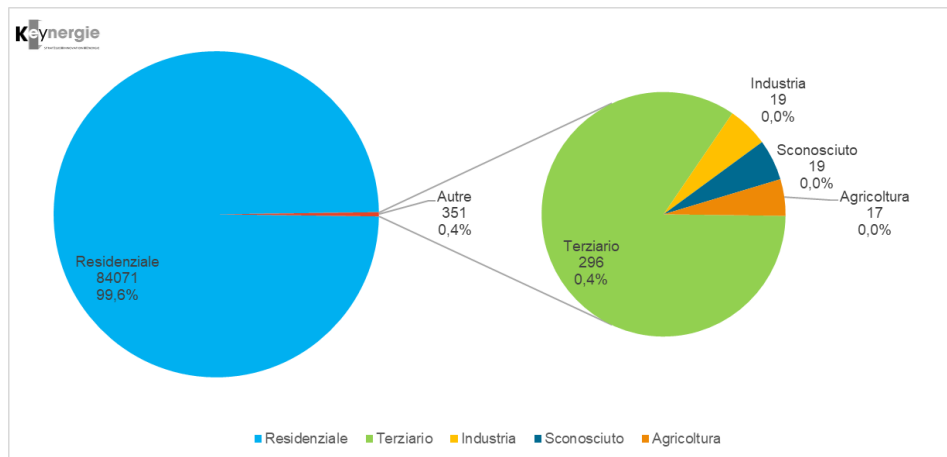


Figura 52 : Numero di consumatori di gas elencati per categoria nella zona portuale e nell'entroterra (2017)

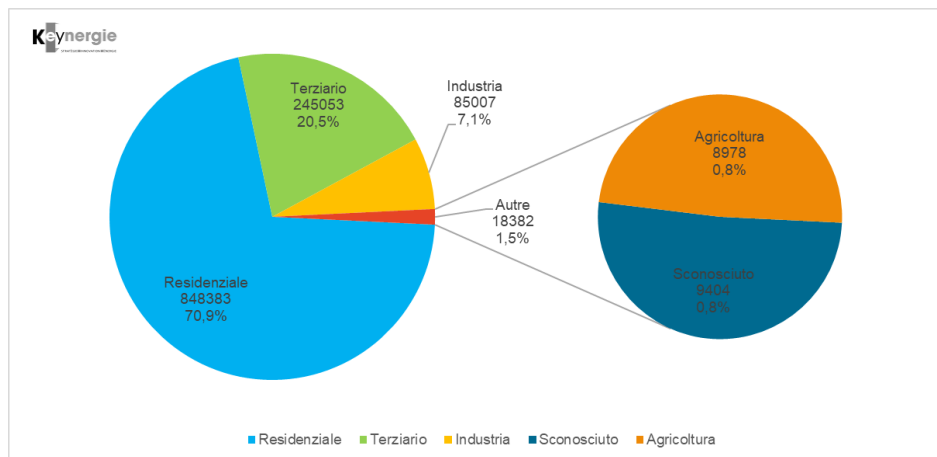


Figura 53 : Consumo di gas (in MWh) per categoria nell'area portuale e nel suo entroterra (2017)

	ELETTRICITÀ			
	Porto di Tolone		Tolone e l'entroterra	
	Numero di consumatori	Consumo (MWh)	Numero di consumatori	Consumo (MWh)
Residenziale	21883	74515	321246	1451478
Professionale	5803	42895	47969	351169
Terziario	376	113057	2694	675744
Industria	60	14431	438	103143
Agricoltura	1	15	77	6697
Sconosciuto	0	0	5	555
	GAS			
	Porto di Tolone		Tolone e l'entroterra	
	Consumo (MWh)	Numero di consumatori	Consumo (MWh)	Numero di consumatori
Residenziale	7879	69123	84071	848383
Terziario	42	35271	296	245053
Industria	10	40683	19	85007
Agricoltura	1	393	17	8978
Sconosciuto	1	261	19	9404

Tabella 11 : Numero di consumatori e consumo di elettricità e gas per settore di attività (2017)

Mese	Olio combustibile pesante [tonnellate]	Energia equivalente [MWh]	Olio combustibile pesante [m3]	Gasolio [tonnellate]	Energia equivalente [MWh]	Gasolio [m3]	GNL [tonnellate]	GNL [m³]	Numero di chiatte equivalenti	Numero equivalente di contenitori
1	5873,7	30832,9	5903,2	448,5	2563,1	504,0	594	1334,9	0,44	29,0
2	5154,6	27058,3	5180,5	393,6	2249,3	442,3	521	1171,5	0,39	25,5
3	6132,2	32190,1	6163,0	468,3	2675,9	526,2	620	1393,7	0,46	30,3
4	7594,6	39866,5	7632,7	579,9	3314,0	651,6	768	1726,0	0,58	37,5
5	11020,2	57848,8	11075,6	841,5	4808,8	945,6	1115	2504,5	0,83	54,4
6	11004,0	57764,0	11059,3	840,3	4801,8	944,2	1113	2500,9	0,83	54,4
7	14502,4	76128,0	14575,3	1107,5	6328,3	1244,3	1467	3295,9	1,10	71,7
8	15900,1	83465,1	15980,0	1214,2	6938,2	1364,3	1608	3613,6	1,20	78,6
9	11949,3	62726,1	12009,4	912,5	5214,2	1025,3	1208	2715,7	0,91	59,0
10	8749,9	45931,3	8793,9	668,2	3818,1	750,8	885	1988,6	0,66	43,2
11	6326,1	33207,9	6357,9	483,1	2760,5	542,8	640	1437,7	0,48	31,3
12	5792,9	30408,8	5822,0	442,4	2527,8	497,0	586	1316,5	0,44	28,6
Totale	110000,0	577427,8	110552,8	8400,0	48000,0	9438,2	11124,8	24999,5	8,3	543,5

Tabella 12 : Consumo mensile dettagliato di carburante di Corsica Ferries e potenziale consumo di GNL per un traghetto

Mois	H2 [tonnellate]	H2 liquide [m3]	Numero di chiatte equivalenti	Numero equivalente di contenitori	H2 gas 700 bar [m3]	Numero di chiatte equivalenti	Numero equivalente di contenitori
1	261	3674,7	1,2	79,9	6212,0	2,1	135,0
2	229	3224,9	1,1	70,1	5451,6	1,8	118,5
3	272	3836,5	1,3	83,4	6485,5	2,2	141,0
4	337	4751,4	1,6	103,3	8032,1	2,7	174,6
5	490	6894,5	2,3	149,9	11655,1	3,9	253,4
6	489	6884,4	2,3	149,7	11638,0	3,9	253,0
7	644	9073,1	3,0	197,2	15337,9	5,1	333,4
8	706	9947,6	3,3	216,3	16816,1	5,6	365,6
9	531	7475,8	2,5	162,5	12637,7	4,2	274,7
10	389	5474,2	1,8	119,0	9254,0	3,1	201,2
11	281	3957,8	1,3	86,0	6690,6	2,2	145,4
12	257	3624,2	1,2	78,8	6126,6	2,0	133,2
Totale	4886,15	68819,1	22,9	1496,1	116337,0	38,8	2529,1

Tabella 13 : Potenziale consumo di idrogeno per un traghetto