

Porti verdi: la rotta per uno sviluppo sostenibile.

Analisi, buone pratiche e proposte
per la decarbonizzazione del trasporto marittimo
e lo sviluppo del cold ironing in Italia.



enel x


LEGAMBIENTE

Sommario

Executive Summary	2
Introduzione	6
1. Contesto normativo	10
2. Le tecnologie disponibili per la decarbonizzazione del trasporto marittimo	14
3. Perché elettrificare le banchine	18
4. La tecnologia del <i>cold ironing</i>	28
5. Un piano di sviluppo per il <i>cold ironing</i> in Italia	34
6. Le prospettive di decarbonizzazione del settore marittimo	38
7. L'integrazione tra porti e rete ferroviaria	44
8. Buone pratiche dal mondo	48
9. Proposte di policy	58
Bibliografia e sitografia	66

Executive Summary

Il sistema portuale è il fulcro delle attività legate all'economia del mare del nostro Paese, uno degli snodi fondamentali dei commerci nazionali e internazionali, delle merci e della circolazione delle persone.

Il trasporto marittimo rappresenta però anche una quota importante e crescente delle emissioni di gas a effetto serra prodotte nel nostro Paese e i porti, spesso inseriti in contesti densamente abitati, devono fronteggiare delle criticità in termini di accettazione da parte della cittadinanza che vive nelle aree su cui essi insistono. In particolare, i temi di maggiore conflitto riguardano l'inquinamento prodotto dalle navi ferme in banchina, il rumore, l'inquinamento e le vibrazioni prodotti dalle attività nell'area portuale e dalla movimentazione delle merci.

Questo Rapporto, sviluppato congiuntamente da Enel X e Legambiente, approfondisce tali aspetti individuando la "rotta" per la decarbonizzazione dei porti, evidenziando *best practices* di settore, vincoli da superare e opportunità di sviluppo che si aprono in questa fase. In particolare, nel Rapporto viene approfondito e illustrato il legame che intercorre tra

- > Il *cold ironing*, ovvero l'insieme delle tecnologie per mezzo delle quali è possibile fornire energia alle imbarcazioni durante la sosta in porto, tramite una connessione elettrica con la terraferma, consentendo l'azzeramento di inquinamento e emissioni da parte delle imbarcazioni in porto.
- > La decarbonizzazione del trasporto marittimo come: (a) fondamentale prospettiva di intervento di carattere ambientale e industriale alla luce della morfologia e della portualità dell'Italia; (b) opportunità per raggiungere gli obiettivi nella lotta alla crisi climatica.
- > La connessione dei porti con la rete ferroviaria, per costruire dei corridoi "green": un'opportunità di grande interesse per lo sviluppo di una logistica intermodale sostenibile.
- > L'elettificazione del trasporto marittimo di breve distanza, che vede oggi sperimentazioni importanti, per migliorare la sostenibilità delle connessioni con le isole minori italiane è basata sull'utilizzo di fonti rinnovabili.

Ports are key for Italian maritime economy, in terms of national and international trade, goods and people's movement.

At the same time, maritime transport is a source of growing concerns since it represents an important and growing share of greenhouse gas emissions. Ports, often located in densely populated areas, must face growing concerns in terms of social acceptance. In particular, the most critical issues are related to the emission produced by large ships at dockside, noise, pollution and vibrations produced by the activities in the port area and the handling of goods.

This Report, developed jointly by Enel X and Legambiente, explores these aspects by identifying the "route" for the decarbonisation of ports, highlighting sector's best practices, constraints to be overcome and development opportunities that are opening. In particular, the Report explores and illustrates synergies between:

- > *Cold ironing, i.e. the technology by means of which it is possible to supply energy to the docked ships, through shore connection to mainland electric grid, allowing the elimination of pollution and emissions from the ships in port.*
- > *The decarbonisation of maritime transport as: (a) an extraordinary opportunity of environmental and industrial development, given Italy's morphology and ports; (b) prospect to achieve goals in the fight against the climate crisis.*
- > *The connection of ports with the rail network, in order to create "green" corridors: an opportunity of great interest for the development of sustainable intermodal logistics.*
- > *The electrification of short-distance maritime transport, to improve the sustainability of connections with smaller Italian islands and to increase the penetration of renewables in ports.*

Il Rapporto si snoda attraverso diverse sezioni che, dopo un inquadramento tecnologico e normativo del cold ironing, ne affrontano il possibile sviluppo nel contesto italiano, individuando alcuni casi studio nazionali ed internazionali ed evidenziando in conclusione sei azioni chiave di policy, immediatamente implementabili, a cui dare priorità nel 2021:

1. Finalizzare il processo di definizione di una tariffa elettrica dedicata al *cold ironing*.
2. Introdurre schemi di finanziamento o cofinanziamento pubblico per accelerare la transizione del sistema portuale italiano verso la sostenibilità.
3. Identificare gli interventi prioritari sul sistema portuale per avviare il processo di elettrificazione.
4. Promuovere la progressiva elettrificazione dei consumi portuali con fonti rinnovabili.
5. Sviluppare una *roadmap* nazionale che preveda l'elettrificazione per l'intero sistema portuale.
6. Sviluppare le infrastrutture ferroviarie nei porti e le interconnessioni con il sistema ferroviario nazionale al fine di favorire il trasporto elettrico e su ferro per lunghe e medie distanze.

Tali misure potrebbero contribuire a rafforzare il sistema portuale italiano e a innovare la gestione nella direzione della sostenibilità e della creazione di valore di lungo periodo, attraverso l'elettrificazione con energie rinnovabili delle aree portuali ed il progressivo ricorso al *cold ironing*.

The Report, after a technological and regulatory framework of cold ironing, addresses the possible development in the Italian context, identifying some national and international case studies and highlighting in conclusion six key policy actions, immediately implementable, to be prioritized in 2021:

1. *Finalize a cold ironing dedicated electricity tariff.*
2. *Introduce public financing or co-financing schemes to accelerate the transition of the Italian port system towards sustainability.*
3. *Identify priority interventions to start the electrification process of the ports.*
4. *Promote the progressive electrification through renewables sources.*
5. *Develop a national roadmap that set the electrification course for all the Italian ports.*
6. *Develop railway infrastructures and interconnections in ports in order to promote electric mobility and rail transportation for long and medium distances.*

These measures could help to strengthen the Italian ports and in creating sustainable long-term value, through extended application of cold ironing and the progressive electrification of the whole port's areas with renewable energy.





INTRODUZIONE

Il trasporto marittimo rappresenta una quota importante e crescente di emissioni di gas a effetto serra. Le emissioni associate a questo settore sono stimate in 940 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno, pari a circa il 2,5% delle emissioni globali di gas serra [1].

Tali emissioni rischiano di aumentare in modo significativo se non saranno messe in atto rapidamente delle misure di mitigazione. Infatti, secondo lo studio dell'IMO, mantenendo invariata la situazione attuale, le emissioni del trasporto marittimo potrebbero aumentare tra il 50% e il 250% entro il 2050 e compromettere gli obiettivi dell'accordo di Parigi.

Inoltre, secondo i dati pubblicati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente nel 2019, se si considerano le emissioni provenienti dall'intero settore dei trasporti, l'industria del trasporto marittimo è quella che ha le emissioni più elevate di particolato e ossidi di zolfo, oltre che una delle principali fonti di ossidi di azoto in Europa.

In particolare, la costa mediterranea, con le sue centinaia di città portuali densamente popolate, è colpita pesantemente dall'inquinamento derivante dal settore marittimo. E, poiché gli inquinanti atmosferici vengono trasportati fino a 400 km, anche le aree dell'entroterra sono coinvolte [2].

Questo documento vuole raccontare alcune soluzioni per accelerare la decarbonizzazione del trasporto marittimo e la riduzione dell'inquinamento dei sistemi portuali non solo perché una riduzione dell'impiego dei combustibili fossili è imprescindibile nella lotta al cambiamento climatico, ma anche perché il contenimento dell'impatto ambientale dell'attività portuale nel suo complesso è determinante per la sostenibilità e l'accettazione pubblica di tali aree. Il 90% dei porti europei [3] si trova infatti in aree urbane e la gestione integrata della qualità dell'aria, dell'acqua, dei rifiuti, dei rumori e del consumo di energia deve essere in cima all'agenda delle autorità portuali e delle amministrazioni.

Focus principale di questo documento è il *cold ironing*¹ ovvero l'insieme delle tecnologie per mezzo delle quali è possibile fornire energia alle imbarcazioni durante la sosta in porto, tramite una connessione elettrica con la terraferma.

Lo studio pone l'attenzione anche sui combustibili per la decarbonizzazione del trasporto navale e sulla prospettiva della sua elettrificazione. Sono diverse, nel mondo, le

¹ Spesso ci si rivolge al *cold ironing* anche con i nomi di *onshore power supply*, *shore-side electricity* o *Alternative Marine Power (AMP)*. L'origine del nome *cold ironing* è interessante, perché è quella tecnologia che permette alle imbarcazioni in porto di spegnere tutti i motori, che pertanto tendono a raffreddarsi. Appunto, in gergo, *cold ironing*.

sperimentazioni di traghetti basati sulla propulsione elettrica su distanze brevi, con chiari vantaggi in termini di abbattimento delle emissioni inquinanti e climalteranti.

Infine, un approfondimento è dedicato alla movimentazione delle merci a monte e a valle del trasporto marittimo, ponendo l'attenzione ai vantaggi di una logistica intermodale basata sulla connessione di porti, interporti, sistema ferroviario e autostrade.

La decarbonizzazione dei porti è un passo fondamentale per rafforzare la capacità di innovazione e di competitività dell'industria marittima del Mediterraneo. Il sistema portuale riveste infatti un ruolo cardine nel commercio internazionale, nel trasporto delle merci e di persone ed è un elemento vitale per lo sviluppo di una rete di trasporto intermodale, efficiente e sostenibile. La decarbonizzazione dei porti rappresenta quindi un'importantissima opportunità ambientale e industriale che il Paese deve saper cogliere.



Per gentile concessione del Porto di Gothenburg



CONTESTO NORMATIVO

Il contesto normativo internazionale incoraggia la transizione ecologica del settore marittimo. La regolamentazione di settore ha progressivamente ridotto i tetti massimi alle emissioni inquinanti delle imbarcazioni. Inoltre, la Commissione Europea ha adottato una strategia di lungo termine, che mira ad annullare le emissioni nette di gas serra entro il 2050, investendo nella transizione verso carburanti sostenibili.

L'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO) delle Nazioni Unite, al fine di ridurre alla fonte le emissioni inquinanti ha imposto i seguenti requisiti di qualità del carburante utilizzato dalle imbarcazioni:

- > Il contenuto massimo di zolfo nei combustibili per uso marittimo è fissato allo 0,50% in tutto il mondo ed è ulteriormente limitato allo 0,10% in alcune aree (ECA – *Emission Controlled Areas*) in cui si applicano norme più stringenti¹.
- > Anche gli ossidi di azoto sono regolamentati a livello globale: sono stabiliti diversi livelli massimi di emissioni in base all'anno di costruzione della nave e alle caratteristiche del motore.

Inoltre, coerentemente con l'accordo di Parigi del 2015, riguardo alla riduzione di emissione di gas serra, nell'aprile 2018 l'IMO ha stabilito una strategia per ridurre del 40% l'intensità media di carbonio entro il 2030 e abbattere del 50% le emissioni complessive di CO₂ entro il 2050 (rispetto ai livelli del 2008). Uno degli strumenti adottati per raggiungere questo obiettivo è la regolamentazione in merito all'*Energy Efficiency Design Index* (EEDI) che pone dei tetti alle emissioni delle navi di nuova costruzione, indicando livelli minimi di efficienza energetica in base al tipo e alle dimensioni delle imbarcazioni.

Alla luce della crescita del traffico navale internazionale, le misure indicate per ridurre le emissioni di carbonio appaiono insufficienti per raggiungere gli obiettivi identificati dall'IMO. Secondo l'*International Chamber of Shipping* [4] un taglio totale del 50% di CO₂ entro il 2050, considerata la crescita internazionale del settore, può essere conseguito solo riducendo le emissioni medie della flotta mondiale di circa il 90%. Questo sarà possibile solo introducendo combustibili ad emissioni zero quali elettricità da fonti rinnovabili, biogas, idrogeno o ammoniaca.

In Europa, la Commissione Europea ha stabilito l'obiettivo di ridurre del 90% le emissioni legate al settore dei trasporti entro il 2050 e nell'ambito delle misure *Green Deal* promuove lo sviluppo di alternative sostenibili ai combustibili fossili. A tale proposito, la

¹ IMO 2020 Fuel Sulphur Regulation

Direttiva UE 2014/94 promuove la realizzazione di infrastrutture atte ad aumentare l'uso di combustibili alternativi (direttiva DAFI - *Directive on Alternative Fuels Infrastructure*); la disposizione identifica il contributo del *cold ironing* alla mitigazione dell'impatto ambientale e invita alla realizzazione delle infrastrutture nei porti dell'UE entro il 2025.

La direttiva UE 2016/802 del Parlamento Europeo, infine, obbliga le navi ormeggiate per più di due ore nei porti dell'UE ad utilizzare combustibili con un contenuto di zolfo non superiore allo 0,1% o a spegnere i motori, magari ricorrendo a soluzioni quali il *cold ironing*.

In Italia, il DLgs. 4 agosto 2016, n. 169, modificato dal DLgs. 13 dicembre 2017, n.232, prevede che le Autorità di Sistema Portuale promuovano la redazione del Documento di Pianificazione Energetica e Ambientale del Sistema Portuale (DEASP) sulla base di linee guida adottate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Il documento definisce gli indirizzi strategici e identifica le misure volte a migliorare l'efficienza energetica e promuovere l'uso delle energie rinnovabili in ambito portuale.

In questo contesto normativo il *cold ironing* è un chiaro contributo tecnologico alle misure indicate, permettendo una forte mitigazione degli inquinanti locali e delle emissioni di gas serra.

Un taglio totale del 50% di CO₂ entro il 2050 può essere conseguito solo riducendo le emissioni medie della flotta mondiale di circa il 90%.



Per gentile concessione del Porto di Los Angeles



LE TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA DECARBONIZZAZIONE DEL TRASPORTO MARITTIMO

Al momento esistono soluzioni più o meno collaudate per l'abbattimento delle emissioni inquinanti e la decarbonizzazione del trasporto marittimo:

- > *Cold ironing*: soluzione disponibile e tecnologicamente matura, consente la riduzione delle emissioni navali in porto grazie alla connessione alla rete elettrica su terraferma. Le emissioni complessive in porto sono nulle se si alimenta il *cold ironing* da fonti rinnovabili.
- > Gas Naturale Liquefatto (GNL): i motori GNL si basano su una tecnologia provata e disponibile. La sostituzione dei combustibili tradizionali con il GNL mitigherebbe buona parte delle emissioni sia durante le soste in porto che durante la navigazione. Le emissioni residue di zolfo, ossidi di azoto, e particolato risultano decisamente ridotte, mentre le emissioni di CO₂ risultano ridotte in modo insufficiente. La logistica del GNL è inoltre piuttosto articolata, dato che il combustibile richiede serbatoi criogenici e di maggiori dimensioni rispetto ai serbatoi tradizionali.
- > Batterie e completa elettrificazione dei traghetti: l'uso delle batterie per alimentare i motori elettrici delle navi è ancora agli inizi, ma i progressi della chimica e della tecnologia potrebbero portare a un rapido sviluppo all'uso di batterie nel settore marittimo. Diversi traghetti elettrici sono già operativi in tutto il mondo ma l'evidenza attuale è che le navi puramente elettriche sono economicamente sostenibili solo per i viaggi a breve distanza. Tuttavia, la ricerca sta procedendo trascinata dalla transizione elettrica del settore automobilistico e i progressi tecnologici potrebbero rendere più ampio il perimetro di applicazione in futuro.
- > Idrogeno: l'idrogeno rappresenta un combustibile molto promettente perché non produce emissioni inquinanti al momento dell'utilizzo. Tema centrale, tuttavia, quello della sua produzione: la maggior parte dell'idrogeno è oggi prodotto da combustibili fossili attraverso un processo industriale intensivo. L'obiettivo per il futuro deve essere quello di incrementare la sola produzione di idrogeno "verde", ovvero ottenuto mediante elettrolizzatori alimentati con le rinnovabili. Infine, la densità energetica dell'idrogeno gassoso è relativamente bassa e il combustibile deve essere liquefatto e immagazzinato sotto pressione, con conseguenti complessità nel trasporto e stoccaggio.
- > Ammoniaca: l'ammoniaca è uno dei combustibili a basse emissioni più promettenti. Le emissioni di gas serra sono limitate agli ossidi di azoto che potrebbero

essere eliminati installando sistemi catalitici. L'ammoniaca ha molteplici vantaggi, tra cui il fatto che può essere utilizzata in un motore a combustione interna e, a differenza dell'idrogeno, può essere stoccata a temperatura ambiente. L'aspetto maggiormente negativo riguarda la tossicità del combustibile che quindi richiede una gestione attenta. La tecnologia per la produzione di ammoniaca è disponibile e diffusa e i primi motori per il suo utilizzo dovrebbero essere commercialmente disponibili tra qualche anno [4].

Il Cold ironing consente la riduzione delle emissioni navali in porto grazie alla connessione alla rete elettrica su terraferma.

Tab. 1. Confronto tra le tecnologie disponibili per la decarbonizzazione del trasporto marittimo.

	Maturità Tecnologica per uso marittimo	Riduzione inquinamento atmosferico in porto	Riduzione inquinamento acustico in porto	Riduzione inquinamento atmosferico in navigazione	Riduzione inquinamento acustico in navigazione
Cold ironing	Alto	Alto	Alto	NA	NA
Gas Naturale Liquefatto	Alto	Basso	Basso	Basso	Basso
Batterie e completa elettrificazione imbarcazioni	Basso	Alto	Alto	Alto	Alto
Idrogeno	Basso	Alto	Alto	Alto	Alto
Ammoniaca	Basso	Alto	Basso	Alto	Basso

Legenda: Alto, Medio, Basso, NA: Non Applicabile



Per gentile concessione del Porto di Rotterdam - ph. Danny Cornelissen



PERCHÉ ELETTRIFICARE LE BANCHINE

Normalmente, durante la fase di sosta in banchina, i motori di propulsione delle navi vengono spenti con impiego di quelli ausiliari per assicurare la continuità di servizi di bordo come l'illuminazione, il riscaldamento, l'aria condizionata e le operazioni di movimentazione del carico.

Tali operazioni comportano un consumo consistente di combustibili, generando gas di scarico (contenenti prevalentemente CO_2 , SO_x , NO_x , particolato atmosferico e composti organici volatili), rumori e vibrazioni. Quantitativamente, una nave da crociera attraccata in banchina per 10 ore produce la stessa quantità di anidride carbonica (CO_2) di 25 automobili di media cilindrata in un anno [5].

Il *cold ironing* costituisce una soluzione tecnologica particolarmente valida ai fini della riduzione delle emissioni inquinanti delle imbarcazioni in porto. Tale sistema consiste nel collegare la nave alla banchina per mezzo di un cavo elettrico, paragonabile ad una prolunga proveniente da terra, al fine di fornire all'imbarcazione l'energia elettrica necessaria e permettere l'arresto dei motori di bordo. In questo modo possono proseguire le operazioni di carico/scarico della nave ed il mantenimento di tutti i servizi per i passeggeri, nonostante l'unità si trovi in ormeggio a motori spenti.

Una nave da crociera attraccata in banchina per 10 ore produce la stessa quantità di anidride carbonica di 25 automobili di media cilindrata in un anno.

Elettrificare le banchine significa quindi fornire l'energia elettrica richiesta dalle navi in sosta attraverso una linea elettrica generalmente connessa alla rete elettrica nazionale. In questo modo è possibile ridurre notevolmente le emissioni inquinanti prodotte durante la fase di sosta, in quanto le emissioni del parco elettrico sono nettamente inferiori alle emissioni prodotte dai combustibili per uso marittimo, sia perché le centrali elettriche presentano in media un rendimento energetico maggiore rispetto ai generatori delle navi, sia perché una quota sempre maggiore di energia a livello nazionale viene prodotta da fonti rinnovabili a emissioni zero¹ [6]. Le emissioni possono essere annullate del tutto nel caso si alimentino le imbarcazioni con elettricità totalmente proveniente da fonti di generazione rinnovabile.

¹ Nel 2019 le fonti rinnovabili hanno contribuito al 41.5% della composizione del mix iniziale nazionale utilizzato per la produzione dell'energia elettrica immessa nel sistema elettrico italiano [6].

Il *cold ironing* quindi consente di ridurre le emissioni e gli inquinanti generati in porto e contribuisce al miglioramento della qualità dell'aria, non solo nelle zone portuali direttamente interessate dall'attracco delle navi, ma anche in quelle retroportuali e urbane. Ciò è particolarmente vero nel caso di nodi portuali ubicati in prossimità delle aree cittadine.

Il *cold ironing* riesce a mitigare anche un altro problema legato ai porti: il rumore. Le attività portuali, continue nell'arco delle 24 ore, generano infatti un notevole disturbo ai quartieri residenziali circostanti il porto, impattando quotidianamente sulla vita di migliaia di persone. L'impatto acustico dei porti è il risultato della sovrapposizione di rumore generato da navi, gru, operazioni di carico e scarico, cantieri navali, camion e treni che generano e combinano il rumore lungo il giorno e la notte.

Il rombo generato dai motori delle navi durante la fase di ricovero ai moli rappresenta gran parte del problema. I generatori di bordo sono per lo più costituiti da grandi motori a combustione interna che trascinano generatori sincroni. Anche se alloggiati nel cuore della nave, il rumore e le vibrazioni prodotte durante il funzionamento si propagano all'esterno. Si tratta per lo più di rumore a bassa frequenza (< 100 Hz) che si propaga per lunghe distanze ed è poco schermato da muri e da finestre. Ridurre o schermare le emissioni rumorose delle navi agendo sulle sorgenti di rumore richiederebbe interventi strutturali sulla nave ed avrebbe comunque benefici limitati [5].

Il problema è ben conosciuto e già nel 2008 il progetto europeo NoMEPorts (*Noise Management in European Ports*) ha prodotto una guida per la mappatura e la gestione del rumore nei porti che definisce un approccio quantitativo e scientifico per la riduzione delle emissioni acustiche. Il più recente progetto europeo MESP (*Managing the Environmental Sustainability of Ports for a durable development*) affronta in maniera sistematica e multidisciplinare il problema delle emissioni dei porti, con particolare attenzione alle emissioni acustiche [5].

Nelle pagine che seguono vengono presentati i risultati di studi e analisi effettuati in diversi porti italiani che mettono in evidenza come le emissioni e il rumore generati dalle navi in banchina siano da affrontare con adeguate strategie di contenimento.

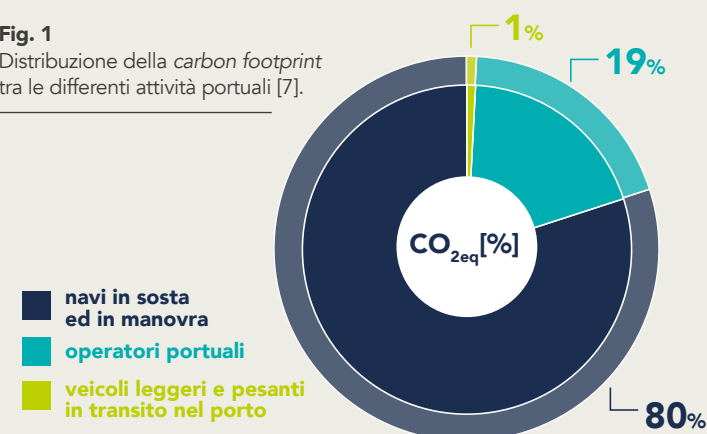
Carbon footprint del Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale

Nell'ambito della redazione del Documento di Pianificazione Energetico Ambientale del Sistema Portuale (DEASP) del Mar Ligure Occidentale [7] è stata effettuata una valutazione di *carbon footprint* ovvero è stata completata l'analisi energetico-ambientale del sistema portuale. In particolare, sono state contabilizzate e messe a confronto le emissioni di CO₂ di tre specifiche attività portuali ovvero le emissioni prodotte 1. dalle navi in sosta e durante le manovre all'interno del polo portuale; 2. dagli operatori portuali; 3. dai veicoli leggeri e pesanti in transito nel porto.

Tab. 2. Carbon footprint delle differenti attività portuali [7].

ATTIVITÀ	CO ₂ (t)	CO _{2eq} (t)	CO _{2eq} LCA (t)
Navi in sosta e manovra	372.081	375.917	427.816
Operatori portuali	90.809	91.074	106.892
Veicoli leggeri e pesanti in transito nel porto	2.412	2.438	2.812
Totale	465.302	469.429	537.520

Fig. 1 Distribuzione della carbon footprint tra le differenti attività portuali [7].



Carbon footprint del Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale

Ai fini della redazione del Documento di Pianificazione Energetico Ambientale del Sistema Portuale (DEASP) del Mar Tirreno Settentrionale è stato realizzato il 1° Rapporto sul *Carbon footprint* di tale sistema portuale [8].

In questo studio sono state prese in esame le principali tipologie di navi operanti nei porti caratterizzate da elevato numero di arrivi, prolungati tempi di sosta ed elevata potenza installata ovvero navi passeggeri, navi da crociera, navi Ro-Ro (navi atte al trasporto di veicoli gommati) per passeggeri e merci, navi portacontainer. Sono stati quindi raccolti e analizzati i dati relativi al numero di navi transitate nei porti di Livorno, Piombino e Portoferraio e alle relative emissioni atmosferiche prodotte.

Dall'analisi è risultato che nell'arco di un anno (maggio 2018 – maggio 2019) nei suddetti porti sono arrivate complessivamente 28.100 navi appartenenti alle categorie analizzate. Complessivamente i tempi di attività e sosta di tutte le navi oggetto di studio sono stati maggiori di 126.500 ore.

In particolar modo, per tutti i porti la fase di sosta ha rappresentato oltre il 90% delle ore totali. In questa fase i motori di propulsione non sono in funzione, rimangono però accesi i generatori ausiliari necessari per mantenere in funzionamento la strumentazione ed i sistemi di bordo.

Tab. 3. Numero di navi arrivate nei porti di AdSP del Mar Tirreno Settentrionale e tempi di attività. Elaborazione su dati [8].

	Livorno	Piombino	Portoferraio
Navi arrivate	5.600	12.700	9.800
Tempi totali di attività (ore)	65.000 (> 7 anni)	41.000 (> 4 anni)	20.500 (>2 anni)
Tempi fase di sosta (ore)	59.000 (> 6 anni)	38.000 (> 4 anni)	18.000 (> 2 anni)

La fase di sosta è stata quella più lunga per ogni tipologia di nave e per ogni porto considerato. A Livorno la sosta media passa da circa 4 ore per le navi passeggeri a 25 ore per le navi portacontainer, a Piombino si va da circa un'ora per le navi passeggeri

fino a superare le 50 ore per le navi portacontainer, a Portoferraio traghetti e navi Ro-Ro sostano mediamente fino a due ore. Risultano invece molto più contenuti i tempi delle fasi di arrivo e partenza, che variano a seconda della tipologia di nave da 10 a 80 minuti.

Suddividendo le emissioni per tipologia di movimento portuale (arrivo, sosta, partenza), le emissioni maggiori si verificano nelle fasi di sosta per tutti e tre i porti e rispettivamente: il 60% del totale a Livorno e il 56% del totale a Piombino e Portoferraio. Le elevate emissioni stimate in questa fase sono dovute ai lunghi tempi di sosta combinati alle elevate energie assorbite. La potenza richiesta ai motori ausiliari delle imbarcazioni per garantire il corretto funzionamento di tutti i dispositivi di bordo è elevata, talvolta anche superiore a 10 MW.

In particolare, per il porto di Livorno, l'energia complessivamente assorbita durante la fase di sosta dai segmenti di imbarcazione considerati è pari a oltre 74 GWh. Utilizzando i coefficienti di emissione degli inquinanti CO₂, NO_x, SO_x, CO e PM₁₀ presenti nell'inventario di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) relativo alle sorgenti di combustione stazionarie, è stato quindi possibile calcolare la riduzione delle emissioni ipotizzando di prelevare la totalità di questa energia dalla rete elettrica na-

Emissioni per tipo di movimento

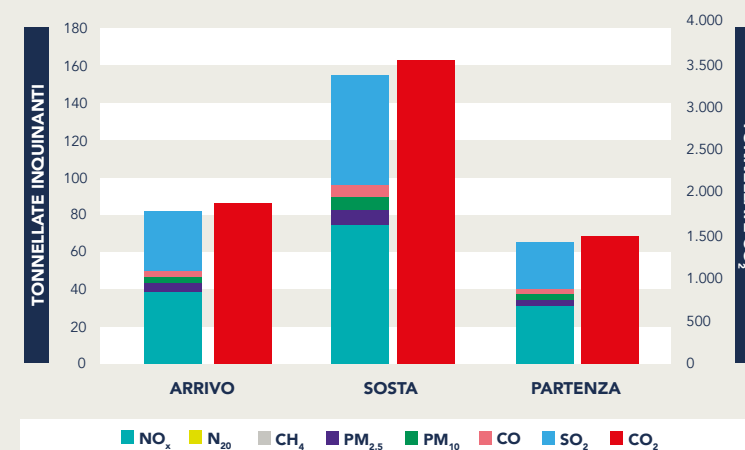


Fig. 2. Emissioni di inquinanti per tipo di movimento (Portoferraio) [8].

zionale. Nel dettaglio, dai calcoli emerge che in tal caso si avrebbe una riduzione delle emissioni di CO₂ pari al 54%, mentre le riduzioni di NO_x, SO_x e PM₁₀ si attesterebbero a circa il 99%. Se ipotizzassimo di utilizzare energia elettrica da fonti rinnovabili, si avrebbe il totale abbattimento delle emissioni nell'area portuale.

Emissioni per tipo di movimento

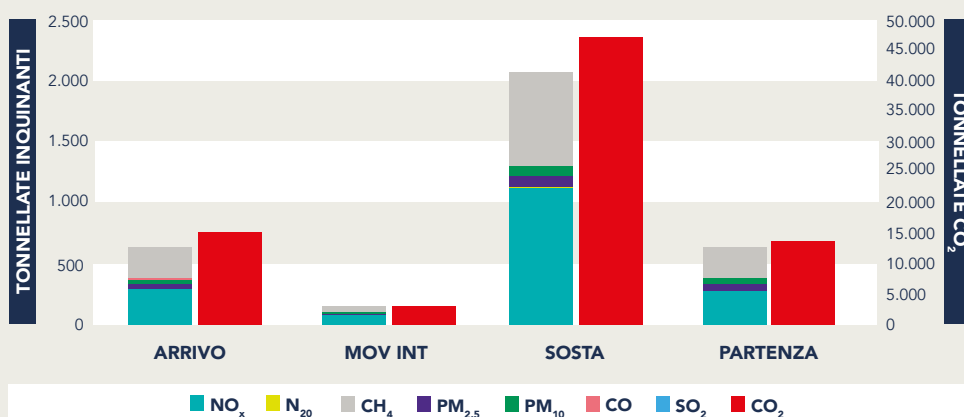


Fig. 3. Emissioni di inquinanti per tipo di movimento (Livorno) [8].

Emissioni per tipo di movimento

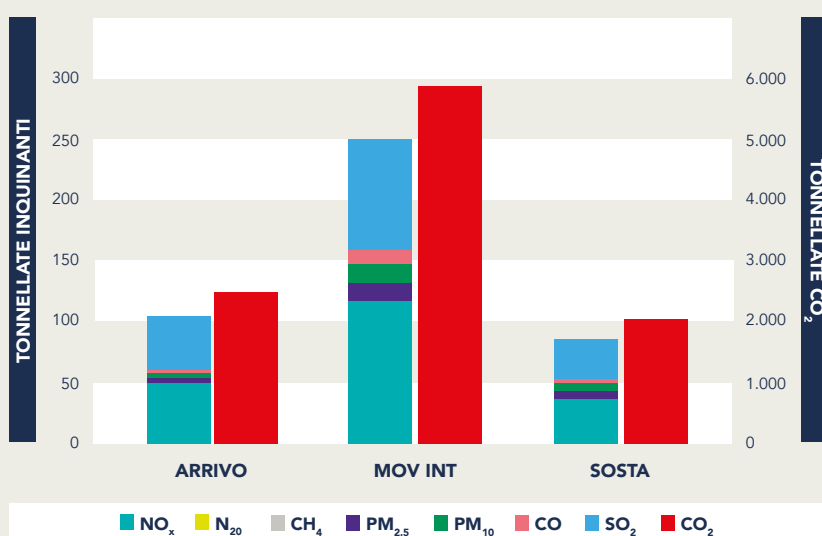


Fig. 4. Emissioni di inquinanti per tipo di movimento (Piombino) [8].

Qualità dell'aria nel Porto di Trieste

Nell'ambito del progetto SETH (*Ship Emissions Treatment in Harbors*), il CNR IIA (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico) ha misurato le concentrazioni di polveri sottili, di ozono e di biossido di azoto e di zolfo nel porto di Trieste. Il periodo di campionamento è stato di 12 giorni, a partire da fine ottobre 2019.

La qualità dell'aria nel porto di Trieste è risultata soddisfacente durante il periodo interessato dalla campagna di misura, in quanto le concentrazioni di tutti gli inquinanti non hanno mai superato i limiti di legge. L'analisi dell'andamento dell'NO₂ ha evidenziato l'impatto generato dai veicoli per la movimentazione merci sulle banchine oltre che l'influenza del traffico urbano. Inoltre, è stato possibile ipotizzare che l'andamento delle concentrazioni di biossido di zolfo dipenda proprio dal traffico navale. L'interazione di NO₂ ed SO₂ quindi è da ricercarsi in un'interazione tra ingressi e uscite delle imbarcazioni nel porto e le attività di carico e scarico merci che avvengono a navi ferme [9].



Il problema del rumore nei porti del Mar Ligure Occidentale

L'esperienza quasi ventennale dell'Agenzia Protezione dell'Ambiente Ligure (ARPAL) sul tema del rumore ha portato a identificare sei principali fonti emissive presso i porti di Genova, Prà, Vado ligure e Savona: 1. i motori delle navi (compresi gli impianti di ventilazione) durante la fase di ricovero ai moli; 2. gli altoparlanti per le segnalazioni connesse alle operazioni di imbarco-sbarco dei passeggeri dei terminali traghetti e turistico; 3. la movimentazione di autorimorchi e mezzi operativi di trasbordo container; 4. la movimentazione di container con particolare riferimento agli urti durante il posizionamento; 5. i dispositivi di segnalazione acustica delle gru e dei mezzi operativi; 6. le operazioni di picchettaggio degli scafi nei bacini di carenaggio e non.

I rilevamenti ripetuti nel tempo hanno evidenziato alcuni aspetti interessanti. Ad esempio, il porto di Prà-Voltri evidenzia criticità legate esclusivamente ai motori delle navi in un raggio d'area che va, grossomodo, da Pegli Lido a Palmaro. Alcune navi portacontainer di tipo LOLO (*Lift-On/Lift-Off*) che ormeggiano nel porto di Prà utilizzano i gruppi elettrogeni per l'alimentazione della nave ormeggiata. I gruppi si trovano nella parte alta della nave vicino alla ciminiera, posizionati sui due lati della nave. La posizione alta della fonte di emissione del rumore e la conformazione ad anfiteatro di Prà-Voltri rendono udibile il gruppo a svariati chilometri di distanza. Nonostante la mitigazione degli effetti ottenuta anche grazie al coordinamento con la Capitaneria di Porto, la cui ordinanza sostanzialmente impedisce alle navi di tenere accesi i motori "lato terra", l'unica soluzione per risolvere un problema che riguarda soprattutto le abitazioni situate in prima collina sembra essere l'elettrificazione delle banchine. Va sottolineato che i livelli di rumorosità non sono elevati ma tali da essere avvertiti dalla popolazione a grandi distanze. Per fare un esempio, nelle zone distanti oltre un chilometro dall'emissione si avverte una rumorosità intorno ai 50 dBA, valore che può comunque offrire, soprattutto a notte inoltrata, fonte di disturbo soggettivo.

Per quanto riguarda il porto di Genova, invece, emerge un altro aspetto. Molte aree residenziali vicine alle banchine sono da esse separate dalla presenza di vie di comunicazione ad intenso traffico veicolare o da percorsi ferroviari. Ecco perché accade che le zone più disturbate dal rumore siano quelle "a monte", ovvero in quota rispetto all'area portuale. In tali quartieri, con clima acustico più attenuato, è possibile avvertire il rumore prodotto dai generatori navali [10].

La convivenza del porto con la città

I cittadini che vivono nei pressi di alcuni porti italiani lamentano spesso il disturbo provocato dai rumori delle attività portuali, oltre l'inquinamento dell'aria e il traffico generato sulle strade, soprattutto dai mezzi pesanti. Citiamo solo due esempi rappresentativi della situazione diffusa in molti scali.

A La Spezia, nel quartiere del Canaletto, i residenti lamentano una difficile convivenza con il porto, a causa dei rumori della movimentazione portuale e dei motori delle imbarcazioni. Neanche la lunga barriera fonoassorbente che divide la città dalla zona portuale, pensata per mitigare proprio questi rumori, sembra soddisfare tutti i cittadini [11].

A Genova, i cittadini sono scesi più volte in piazza per chiedere parametri più stringenti sulle emissioni delle navi che raggiungono il porto, l'allontanamento dei traghetti più obsoleti e rumorosi, un monitoraggio della qualità dell'aria più mirato, l'elettrificazione delle banchine, regole ambientali più stringenti per garantire salubrità dell'aria e dell'ambiente [12].

Nel quartiere di Prà il problema del rumore è particolarmente sentito e il Comitato per Prà ha istituito un servizio con il quale i cittadini possono inviare alle autorità competenti dei messaggi per segnalare elementi di disagio nella convivenza col porto [13].



Per gentile concessione del Porto di Gothenburg



LA TECNOLOGIA DEL COLD IRONING

Oggi i porti non sono normalmente attrezzati con infrastrutture di *cold ironing* e solo poche imbarcazioni sono predisposte per ricevere energia elettrica da terra. Tuttavia, molte amministrazioni portuali stanno sviluppando progetti di elettrificazione e l'interesse per il *cold ironing* è in rapido aumento, stimolato dalla legislazione ambientale e dalla crescente attenzione per le emissioni nei trasporti.

La complessità maggiore nella realizzazione dell'infrastruttura di *cold ironing* è che le imbarcazioni da servire possono essere molto diverse tra loro e l'infrastruttura deve essere adeguata alle navi da alimentare. Segnaliamo per esempio tre caratteristiche di cui tener conto:

- > **Potenza:** la potenza elettrica dipende significativamente dal tipo di imbarcazione servita. Indicativamente le potenze necessarie vanno da pochi kW per piccole imbarcazioni, circa 3 MW per le Ro-Ro (ovvero le navi progettate per l'imbarco di veicoli gommati), fino a 5 MW per le navi portacontainer, 11 MW e oltre per le navi da crociera. Per trasmettere una maggiore potenza, è necessario equipaggiare l'infrastruttura di *cold ironing* con dei trasformatori ed operare a diversi livelli di tensione (da 400 V a 6,6 kV o 11 kV).
- > **Frequenza:** le navi utilizzano energia elettrica con diversi standard di frequenza: 50 Hz o 60 Hz. La frequenza di rete del sistema elettrico italiano è di 50 Hz e per alimentare il maggior numero di navi dovrebbero essere installati dei convertitori che permettano all'infrastruttura di *cold ironing* di lavorare alternativamente a 50 Hz o 60 Hz. L'installazione di un convertitore di frequenza richiede generalmente investimenti significativi.
- > **Connessione e interfaccia:** non esiste una posizione di connessione unica e univoca per le diverse imbarcazioni. Le strutture di *cold ironing* devono essere progettate in modo da essere flessibili e servire diversi tipi di nave (e.g. variare altezza e posizione dell'attacco come la lunghezza dei cavi necessari). Vanno inoltre considerate le diverse modalità di attracco delle imbarcazioni e le operazioni da effettuare in banchina. Per esempio, l'area della banchina per navi container è spesso servita da gru e binari, il che limita lo spazio disponibile ed è necessario che se ne tenga conto al momento della progettazione degli strumenti di connessione e gestione dei cavi.

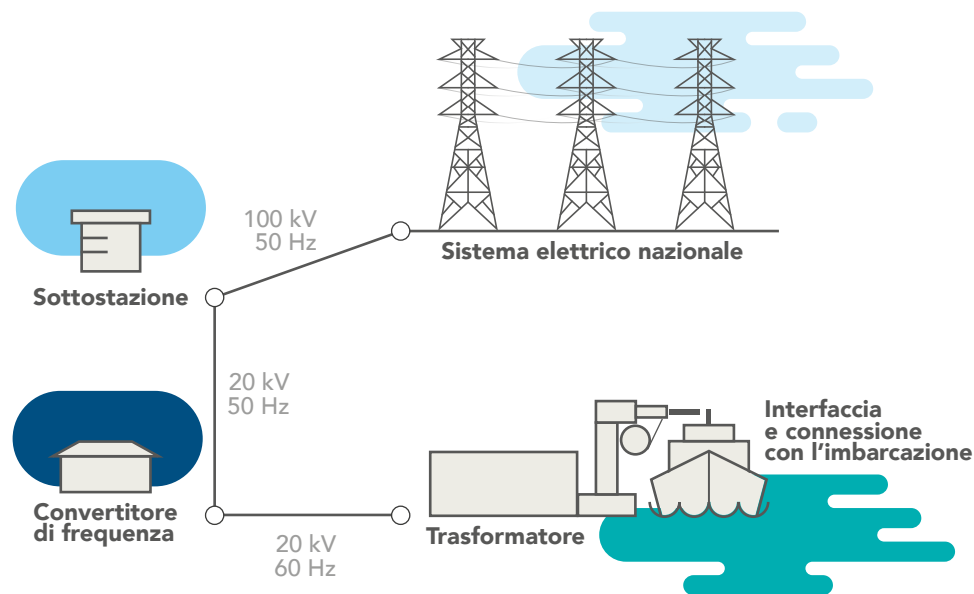
L'infrastruttura a terra

La componente fondamentale per la fornitura del servizio di *cold ironing* è l'infrastruttura di terra. Gli elementi chiave di questa tecnologia sono:

- > sottostazione principale, che collega il porto alla rete elettrica nazionale;
- > convertitore di frequenza per offrire livelli di frequenza di 50 o 60 Hz;
- > trasformatore per adattare la tensione alle necessità di potenza di diverse imbarcazioni;
- > apparecchiature di connessione e di interfaccia, flessibili per le diverse navi da servire, che consentono la trasmissione di energia elettrica da terra alla nave.

Il convertitore di frequenza e il trasformatore non sono essenziali per il sistema se si limita il servizio a pochi specifici tipi di imbarcazione. Tuttavia, l'investimento in questi due elementi aggiuntivi consente di servire molte più navi e quindi permette un utilizzo più assiduo dell'infrastruttura.

Fig. 5. *Cold ironing*, esempio dell'infrastruttura di terra.



Gli investimenti necessari per realizzare le infrastrutture di terra possono variare notevolmente a seconda delle condizioni specifiche del porto. Inoltre, il valore cambia sensibilmente a seconda della potenza richiesta e della tensione massima a cui opera il sistema. Un ordine di grandezza indicativo è che l'infrastruttura costi circa 300k€-600k€ per ogni MW di potenza necessaria. In altri termini, i costi indicativi per porto sono 5 milioni di euro per infrastrutture da 10 MW capaci di fornire navi Ro-Ro o portacontainer fino a oltre 15 milioni di euro per le strutture richieste da navi da crociera. L'investimento complessivo dipende molto dalla posizione del porto, dalla richiesta di potenza, tensione e frequenza dell'imbarcazione: si va per esempio dai 255 mila € per la realizzazione di due impianti pensati a Gothenburg per alimentare traghetti e senza necessità di convertitori di frequenza, ai circa 4 milioni € per molo negli studi di fattibilità per il porto di Rotterdam [14].

Le componenti dell'investimento per l'adattamento delle imbarcazioni

Solo una parte delle imbarcazioni è già predisposta per il *cold ironing*. Per le altre è necessario realizzare alcune opere di adattamento quali:

- > realizzazione di un dispositivo di connessione, che in alcuni casi potrebbe richiedere la realizzazione di uno sportello idraulico a tenuta stagna sullo scafo;
- > installazione di un quadro elettrico MT (Media Tensione) per ricevere l'energia e un trasformatore per scendere da 6,6 o 11kV al livello di BT (Bassa Tensione) dell'imbarcazione;
- > modificare il quadro principale di BT o MT esistente per ospitare la ricezione dell'energia a terra;
- > in alcuni casi andrà anche adattato il software di gestione dell'imbarcazione per governare le operazioni di connessione e disconnessione a terra.

Per una nave container, il sistema potrebbe essere un po' diverso in quanto l'avvolgicavo utilizzato per collegare la nave alla rete a terra deve essere conservato a bordo in modo da diminuire lo spazio necessario in banchina.

Il costo di tali opere a bordo nave varia da 300 mila € fino ai 2 milioni di € per le imbarcazioni di grandi dimensioni (Ro-Ro, portacontainer, navi da crociera). L'investimento dipende significativamente dal tipo e dalle dimensioni dell'imbarcazione e dalla necessità di un trasformatore di bordo. Inoltre, i retrofit sono fino al 150-200% più costosi delle nuove costruzioni [14].

Potenziamento nella rete di trasporto e distribuzione

L'aumento di domanda di energia elettrica richiesto dalle infrastrutture di *cold ironing* potrebbe richiedere l'adeguamento di alcune delle infrastrutture della rete di distribuzione e trasporto elettrico a monte del porto. Tali interventi sono da valutare sulla base di ogni singolo porto e ci si aspetta che rappresentino solo una modesta frazione del costo complessivo delle iniziative.

Barriere allo sviluppo del *cold ironing*

Le principali barriere che finora hanno impedito la rapida e diffusa installazione di impianti di *cold ironing* possono essere identificate confrontando la prospettiva dei due principali stakeholder coinvolti nel settore marittimo, l'Autorità del Sistema Portuale e gli armatori.

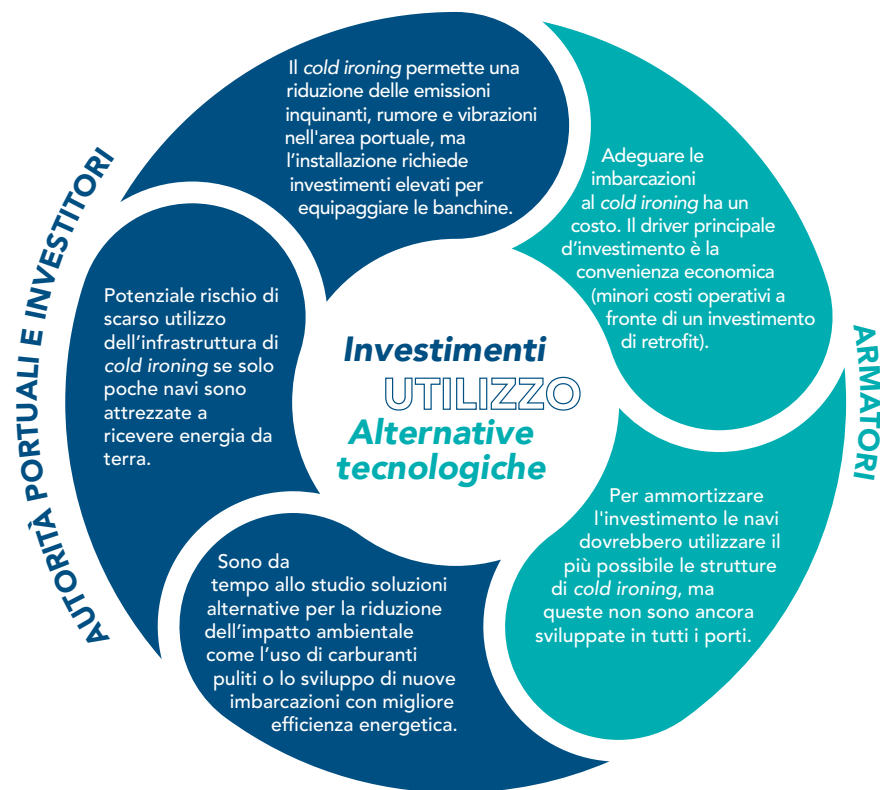


Fig. 6. Il problema dell'uovo e della gallina per lo sviluppo del *cold ironing* nell'ottica degli armatori, Autorità del Sistema Portuale o investitori terzi.

La volontà delle Autorità portuali e degli investitori a realizzare sistemi di *cold ironing* è spinta dall'interesse nella decarbonizzazione ma soprattutto dalla richiesta del servizio da parte degli armatori. D'altra parte, gli armatori hanno poca convenienza a richiedere il servizio e sostenere i costi necessari ad adeguare le imbarcazioni se a terra non sono diffuse le infrastrutture di *cold ironing*. Si tratta quindi di un tema non banale, simile a quello dell'uovo e della gallina. È però ipotizzabile che la promozione di infrastrutture di *cold ironing* nei porti incoraggerà gli operatori/proprietari delle navi a convertire la loro flotta, fornendo così la domanda necessaria per rendere sostenibili nel lungo termine gli investimenti nelle infrastrutture a terra.

Un altro aspetto di fondamentale importanza riguarda il costo dell'energia elettrica. Ad oggi il costo dell'energia elettrica in Italia è superiore al costo di generazione tramite combustibili fossili sostenuto dai diversi armatori che, di fatto, sono scoraggiati dal ricorrere al *cold ironing*. Recenti normative come il decreto "Milleproroghe" (D.L. 30 dicembre 2019, n. 162) successivamente integrato con il decreto "Semplificazioni" (D.L. 16 luglio 2020, n. 76), hanno previsto la riduzione delle accise e l'azzeramento di alcune componenti tariffarie per la fornitura elettrica alle navi ormeggiate in porto. L'attuazione di tali disposizioni renderà maggiormente attrattivo il *cold ironing* per gli armatori. Resta comunque essenziale che le infrastrutture siano dimensionate sulla domanda e sulle esigenze effettive delle imbarcazioni.

Oltre a ciò, la sfida più grande per la realizzazione delle infrastrutture di *cold ironing* risiede nel coordinamento dei diversi attori del sistema portuale quali Autorità del Sistema Portuale, concessionari di aree e servizi, operatori ed armatori. Investire nelle strutture a terra e nell'ammmodernamento delle navi esistenti richiede un notevole investimento di capitale. Senza un coordinamento dei processi decisionali tra tutti gli attori coinvolti il rischio finanziario degli operatori diventa significativo.

Per concludere, lo sviluppo nei porti di soluzioni sostenibili come il *cold ironing* richiede un quadro normativo adeguato e omogeneo, un forte coordinamento tra tutti gli attori che operano nei porti e un adeguato sostegno pubblico. Solo l'adozione di un approccio sistemico può ridurre i rischi e sostenere gli operatori nella decisione di investimento.

Il costo dell'energia elettrica in Italia è oggi superiore al costo di generazione tramite combustibili fossili sostenuto dai diversi armatori che, di fatto, sono scoraggiati dal ricorrere al *cold ironing*.



UN PIANO DI SVILUPPO PER IL COLD IRONING IN ITALIA

Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030 (PNIEC), predisposto dal Ministero dello Sviluppo Economico, fissa gli obiettivi nazionali al 2030 su efficienza energetica, rinnovabili, riduzione delle emissioni e mobilità. Il Piano si struttura in cinque linee d'intervento: decarbonizzazione; efficienza energetica; sicurezza energetica; mercato interno dell'energia; ricerca, innovazione e competitività. In particolare, seguendo le intenzioni del *Green Deal* europeo, il Piano dà spazio all'elettificazione dei porti.

In questo contesto, abbiamo analizzato il piano per la realizzazione di un sistema integrato di *cold ironing* presso i 39 porti italiani integrati nel complesso delle reti di trasporto trans-europee (TEN-T)¹. Tali porti infatti sono ritenuti rilevanti in ambito europeo ai fini della realizzazione di una rete integrata di trasporto necessaria per sostenere il mercato unico, garantire la libera circolazione di merci e persone e infine rafforzare la crescita, l'occupazione e la competitività.



Fig. 7. I 39 porti del network TEN-T (*Trans-European Transport Network*) in Italia.

¹ La rete dei porti TEN-T in Italia include i porti di Ancona, Augusta, Bari, Cagliari, Genova, Gioia Tauro, La Spezia, Livorno, Napoli, Palermo, Ravenna, Taranto, Trieste, Venezia (questi primi porti costituiscono la cosiddetta rete *Core Network*), Brindisi, Carloforte, Chioggia, Civitavecchia, Fiumicino, Gaeta, Gela, Golfo Aranci, La Maddalena, Marina di Carrara, Messina, Milazzo, Monfalcone, Olbia, Palau, Piombino, Porto Levante, Porto Torres, Portoferraio, Portovesme, Reggio Calabria, Salerno, Savona Vado, Siracusa e Trapani (*Comprehensive Network*).

Lo studio è stato sviluppato per Enel X dalla società di consulenza AFRY Management Consulting² con l'obiettivo cardine di stimare il fabbisogno energetico delle navi nei porti considerati. Sono stati dapprima analizzati i dati storici relativi all'ormeggio delle imbarcazioni in ogni singolo porto, ottenendo informazioni quali tempi di attracco e ricorrenza degli ormeggi in un anno. Questo è stato reso possibile dall'analisi dei database che tracciano la posizione delle imbarcazioni registrate dagli AIS (*Automatic Identification System*), i sistemi di identificazione automatici delle navi. Tali informazioni sono state successivamente integrate con i dati relativi alla stazza e tipologia delle imbarcazioni, potenza dei motori principali e ausiliari, frequenza del sistema elettrico, ottenuti dai database di *Clarksons Research*, società specializzata nella gestione di informazioni relative al trasporto marittimo. Combinando il tempo di permanenza delle imbarcazioni in ogni porto con i dati di potenza dei motori ausiliari, si è potuto stimare il fabbisogno energetico complessivo massimo delle navi ormeggiate.

A partire da questi dati, sono stati selezionati i segmenti di imbarcazioni più significativi per essere destinati all'elettrificazione in ogni singolo porto. In generale abbiamo ipotizzato che venissero elettrificati quei segmenti navali caratterizzati da una maggiore permanenza in porto quali Ro-Ro e traghetti, navi cargo, navi container, navi da crociera etc. Espresso in termini equivalenti, abbiamo ridotto la stima iniziale del fabbisogno energetico complessivo massimo supponendo di alimentare tramite energia elettrica solo il 40% circa della domanda energetica potenziale complessiva.

I risultati dell'analisi hanno permesso di stimare che l'abilitazione al *cold ironing* dei 39 porti italiani del network TEN-T permetterebbe ogni anno di evitare la combustione di oltre 635 mila tonnellate di gasolio marino³ consentendo una consistente riduzione delle emissioni inquinanti nel perimetro portuale e nelle aree circostanti, come indicato nella tabella seguente. Ne beneficerà chi lavora nel porto e sulle navi ormeggiate, nonché la popolazione residente nelle immediate vicinanze dello scalo. Inoltre, ci saranno anche benefici acustici, grazie allo spegnimento dei motori ausiliari delle imbarcazioni.

In termini di energia elettrica, il fabbisogno elettrico lordo ammonterebbe a circa 2.9 TWh/anno e una potenza complessiva pari a 1.2 GW. L'analisi ipotizza che la generazione elettrica sia basata su fonti rinnovabili.

² AFRY Management Consulting è una società internazionale attiva nell'ingegneria, progettazione e consulenza, specializzata nei settori delle infrastrutture, industria ed energia.

³ Il consumo di gasolio marino per la generazione elettrica è stato assunto pari a 217 g/kWh.

	CO ₂	NO _x	SO _x	PM10
Riduzione emissioni (tonnellate/anno)	1.785.000	28.100	2.335	1.300

Tab. 4. Riduzione annua delle emissioni di inquinanti ottenibile alimentando con energie rinnovabili, tramite *cold ironing*, il 40% circa del fabbisogno energetico complessivo massimo delle imbarcazioni presso i 39 porti selezionati.

L'investimento per la realizzazione dell'infrastruttura è pari a circa 640 milioni di euro. La stima è effettuata in base alle assunzioni medie di investimento per infrastrutture simili (c.a. 521 mila €/MW) e la potenza complessiva richiesta.

L'adeguamento delle imbarcazioni richiederà un investimento aggiuntivo di circa 0,5-1 milione di euro per ogni nave. Il numero stimato di navi da adeguare è di circa 2.000, con un costo totale dell'investimento dell'ordine di 1.500 milioni di euro.

Infine, è opportuno segnalare che l'iniziativa genererà oltre 3.800 posti di lavoro stabili, diretti e indiretti e indotti, nel periodo di 5 anni necessario alla realizzazione delle infrastrutture. Il contributo al PIL potrebbe ammontare a oltre 900 M€ addizionali. Il calcolo è stato sviluppato da Enel attraverso l'utilizzo di un modello di equilibrio generale in collaborazione con OpenEconomics, società di consulenza specializzata nella valutazione dell'impatto degli investimenti.

L'analisi evidenzia infine l'importanza nella definizione della taglia e dell'utilizzo dell'infrastruttura. Affinché l'investimento sia efficiente è necessario che le opere vengano dimensionate sulla base dell'effettivo traffico portuale, in modo che si abbia un utilizzo assiduo dell'infrastruttura. L'ottimizzazione della taglia di impianto e il suo frequente uso permettono anche l'accesso ad un migliore prezzo dell'elettricità grazie alla diluizione delle componenti fisse di tariffa su un maggiore volume di consumi elettrici.

L'abilitazione al *cold ironing* dei 39 porti italiani del network TEN-T permetterebbe ogni anno di evitare la combustione di oltre 635 mila tonnellate di gasolio marino.



LE PROSPETTIVE DI DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE MARITTIMO

Il trasporto marittimo e le attività portuali risultano oggi ancora fortemente dipendenti per i loro consumi dalle fonti fossili. In questo capitolo vengono approfondite soluzioni innovative ed iniziative che si stanno mettendo in atto, oltre il *cold ironing*, per accelerare la decarbonizzazione del settore marittimo.

GNL

Nel settore navale il gas naturale liquefatto (GNL) si pone come valida ed economica alternativa a superare le nuove norme che limitano il contenuto massimo di zolfo nei carburanti lasciando però ancora aperto sia il tema del contenimento delle emissioni di ossidi d'azoto (che nella gran parte dei casi richiederebbe sistemi di abbattimento al camino aggiuntivi), che dei gas-serra.

Secondo l'Associazione veicoli a gas naturale NGVA la riduzione massima teorica dei gas serra dall'utilizzo di gas naturale liquefatto (GNL) nel trasporto marittimo è del 20% rispetto all'olio combustibile pesante [15]. Secondo il *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research* (TNO), a condizione che il mercato si sviluppi in modo tale da giustificare investimenti sostanziali nello sviluppo tecnologico, si può raggiungere una riduzione del 15-20% dei gas serra *well-to-wake* (dal pozzo allo scafo) entro il 2030-2035 [16]. Il raggiungimento di questo obiettivo risulta però difficile a scale geografiche nazionali o nel Mediterraneo per le seguenti ragioni:

- > in 15 anni si dovrebbero sostituire tutti i motori navali¹, attualmente alimentati a olio combustibile, con motori a gas o almeno motori ibridi gasolio marino – GNL. Nel settore marittimo la vita media di questi motori è di circa 60 anni;
- > tali motori dovrebbero garantire, oltre a basse emissioni inquinanti (difficile per NO_x), anche perdite di metano contenute (meno del 2% lungo il ciclo di vita) [17]. Il metano è infatti un potente gas serra e le minori emissioni di CO₂ nella combustione rischiano di essere parzialmente compensate dalle emissioni di metano incombusto.

Se tali condizioni si realizzassero, l'industria navale non riuscirebbe comunque a mantenere le promesse degli accordi di Parigi perché: 1. non si riuscirebbe a realizzare entro il 2050 un trasporto marittimo a zero emissioni (in tal caso, infatti, tutte le nuove navi dovrebbero essere a zero emissioni dal 2030); 2. non si riuscirebbero neanche a raggiun-

¹ L'uso del GNL nei motori diesel attuali è possibile con adeguamenti, ma comporta un aumento delle emissioni di metano incombusto.

gere i recenti obiettivi IMO di -50% delle emissioni dei trasporti marittimi entro il 2050 (il -20% massimo teorico di gas serra grazie alla combustione a metano non è sufficiente).

Il trend di crescita del trasporto navale (pre-Covid) procede al ritmo del 3,5% all'anno, quindi un raddoppio in 20 anni. Se così fosse, per ottenere -50% di emissioni di anidride carbonica al 2050, dovremmo adottare oggi un carburante o una tecnologia capace di ridurre le emissioni del 70% e non del 20% massimo teorico (e forse solo 10% reale, alla luce delle emissioni di metano incombusto).

Privilegiare il GNL significa riequipaggiare la flotta due volte (tra 15 -20 anni si dovranno nuovamente sostituire tutti i motori navali del mondo per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione) o saranno necessari grandi volumi di GNL rinnovabile per migrare da gas di origine fossile a gas rinnovabile.

Questi punti critici sembrano essere alla base degli ultimi documenti della Commissione Europea sull'energia e sulla diffusione del GNL. È infatti in corso il dibattito sulla possibile revisione della Direttiva DAFI, mentre la Direzione generale della mobilità e dei trasporti (DG MOVE) ha iniziato il processo di valutazione d'impatto per una Direttiva dal titolo *FuelEU Maritime – Green European Maritime Space*.

Il dibattito può trovare la sua sintesi nella comunicazione della Commissione UE dal titolo *EU Strategy for Energy System Integration* (COM 2020 – 299 final dell'8/7/2020) che, pur confermando il principio della neutralità tecnologica, sottolinea la necessità di promuovere l'uso di idrogeno verde nei settori difficili da decarbonizzare, come il trasporto marittimo.

Infine, la revisione delle Linee Guida sugli Aiuti di Stato per l'energia (DG COMP, 12/11/2020) potrebbe legare questi ultimi al contenuto di CO₂ dei combustibili, limitando così indirettamente la diffusione dei combustibili fossili quali il GNL che ad oggi è esente da accise nell'uso marittimo.

Il panorama UE sull'uso del gas naturale è individuato nel documento SWD (2020) 176 final del 17/09/2020, seconda parte, che recita: "Il gas naturale svolge un ruolo dominante tra i combustibili gassosi fino al 2030. Tuttavia, entro il 2050, il suo utilizzo non ridotto diventerà incompatibile con l'obiettivo della neutralità climatica". Ciò è evidente dal diagramma seguente, che già al 2030 prevede una riduzione del 13% dell'uso del gas naturale, dove le diverse colonne definiscono lo scenario attuale (BSL) e altri diversi scenari progressivamente più attenti alle emissioni.

La riduzione massima teorica dei gas serra dall'utilizzo di gas naturale liquefatto (GNL) nel trasporto marittimo è solo del 20% rispetto all'olio combustibile pesante.

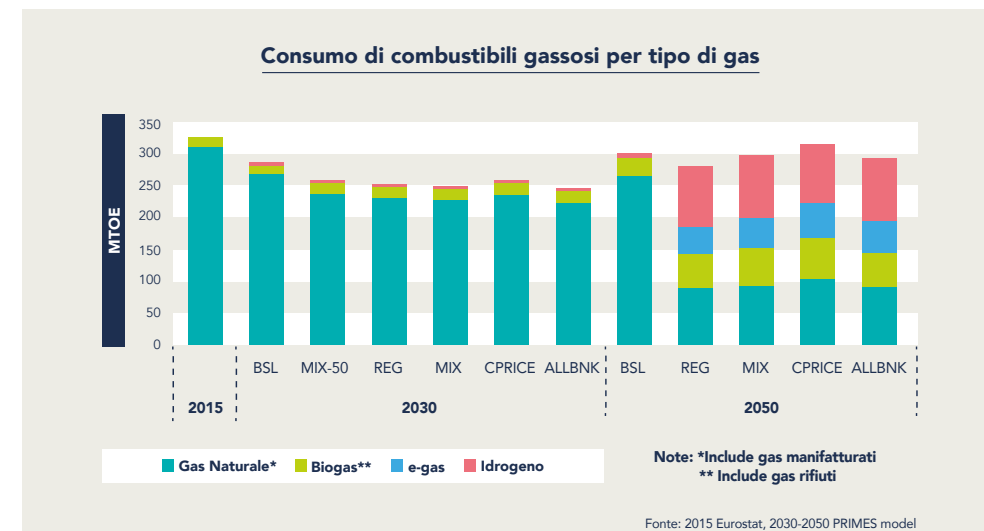


Fig. 8. Consumo di combustibili gassosi per tipo di gas.

Idrogeno, ammoniaca e batterie

Il trasporto marittimo a zero emissioni è possibile con l'idrogeno rinnovabile, l'ammoniaca rinnovabile o le batterie da elettricità verde. La scelta della tecnologia dipenderà anche dalla distanza che le singole navi devono percorrere.

L'uso di batterie per alimentare i motori elettrici delle imbarcazioni potrebbe diventare una soluzione diffusa per i trasporti a corto raggio nel breve futuro. Già oggi piccole navi alimentate a batteria eseguono servizi di linea in Cina [18] e Norvegia [19]. La velocità dell'adozione di tale tecnologia dipenderà in gran parte dai costi e dallo sviluppo tecnologico delle batterie, oggi fortemente favorito dallo sviluppo della mobilità elettrica.

Nei trasporti a lungo raggio l'alimentazione elettrica via batteria non sembra una soluzione ancora sostenibile a causa degli elevati costi, dimensioni e peso delle batterie realizzate con le attuali tecnologie. A meno di importanti sviluppi in tal senso, l'idrogeno e l'ammoniaca rinnovabili rappresentano oggi opzioni più concrete, sebbene ancora lontane dall'essere tecnologicamente e commercialmente mature.

L'ammoniaca rinnovabile, a differenza dell'idrogeno, è facilmente stoccabile in serbatoi a temperatura ambiente (l'idrogeno cambia stato a -250 gradi) e si avvale di tecnologie produttive consolidate a scala industriale anche a partire da fonti rinnovabili.

L'uso dell'idrogeno nel settore marittimo-portuale è ad oggi ancora molto limitato. La

sua diffusione potrà essere facilitata da casi studio implementati grazie ad interessanti piani di sviluppo industriale e progetti in corso. Un consorzio belga comprendente Deme, Engie, Exmar, Fluxys, il Porto di Anversa e quello di Zeebrugge, ha definito un accordo di cooperazione incentrato su progetti per la produzione, il trasporto e lo stoccaggio dell'idrogeno. Nei Paesi Bassi, nell'ambito del progetto *H-vision*, un partenariato industriale (che include attori come Air Liquide, BP, ENGIE, Gasunie, Nouryon, Shell e Uniper) sta sviluppando soluzioni per la produzione e l'utilizzo dell'idrogeno nel porto di Rotterdam. Iniziano anche a vedere la luce applicazioni pilota che vedono l'utilizzo dell'idrogeno come combustibile per mezzi portuali e piccole unità navali:

- > Il Porto di Valencia sarà il primo porto in Europa ad utilizzare l'idrogeno nelle sue operazioni nell'ambito del progetto europeo *H2Ports*, che prevede l'installazione di una stazione di idrogeno mobile finalizzata ad alimentare alcuni mezzi per la movimentazione dei container.
- > Il Porto di Anversa ha ordinato la costruzione del primo rimorchiatore alimentato a idrogeno in combinazione con diesel.
- > Già da novembre 2017, il colosso marittimo belga CMB opera un piccolo traghetto da 16 passeggeri alimentato da un motore a combustione di idrogeno liquido.
- > In Scozia, la Ferguson Marine Engineering sta terminando la costruzione del primo traghetto al mondo che utilizzerà l'idrogeno prodotto interamente da fonti rinnovabili. Servirà le Isole Orcadi.
- > La norvegese Norled ha siglato un accordo con LMG Marin per il progetto di due traghetti alimentati ad idrogeno e tramite batterie che opereranno a partire dal 2022.

Per l'impiego dell'idrogeno nel settore marittimo e militare sono in corso studi e ricerche che vedono l'Italia impegnata con i principali costruttori nazionali.



Per gentile concessione del Porto di Rotterdam - ph. Eric Bakker.



L'INTEGRAZIONE TRA PORTI E RETE FERROVIARIA

Per costruire una filiera del trasporto merci sostenibile occorre integrare le infrastrutture portuali con quelle ferroviarie, in modo da rendere competitiva la filiera logistica sia dei porti sia dell'entroterra, e costruire corridoi "green" che colleghino i porti e i principali snodi ferroviari in una combinazione mare-ferro. Per questo risulta importante garantire spazi per la movimentazione merci necessari al trasbordo e al trasferimento su treni di un grande numero di container.

Le nuove navi portacontainer, di dimensioni sempre più grandi, impongono un adeguamento degli spazi e delle tecnologie di scarico. Diversi porti in tutto il mondo stanno attrezzando banchine portuali elettrificate, dotate di gru e carri ponte, capaci di comporre convogli con moduli da 750 metri per treni da 30-35 carri in grado di trasportare anche 60 TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*, la dimensione standard dei container). Le dimensioni dei carichi e delle imbarcazioni sono significativamente cambiati nel tempo: se vent'anni fa i cantieri navali realizzavano navi da 8.000 TEU (capaci di contenere altrettanti container da 25-36 t ciascuno), negli ultimi anni stanno arrivando nel Mediterraneo navi con una capacità pari a 18.000 o 23.000 TEU (giganti da 400 m di lunghezza).

Per rendersi conto dell'impegno logistico associato, possiamo considerare che anche un cargo da 12.000 TEU, una volta entrato in area portuale attrezzata necessita, per essere scaricato, di qualche giorno di lavoro. Il carico va diviso in funzione delle diverse destinazioni e distribuito al fine di formare convogli ferroviari o flotte di TIR per il trasporto su strada. Ebbene 12.000 TEU corrispondono ad un carico di circa 10.000 camion o auto-articolati (con container di doppia dimensione) oppure 200 moderni convogli ferroviari da 30 carri merci. Quindi, per avere un ordine di grandezza, un porto attrezzato (e a basse emissioni), è capace di sostituire l'output di 50 camion con 1 solo treno.

L'impatto ambientale di una logistica così imponente non è spesso valutato. Anche i Documenti di Pianificazione Energetica e Ambientale del Sistema Portuale (DEASP), infatti, adeguandosi al livello di approfondimento previsto nelle Linee Guida emanate dal Ministero dell'Ambiente, considerano solo le emissioni inquinanti provocate dalle attività che si svolgono nei confini dell'area portuale: per questa ragione la movimentazione dei mezzi di trasporto delle merci incide molto poco sulle emissioni complessive (pochi centesimi percentuali). Ben diverso sarebbe il risultato se si valutassero gli effetti anche lungo le strade d'accesso agli scali, specie per le città densamente popolate proprio in prossimità dei porti (Genova, Napoli, etc.) alle strade e le autostrade d'Italia. Sarebbe quindi auspicabile che in una possibile revisione delle Linee Guida alla redazione del DEASP, l'ambito del calcolo della *Carbon Footprint* possa estendersi anche alle aree esterne al porto stesso.

Gran parte dei porti italiani sono dotati di connessione alla rete ferroviaria nazionale e molti di questi collegamenti risultano essere elettrificati, come si può evincere dalla tabella seguente. Ma per garantire filiere efficienti occorre fare in modo che queste connessioni siano garantite in tutti i porti principali e con efficienti raccordi alla rete, per ridurre i tempi, così come di infrastrutture logistiche di smistamento nei porti o nell'entroterra.

Tab. 5. Connessioni ferroviarie nei principali porti italiani.

Porto	Connessione ferroviaria	Connessione ferroviaria elettrificata
Ancona-Falconara	SI	SI
Augusta	NO	NO
Bari	NO	NO
Cagliari-Sarroch	NO	NO
Genova	SI	SI
Gioia Tauro	SI	SI
La Spezia	SI	SI
Livorno	SI	SI
Messina-Milazzo	SI	SI
Napoli	SI	SI
Palermo	NO	NO
Ravenna	SI	NO*
Salerno	NO	NO**
Savona-Vado	SI	SI
Taranto	SI	SI
Trieste	SI	SI
Venezia	SI	SI***

* Già finanziata; ** Smantellato nel 2005 (causa incidente); *** Importanti lavori in corso.

Il porto di Trieste (con linee e operatore ferroviario integrato con Monfalcone e Porto Nogaro), con i nuovi collegamenti ferroviari in via di completamento, ha recentemente acquisito una capacità di 2 milioni di TEUs/anno su ferro, in gran parte orientato verso l'Austria-Nord Europa, la Slovenia-Est Europa e Padova-Milano. Dispone, solo a Trieste, di 6 binari di 750m di lunghezza per la composizione di treni, con un flusso di 200 treni alla settimana. È infatti il primo porto italiano per merci extra-UE e per traffico ferroviario.

Nel 2018 Rete ferroviaria italiana (Rfi) si è dotata di un "progetto ultimo miglio" da un miliardo di euro di investimenti, inserito nel programma strategico del Ministero Infrastrutture e Trasporti "Connettere l'Italia" che dovrebbe vedere il suo completamento entro il 2023. È del 2018 l'accordo con l'Autorità portuale di Napoli per la nuova stazione terminal ferroviario con modulo da 750 metri nell'area del porto orientale. Dovrà essere ampliata la capacità del nodo Venezia Marghera Scalo. È invece del dicembre 2016 l'inaugurazione del nuovo terminal Livorno Darsena, ma ancora si stanno completando i collegamenti con l'entroterra. Mancano all'appello le opere per connettere adeguatamente i porti liguri, Palermo, Bari. Insieme alle infrastrutture è necessario sviluppare gli interporti e i poli logistici nell'entroterra ferro-ferro e ferro-gomma, come Trento (Interbrennero), Bologna, Verona, Padova. È opportuno potenziare i collegamenti tra Piacenza ed entroterra piemontese con la Liguria, ma anche lungo le dorsali tirreniche ed adriatiche.

Sarà fondamentale investire su una rete integrata di porti-interporti, basata sul trasporto ferroviario, per rendere più efficiente (in termini di emissioni CO₂) e competitivo il traffico merci nazionale e internazionale di attraversamento.

 **Per costruire una filiera del trasporto merci sostenibile occorre integrare le infrastrutture portuali con quelle ferroviarie, in modo da rendere competitiva la filiera logistica.** 



8

BUONE PRATICHE DAL MONDO

La decarbonizzazione del settore portuale, del trasporto marittimo e della logistica di terra ad esso associata, è una priorità indicata nella *Sustainable and Smart Mobility Strategy* [20] europea ed un'emergenza a diverso titolo indicata da operatori ed organizzazioni quali l'Organizzazione Europea dei Porti Marittimi (ESPO) [21]. Non a caso, più di un terzo dei progetti portuali riportati dal *World Port Sustainable Report* [22] sono relativi al fronte della lotta al cambiamento climatico e all'incremento dell'efficienza energetica.

La sfida per la decarbonizzazione è ampia e segmentata e può essere sostenuta facendo leva sulle buone pratiche già in essere, basate su tecnologie e processi finalizzati alla fornitura di energia pulita, all'integrazione dei servizi, alla migliore interazione tra gli attori portuali e le comunità locali e all'utilizzo di nuovi vettori marittimi. I seguenti paragrafi riportano alcune delle buone pratiche individuate in tal senso.

Le esperienze di successo del *cold ironing*

Sono diversi i casi di successo in cui il *cold ironing* si dimostra un'efficace soluzione per la decarbonizzazione dei consumi navali in porto. Si possono citare i casi di Gothenburg in Svezia, Rotterdam nei Paesi Bassi, Los Angeles in USA, Vancouver in Canada, Lübeck in Germania, Bergen in Norvegia, Marsiglia in Francia più una manciata di altre esperienze. Vale la pena soffermarsi su alcuni di questi casi, per capire le caratteristiche che ne hanno permesso il successo.



Per gentile concessione del Porto di Rotterdam - ph. Danny Cornelissen

Porto di Gothenburg

Nel 1989, il porto di Gothenburg è stato tra i primi porti al mondo ad essere dotato di un sistema *cold ironing* e l'intera struttura è oggi formata da sei unità di *cold ironing* (una ulteriore è in fase di realizzazione). Tre elementi alla base del successo:

- > Selezione accurata dei segmenti di imbarcazione: iniziale focus su navi Ro-Ro e successiva espansione a navi portacontainer.
- > Forte collaborazione tra il porto di Gothenburg, la multinazionale scandinava della carta Stora Enso e le compagnie di navigazione Wagenborg e Cobelfret. Il sistema per alimentare le navi portacontainer è stato fortemente sostenuto da Stora Enso per migliorare l'efficienza ambientale della sua catena logistica.
- > Incentivi alla domanda: gli oneri portuali sono ridotti del 20% per le imbarcazioni che hanno un'elevata efficienza ambientale (*ESI - Environmental Ship Index >30* o *CSI - Clean Shipping Index >4*). In aggiunta l'energia elettrica fornita beneficia di imposte ridotte.

▯▯ Sono diversi i casi di successo in cui il *cold ironing* si dimostra un'efficace soluzione per la decarbonizzazione dei consumi navali in porto. ▯▯



Per gentile concessione del Porto di Gothenburg

Porto di Los Angeles

Il porto di Los Angeles è il principale porto merci dell'emisfero occidentale e uno dei maggiori protagonisti del *cold ironing*. Le prime infrastrutture sono state realizzate nel 2004 e la progressiva espansione è stata supportata dalla *California Environmental Protection Agency* che nel 2007 ha introdotto un regolamento per mitigare le emissioni di particolato e ossidi di azoto in porto. Dal 2010 il tetto massimo alle emissioni dalle navi portacontainer, navi passeggeri e navi frigorifere è stato gradualmente ridotto e oggi rappresentano circa il 20% dei valori iniziali. Le imbarcazioni hanno tre opzioni alternative per ridurre le emissioni: connettersi alle infrastrutture di *cold ironing*; utilizzare combustibili che garantiscano minori emissioni; o adottare sistemi di cattura degli inquinanti.



Per gentile concessione del Porto di Los Angeles

Tre ragioni chiave per il successo dell'iniziativa:

- > Regolamentazione specifica che ha reso obbligatorio il ricorso al *cold ironing* o a misure alternative di mitigazione delle emissioni.
- > Accordi con gli armatori, incluso il supporto finanziario per l'adeguamento delle imbarcazioni.
- > Focus esclusivo su alcuni segmenti di imbarcazione: portacontainer, navi passeggeri e navi frigorifere.

Porto di Marsiglia

Quello di Marsiglia è il principale porto di Francia, caratterizzato dagli importanti collegamenti con la Corsica e il Nord Africa, serve sia navi passeggeri che merci. Nel 2017 sono stati realizzati tre punti di connessione *cold ironing* per navi traghetto e, grazie a un ulteriore piano di investimenti di 22 milioni di euro, il porto ambisce a diventare 100% elettrico entro il 2025. Specificatamente, l'obiettivo è di utilizzare il *cold ironing* per tutti i traghetti e le navi in riparazione entro il 2023, mentre si realizzeranno infrastrutture dedicate alle navi da crociera tra il 2022 e il 2025. Alcune ragioni del successo:

- > Lo sviluppo dell'infrastruttura di terra del *cold ironing* è stato promosso attraverso la collaborazione diretta con gli armatori che la utilizzano in esclusiva.

▯▯ **L'installazione del *cold ironing* è stata sostenuta da fondi pubblici.**

- > L'installazione del *cold ironing* è stata sostenuta da fondi pubblici forniti dall'UE, dal governo centrale francese e da quelli locali.
- > Focus sul segmento dei traghetti e alimentazione esclusivamente alla frequenza di 50 Hz permette di ottimizzare i costi dell'infrastruttura.



Per gentile concessione del Porto di Gothenburg

Tab. 6. Caratteristiche dei sistemi di *cold ironing* realizzati a Gothenburg, Los Angeles, Marsiglia

	Gothenburg	Los Angeles	Marsiglia
Proprietà	Port of Gothenburg	Municipality of Los Angeles	Stato Francese
Operatore	Port of Gothenburg	Los Angeles Board of Harbour Commissioners	Grand Port Maritime de Marseille
Anno installazione	1989	2004	2017
Punti connessione	6 (+1 pianificato)	75 (dato del 2018)	3 (+1 in costruzione)
Tipo imbarcazioni	Ro-Ro, traghetti portacontainer	Portacontainer, navi da crociera	Traghetti
Voltaggio/frequenza	11/6.6/0.4 kV 60/50 Hz	11/6.6 kV 60 Hz	11 kV 50 Hz
Capacità massima	6.0/2.5/2.0/1.25/1.0 MW	15 MW	N/A
Misure di supporto	<ul style="list-style-type: none"> > Sconti su oneri portuali > Tariffe elettriche senza margine > Finanziamento pubblico dell'infrastruttura 	<ul style="list-style-type: none"> > Obblighi regolatori (California Air Resources Board) > Accordi e finanziamenti ad armatori per retrofit 	<ul style="list-style-type: none"> > Coinvolgimento diretto degli armatori > Fondi pubblici per l'infrastruttura

In sintesi, dagli esempi citati, si possono trarre alcuni elementi comuni e caratteristiche ricorrenti di queste esperienze:

- > Il coinvolgimento diretto degli armatori nella realizzazione dell'infrastruttura è un prerequisito essenziale.
- > Focalizzarsi su specifici segmenti di imbarcazioni che per numero di attracchi in porto e durata dell'ormeggio massimizzano l'utilizzo dell'infrastruttura di *cold ironing*. Spesso le imbarcazioni da crociera sono de-prioritizzate, alla luce della stagionalità del settore, l'elevata potenza richiesta e il conseguente alto costo dell'infrastruttura.
- > Le infrastrutture a terra sono state finanziate con ricorso a finanziamenti pubblici. In alcuni casi sono state supportate anche le opere di adeguamento delle imbarcazioni.

Tecnologia gestionale, pianificazione partecipata, interazione con le comunità locali e progettazione transfrontaliera: alcuni esempi di successo dal mondo

International Association of Ports and Harbors (IAPH) - Environmental Ship Index (ESI)

I porti possono incoraggiare le imbarcazioni a diventare più sostenibili anche attraverso un sistema di incentivi per le performances migliori.

Istituito da IAPH nel 2011, l'*Environmental Ship Index* (ESI) [23] è il principale indice globale per il riconoscimento di incentivi portuali alle navi più "green". Un elevato indice ESI identifica le imbarcazioni dalle migliori prestazioni nella riduzione delle emissioni atmosferiche, sulla base degli standard dell'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO).

La formula ESI valuta la quantità di ossido di azoto (NO_x) e ossido di zolfo (SO_x) emessa da una nave. Il calcolo premia anche le navi attrezzate per il *cold ironing* e che dimostrano miglioramenti nell'efficienza del consumo di carburante, riducendo le emissioni di anidride carbonica (CO₂) e particolato (PM).

I punteggi ESI vanno da 0, che indica la conformità legale della nave, a 100 che indica emissioni di scarico vicine allo zero. Il punteggio ESI è un utile indicatore delle prestazioni delle navi oceaniche e fornisce un indirizzo nell'identificare l'impegno delle compagnie di trasporto verso una maggiore sostenibilità. Attraverso l'ESI, i porti e altri attori portuali possono garantire sconti sui diritti portuali, bonus o altri vantaggi in base alle performance ambientali delle navi.

CIVITAS PORTIS

Il progetto Civitas Portis [24], co-finanziato dal programma della CE Horizon 2020, è un progetto di cooperazione finalizzato a sperimentare soluzioni di mobilità innovative e sostenibili nelle città portuali di Aberdeen, Anversa, Constanta, Klaipeda e Trieste. Il progetto – sviluppato tra il 2016 e il 2020 – mira a dimostrare che la mobilità sostenibile può aumentare la coesione funzionale e sociale tra centri urbani e porti, sostenendo l'economia e incrementando la qualità di vita nei moderni centri urbani portuali. Le città partecipanti sono state dei veri e propri laboratori ove implementare misure di mobilità integrata, come l'introduzione di servizi di trasporto marittimo passeggeri a basse emissioni, la costruzione di una rete di piste ciclabili sicure e la decarbonizzazione del trasporto pubblico grazie a mezzi elettrici. Gli obiettivi principali sono stati: il miglioramento della governance per una maggiore integrazione tra città e porti; la creazione di un ecosistema città-porto più sostenibile e sano; il miglioramento dell'efficienza nel trasporto merci urbano.

World Ports Climate Action Program

Il *World Ports Climate Action Programme* (WPCAP) [25] è un'iniziativa internazionale di alcuni dei principali porti mondiali oggi impegnati nella lotta al cambiamento climatico.

I partecipanti includono: porto di Rotterdam, porto di Los Angeles, porto di Long Beach, autorità portuale di Vancouver Fraser, porto di Amburgo, porto di Anversa, porto di Barcellona, porto di Göteborg, autorità portuale di New York e New Jersey, porto di Amsterdam e HAROPA porto di Le Havre.

Il WPCAP si concentra su cinque aree principali: efficienza nell'approvvigionamento energetico, integrazione, *cold ironing*, decarbonizzazione dei processi di movimentazione del carico e della logistica.

Il futuro della navigazione: traghetti elettrici efficienti, puliti e silenziosi – alcuni esempi

E-ferry – Horizon 2020

Ellen, il traghetto elettrico che naviga nel Mar Baltico occidentale

E-ferry è un progetto cofinanziato dalla CE nell'ambito del programma di ricerca e innovazione H2020 [26] che prevedeva la progettazione, la costruzione e il varo di un traghetto sperimentale completamente elettrico in grado di navigare a zero emissioni di CO₂. Il progetto E-ferry, iniziato nel 2015 e co-finanziato dall'UE tramite il fondo Horizon 2020, si è concluso nel 2019 e ha visto impegnati ben 10 partner.

Ellen, questo il nome dell'imbarcazione realizzata, è alimentata interamente da batterie. Completamente carica, la nave da 60 metri può navigare per 22 miglia nautiche con un massimo di 200 passeggeri e 30 auto a bordo. L'abbattimento delle emissioni di CO₂ è di 2.000 tonnellate all'anno.

Con un totale di 4,3 MWh, la batteria ha la capacità più grande di qualsiasi nave in mare ed è equivalente alla quantità media di elettricità consumata in un anno da una famiglia europea. L'accumulatore non è tuttavia l'unica chiave di successo dell'iniziativa: grande attenzione è stata posta al design e alla scelta dei materiali, che hanno permesso di compensare il notevole peso della batteria, garantendo comunque ottime prestazioni.

I costi di gestione e manutenzione sono pari al 25% di quelli richiesti da una nave diesel di classe analoga; questo anche grazie al minor numero di parti mobili e meccaniche del motore della Ellen (sono circa 30.000 quelle di un motore diesel equivalente).

Il traghetto, costato 21,3 milioni di euro (circa il 75% è stato coperto dal programma Horizon 2020) è più costoso di una nave diesel convenzionale di circa il 40%, ma i risultati del progetto E-ferry confermano che, nonostante l'alto investimento, la tecnologia sia certamente competitiva dal punto di vista commerciale, considerando un rientro di spesa entro 4 anni.

Sognefjord – Ampere naviga sui fiordi

Sono circa 130 le rotte dei ferries che operano tutto l'anno tra i fiordi della Norvegia occidentale. Le persone che vivono nelle comunità costiere o insulari dipendono interamente da questi traghetti che sono altamente inquinanti, immettendo nell'atmosfera CO₂, SO_x, NO_x e particolato.

Nel 2012, il Ministero dei Trasporti norvegese ha lanciato un bando per la realizzazione di un traghetto auto/passeggeri a basse emissioni e rumorosità per servizio di navigazione tra i fiordi. I progettisti si sono così orientati sulla realizzazione di un traghetto elettrico ad alta potenza, capace di ricaricare ad ogni sosta in banchina, includendo così nel progetto installazioni di ricarica in grado di non sovraccaricare la rete locale. L'imbarcazione realizzata, denominata Ampere, è entrata in servizio all'inizio del 2015. Attraversa il Sognefjord circa 34 volte al giorno e ha una capacità di 360 passeggeri, 120 posti auto e 8 posti camion. La traversata di 6 km dura 20 minuti. Il sistema di batterie agli ioni di litio da 1 MWh del traghetto viene caricato su ciascuna banchina per circa 10 minuti. [27]

Una riduzione del consumo di energia di circa il 30% è stata ottenuta progettando uno scafo sottile e leggero in alluminio, di solito usato per i catamarani, e limitando la velocità operativa a circa 10 nodi all'ora (18 km/h). Si stima che la riduzione di CO₂ grazie ad Ampere sia di 2.150 tonnellate all'anno pari a circa il 95% rispetto a un traghetto diesel convenzionale.

La tecnologia di Ampere è stata ulteriormente sviluppata in Kommandøren, un nuovo traghetto con 120 auto o 12 camion, dimostrando che la tecnologia è matura per operazioni commerciali. Kommandøren, infatti, percorrerà un percorso di più del doppio della distanza percorsa da Ampere e a velocità più elevata, con una maggiore capacità di carico e tre volte la capacità della batteria.

Lago Windermere, la MV Venture continuerà a navigare

Il lago Windermere è il più grande lago naturale dell'Inghilterra e si trova nella contea della Cumbria. È una delle principali mete turistiche e vacanziera estive dell'Inghilterra sin dalla metà dell'800.

Una delle storiche imbarcazioni passeggeri del lago ha sostituito il vecchio motore con uno a propulsione completamente elettrico e ha effettuato il suo viaggio inaugurale

nell'estate del 2018. Il ferry MV Venture, realizzato dal costruttore locale Alan Brockbank alla fine degli anni '60, continuerà così la sua vita operativa al servizio della comunità e dei turisti ancora per lungo tempo. La nave, da 45 posti e otto tonnellate, naviga infatti da oltre quarant'anni sul più grande lago naturale d'Inghilterra, facendo servizio tra Lakeside e Fell Foot Park. Il nuovo motore della Venture è a zero emissioni garantendo così un viaggio pulito e silenzioso durante le frequenti crociere sul lago [28].

La compagnia Windermere Lake Cruises, grazie al nuovo motore elettrico, è riuscita a trovare il giusto equilibrio tra l'utilizzo dell'amata nave storica, la sostenibilità ambientale e, non da poco, l'esigenza di sperimentazione finalizzata ad implementare la medesima tecnologia su imbarcazioni della flotta storica di stazza maggiore.





PROPOSTE DI POLICY

Con questo studio si sono volute mettere in evidenza le scelte che possono innescare un virtuoso processo di rinnovamento e crescita dell'intero settore portuale italiano. Sono stati indicati gli interventi chiave per un approccio sistemico alla decarbonizzazione del settore marittimo e della logistica ad esso associata. Tali interventi includono l'efficiamento energetico degli scali, l'elettificazione dei consumi, lo sviluppo di una logistica intermodale basata sui collegamenti ferroviari con i porti, la conversione della flotta navale con mezzi aventi un minor impatto ambientale, la digitalizzazione dei sistemi logistici portuali.

Il *cold ironing* è la soluzione tecnologicamente più matura ed efficiente per mitigare le emissioni delle imbarcazioni ormeggiate in porto. Occorre tuttavia intervenire sulle tre barriere fondamentali che oggi rallentano lo sviluppo del *cold ironing* e dare certezze a questo scenario di innovazione:

- > finalizzare la tariffa elettrica dedicata al *cold ironing* in modo da renderla competitiva rispetto all'utilizzo dei motori di bordo;
- > realizzare l'elettificazione di un numero crescente di porti in modo da garantire, in maniera diffusa, l'accesso al servizio di *cold ironing* alle navi capaci di allacciarsi alla rete;
- > accelerare l'innovazione delle imbarcazioni verso sistemi a ridotte emissioni e *cold ironing* nei porti.

Di seguito sono indicate le politiche e gli interventi che possono dare continuità agli investimenti nella riqualificazione portuale e di trasporto marittimo.

INTERVENTI DI BREVE TERMINE

1. Finalizzare il processo di definizione di una tariffa elettrica dedicata al *cold ironing*.

La tariffa dell'energia elettrica rappresenta un fattore decisivo per la diffusione del *cold ironing*, difatti è importante che la fornitura elettrica alle imbarcazioni sia competitiva rispetto all'utilizzo di altri combustibili fossili, quali il gasolio marino. A tale proposito, il decreto "Milleproroghe" (D.L. 30 dicembre 2019, n. 162), successivamente integrato con il decreto "Semplificazioni" (D.L. 16 luglio 2020, n. 76), ha previsto, con riferimento all'energia elettrica utilizzata per il *cold ironing*, la definizione di una tariffa specifica con una forte riduzione delle accise e l'azzeramento della componente "oneri generali di sistema".

2. Introdurre schemi di finanziamento o cofinanziamento pubblico per accelerare la transizione del sistema portuale italiano verso la sostenibilità.

Le risorse del nuovo programma europeo *Next Generation EU* possono rappresentare un'opportunità importante per accelerare la transizione energetica del sistema portuale italiano. Gli interventi oggetto di finanziamento potrebbero riguardare sia la realizzazione delle opere di *cold ironing* (a terra), sia l'adeguamento delle flotte, che l'eventuale potenziamento della infrastruttura elettrica a monte dei porti. In particolare, nonostante la tecnologia del *cold ironing* sia collaudata, oggi gli investimenti nel settore restano investimenti percepiti come rischiosi poiché non vi è alcuna garanzia dell'effettivo utilizzo delle infrastrutture una volta realizzate. Il finanziamento o cofinanziamento pubblico di queste opere potrebbe ridurre sensibilmente il rischio di investimento.

3. Identificare gli interventi prioritari sul sistema portuale per avviare il processo di elettrificazione.

Al fine di ottimizzare gli investimenti sarà importante individuare i porti prioritari per sviluppare il *cold ironing* e identificare, d'intesa con le Autorità del Sistema Portuale, i moli dove intervenire prioritariamente. L'obiettivo dovrebbe essere di identificare i porti e i segmenti di imbarcazioni che per numero e durata delle soste

in porto garantiscano il più elevato utilizzo delle infrastrutture di *cold ironing*, massimizzando quindi gli impatti positivi dell'approvvigionamento elettrico da terra. I segmenti di imbarcazioni più interessanti per un rapido intervento sono i *Roll-on/Roll-off* (Ro-Ro) (ovvero le navi progettate per l'imbarco di veicoli gommati) e le navi portacontainer. Moli e porti da cui iniziare una transizione sistemica sono quelli maggiormente caratterizzati dal traffico di questo tipo di imbarcazioni.

È auspicabile che le Autorità del Sistema Portuale considerino, nell'elaborazione dei propri piani di gestione, misure volte a favorire l'accesso ai servizi di *cold ironing*. L'ottimizzazione della taglia dell'infrastruttura e il suo frequente uso migliorano l'efficienza dell'investimento e garantiscono l'accesso ad un migliore prezzo dell'elettricità grazie alla diluizione delle componenti fisse della tariffa elettrica su un maggiore volume di chilowattora.



Per gentile concessione del Porto di Los Angeles

INTERVENTI DI MEDIO TERMINE

4. Promuovere la progressiva elettrificazione dei consumi portuali con fonti rinnovabili.

Gli interventi di *cold ironing* rappresentano il primo passo verso la decarbonizzazione dei consumi energetici portuali. Interventi di natura più ampia, finalizzati a garantire nel tempo la concreta sostenibilità energetica e ambientale del sistema portuale, dovrebbero essere individuati nei Documento di pianificazione Energetica e Ambientale del Sistema Portuale (DEASP - DM 408/2018). Alcune soluzioni collaudate includono:

- > La generazione di energia rinnovabile in loco da solare fotovoltaico ed eolico, ove possibile.
- > Interventi di efficientamento energetico quali per esempio l'uso di pompe di calore per il riscaldamento/raffrescamento o l'ammodernamento dei sistemi di illuminazione.
- > Lo sviluppo di piani di mobilità elettrica dedicati al trasporto pubblico nell'area portuale, ai servizi di manutenzione, *handling*, *security*, raccolta rifiuti etc..

Inoltre, potranno essere impiegate alcune soluzioni innovative abilitate dalla digitalizzazione quali:

- > La definizione di comunità energetiche, che rimuovono alcune barriere all'impiego di energie rinnovabili in loco, favorendo l'autoconsumo e l'aggregazione di progetti su piccola scala.
- > La valorizzazione sui mercati elettrici della flessibilità della domanda elettrica grazie alla partecipazione ai mercati dei servizi di dispacciamento.

5. Sviluppare una roadmap nazionale che preveda l'elettrificazione per l'intero sistema portuale.

Gli interventi di *cold ironing* dovranno progressivamente estendersi a un numero sempre maggiore di porti e di banchine, in modo che la tecnologia sia disponibile ad ogni sosta delle imbarcazioni nei propri viaggi, organizzando in una vera e propria rete di *cold ironing* l'intero sistema portuale nazionale. Per conseguire tale

obiettivo è necessaria una programmazione e regia nazionale ed è auspicabile che si crei un'alleanza che veda come protagonisti grandi operatori del sistema portuale quali: le compagnie di navigazione, le associazioni di armatori, i Ministeri competenti, le Autorità del Sistema Portuale, le capitanerie di Porto, i concessionari dei servizi portuali e gli operatori turistici, industriali e commerciali.

Ogni azione in questa direzione, che unisca e allinei gli interessi di diversi *stakeholders* in un'ottica di sistema, favorirà la diffusione, la fruibilità e infine l'adozione della tecnologia del *cold ironing*.

6. Sviluppare le infrastrutture ferroviarie nei porti e le interconnessioni con la rete al fine di favorire il trasporto elettrico e su ferro per lunghe e medie distanze.

La decarbonizzazione del sistema dei trasporti passa per la realizzazione di interventi integrati lungo tutta la filiera logistica. I porti rappresentano un nodo strategico di interscambio tra navi e di scarico e carico di treni e autotreni. In tal senso, è strategico che in parallelo con l'elettrificazione delle banchine proceda quella dei binari di collegamento ferroviario, in modo da rafforzare la possibilità di gestione e carico delle merci nei porti o negli interporti dell'entroterra e continentali. Una nave portacontainer media da 12.000 TEU può generare un traffico di 10.000 camion o auto-articolati oppure 200 moderni convogli ferroviari da 30 carri merci, con il conseguente differente impatto delle due alternative in termini di inquinamento.

Facciamo dell'Italia il Paese dei porti verdi.

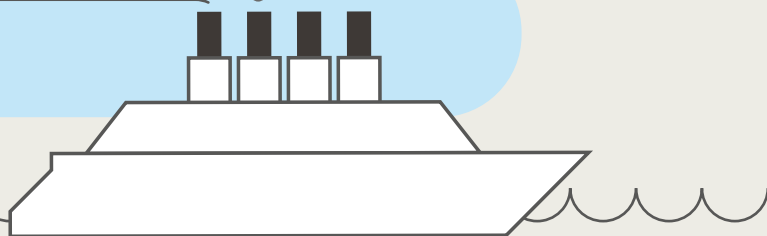


Il cambiamento climatico è in atto, dobbiamo combattere la crisi climatica rapidamente.

LE EMISSIONI ASSOCIATE ALL'INDUSTRIA DEL TRASPORTO MARITTIMO SONO:

940 milioni di tonnellate di CO₂ anno

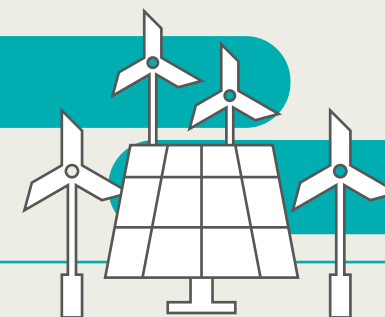
2,5% delle emissioni globali di gas serra



L'**INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION** ha fissato l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra generate dal trasporto marittimo di almeno il **50%** entro il **2050**.

Il progresso tecnologico ha permesso l'elettificazione di ampi settori dell'economia e della società. Grazie alla generazione di elettricità da fonti rinnovabili è oggi possibile la decarbonizzazione di gran parte dei consumi di energia.

ENERGIA RINNOVABILE



IL COLD IRONING

è la tecnologia per fornire energia alle imbarcazioni tramite una connessione elettrica con la terraferma. Se questa energia elettrica proviene da fonti rinnovabili, il *cold ironing* consente l'annullamento delle emissioni da parte delle imbarcazioni in porto.



Bibliografia e sitografia

- [1] Third IMO GHG Study 2014, <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Greenhouse-Gas-Studies-2014.aspx>
- [2] Webinar - Mediterranean Emission Control Area, 1.12.20 - Cittadini per l'Aria
- [3] European Sea Ports Organisation, "ESPO Environmental Report- Eco Ports in Sights 2019", <https://www.espo.be/media/Environmental%20Report-2019%20FINAL.pdf>
- [4] International Chamber of Shipping, "Catalysing the Fourth Propulsion Revolution", <https://www.ics-shipping.org/publication/catalysing-the-fourth-propulsion-revolution/>
- [5] L'elettificazione delle banchine dei porti del Mar Ligure Occidentale, <https://www.portsofgenoa.com/it/green-port/iniziative-green.html>
- [6] GSE, Fuel mix, determinazione del mix energetico per gli anni 2018-2019, <https://www.gse.it/servizi-per-te/news/fuel-mix-determinazione-del-mix-energetico-per-gli-anni-2018-2019>
- [7] DEASP del Mar Ligure Occidentale, <https://www.portsofgenoa.com/it/green-port/doc-energetico-ambientale-sist-portuale-deasp.html>
- [8] Rapporto Carbon-footprint AdSP Mar Tirreno Settentrionale, <https://www.quinewselba.it/attachments/0/9/09-rapporto-carbon-footprint.pdf>
- [9] Relazione sulle misure con le stazioni di monitoraggio in continuo, Progetto SETH - Ship Emission Treatment in Harbors, CNR - IIA
- [10] ARPAL, <https://www.arpal.liguria.it/articoli/58-temi-news/2872-il-rumore-del-porto,-l-esperienza-di-arpal-a-genova.html>, 03.03.17
- [11] Primocanale.it, <https://www.primocanale.it/notizie/la-spezia-i-residenti-del-canaletto-e-la-difficile-convivenza-col-porto-rumori-giorno-e-notte--215259.html>, 20.01.20
- [12] Genova24, <https://www.genova24.it/2019/05/cittadini-in-piazza-con-maschere-e-striscione-contro-linquinamento-da-navi-in-porto-a-genova-217742/>, 21.05.19
- [13] Comitato per Prà, <http://www.comitatoperpra.org/content/rumore-dal-porto>
- [14] World Port Sustainability Program <https://sustainableworldports.org/ops/costs/investments/>
- [15] NGVA (2017), "Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas", <https://www.ngva.eu/downloads/press-release/2017-05-31-pr-release-ghg-intensity-from-natural-gas-study.pdf>

- [16] TNO (2015), "LNG for trucks and ships: fact analysis Review of pollutant and GHG emissions", http://www.nationaallngplatform.nl/wp-content/uploads/2016/04/TNO-report_LNG_fact_analysis.pdf
- [17] Transport & Environment (2018), "GNC e GNL, per auto e navi - I fatti", https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2018_10_TE_GNC_e_GNL_per_auto_e_navi_ITA.pdf
- [18] Quartz 23.11.2017, "China's first all-electric zero-emissions cargo ship is going to be used to transport coal", <https://qz.com/1137026/chinas-first-all-electric-cargo-ship-is-going-to-be-used-to-transport-coal/>
- [19] Ship Technology 7.9.2018, "Ampere Electric-Powered Ferry", <https://www.ship-technology.com/projects/norled-zero-cat-electric-powered-ferry/>
- [20] <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/com20200789.pdf>
- [21] European Sea Ports Organisation, "ESPO Environmental Report- EcoPorts in Sights 2020" - Available at https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2020/11/ESPO-Environmental-Report-2020_11.pdf
- [22] World Port Sustainable Report <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/WORLD-PORTS-SUSTAINABILITY-REPORT-2020-FIN.pdf>
- [23] <https://www.environmentalshipindex.org/>
- [24] <https://civitas.eu/portis>
- [25] <https://sustainableworldports.org/wpcap/#:~:text=The%20World%20Ports%20Climate%20Action,ports%20and%20improve%20air%20quality.>
- [26] <http://www.conf.eferry.eu/>
- [27] <https://www.ship-technology.com/projects/norled-zero-cat-electric-powered-ferry/>
<https://www.theexplorer.no/solutions/ampere--the-worlds-first-electric-car-and-passenger-ferry/>
- [28] <https://www.windermere-lakecruises.co.uk/news/first-ever-electric-passenger-essel-for-windermere-lake-cruises>

Pubblicazione a cura di
Enel X e Legambiente

Febbraio 2021

enel x



LEGAMBIENTE