

Oliviero Baccelli

La decarbonizzazione del trasporto marittimo quale stimolo all'innovazione industriale e il ruolo delle Autorità di Sistema Portuale

(doi: 10.1430/117211)

L'industria (ISSN 0019-7416)

Fascicolo 1, gennaio-marzo 2025

Ente di afferenza:

Università Bocconi (unibocconi)

Copyright © by Società editrice il Mulino, Bologna. Tutti i diritti sono riservati.

Per altre informazioni si veda <https://www.rivisteweb.it>

Licenza d'uso

L'articolo è messo a disposizione dell'utente in licenza per uso esclusivamente privato e personale, senza scopo di lucro e senza fini direttamente o indirettamente commerciali. Salvo quanto espressamente previsto dalla licenza d'uso Rivisteweb, è fatto divieto di riprodurre, trasmettere, distribuire o altrimenti utilizzare l'articolo, per qualsiasi scopo o fine. Tutti i diritti sono riservati.

La decarbonizzazione del trasporto marittimo quale stimolo all'innovazione industriale e il ruolo delle Autorità di Sistema Portuale

Oliviero Baccelli

The Decarbonisation of Maritime Transport as a Stimulus for Industrial Innovation and the Role of Port System Authorities

Around 2.89 per cent of total global greenhouse gas emissions are accounted for by maritime transport. It is the subject of international regulatory initiatives and growing interest from shippers, who are becoming more aware of the need to reduce the environmental impact of their procurement and distribution activities. The two main research questions are: what are the maritime transport trends towards decarbonisation, and what are the implications for Italian ports and industrial systems?

The key elements of maritime decarbonisation analysed are a combination of private strategies and public policies related to operational measures, energy efficiency technologies, biofuels, and low/zero-carbon fuels. The analyses summarised in this paper focus on national and local specific public policies aimed at reducing financial and operational risks for investors and supporting innovative solutions for maritime and port decarbonisation. The response to the second question is articulated because this evolution has specific technological implications, organisational innovation, as well as the potential activation of new industrial opportunities.

These are related to carbon capture usage and storage, energy efficiency technologies, green Ro/Ro corridor pilot programmes, and the development of renewable energy projects dedicated to decarbonisation of maritime and port activities. The paper concludes with a set of policy recommendations to accelerate the trend towards environmental sustainability and enhance its socio-economic impact.

Keywords: Decarbonisation, Port, Maritime Transport, Innovation, Sustainability.

JEL Classification: R4; R58; Q580; Q550

1. INTRODUZIONE E OBIETTIVI

Il settore dei trasporti internazionali, ed in particolare il comparto marittimo-portuale, è al centro di importanti e continue trasformazioni. Queste evoluzioni sono in grado di creare un nuovo contesto di mercato, frutto di

Oliviero Baccelli (corresponding author), Università Bocconi, Centro di ricerca GREEN, Via Roentgen 1, 20136 Milano; oliviero.baccelli@unibocconi.it, <https://orcid.org/0000-0003-4899-0165>

Received: December 20, 2024 | Revised: March 24, 2025 | Accepted: March 31, 2025

rilevanti crisi geopolitiche dovute ai conflitti fra Russia e Ucraina (dal 2022) e nel Medio Oriente (dal 2023) che hanno portato a forti restrizioni nel trasporto marittimo nel Mar Nero e nel Mar Rosso, crisi energetiche dovute alla forte instabilità dei principali carburanti fossili, dovute alle restrizioni al commercio della Russia da parte delle principali economie occidentali (dal 2022), crescenti sbilanciamenti commerciali che hanno portato il governo USA ad innescare una complessa serie di dazi al commercio internazionale (dal 2018 e rafforzati nel 2025), oltreché a sfide di particolare rilevanza per la sostenibilità sociale e ambientale del comparto. Quest'ultimo trend richiede un approccio sistemico per poter ottenere i risultati previsti dalle normative internazionali ed europee, in quanto il mercato dei trasporti è l'unico settore economico che non è stato in grado di introdurre meccanismi di efficientamento tali da ridurre la continua crescita di emissioni di gas serra nel corso degli ultimi decenni, divenendo, così, in molte delle economie più sviluppate, fra cui l'Italia, il principale settore per livelli di emissioni (ISPRA 2024) ¹.

Le emissioni del settore marittimo continuano ad aumentare e, in condizioni di business as usual, le analisi dell'International Maritime Organisation (IMO) evidenziano che il miliardo di tonnellate metriche di gas serra emesse ogni anno dal settore, equivalenti al 2,89 per cento del totale nel 2018 (IMO 2020), sono destinate ad aumentare fino al 130 per cento rispetto ai livelli del 2008 entro il 2050 (IMO 2020) ².

Il settore è considerato, quindi, «the hardest to abate» ed inoltre è particolarmente impattato dall'evoluzione dei consumi energetici in quanto il trasporto via mare è la modalità principale per la movimentazione di materie prime e prodotti energetici negli altri settori economici su scala internazionale e nazionale. A livello italiano, ad esempio, ben il 40 per cento dei volumi di merci movimentati nei porti italiani è legata a combustibili fossili ³.

¹ Il settore dei trasporti nel 2022 ha contribuito per il 26.6 per cento rispetto al totale nazionale alle emissioni di gas serra. Questo valore era il 19,7 per cento nel 1990, il 22,3 per cento nel 2000 e il 22,4 per cento nel 2010. In questo contesto, lo studio si concentra sul settore del trasporto marittimo, responsabile del 5,3 per cento del totale dei gas serra emessi dal settore dei trasporti nell'anno 2022 e circa l'1,4 per cento del totale nazionale. Le emissioni della navigazione marittima sono aumentate del 4,2 per cento dal 1990 al 2022 a livello italiano.

² Sulla base di altre fonti, quali Clarkson Research (2024), si stima che le emissioni globali di gas serra del trasporto marittimo aumenteranno di circa il 3 per cento nel 2024, raggiungendo 1.046 milioni di tonnellate di CO₂ e su base WTW e superando i livelli del 2019 pre-COVID a causa di un allungamento delle distanze medie, alcuni aumenti di velocità e la crescita dei traffici che compensa la quota crescente di navi a combustibili alternativi, di navi «ecologiche» e di tonnellaggio con Energy Saving Technologies (EST).

³ La stima è frutto della proporzione fra la somma di tre componenti al numeratore: 1) totale delle rinfuse liquide pari a 167 mln di ton (considerando che a livello italiano si tratta quasi esclusivamente di petrolio greggio e di prodotti raffinati del petrolio destinati ad essere carburanti); 2) carbone pari a 7,5 mln di ton e 3) 16,6 mld di metri cubi di GNL (a cui si appli-

L'interesse ad un approfondimento sul ruolo del trasporto marittimo e portuale all'interno delle più ampie strategie per la decarbonizzazione deriva dalla rilevanza delle emissioni dirette, ma anche del ruolo di abilitatore di evoluzioni nell'intero settore energetico (ad esempio, nell'importazione di GNL o nelle attività di supporto allo sviluppo di produzione di eolico offshore o di abilitatore di iniziative di carbon capture usage and storage) e nel ridisegno delle scelte di percorso, con l'effetto indiretto di poter attivare innovazioni nel settore manifatturiero ed industriale in generale.

La rilevanza di un focus sul caso nazionale deriva anche da una serie di specificità che evidenziano come gli ostacoli di natura generale nel percorso verso la decarbonizzazione del trasporto marittimo – portuale siano ancor più complessi da superare nel contesto italiano. Infatti, le peculiarità nazionali, che costituiscono barriere all'innovazione verso la sostenibilità e che riguardano la natura sia della domanda sia dell'offerta, possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- forte frammentazione dei traffici fra 56 porti commerciali principali che limitano la possibilità di raggiungere le soglie di scala minime richieste per poter realizzare infrastrutture per carburanti alternativi;

- ben oltre il 70 per cento dei traffici nella portualità italiana, per numero di attracchi, è basato su complessi sistemi di linea, come i servizi container, Ro/Ro o le crociere, che richiedono un approccio coordinato fra più porti per gli approvvigionamenti di carburanti alternativi o che mettono in concorrenza diversi mercati nazionali con modelli differenti in termini organizzativi e di fiscalità differente (ad esempio, negli approvvigionamenti VLSFO⁴ o di GNL⁵ l'Italia è meno competitiva rispetto alla Spagna) incrementando la complessità e riducendo le economie di scala per l'avvio di iniziative per lo sviluppo di filiere per vettori energetici a basse emissioni;

- notevoli difficoltà procedurali e autorizzative che, ad esempio, hanno portato alla continua revisione del piano di sviluppo dei depositi costieri dedicati allo sviluppo del GNL per il trasporto marittimo, con a fine dicembre 2024 il solo impianto di Ravenna attivo per un approvvigionamento diretto;

- la vicinanza degli ambiti portuali ai centri cittadini o a destinazioni turistiche che riduce ulteriormente l'accettabilità sociale dello sviluppo di carburanti alternativi che in molti casi vengono associati a problematiche di incendio e sicurezza.

ca l'equivalenza semplificata adottata dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale di 1.000 metri cubi equivalenti a 1 tonnellata), e al denominatore il totale delle merci movimentate nei porti italiani, pari a 474 milioni di tonnellate, sulla base dei dati Assoporti relativi al 2023.

⁴ VLSFO: Very Low Sulphur Oil.

⁵ GNL: Gas Naturale Liquefatto.

L'obiettivo del paper è quello di offrire la risposta a due specifiche domande di ricerca: *a)* Quali sono gli scenari di evoluzione normativa, tecnologica ed organizzativa in grado di incidere sul percorso verso la decarbonizzazione del trasporto marittimo?; *b)* Quali sono le implicazioni per il settore a livello nazionale, alla luce delle più recenti policy promosse con il Piano Nazionale Ripresa e Resilienza (PNRR), e quali proposte possono contribuire ad accelerare la sostenibilità del comparto?

Il paper è strutturato in modo da affrontare nel secondo capitolo gli elementi di natura normativa-regolatoria, organizzativa e tecnologica in grado di incidere sulle scelte in tema di carburanti alternativi ai combustibili fossili nel settore del trasporto marittimo, con focus sul contesto nazionale. Il terzo capitolo è dedicato alle analisi delle tre specifiche iniziative promosse nel Piano Nazionale Ripresa e Resilienza (PNRR) per la decarbonizzazione del comparto marittimo portuale, a cui sono assegnati fondi pubblici per un valore complessivo di oltre 1,46 miliardi di euro. Il capitolo è arricchito da una sintesi delle iniziative promosse dalle quattro principali Autorità di Sistema Portuale, attraverso l'evidenziazione delle strategie delineate nei Documenti di Pianificazione Energetica e Ambientale del Sistema Portuale (DEASP). Il paper si conclude con il quarto capitolo dove vengono evidenziati i limiti delle attuali iniziative di policy e vengono, quindi, delineate alcune proposte per un'accelerazione del processo di decarbonizzazione del settore marittimo-portuale a livello italiano, con potenziali sinergie con il sistema industriale nazionale.

Le analisi e le valutazioni qui proposte sono basate su una sistematica rassegna bibliografica internazionale per quanto riguarda l'inquadramento del processo di decarbonizzazione, tenendo conto degli aspetti di policy internazionali, delle strategie dei carburanti e della componente organizzativa e tecnologica degli operatori marittimi e portuali. Questa visione sistemica è stata valorizzata nell'analisi di efficacia delle principali politiche pubbliche settoriali attivate a livello nazionale e a livello territoriale dalle Autorità di Sistema Portuale, basata sia sui documenti del Ministero dell'Economia e Finanza sia sui piani di sviluppo delle singole Autorità di Sistema Portuale. La valutazione dell'efficacia di questi specifici interventi di policy in termini di contributo alla decarbonizzazione e all'attivazione di riflessi sul comparto industriale tiene conto delle peculiarità del contesto nazionale grazie all'utilizzo dei dati ISPRA ed UNEM, oltreché di stime in merito ai trend del mercato dei permessi ad emettere gas clima-alteranti a livello europeo.

2. LE AMBIZIONI DEL FRAMEWORK REGOLATORIO INTERNAZIONALE PER LA DE-CARBONIZZAZIONE DEL SETTORE MARITTIMO E PORTUALE

Gli indirizzi di policy in tema di sostenibilità ambientale per il settore marittimo-portuale derivano sia dall'IMO – International Maritime Organisation sia dall'Unione Europea. Le evoluzioni dei regolamenti IMO e della UE impongono gradualmente adeguamenti, che in modo crescente e sempre più sfidante, richiedono innovazione nei modelli organizzativi ed investimenti tecnologici sempre più rilevanti. Gli ambiziosi obiettivi climatici per il settore al 2030 e al 2050 sono sanciti rispettivamente nella Strategia IMO⁶ e nel regolamento UE che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica⁷.

2.1. *Gli indirizzi regolatori dell'IMO*

L'IMO ha formulato una strategia più ampia per ridurre le emissioni di gas a effetto serra del trasporto marittimo internazionale e contribuire agli sforzi globali contro il cambiamento climatico, utilizzando un mix di strumenti regolatori e indicando chiari obiettivi per la decarbonizzazione. In particolare, l'Allegato VI della Convenzione MARPOL⁸ attua misure obbligatorie che regolano efficacemente le emissioni di CO₂ migliorando l'efficienza energetica delle navi, sebbene non stabilisca limiti espliciti alle emissioni di CO₂, come invece fa per altre tipologie di emissioni quali quelle di SO_x e NO_x. L'IMO non raccomanda esplicitamente alcuna scelta specifica di combustibile particolare per l'industria navale, in una logica di neutralità tecnologica. Al contrario, fornisce un quadro normativo e fissa degli obiettivi per ridurre le emissioni di gas serra (GHG), oltre a predisporre delle Life Cycle Assessment (LCA) Guidelines relative a modalità di calcolo e certificazione e offrire un workplan per lo sviluppo di un quadro regolatorio per l'utilizzo a bordo di sistemi di Carbon Capture (CC). Questo approccio consente l'innovazione e l'adozione

⁶ Resolution MEPC.377(80) (adottata il 7 luglio 2023) «2023 IMO Strategy on reduction of GHG Emission from ships».

⁷ Regolamento UE 2021/119 del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (CE) n. 401/2009 e il regolamento (UE) 2018/1999 («Normativa europea sul clima»).

⁸ International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). La convenzione MARPOL 73/78 è entrata in vigore nel 1983 ed è stata sottoscritta da 161 paesi che detengono il controllo del 98 per cento del tonnellaggio marittimo globale. È tra le più importanti convenzioni ambientali internazionali ed è nata con lo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento del mare.

di una varietà di soluzioni tecnologiche, organizzative ed energetiche per raggiungere gli obiettivi globali di riduzione delle emissioni.

A luglio 2023 l'IMO ha aggiornato la propria strategia rafforzando la riduzione assoluta delle emissioni GHG fissata inizialmente pari al 50 per cento al 2050 e portandola al 100 per cento. Altrettanto prevede l'uso di carburanti low carbon a copertura del 5 per cento dei consumi al 2030.

Tra le misure adottate dall'IMO vi è anche l'introduzione di un indice di efficienza energetica delle navi esistenti sopra le 5.000 GT (Energy Efficiency Existing Ship – Index EEXI), di un indice sull'efficienza della progettazione per le navi nuove (Energy Efficiency Design Index – EEDI) e per le navi sopra le 5.000 GT il potenziamento del manuale di gestione di efficienza energetica della nave (Ship Energy Efficiency Management Plan – SEEMP Part III) ed un indice per verificare l'intensità di emissioni di CO₂ (Carbon Intensity Indicator – CII⁹) con un meccanismo di classificazione delle performance di emissioni della nave, via via sempre più stringente anno dopo anno.

È interessante evidenziare come nel corso degli ultimi anni in ambito IMO siano state avanzate numerose e differenziate proposte da parte di diversi Stati membri e dall'International Chamber of Shipping¹⁰ (ICS) affinché siano adottati strumenti di tassazione delle emissioni di gas climalteranti per contribuire ad accelerare la decarbonizzazione del settore. La mancata condivisione fra gli Stati sul tema deriva anche dalle difficoltà nel conciliare questi strumenti con i regolamenti della World Trade Organization (WTO), in particolare rispetto ai General Agreement on Trade in Services and the General Agreement on Tariffs and Trade. Inoltre, in fase di discussione in ambito IMO sono emerse criticità rispetto all'equità di trattamento nei confronti dei Paesi in via di sviluppo fortemente dipendenti dal commercio internazionale via mare, come approfondito nelle analisi di Dominioni (Dominioni 2024).

2.2. La visione sistemi degli indirizzi regolatori dell'UE e il ruolo dei ricavi dell'EU ETS

Le attività di policy-making dell'UE per lo sviluppo del trasporto merci a basse emissioni e a basso consumo energetico via mare hanno un approccio sistemico, come evidenziato nella comunicazione della Commissione sulla strategia per la mobilità sostenibile e intelligente¹¹ e delle iniziative del pac-

⁹ Il CCI è basato sul parametro $gCO_2\text{emitted}/\text{cargo-carrying_capacity}*\text{nautical_mile}$.

¹⁰ Si veda ad esempio, «Fund and Rebate(Feebate) Mechanism as a Maritime GHG Emissions Pricing Mechanism» ISWG-GHG 16/2/3 (IMO ISWG-GHG 2024).

¹¹ COM (2020) 789 final «Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro».

chetto «Fit for 55»¹². Questi temi sono stati declinati in modo specifico per il trasporto marittimo in una Comunicazione della Commissione Europea¹³ in grado di definire un'agenda dettagliata e realistica affinché l'economia blu possa svolgere un ruolo importante nel conseguire gli obiettivi del Green Deal europeo.

Questi obiettivi sono rafforzati dall'inserimento del trasporto marittimo fra i settori a cui si applica a livello europeo l'Emission Trading System¹⁴ e dagli obiettivi target delle direttive FuelEU Maritime¹⁵ e del Regolamento Alternative Fuel Infrastructure¹⁶, che comporranno una modifica delle filiere di approvvigionamento energetico delle navi commerciali.

La tabella 1 sintetizza gli strumenti di policy promossi a livello europeo per la sostenibilità del settore marittimo attraverso la promozione di carburanti alternativi ai combustibili fossili, oltreché attraverso l'efficientamento organizzativo e tecnico del naviglio esistente, con importanti deroghe rispetto ai mercati da e per le isole minori di particolare importanza per il contesto nazionale.

Sia il regolamento ETS che quello FuelEU Maritime si basano sul quadro di certificazione dei combustibili di cui alla seconda Direttiva sulle Energie Rinnovabili – UE/2018/2001 (biocarburanti, combustibili rinnovabili di origine non biologica e combustibili riciclati a base di carbonio) e della rifusione della Direttiva sul Gas – UE/2024/1778 (combustibili a basso contenuto di carbonio): i carburanti sono considerati a bassa intensità di gas serra solo se consentono una riduzione delle emissioni rispetto ai fossili di almeno il 50-65 per cento (biocarburanti) o il 70 per cento (tutti gli altri combustibili).

Il quadro normativo europeo così impostato avrà potenzialmente un impatto significativo su diversi costi relativi al trasporto marittimo, come ad

¹² Il pacchetto «Pronti per il 55 per cento», presentato dalla Commissione europea il 14 luglio 2021, mira ad allineare il quadro delle politiche dell'UE in materia di clima ed energia al nuovo obiettivo climatico applicabile a tutta l'economia per il 2030 di ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55 per cento rispetto ai livelli del 1990 e a porre l'UE sulla buona strada per conseguire l'obiettivo di giungere alla neutralità climatica entro il 2050.

¹³ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni su un nuovo approccio per un'economia blu sostenibile nell'UE. Trasformare l'economia blu dell'UE per un futuro sostenibile COM/2021/240 final del 17 maggio 2021.

¹⁴ Regolamento (UE) 2023/957 del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica il regolamento (UE) 2015/757 al fine di prevedere l'inclusione delle attività di trasporto marittimo nel sistema per lo scambio di quote di emissioni nell'Unione europea e il monitoraggio, la comunicazione e la verifica delle emissioni di ulteriori gas a effetto serra e delle emissioni di ulteriori tipi di navi è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Europea il 10 maggio 2023.

¹⁵ Regolamento UE 2023/1805 «Fuel Eu Maritime, sull'uso di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio nel trasporto marittimo, e che modifica la direttiva 2009/16/CE».

¹⁶ Regolamento (UE) 2023/1804 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi, approvata in via definitiva il 25 luglio 2023.

TAB. 1. *Strumenti di policy EU in tema di carburanti per il trasporto marittimo*

Policy e sintesi descrittiva	Cronoprogramma degli impatti
Regolamento UE/2023/1805 FuelEU Maritime (in vigore dal 22 settembre 2023)	
L'obiettivo è aumentare la domanda e l'uso costante di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio e ridurre le emissioni di gas a effetto serra generate dal settore marittimo, garantendo nel contempo il buon funzionamento del traffico marittimo ed evitando distorsioni nel mercato interno. Il testo prevede inoltre che i principali porti dell'UE mettano a disposizione una capacità elettrica sufficiente, entro il 2030, per le navi passeggeri e le navi porta-container.	L'obiettivo è una riduzione dei gas serra prodotti a bordo delle navi superiori alle 5.000 tsl, tagliando la quantità di GHG nell'energia che utilizzano (rispetto al livello del 2020 di 91,16 grammi di CO ₂ per MJ) del 2 per cento a partire dal 2025, del 6 per cento a partire dal 2030, del 14,5 per cento a partire dal 2035, del 31 per cento a partire dal 2040, del 62 per cento a partire dal 2045 e dell'80 per cento a partire dal 2050, attraverso l'utilizzo di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio (è previsto un fattore premiante per gli RFNBO), energia elettrica a terra o propulsione assistita dal vento.
Regolamento Alternative Fuel Infrastructure – AFIR (in vigore dal 25 luglio 2023)	
Il regolamento prevede l'obbligo per i principali porti parte della rete TEN-T di permettere di accedere al cold ironing ad almeno il 90 per cento delle navi container e per il trasporto passeggeri	Il regolamento è parte del pacchetto di iniziative «Fit for 55» ed impone l'obbligo di disporre di infrastrutture per i carburanti alternativi al 2025 per quanto riguarda il gas naturale liquefatto in alcuni porti principali al 2025 e il cold ironing al 2030 nei porti Core della rete TEN-T.
Regolamento ETS (UE) 2023/957 del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica il regolamento (UE) 2015/757 al fine di prevedere l'inclusione delle attività di trasporto marittimo nel sistema per lo scambio di quote di emissioni nell'Unione europea (in vigore dal 10 maggio 2023).	
Il regolamento ha l'obiettivo di contribuire a ridurre del 55 per cento le emissioni del settore, intervenendo non solo sulla CO ₂ ma anche sul metano (CH ₄) e il protossido di azoto (N ₂ O) per navi con capacità di oltre 400 tsl. Istituzione del Fondo per l'Innovazione/Fondo per gli Investimenti nel Clima.	Dal 2024 armatori e charterer di navi da oltre 5.000 tsl (dal 2025 per le navi oltre 400 tsl) dovranno acquistare e trasferire permessi di CO ₂ per ogni ton di gas serra rilasciata nell'atmosfera durante un anno solare. L'introduzione sarà graduale e riguarderà il 40 per cento delle emissioni verificate dichiarate per il 2024, il 70 per cento delle emissioni per il 2025 e il 100 per cento dal 2026 in poi. Inoltre, le navi che effettuano viaggi con partenza da un porto dello Spazio Economico Europeo e arrivo in un porto extraeuropeo o viceversa vedranno ridotto del 50 per cento il loro requisito di resa.

Fonte: Elaborazioni dell'autore.

esempio il costo del carburante e i costi di gestione dei processi di monitoraggio, reportistica e verifica delle emissioni resi obbligatori dai regolamenti ETS e FuelEU Maritime.

In particolare, una stima dell'impatto medio dell'ETS sul costo del carburante marino può essere effettuata tenendo conto del costo medio per ton del VSLFO a Genova (579 USD al 16 dicembre 2024, con tasso di cambio 1USD = 0,95 euro) e del coefficiente di emissione (3,12 ton di CO₂ per ton di VSLFO), oltreché del valore dell'EEX-EUA spot al 16 dicembre 2024 pari a 63,50 euro, emerge come il costo medio del VSLFO aumenterà del 36 per cen-

to, nel caso di applicazione al 100 per cento delle emissioni (previsto a partire dal 1° gennaio 2026). Nel caso di un valore dell'EEX-EUA pari a 80 euro, l'incremento sarà del 45 per cento.

Uno studio più specifico (Baccelli 2024), relativo all'applicazione del solo regolamento ETS solo alle 60 navi Ro/Ro e Ro/Pax impiegate nelle 24 rotte nazionali ed internazionali alternative al tutto strada, con l'ipotesi di un valore della ton di CO₂ pari a 90 euro, indica un impatto al 2026 di 123 milioni di euro per le compagnie marittime¹⁷. Questo significa che, in media, la nuova tassa ambientale comporta costi gestionali aggiuntivi per le compagnie marittime impegnate su queste rotte pari a circa 2 milioni di euro all'anno per nave.

L'impatto sulle scelte delle compagnie marittime nel settore dei traffici containerizzati può essere stimato attraverso l'analisi che, partendo da un consumo medio di VSLFO pari a 124 tonnellate per giornata di navigazione per le navi tipicamente utilizzate sulla direttrice Europa-Asia con capacità di 20.000 TEU¹⁸, evidenzia come ogni giorno di navigazione comporterà un costo aggiuntivo per l'acquisto delle EUA di circa 31.000 euro, nel caso di un valore dell'EUA pari a 80 euro. Questi incrementi di costo per le compagnie marittime sono fra i fattori che giustificano l'ipotesi alla base della nuova pianificazione portuale nazionale in questo comparto, che prevede un parziale ridisegno delle attuali rotte fra Asia ed Europa a vantaggio della portualità del Nord Adriatico e del Nord Tirreno rispetto ai porti del Northern Range (arco fra Anversa e Amburgo). Infatti, ad esempio, il riposizionamento di una linea settimanale operata per 48 settimane all'anno, con una conseguente riduzione dei giorni di navigazione pari ad 8 considerando sia la tratta eastbound e westbound su Genova rispetto ad Anversa, permetterebbe alle compagnie marittime un risparmio ulteriore rispetto all'attuale situazione in termini di costi del carburante di circa 11,8 mln di euro all'anno¹⁹ a partire dal 2026.

I proventi derivanti dall'obbligo d'acquisto da parte delle compagnie marittime che operano da o per un porto dell'Unione Europa sono gestiti in parte dalla Commissione Europea (circa il 20 per cento, che alimenta l'In-

¹⁷ Il dato si riferisce all'anno di competenza dei costi aggiuntivi derivanti dall'applicazione dell'ETS in quanto a partire proprio dal 2026 saranno obbligatorie le compensazioni per il 100 per cento delle emissioni, come da Regolamento (UE) 2023/957.

¹⁸ Il calcolo dei consumi è stato basato sull'analisi puntuale dei dati messi a disposizione dal database EMSA per il 2024 di 4 navi di tre fra le principali compagnie marittime mondiali, che le utilizzano con una velocità di crociera in media di 15,3 nodi sulle rotte Europa-Asia: Cosco Taurus, Cosco Gemini, Manchester Maersk e MSC Eloane.

¹⁹ La stima è stata effettuata calcolando un costo di carburante annuo aggiuntivo senza ETS di 26,2 mln di euro e con ETS di 38 mln di euro.

novation Fund²⁰ e il Modernisation Fund²¹) e, per il rimanente 80 per cento dai Ministeri dell'Ambiente di ciascun Stato membro²², in base alla quota di competenza derivante dalle compagnie marittime obbligate ad aprire un conto di deposito dell'operatore marittimo presso la sezione nazionale del Registro dell'Unione, che verrà utilizzato per il trasferimento di eventuali quote gratuite, per certificare le emissioni annuali e restituire le quote a fronte delle emissioni prodotte e per scambiare le proprie quote di emissioni sul mercato. Per l'Italia sono circa 150 le compagnie quelle iscritte al registro gestito dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), designato quale istituto garante per l'ETS in Italia.

I budget dell'ETS del trasporto marittimo potenzialmente a disposizione del Comitato ETS per l'Italia sono difficili da stimare in quanto dipendono sia dai consumi sia dal valore delle EEX-EUA, oltretutto dalle politiche delle compagnie marittime europee in merito alle scelte temporali di acquisto degli EUA. Una stima di massima, basata sull'ipotesi che all'Italia siano girati l'80 per cento dei ricavi e che il 75 per cento dei consumi di bunker in Italia, pari a 2,8 mln di tonnellate nel 2024 stimati stabili nel 2026, sia destinata all'ope-

²⁰ Il Fondo per l'innovazione, istituito dall'articolo 10-*bis*, paragrafo 8, della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, è uno dei principali programmi di finanziamento dell'Unione che contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi del Green Deal europeo e, in particolare, del regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo e del Consiglio, che impegna l'Unione a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. La responsabilità generale del Fondo, inclusa la definizione del volume e delle priorità strategiche dei bandi e l'adozione delle decisioni di aggiudicazione, spetta alla Commissione europea (DG Azione per il Clima), assistita dall'Agenzia esecutiva europea per il clima, l'infrastruttura e l'ambiente (CINEA) e dalla Banca europea per gli investimenti (BEI). Operativamente, il programma è gestito dal CINEA, cui è affidata, tra l'altro, la responsabilità di gestire gli inviti a presentare proposte, le valutazioni, la preparazione e la firma delle sovvenzioni e il monitoraggio quotidiano dei progetti. La Banca europea per gli investimenti fornisce invece assistenza allo sviluppo dei progetti (project development assistance).

²¹ Fondo di modernizzazione sostiene la modernizzazione dei sistemi energetici e il miglioramento dell'efficienza energetica in 13 Stati membri dell'UE a basso reddito. Istituito nel 2018 per il periodo 2021-2030, mira ad aiutare gli Stati membri beneficiari a raggiungere i loro obiettivi climatici e gli obiettivi del Green Deal europeo. Gli Stati membri beneficiari sono Bulgaria, Cechia, Estonia, Grecia, Croazia, Lettonia, Lituania, Ungheria, Polonia, Portogallo, Romania, Slovenia e Slovacchia.

²² Per l'Italia è previsto che sia gestito dal Comitato ETS, come da d.lgs. n. 147 del 10 settembre 2024, con il Presidente e il Vicepresidente designati dal Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica. La Sezione 2, che è competente per l'attuazione delle disposizioni del regolamento (UE) 2023/956 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 10 maggio 2023, è costituita da sei membri con diritto di voto nominati con decreto del Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica, di cui tre designati dal Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica, uno dal Ministro degli affari esteri e della cooperazione internazionale, e due dal Ministro dell'economia e delle finanze, dei quali almeno uno appartenente all'Agenzia delle dogane e monopoli.

rattività su rotte intra UE e per il 50 per cento di quelle da e per la UE delle 150 compagnie marittime con navi con ambito di riferimento l'Italia per l'EU ETS, con un coefficiente di emissione di 3,12 ton per ciascuna ton di VLSFO ed un valore dell'EEX-EUA di 63,5 euro, sia pari a 333 milioni di euro annui a partire dal 2026 (anno a regime con obbligo di compensare il 100 per cento delle emissioni). Se il valore dell'EEX-EUA salisse a 80 euro, il fondo a disposizione salirebbe a 419 milioni di euro.

Il complesso processo verso le emissioni nette zero del settore dello shipping al 2050 è guidato da indicazioni di policy relative alla neutralità tecnologica e da innovazioni tecniche e organizzative, che non permettono di evidenziare soluzioni univoche in termini di tipologie di vettori energetici o di infrastrutture in ambito portuale e retroportuale. Infatti, come approfondito nei seguenti paragrafi, gli scenari prevedibili delineano un mercato di combustibili composto da bio-fuels, gas naturale liquefatto, batterie elettriche e derivati dall'idrogeno come l'ammoniaca e il metanolo per le navi ed un mix, più limitato, anche per i mezzi portuali e per la mobilità delle merci da e per i porti, implicando anche il rafforzamento importante dello shift modale dal tutto strada verso l'intermodalità ferroviaria (Bacelli *et al.* 2020).

3. LE STRATEGIE PER LA DECARBONIZZAZIONE PROMOSSE DAGLI STAKEHOLDERS DEL SETTORE

È interessante rimarcare come il processo verso la sostenibilità, fortemente incentivato dai regolamenti internazionali ed europei precedentemente descritti e favorito dalle innovazioni tecnologiche, sia sostenuto in modo importante anche dalle strategie degli stakeholders di settore (caricatori, compagnie marittime, terminalisti portuali) che hanno sviluppato iniziative sinergiche al fine di contribuire all'accelerazione delle iniziative pilota nel comparto.

I successivi tre paragrafi, basati su un'ampia rassegna bibliografica sul tema e sui dati relativi alle flotte offerti da DNV oltretutto su casi studio specifici, sono dedicati a sintetizzare le principali strategie degli operatori che includono riconfigurazione del processo di selezione dei fornitori di servizi di trasporto con specifici parametri di green procurement, misure di riorganizzazione operativa, utilizzo di nuove tecnologie dedicate all'efficientamento energetico e sviluppo di carburanti alternativi ai tradizionali combustibili fossili con livelli di maturità di mercato molto differenziati. Il capitolo si conclude con un'analisi del ruolo degli strumenti di cofinanziamento europeo per mitigare i rischi di mercato per lo sviluppo di innovazioni in questo ambito ed offrire spunti da best practices del settore.

3.1. *Le scelte di green procurement dei caricatori*

La scelta di sviluppare strategie di green procurement da parte di alcuni dei principali caricatori contribuisce in modo rilevante a stimolare innovazioni tecnologiche ed organizzative per la decarbonizzazione del settore. Fra queste iniziative, che possono costituire un esempio pilota da riprendere anche in altri segmenti di mercato fra cui quelli del Ro/Ro, la più rilevante è quella promossa dalla Zero Emission Maritime Buyers Alliance (ZEMBA). Si tratta del primo gruppo di acquisto del settore marittimo con la missione di accelerare la diffusione commerciale del trasporto marittimo a emissioni zero (ZE), consentire economie di scala e aiutare i proprietari dei carichi a massimizzare la riduzione delle emissioni, al di là di quanto un singolo acquirente di merci potrebbe fare in modo autonomo. Attraverso l'aggregazione della domanda e un processo competitivo di approvvigionamento a termine, i membri dello ZEMBA si pongono l'obiettivo di avere una disponibilità in tempi accelerati ai servizi di trasporto marittimo ZE attualmente non disponibili e creeranno fiducia nel resto della catena di valore marittima che esiste una domanda sufficiente di soluzioni ZE per stimolare ulteriori investimenti. ZEMBA è un'iniziativa di Cargo Owners for Zero Emission Vessels (coZEV) ed è promossa dal Programma Energia e Ambiente dell'Aspen Institute. ZEMBA punta a catalizzare un mercato per i nuovi carburanti ZE che non sono ancora disponibili.

Un'ulteriore evidenza dell'importanza data dai caricatori al tema della decarbonizzazione emerge dalla richiesta crescente di tracciabilità dell'impronta carbonica del trasporto marittimo e terrestre e la possibilità di azzerarla. Ad esempio, Maersk offre un servizio definito come EcoDelivery riducendo le emissioni di carbonio alla fonte attraverso l'acquisto di combustibile «verde» a basse emissioni di carbonio sostenibile e aggiungendolo alla rete marittima di Maersk²³. Il risparmio di emissioni CO₂ è misurato secondo le metodologie del Global Logistics Emissions Council (GLEC), vengono utilizzati solo combustibili e materie prime certificati International Sustainability & Carbon Certification (ISCC) con prova di sostenibilità (POS), il calcolo del risparmio di emissioni CO₂ si basa sulla metodologia Clean Cargo e audit indipendente condotto sulla riduzione delle emissioni di CO₂ secondo la nor-

²³ Maersk definisce i carburanti alternative a basse emissioni quelli in grado di ridurre almeno del 65 per cento i livelli di emissioni di gas climalteranti, sulla base del calcolo a ciclo di vita intera che prevede un confronto con i combustibili fossili tradizionali, identificati con il parametro emissivo standardizzato di 94 g CO₂e/MJ. Sulla base di un valore dell'EUA stimato a 80 euro, il programma EcoDelivery permette di risparmiare 52 euro di tassazioni ambientali per ogni tonnellata di carburanti alternativi consumata in sostituzione dei carburanti fossili tradizionali, a parità di potere energetico.

ma ISAE 3410²⁴. Sulla base delle informazioni agli investitori di Maersk, nel 2023, grandi gruppi, quali Electrolux, Novo Nordisk, e Nestlé, in combinazione con meccanismi di compensazione delle emissioni, hanno azzerato le emissioni del 100 per cento dei propri trasporti marittimi aderendo a questo programma.

A livello italiano per quanto riguarda le rotte nazionali non emergono ancora evidenze di utilizzo di questa strategia, anche se potrebbe essere potenzialmente valorizzata in modo specifico su alcune rotte operate in regime di servizi di interesse economico generale, in contesti territoriali dove oltre al problema delle emissioni di gas clima-alteranti si somma la criticità del basso livello di qualità dell'aria. Ad esempio, potenziali iniziative pilota promosse dalle autorità pubbliche all'interno del sistema del trasporto pubblico via mare nella Laguna Veneta sarebbero potenzialmente in grado di offrire benefici sociali e ambientali rilevanti anche in termini di riduzione di inquinanti locali.

3.2. Il ruolo degli scambi informativi fra compagnie marittime e terminal portuali

Fra gli aspetti organizzativi da riconsiderare per ridurre le emissioni vi sono tutte quelle operazioni di interfaccia nave/porto che richiedono un sempre miglior coordinamento tra armatori e noleggiatori e tra armatori e operatori portuali. Infatti, uno studio realizzato dall'UCL Energy Institute di Londra e dalla società di consulenza UMAS²⁵, prendendo in esame il traffico navale tra il 2018 e il 2022, evidenzia come in questo periodo le navi abbiano speso tra il 4 e il 6 per cento del loro tempo operativo in attesa fuori dal porto prima di attraccare in banchina. Il risultato di queste attese, frutto di congestione e di errate previsioni di arrivo, comporta un'inefficienza per ciascuna nave equiparabile a 15-22 giorni all'anno di navigazione non effettuati. In particolare, lo studio evidenzia che le navi chimichiere, le gasiere e le rinfusiere sono quelle che hanno trascorso in media più tempo all'ancora prima di imbarcare o sbarcare le merci, spendendo, in media il 5,5-6 per cento del loro tempo operativo in attesa fuori dal porto. Le portacontainer e le petroliere hanno invece speso tra il 4,5 e il 5,5 per cento del loro tempo in attesa. Dalla riduzione dei tempi di attesa lo studio prospetta un potenziale risparmio delle emissioni di circa il 10 per cento per le navi portacontainer

²⁴ International Standard on Assurance Engagement 3410 – Assurance Engagements on GreenHouse Gas Statements.

²⁵ Transition Trends: International Shipping Emissions from 2018 to 2022; November 2024, London.

e per le rinfusiere, del 16 per cento per le gasiere e le petroliere e di quasi il 25 per cento per le chimichiere. La simulazione tiene conto dell'ipotesi che l'efficiamento possa avvenire in modo da poter ridurre la velocità di navigazione, che potrebbe essere attuata se le navi riuscissero ad attraccare in porto nello stesso momento in cui arrivano, senza cioè dover attendere in rada diversi giorni prima di essere lavorate. Le Autorità di Sistema Portuale potrebbero promuovere un maggior coordinamento fra terminalisti e compagnie marittime degli expected time of arrivals delle navi, favorendo logiche just in time, anche ai fini del raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi di carburanti, come suggerito anche nel report GEF-UNDP-IMO Glo-MEEP Project (2020).

3.3. Il mix di tecnologie e nuovi carburanti a supporto dei trend di decarbonizzazione

Il nuovo contesto normativo e le pressioni dei caricatori precedentemente descritti costituiscono un rilevante motore per l'ammodernamento delle flotte, ulteriormente rafforzato da trend generali particolarmente positivi in quasi tutti i comparti del settore marittimo, che nel 2024 ha portato a registrare un nuovo livello record di ordini ai cantieri navali (Danish Ship Finance 2024). La flotta in ordine per i prossimi anni equivale al 14 per cento della flotta esistente e sia per il 2025 sia per il 2026 la stima del risultato della differenza fra ordini e demolizioni attese porterà ad una crescita del 3,9 per cento annuo della flotta su scala mondiale (UNCTAD 2024). Questo risultato è il frutto di diversi driver del cambiamento, quali:

- un incremento dei volumi globali trasportati via mare causati da una forte attività di mercato in molte aree produttive, in particolare in Asia, e favorita anche dai bassi tassi di interesse registrati fino all'inizio del 2024, che portano l'UNCTAD a stimare uno sviluppo del mercato del trasporto marittimo su scala mondiale del 2,4 per cento nel 2025, del 2,5 per cento nel 2026, del 2,4 per cento nel 2027, del 2,3 per cento nel 2028 e nel 2029;

- la crescente tendenza alla sostenibilità da parte dei caricatori, che determina la richiesta di nuove navi allineate agli standard più vincolanti, al fine di ridurre il più possibile i costi esterni e rispettare le normative IMO ed europee;

- cambiamenti climatici particolarmente impattanti, come la siccità nel Canale di Panama e l'abbassamento del livello dell'acqua nei collegamenti fluviali, che costringono i vettori a considerare rotte diverse, quasi sempre più lunghe e costose. In questi casi avere navi più grandi e moderne aiuta a contenere l'aumento dei costi e a stabilire, invece, benefici dalle economie di scala;

- pressioni sulla catena di approvvigionamento a seguito di conflitti o attività di pirateria che, ancora una volta, spingono i vettori a deviare le rotte,

in particolare aggirando il Mar Rosso e passando dal Capo di Buona Speranza, e portano a decisioni in grado di stabilire economie di scala utilizzando navi più grandi e più efficienti (Baccelli 2024b).

In questo contesto di mercato particolarmente favorevole per le innovazioni, gli investimenti da parte degli armatori in energy saving devices sono continui. Infatti, queste tecnologie non solo permettono di ridurre i consumi dei diversi motori di bordo (per la propulsione, per la lubrificazione e per gli impianti ausiliari), ma di conseguenza anche le emissioni di CO₂, permettendo il rispetto delle normative IMO.

Di seguito verrà approfondito il tema specifico delle motorizzazioni, ma in fase di premessa è interessante evidenziare come gran parte delle compagnie marittime abbia iniziato il processo di efficientamento imposto dall'IMO utilizzando un ampio mix di tecnologie dedicate all'efficientamento energetico della nave. Fra queste, gli armatori hanno selezionato principalmente le modifiche dell'elica (inserendo un Propeller Boss Cap Fins (PBCF), cioè un'elichetta aggiuntiva sulla flangia dell'elica, modificando il profilo, la sostituzione del timone tradizionale con quello con bulbo ad alta efficienza (tipo Energopac o con timone a portale – Gate rudder) la sostituzione dei sistemi di lubrificazione utilizzando i più efficienti ad aria compressa. In alcuni casi, in particolare su navi rinfusiere di grandi dimensioni, le compagnie hanno inserito rotori ad effetto Magnus in grado di valorizzare l'energia del vento²⁶.

Lo sviluppo di motori marini alimentati con carburanti alternativi ai combustibili fossili è attualmente limitato, nonostante i rapidi progressi tecnologici in quanto in molti casi è richiesto un investimento non solo da parte degli armatori, ma anche da parte di gestori di nuove infrastrutture per l'approvvigionamento. Questo innesca una situazione di stallo derivante dal problema del «chicken and egg» che richiede un forte coordinamento fra stakeholders, in quanto sia la domanda sia l'offerta per nuove soluzioni devono svilupparsi in modo perfettamente coordinato per evitare inefficienze. Infatti, le strategie di valorizzazione dei combustibili completamente alternativi a quelli fossili si scontrano con la necessità di gestire cinque tipologie di rischi aggiuntivi rispetto ad investimenti in navi alimentate con combustibili tradizionali:

– rischio di mercato, in quanto gli armatori che investono in tecnologie innovative devono affrontare costi di investimento iniziali più elevati, dovuti alla complessità del design della nave e per i requisiti richiesti in termini di

²⁶ Le tecnologie qui citate sono riprese dal lavoro promosso da ENI, insieme alle associazioni nazionali di armatori (Assarmatori e Confitarma), al quale hanno partecipato le tre più grandi aziende produttrici di motori navali (Wartsila, Man Eenergy Solution e WinGD), Federchimica/Assogasliquidi, UNEM e Assocostieri dal titolo «La rotta verso il net.zero. Insieme per decarbonizzare il settore marittimo», che ha prodotto diversi report, presentazioni ed eventi sul tema.

sicurezza e più ampi spazi di stoccaggio a bordo dei carburanti innovativi, e costi di gestione non del tutto controllabili, rendendo così il ritorno sull'investimento incerto;

- rischio di credito, in quanto gli intermediari finanziari non sono pronti a gestire finanziamenti che richiedono periodi di rientro molto lunghi o con livelli di profittabilità incerti;

- rischi legati alla disponibilità di infrastruttura per l'approvvigionamento, che comportano pianificazioni operative più complesse che si riflettono nella struttura dei costi;

- rischi tecnologici, in quanto gli sviluppi delle motorizzazioni sono molto rapidi, con una potenziale obsolescenza delle caratteristiche tecniche delle navi più rapida del lungo periodo di ammortamento che tipicamente viene indicato in almeno 20 anni;

- rischi di sicurezza in quanto alcuni dei carburanti più promettenti dal punto di vista della sostenibilità ambientale sono particolarmente tossici, come il metanolo e l'ammoniaca, o infiammabili, come l'idrogeno, richiedendo standard di sicurezza particolarmente elevati nelle fasi di produzione, stoccaggio e distribuzione, che ne rallentano anche l'accettabilità sociale in diversi contesti portuali, oltretutto richiedendo personale specificamente formato.

La rischiosità dell'investimento comporta che, sulla base dei dati del report DNV Maritime Forecast to 2050 presentato nell'ottobre 2024 e sintetizzati nella successiva tabella, siano attualmente solo 2.357 le navi alimentate da carburanti alternativi operanti su scala mondiale, pari rispettivamente a poco meno del 2 per cento del numero totale delle navi e al 7,4 per cento delle ton operative. Questo valore sale al 27,1 per cento per gli ordini ai cantieri di navi alimentate con carburanti alternativi, pari a 1.630 navi, equivalente al 49,5 per cento in termini di stazza lorda.

Considerando i cicli di vita delle navi, l'attesa media per veder convertire un ordine al cantiere in una nave in mare (superiore ai 3,5 anni) e la gradualità richiesta per gli efficientamenti previsti dagli schemi regolatori internazionali, per poter rispondere a requisiti sempre più stringenti in materia di decarbonizzazione, nel breve periodo gli armatori stanno privilegiando l'utilizzo di soluzioni drop-in. Queste soluzioni permettono di ridurre gli impatti ambientali delle navi che attualmente usano carburanti fossili, con soluzioni già ready-to-market. Il primo step è quindi inserire in combinazione con il Marine Diesel Oil (MDO) di percentuali via via crescenti di carburanti quali il biodiesel, l'HVO e il FAME²⁷ e il bio-metano, e altre soluzioni ancora da

²⁷ Hydrotreated Vegetable Oils (HVO), prodotto da grassi o oli vegetali idrogenati attraverso un processo di isomerizzazione che conferisce al prodotto le specifiche a freddo desiderate) e Fatty Acid Methyl Esters (FAME), estere metilico di acidi grassi, prodotto da oli vegetali, grassi animali o oli da cucina usati mediante un processo di transesterificazione.

TAB. 2. Navi alimentate anche con vettori energetici alternativi operative e in ordine

Tecnologia e vettore energetico	Numero di navi operative	% GT di stazza lorda operative	Numero di navi in ordine	% GT di stazza lorda in ordine
Gas naturale liquefatto	1.239	6,65	832	35,81
Batterie/Ibride	940	0,32	433	1,39
LPG	139	0,37	96	1,92
Metanolo	35	0,09	234	9,68
Idrogeno	3	< 0,01	10	< 0,01
Ammoniaca	1	< 0,001	25	0,01

Fonte: Elaborazioni dell'autore da DNV (2024).

consolidare, come il Bio-HFO, olio combustibile pesante di matrice biologica ottenuto da pirolisi. Questi fuels non richiedono infrastrutture logistiche diverse da quelle del bunker fossile tradizionale e possono essere impiegate negli attuali motori marini sia in miscela nei prodotti petroliferi sia in purezza.

Come evidenziato dai dati della tabella precedente, il secondo step perseguito dagli armatori è quello relativo all'utilizzo del GNL come combustibile alternativo. Infatti, questa scelta, che implica l'utilizzo di motorizzazioni dual fuel, è di gran lunga la più utilizzata dagli armatori su scala mondiale per perseguire gli obiettivi di transizione energetica europei e internazionali di medio periodo, consentendo una riduzione drastica degli ossidi di zolfo e del particolato, oltre a diminuire le emissioni di ossidi di azoto e anidride carbonica. Tuttavia, c'è da rilevare che la sistemazione a bordo dei serbatoi (in aggiunta alle casse per il combustibile liquido) e l'installazione dei relativi sistemi operativi e di sicurezza, comportano una riduzione significativa dello spazio utile. Inoltre, lo sviluppo di un sistema logistico in grado di assicurare la disponibilità di GNL, inclusi i sistemi di stoccaggio intermedio e di bunkerraggio, è tuttora in una fase di sviluppo, circostanza che limita l'area di operatività delle nuove navi.

Il GNL permette inoltre di rispettare i limiti dell'IMO per le aree a controllo di emissioni di zolfo (SECA), una normativa che coinvolge anche il Mediterraneo a partire dal 1° maggio 2025. La reale capacità del GNL di ridurre i livelli di emissione di GHG, che se ottimizzato nell'utilizzo in logica tank-to wake può portare ad una riduzione delle emissioni di circa il 25 per cento, è messa fortemente in discussione dalle associazioni ambientaliste in quanto le emissioni di GHG calcolate secondo l'approccio well-to-tank, derivanti dalle fasi di estrazione, lavorazione, liquefazione e trasporto del GNL, sono molto elevate, tanto da comprometterne i potenziali benefici per il clima nella logica più estesa «well-to-wake». In particolare, variano in modo significativo a seconda del luogo di produzione del GNL. Solo il GNL proveniente dal Regno Unito e dalla Norvegia permetterebbe reali, ma comunque limitate, riduzioni delle emissioni sulla base dello studio «Well-to-Tank Carbon Intensity of

European LNG Imports» redatto da ERRA nell'Agosto del 2024. La limitata riduzione dei livelli di emissione di GHG resa possibile dall'utilizzo del GNL nel settore marittimo è stata evidenziata anche da altre analisi che hanno monitorato attivamente le attività operative, come indicato anche da Lindstad e Torstein (2018), mentre Fincantieri nei propri bilanci di sostenibilità indica che l'ottimizzazione dell'uso dei motori a GNL può permettere una riduzione delle emissioni di CO₂ del 23 per cento rispetto al HFO.

L'IMO, in collaborazione con il Lloyd's Register Maritime Decarbonisation Hub, monitora la maturità tecnologica, l'economicità e l'accettazione sociale dei combustibili a basse o zero emissioni di carbonio in ambito navale, che permettono di perseguire gli obiettivi dei regolamenti europei nel lungo periodo. Tra questi vi sono i combustibili rinnovabili di origine non biologica, i combustibili basati su idrogeno prodotto tramite elettrolisi utilizzando energia da rinnovabili o nucleare, e tra essi anche combustibili senza carbonio come l'ammoniaca, o realizzati mediante cattura diretta del carbonio da fonti biogeniche, come il metanolo sintetico²⁸, il metano sintetico o il diesel sintetico. La piena maturità di questi combustibili è prevista tra il 2030 e il 2040 anche se già dal 2026 MSC Cruises nel proprio bilancio di sostenibilità relativo al 2023 ha indicato di voler utilizzare e-LNG, prodotto dalla combinazione di idrogeno green e carbonio biogenico catturato, ad iniziare dalla nave MSC Euribia, con iniziative pilota di tipo strutturale.

Gli studi dell'IMO evidenziano come l'uso dell'idrogeno puro nel settore marittimo sia in fase di sperimentazione sia con un utilizzo da celle a combustibile (al 50-60 per cento di efficienza) sia con combustione diretta (al 40-50 per cento di efficienza). Per poter rispettare le normative UE l'idrogeno deve essere green, ovvero prodotto con energia elettrica rinnovabile attraverso elettrolizzatore, inoltre, il trasporto dell'idrogeno in forma liquida è meno conveniente e più problematico, tenendo conto anche che la liquefazione ha un costo energetico pari a circa un terzo del contenuto energetico dell'idrogeno stesso. Il combinato disposto dell'obbligo di produzione green e di utilizzo in forma liquida rende l'utilizzo dell'idrogeno in forma liquida non economicamente conveniente, come evidenziato anche dalla precedente tabella in cui emerge il numero estremamente limitato di navi in ordine alimentate ad idrogeno. In ogni caso la maturità per queste tecnologie è attesa nel lunghissimo periodo, tra il 2035 e il 2050, come evidenziato anche dalla presenza nel registro navale italiano di un'unica nave ad idrogeno e basata su concept sperimentale, la Zeus-Zero Emission Ultimate Ship²⁹. Anche il

²⁸ È da evidenziare come la complessità di gestione di questo vettore energetico comporti che, sulla base dei dati di Clarkson, al giugno 2024 fossero solo 29 i porti al mondo in grado di poterlo rendere disponibile alle navi o aver avviato investimenti per poterlo rendere disponibile.

²⁹ La ZEUS è stata realizzata da Fincantieri nel 2022, in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e le Università di Genova, Napoli e Palermo, con il contributo

documento «Strategia nazionale Idrogeno» presentato dal Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica nel novembre del 2024 è allineato rispetto alle previsioni dell’IMO rispetto al poco plausibile utilizzo dell’idrogeno puro nel trasporto marittimo, anche a causa degli alti costi per le infrastrutture di trasporto, bunkeraggio e stoccaggio. In sintesi, l’idrogeno allo stato puro non viene preso in considerazione fra le opzioni perseguibili, in quanto altri vettori basati sull’idrogeno, quali il metanolo, l’ammoniaca o altri e-fuels risultano complessivamente più efficienti³⁰.

L’utilizzo della propulsione nucleare, quale motorizzazione ad emissioni zero, anche in ambiti civili nel settore del trasporto marittimo ruota attorno alla sperimentazione e all’adattamento di cinque tipi di tecnologia nucleare particolarmente promettenti. Si tratta di reattori ad acqua pressurizzata (PWR), di microreattori (compresi i reattori a tubi di calore e i reattori a tubi di calore e reattori raffreddati a gas), reattori a sali fusi, reattori raffreddati a metallo liquido (che utilizzano il piombo) e reattori a gas ad alta temperatura. Gli alti costi di investimento iniziali, a fronte di successivi costi operativi molto bassi, e l’accettabilità sociale costituiscono le principali barriere a questi tipi di sviluppo. In questo contesto appare di particolare interesse il progetto, frutto dell’adattamento di tecnologie utilizzate per i rompighiaccio nel Mar Artico, di realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica basati sul nucleare con tecnologia PWR a bordo di grandi navi. Il primo esempio è la nave Akademik Lomonosov utilizzata per fornire energia elettrica in località remote della Siberia (The Lloyd’s Register Maritime Decarbonisation Hub 2024).

Una tecnologia mutuata dal contesto industriale nel settore manifatturiero energivoro di particolare interesse per il contesto nazionale, sebbene sia ancora a livello poco più che sperimentale nel settore marittimo, è la Carbon Capture and Storage (CCS) a bordo delle navi (Global Centre for Maritime Decarbonisation 2024). Questa tecnologia, consiste nel separare la CO₂ dai

del Ministero dello Sviluppo Economico italiano. ZEUS è un’unità navale sperimentale lunga circa 25,6 metri alimentata a idrogeno tramite fuel cell e dotata di una batteria a ioni di litio per la navigazione in mare, prima nel suo genere al mondo. L’imbarcazione è stata consegnata a ottobre 2022 ed è certificata dal Registro Italiano Navale. ZEUS rappresenta un vero e proprio laboratorio galleggiante, finalizzato ad acquisire informazioni sul comportamento nell’ambiente reale delle fuel cell, dispositivi elettrochimici che permettono di ottenere energia elettrica direttamente dall’idrogeno senza processo di combustione termica. La nave è dotata di un apparato ibrido, con due generatori diesel e due motori elettrici, come sistema di propulsione convenzionale. A questo si aggiungono un impianto di fuel cell di 130 kW, alimentato da circa 50 kg di idrogeno contenuti in 54 bombole a idruri metallici, secondo tecnologie già in uso sui sommergibili, e un sistema di batterie a ioni di litio, che insieme consentiranno un’autonomia di circa 8 ore di navigazione a zero emissioni alla velocità di circa 7,5 nodi.

³⁰ Questa affermazione è ripresa dal documento «Strategia nazionale Idrogeno» del novembre 2024.

fumi dei gas di scarico della nave, che viene poi liquefatta per essere stoccata a bordo in serbatoi, prima dello scarico nei porti. Una seconda tipologia di tecnologia prevede la cattura del carbonio in forma solida, prima della combustione. Come tale, la cattura del carbonio a bordo può essere uno strumento complementare e aggiuntivo per i costruttori navali per conformarsi alle normative e raggiungere i futuri obiettivi di emissioni nette zero. Un ulteriore vantaggio sistemico deriva dalla possibilità di semplificare lo sviluppo di impianti di distribuzione, trasporto e stoccaggio richiesti dai carburanti alternativi. Inoltre, potrebbe essere una tecnologia ponte per ridurre l'intensità delle emissioni delle navi sul mercato, attraverso interventi di retrofitting³¹. La necessità di dover avere a bordo tecnologie e serbatoi di stoccaggio equivalenti a circa 3 container da 20 piedi, rende comunque il retrofitting potenzialmente interessante solo su navi di medio-grandi dimensioni, che hanno la possibilità di fare scalo frequentemente in porti attrezzati per poter gestire la CO₂ stoccata a bordo, limitando i potenziali gli ambiti di mercato di riferimento (Visonà *et al.* 2024)³².

La tabella successiva schematizza gli scenari relativi alla sostenibilità economica dei carburanti alternativi e dei vettori energetici per la decarbonizzazione del settore dei trasporti marittimi, ricordando che allo stato attuale il 98 per cento della flotta espressa in numero di navi e il 92,4 per cento espresso in termini di tonnellate è ancora dipendente dai combustibili fossili tradizionali e che la transizione per molti anni sarà accompagnata da scelte di dual fuel per mitigare i rischi di mancata disponibilità del carburante alternativo, pertanto allo stato attuale tutti gli ordini di navi in grado di poter utilizzare carburanti alternativi sono relativi a navi dual fuel.

Queste considerazioni sul mix di policy e sul gran numero di tecnologie in fase di sperimentazione evidenziano come il settore del trasporto marittimo sia definibile come «hard to abate» e richiede un mix di articolate e complesse soluzioni organizzative, commerciali e tecnologiche per poter progredire verso la decarbonizzazione, attraverso quattro leve strategiche principali: *a)* razionalizzazione dei carichi, *b)* scelte della modalità di trasporto e della rotta più efficiente in logica door-to door, *c)* identificazione delle modalità di

³¹ Il retrofitting nel settore navale si riferisce all'insieme di interventi di aggiornamento e miglioramento delle navi esistenti. Questi interventi possono includere la sostituzione di componenti obsoleti, l'installazione di nuove tecnologie, l'ottimizzazione delle prestazioni e la riduzione dell'impatto ambientale

³² Il report Green Technology tracker, del marzo 2024 di Clarksons Research ha registrato che sono in corso sperimentazioni su oltre 30 navi della flotta esistente e che 22 navi in cantiere sono abilitate per gestire questa tecnologia sperimentale a bordo. Fra queste ultime anche due navi da crociera in fase di realizzazione presso i cantieri italiani di Fincantieri per MSC Cruises. Si tratta delle Explora V e VI alimentate da GNL. Esse saranno le prime alimentate anche a idrogeno e dotate di sistemi di cattura del carbonio.

Tab. 3. Le tecnologie a supporto dei trend di decarbonizzazione del trasporto marittimo

Tecnologia e vettore energetico	Tipologia di nave					
	RoPax per corto raggio	RoPax media distanza	RoRo e Car Carrier	Container	Crociere	Rinfusiere
Elettrificazione (solo batterie)	X					
Parziale elettrificazione (batterie a bordo per zero emissioni in porto)	x	X				
Cold ironing	X	x	x	X	X	x
Biocombustibili avanzati		X	X			
Gas naturale liquefatto – biometano			X	X	X	
Metanolo, ammoniaca e idrocarburi sintetici e decarbonizzati				X		x
Nucleare da fissione di piccola taglia						x
Carbon Capture and Storage a bordo		x	x		X	x
Propulsione integrative a vela						X

Nota: La dimensione della x aiuta a comprendere le potenziali tempistiche (X attuale o nel breve periodo entro il 2028; x prevedibilmente la sostenibilità economica è oltre il 2028).

Fonte: Elaborazioni dell'autore su dati DNV, Confindustria, Assaratori, RINA e IMO.

efficientamento delle navi e dei mezzi portuali utilizzati e *d*) valorizzazione dei vettori energetici a minor impatto.

Gli effetti di questi trend di indirizzo organizzativo, tecnologici, di policy e regolatori sono multisettoriali e richiedono nuove strategie organizzative oltreché nuove tecnologie. In particolare, gli impatti in termini di investimenti derivanti dallo sviluppo di una filiera marittima basata su logiche multi fuel con differenti regolamenti di prevenzione della sicurezza ed incendio, riguarderanno sia le attività marittimo-portuali, sia le attività industriali localizzate nelle immediate vicinanze dei porti. Infatti, il processo richiederà una nuova pianificazione territoriale di area vasta per poter accogliere nuove infrastrutture dedicate al trasporto e stoccaggio di nuovi vettori energetici e la valorizzazione di nuove opportunità derivanti dalla conversione di impianti esistenti e nel medio-lungo periodo non saranno più funzionali (depositi costieri, oleodotti, impianti di raffinazione, etc.).

3.4. Il programmi di cofinanziamento europei per la decarbonizzazione

Questa complessa strategia di decarbonizzazione del settore marittimo a livello europeo è accompagnata da diversi strumenti di co-finanziamento in grado di accelerare l'introduzione di innovazioni tecnologiche ed organizzative, mitigando le diverse tipologie di rischi per gli investitori precedentemente descritti.

Il quadro di questi strumenti, a supporto di operatori pubblici e privati nel settore marittimo e portuale, è composto sia da programmi consolidati nel tempo sia da iniziative che sono state promosse ed attivate solo nel corso degli ultimi anni e che saranno rafforzate a breve termine.

Fra le prime ricadono quelle gestite da CINEA – European Climate Infrastructure and Environment Executive Agency, quali:

1. Alternative Fuels Infrastructure Facility (AFIF) del CEF – Connecting Europe Facility;
2. Climate Change Mitigation and Adaptation Standard Action Project (SAP) del LIFE (Programme for the Environment and Climate Action);
3. HORIZON Europe Framework Programme.

Fra i programmi in fase di rafforzamento quello di gran lunga più rilevante è relativo all'utilizzo dei ricavi derivanti dal mercato dei crediti di carbonio previsti all'interno del ETS applicato al settore marittimo. La Commissione Europea ha individuato nei già citati Innovation Fund e Modernisation Fund i programmi che beneficeranno dei ricavi dagli ETS nel settore marittimo e ha individuato specifiche priorità di utilizzo per l'efficientamento energetico del settore e la produzione e l'adozione di carburanti rinnovabili e a basse emissioni di carbonio. A questo proposito, per il contesto italiano, è rilevante

citare, in quanto potenziale fonte di stimoli ad iniziative simili, il progetto co-finanziato dal 2023 dall'Innovation Fund sulla rotta fra Ghent (B) e Gothenburg (S), promosso dalla compagnia marittima Ro/Ro danese DFDS con la collaborazione di tre grandi caricatori come Volvo Trucks e due produttori di acciaio (SSAB e Tata Steel), con l'obiettivo per DFDS di ridurre i livelli di emissione della tratta marittima utilizzando l'ammoniaca e per le aziende manifatturiere di abbattere le emissioni Scope 3.

A dicembre 2024 in Italia solo due progetti sono stati selezionati per poter ottenere un co-finanziamento basato sull'Innovation Fund nel settore marittimo³³. In entrambi i casi riguarda il settore delle navi da crociera. Nel primo caso si tratta di un retrofitting per il funzionamento a e-metano, utilizzando una piattaforma ibrida di decarbonizzazione da parte di Princess Cruise. Nel secondo caso il beneficiario è la Compagnie du Ponant che ha presentato un progetto per la realizzazione di una nave da crociera che sarà operativa nel 2030, caratterizzata da una motorizzazione ibrida alimentata da una combinazione di vento, idrogeno liquido (LH2) e gas naturale liquefatto bio (bio-LNG). Oltre al sistema di alimentazione a vela, la nuova nave lunga 186 metri combinerà pannelli fotovoltaici, una cella a combustibile a bassa temperatura, una cella a combustibile ad alta temperatura, una tecnologia di cattura del carbonio a bordo e un sistema avanzato di gestione dell'energia.

4. LE INIZIATIVE DELLE AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE PER LA SOSTENIBILITÀ DEL TRASPORTO MARITTIMO

Il sistema portuale, per la sua rilevanza quale contesto emettitore di GHG e di inquinanti locali e quale abilitatore di iniziative per la transizione energetica di altri comparti nel settore dei trasporti e dell'industria manifatturiera, è al centro di numerose iniziative di indirizzo normativo a livello europeo e nazionale per la riduzione degli impatti ambientali delle attività marittime, portuali e retroportuali.

In particolare, questo capitolo analizza i dati aggiornati a fine 2024 relativi alle misure del Piano Nazionale Ripresa e resilienza (PNRR) e del relativo Piano Nazionale Complementare (PNC) che individuano specifiche missioni

³³ Altri progetti nel settore marittimo sono stati finanziati in Olanda, per la realizzazione di due nuove navi portacontainer alimentate da celle a combustibile multi-megawatt con idrogeno liquefatto RFNBO da parte di Samskip, in Norvegia per la produzione di testate elettriche, un componente dei sistemi di propulsione elettrica per piccole imbarcazioni da parte di Evoy e una nave di servizio offshore autonoma e senza equipaggio e veicolo a pilotaggio remoto completamente elettrico da parte di Reach Subsea, e in Francia per una nave cargo alimentata ad idrogeno liquido da parte di AssetCo EO2.

in questo ambito dedicate ai temi della diffusione dei carburanti alternativi a quelli fossili tradizionali, focalizzandosi sul GNL, a cui sono stati destinati inizialmente finanziamenti per 220 mln di euro, sul tema dei Green Ports, con 270 mln di euro di finanziamenti sotto forma di prestiti, sul cold ironing a cui sono destinati 400 mln di euro per gli investimenti infrastrutturali e 570 mln di euro quali sgravi fiscali sino al 2033. Queste iniziative hanno un valore complessivo di 1,460 mld di euro.

Per permettere una strategia più puntuale a livello di singolo porto, la normativa italiana ha previsto che le Autorità di Sistema Portuale (AdSP) debbano redigere un Documento di Pianificazione Energetica e Ambientale del Sistema Portuale (DEASP)³⁴.

Questo capitolo è dedicato ad approfondire questi temi attraverso due tipi di analisi:

- approfondimento degli esiti delle iniziative di cofinanziamento promosse dal PNRR e dal PNC previsti dalle tre specifiche missioni dedicate al GNL, Green Ports e cold ironing;
- sintesi degli elementi principali che emergono dalle esperienze di alcune delle principali AdSP in tema di DEASP.

4.1. *Le misure del PNRR dedicate allo sviluppo del GNL e al cold ironing*

Gli approfondimenti successivi saranno dedicati solo agli elementi principali relativi agli obiettivi di riduzione ed efficientamento energetico, obiettivi pienamente condivisi dai DEASP, previsti da tre specifiche iniziative del PNRR³⁵ e del PNC relative alla Blue Economy, come esplicitato nella tabella di sintesi qui di seguito.

Per quanto riguarda gli impianti di distribuzione di GNL per il trasporto marittimo, che aveva come target specifico impianti allacciati alla rete gas nazionale ciascuno con una capacità di almeno 50.000 ton anche modulabile sul

³⁴ Questo documento è previsto al comma 2 dell'art. 5 del D.lgs. n. 169/2016 che recita: «le AdSP promuovono la redazione del documento di pianificazione energetica e ambientale del sistema portuale». Questo implica che le AdSP debbano adottare obiettivi specifici, riassumibili nella definizione di un «piano ambientale», attraverso azioni amministrative, tecnologiche e gestionali che diano un quadro completo del porto e delle sue attività per ottenere quindi una visione strategica d'insieme che tenga conto delle diverse vocazioni del porto: commerciali, industriali, turistiche e ambientali.

³⁵ Si evidenzia che al settore portuale sono state destinate anche altre risorse, per complessivi euro 2.160 milioni, dal Fondo complementare al PNRR (art. 1, comma 2, lett. c) punti 7-11, del d.l. n. 59/2021), di cui: 1.470 mln € per lo sviluppo accessibilità marittima e della resilienza delle infrastrutture portuali ai cambiamenti climatici; 390 mln €: per l'aumento selettivo della capacità portuale; 250 mln €: per ultimo e penultimo miglio ferroviario-stradale; 50 mln €: per l'efficientamento energetico.

TAB. 4. *I principali investimenti sul tema sostenibilità nel settore portuale nel PNRR e nel Piano Nazionale Complementare al PNRR*

Ambito di intervento	Tipologia di investimento
Decreto ministeriale del 22 Giugno 2022 di attuazione del PNC, Investimenti in GNL e bio-GNL – Missione PNRR M3 Misura C 2.3. per aumentare la disponibilità di combustibili marini alternativi in Italia (Misura C 2.3)	Investimento da 220 mln di euro per aumentare la disponibilità di combustibili marini alternativi (GNL) attraverso la realizzazione di impianti di liquefazione di gas naturale sul territorio nazionale necessari alla decarbonizzazione dei trasporti e in particolare nel settore marittimo, nonché di punti di rifornimento di gas naturale liquefatto (GNL) e Bio-GNL in ambito portuale con le relative capacità di stoccaggio, e per l’acquisto delle unità navali necessarie a sostenere le attività di bunkeraggio a partire dai terminali di rigassificazione nazionali. I contributi sono destinati alle aziende produttrici e distributrici di gas naturale liquefatto e agli armatori che effettuano il rifornimento delle unità navali in ambito portuale. La ripartizione dei fondi fra le tre tipologie di intervento è la seguente: 90 milioni sono destinati alla realizzazione di impianti di liquefazione del gas naturale, 40 milioni alla realizzazione di punti di rifornimento di Gnl e Bio-Gnl in ambito portuale, 90 milioni all’acquisto di unità navali per le attività di bunkeraggio.
Missione PNRR M3 – C2 – IC3/PNC.11: Infrastrutture per una mobilità sostenibile, Elettrificazione delle banchine (cold ironing) (per semplicità Misura C11)	Investimento da 400 mln di euro per elettrificare le banchine, soprattutto per i porti della rete prioritaria TEN-T, riducendo la dipendenza dai combustibili fossili e diminuendo l’impatto ambientale nel settore dei trasporti (Direttiva DAFI entro il 31.12.2025). L’investimento prevede la milestone M3C2-7 relativa all’aggiudicazione degli appalti per la realizzazione di almeno 15 impianti di cold ironing per la fornitura di energia elettrica nelle banchine, completato alla fine di settembre del 2024 come da cronoprogramma target, e il target M3C2-12 per l’entrata in servizio dei suddetti impianti entro la fine di giugno del 2026.
Missione PNRR M3C2 «Intermodalità e logistica integrata», Progetto Green Ports	Investimento da 270 milioni di euro, gestito attraverso un bando di finanziamento per proposte progettuali relative a interventi per l’efficientamento energetico, l’utilizzo di energie rinnovabili e la riduzione delle emissioni nei porti al fine di promuovere la sostenibilità ambientale delle attività portuali, anche a beneficio delle aree urbane circostanti. Il bando era riservato alle Autorità di Sistema Portuale del Centro-Nord che non erano state interessate dal precedente Programma di azione e coesione «Infrastrutture e Reti» (che ha finanziato progetti analoghi nelle restanti AdSP del Mezzogiorno). Il bando ha permesso il finanziamento di numerosi progetti di impianti fotovoltaici, infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici, sostituzione di mezzi e realizzazione di efficientamenti delle reti elettriche in prospettiva dello sviluppo del cold ironing.

Fonte: Elaborazione dell’autore su dati del PNRR aggiornati a fine 2024.

territorio italiano con particolare focus al sud ed al centro sud Italia. Il principale beneficiario è stato Snam4mobility, con un contributo pari ad un co-finanziamento del 50 per cento di 16,87 mln di euro per la realizzazione di un impianto di liquefazione a Pignataro Maggiore (CE). Altri 5 impianti sono stati co-finanziati per un totale di 28,85 mln di euro, fra cui il più rilevante è quello di Ravenna di Edison. Per la realizzazione di punti di rifornimento era previsto, con un co-finanziamento di 21,6 mln di euro, l'impianto di GNL Med a Vado Ligure. Questo progetto prevedeva 11 serbatoi per avviare l'attività di fornitura di bunkeraggio navale e distribuzione ad autobotti, ma non ha ancora superato l'iter relativo alle valutazioni ambientali prodromiche all'assegnazioni dei fondi che prevedono la messa in esercizio dell'impianto entro la fine del giugno 2026, pertanto prevedibilmente il progetto verrà stralciato, anche alla luce di una mancata accettabilità sociale considerando la vicinanza ad un'area di interesse turistico.

Nella categoria dei mezzi per il bunkeraggio ha visto assegnati a Rimorchiatori Riuniti Panfido 11,1 milioni di euro, per un progetto rimorchiatore-chiatta in costruzione presso il cantiere Rosetti Marino, e 18 milioni di euro per la bettolina dual fuel GNL-ammoniaca alla joint venture fra G&H Shipping e San Giorgio del Porto.

In sintesi la misura C2.3 è stata in grado di assegnare solo circa un terzo degli importi assegnati, cioè 74,85 mln di euro a fine 2024 rispetto ai 220 mln di euro previsti all'avvio nel 2021 del PNRR.

Questi investimenti per lo sviluppo delle infrastrutture per il GNL in ambito portuale si inseriscono in un quadro in cui a livello italiano il bunkeraggio di GNL può avvenire in modo diretto solo al terminal di Ravenna, mentre con il supporto di bettolina anche a La Spezia, Livorno ed Oristano, oltreché da Ravenna. Questo comporta una limitazione geografica all'utilizzo del GNL che continua a penalizzare tutto il Sud Italia e la Sicilia, tanto che la nave dual fuel GNL/MDO Elio, dedicata da Caronte&Tourist ai traffici di attraversamento dello Stretto di Messina fra il 2018 e il 2024 ha ricevuto solo due approvvigionamenti per poter operare in GNL per un totale di soli 14 giorni di navigazione. Infatti, gli elevati costi di trasporto per l'approvvigionamento, combinato con gli alti costi del GNL nel 2022 e nel 2023, hanno reso questo carburante non economicamente sostenibile in quel contesto.

Nel mercato del GNL per il trasporto marittimo è da segnalare come siano intensi gli sforzi tecnologici e regolatori a livello comunitario per migliorare ulteriormente la qualità ambientale del gas naturale, favorendo l'utilizzo del biometano (bio-GNL) anche in un'ottica di economia circolare. È bene poi evidenziare come il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) presentato nel luglio del 2024, in riferimento agli obblighi d'introduzione di biocarburanti e altre rinnovabili in recepimento della RED II (2022-2030), rimarchi la necessità di riconoscere un maggiore peso nei trasporti del

biometano. In particolare, il PNIEC indica il target di produzione di biometano in Italia a 5 miliardi di metri cubi, rispetto ai 570 milioni del 2023, grazie anche a meccanismi tariffari incentivanti e contributi in conto capitale previsti dal PNRR, che prevede un obiettivo intermedio di produzione di 2,3 mld di metri cubi entro la fine di giugno del 2026. Al settore dei trasporti nel 2030 il PNIEC prevede sia destinato circa 1,1 miliardi di metri cubi di cui il 6,6 per cento per la riduzione delle emissioni nel trasporto marittimo e dell'aviazione, mentre ben il 93,4 per cento è previsto che sia destinato al trasporto stradale, in quanto le infrastrutture di rete già disponibili per questo settore ne favoriscono l'utilizzo già in tempi brevi. Per lo sviluppo nel trasporto marittimo sono necessari interventi sia in ambito portuale sia di adattamento dei motori marini delle navi³⁶ e di conseguenza è prevedibile un maggior utilizzo solo nel lungo periodo.

Come segnalato dall'entità degli stanziamenti pubblici, sebbene decurtati di 300 mln di euro, passando da 700 a 400 mln, rispetto al primo decreto di assegnazione dei fondi del PNC³⁷, uno dei pilastri della strategia perseguita per rendere i porti più ambientalmente sostenibili è l'investimento per l'elettificazione delle banchine di ormeggio delle navi a cui si riferisce la Misura C11. Gli investimenti sono stati accompagnati sia da una riforma finalizzata a velocizzare e facilitare la realizzazione dei nuovi impianti³⁸ sia dall'introduzione di specifici sgravi fiscali per la fase di gestione. Inoltre, nel giugno del 2024 la Commissione Europea³⁹ ha approvato quale regime di aiuti di stato ammissibile la proposta di stanziamento da parte dell'Italia di 570 milioni di € per incentivare gli operatori navali a collegarsi alle infrastrutture elettriche terrestri quando le navi sono ormeggiate nei porti marittimi per alimentare i servizi, i sistemi e le attrezzature a bordo. Il regime sarà in vigore fino al 31 dicembre 2033. Nel quadro del regime, l'aiuto assume la forma di una riduzione fino al 100 per cento dei cosiddetti «oneri generali di sistema» per rendere competitivo il costo di questa energia elettrica rispetto al costo di quella prodotta a bordo utilizzando motori alimentati da combustibili fossili. Riducendo, per le navi, il costo dell'energia elettrica erogata da reti terrestri, la misura incentiverà gli operatori navali a optare per una fornitura di energia

³⁶ Per i dettagli sul tema si veda lo studio RIE del settembre 2024.

³⁷ Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 13 agosto 2021.

³⁸ La riforma è stata realizzata grazie ad un intervento normativo che ha semplificato e razionalizzato l'iter di autorizzazione per la costruzione di infrastrutture di trasporto dell'energia volte a fornire elettricità da terra alle navi durante la fase di ormeggio, in modo da ridurre la durata ad un massimo di 12 mesi (in caso di interventi non soggetti a valutazione ambientale), grazie all'articolo 33 del d.l. n. 36/2022, convertito con modificazioni in l. n. 79/2022. Per i dettagli, si veda la Deliberazione 26 luglio 2024, n. 83/2024/G della Corte dei Conti.

³⁹ Con Decisione C/2024/3934, che ribadisce l'obbligo al trasferimento integrale delle agevolazioni ai proprietari o conduttori di navi.

elettrica più rispettosa dell'ambiente, evitando così emissioni significative di gas a effetto serra, inquinanti atmosferici ed emissioni di rumore.

All'art. 3 della legge 214 del 30/12/2023 è previsto che l'erogazione di energia elettrica da impianti di terra alle navi ormeggiate in porto costituisca un servizio di interesse economico generale fornito dal gestore dell'infrastruttura di cold ironing, individuato dall'autorità competente nelle forme e secondo le modalità previste dalla normativa vigente.

Fra gli interventi infrastrutturali più complessi in tema di cold ironing, si segnala quello relativo ai porti di Cagliari, Olbia, Golfo Aranci, Santa Teresa di Gallura, Porto Torres e Portovesme da parte dell'AdSP Mar di Sardegna. Il progetto ha un costo di circa 51 milioni di euro e prevede 7 impianti con un minimo di 0,6 MW per Santa Teresa di Gallura e un massimo di 22 MW per Cagliari e Olbia. Gli impianti elettrici portuali dovranno poi essere connessi al sistema elettrico nazionale con un ulteriore costo aggiuntivo stimato in circa 40 milioni di euro.

È da notare come fra i primi progetti di cold ironing ad esser stati completati in Italia prima dell'avvio delle iniziative coordinate a livello nazionale previste dal PNRR vi sia quello dell'area riparazioni navali del porto di Genova, entrato in servizio nel corso del 2018, e nel 2020 è stata completata l'elettificazione della banchina del porto di Genova Prà, sebbene allo stato attuale quest'ultima non sia mai stata utilizzata.

L'implementazione operativa di questi sistemi di on shore power (OPS) richiederà una stretta collaborazione tra AdSP, gestori di reti elettriche, operatori che erogheranno il servizio e compagnie di navigazione sia per sostituire il ruolo dei motori di bordo nella fase di sosta in porto sia per ricaricare le batterie a bordo a supporto dei motori durante le fasi di navigazione. La pianificazione congiunta in merito agli aspetti gestionali e di pricing sarà fondamentale non solo per garantire la compatibilità tra le infrastrutture a terra e i sistemi di alimentazione delle navi, ma anche per verificare le soluzioni ottimali dei bilanciamenti di carico in contesti dove la variabilità delle richieste sarà notevole, in particolare nei porti dove attraccano in contemporanea più navi da crociera⁴⁰. Lo studio delle ottimizzazioni dell'utilizzo della capacità di rete e la prevenzione dei sovraccarichi basata sulla condivisione di dati in tempo reale sui modelli di consumo di energia sarà necessaria per evitare di inficiare l'efficienza operativa.

⁴⁰ Sulla base degli studi preparatori del DEASP dell'AdSP del Mar Adriatico Orientale è emerso che per le navi da crociera la massima potenza elettrica necessaria durante il periodo di ormeggio è stimabile in 20 MVA, mentre per le navi mercantili è stimabile in 1,5 MVA, evidenziando come sia particolarmente critico il tema della gestione in contemporanea dei sistemi di cold ironing a supporto di più navi da crociera nel medesimo ambito portuale.

TAB. 5. *Esiti interventi per la sostenibilità in ambito portuale previsti dal PNC e dal PNRR*

Tipologia di intervento	Importo assegnato e previsto	Note di commento
Aumentare la disponibilità di combustibili marini alternativi in Italia (Misura C 2.3)	74,85 su 220 mln di euro, pari al 34 per cento	Le cause del limitato utilizzo sono da ricercarsi nella difficile accettabilità sociale degli impianti, oltreché dalla forte incertezza rispetto alla domanda, anche in considerazione del fatto che il prezzo medio del GNL in Italia è più elevato rispetto ai contesti mediterranei ed internazionali, oltre all'incremento dei costi di investimento rispetto alle previsioni iniziali.
Elettrificazione delle banchine (Misura C 11)	Impegno totale delle risorse pari a 400 mln di euro	Le risorse sono impegnate grazie alla pubblicazione di 46 bandi di gara da parte delle AdSP che nella quasi totalità dei casi hanno assegnato i lavori, in coerenza con l'obiettivo dell'entrata in funzione di almeno 15 infrastrutture di cold ironing che forniscano energia elettrica in almeno 10 porti entro il primo trimestre del 2026.
Porti verdi (Green Ports): interventi in materia di energia rinnovabile ed efficienza energetica nei porti (M3C2-I 1.1-8,9)	L'impegno totale di 270 mln di euro, costituiti da prestiti è previsto entro la metà del 2026	Nel Rapporto della Corte dei Conti: «Sviluppo dell'accessibilità marittima e della resilienza delle infrastrutture portuali ai cambiamenti climatici» (approvato con deliberazione n. 11/2024 del 6 febbraio 2024) trasmesso alla Camera (NN_02, n. 107), si riporta che il MASE registra un numero di progetti rilevanti ai fini del raggiungimento del nuovo target pari a 63, di cui 50 progetti in corso, 2 progetti già ammessi alla registrazione e 11 progetti non ancora in fase attuativa, 5 dei quali richiedono ancora la sottoscrizione dell'accordo di finanziamento.

Fonte: Elaborazioni su dati del MEF aggiornati a fine 2024.

La tabella 5 sintetizza lo stato di avanzamento degli interventi sulla base delle informazioni offerte dalla Ragioneria Generale dello Stato rispetto ai Piani di attuazione del PNRR e del PNC a fine 2024, inclusi i risultati della misura relativa agli interventi Green Ports, che ha portato ad investimenti molto differenziati fra i diversi ambiti portuali in quanto basata sulla logica del co-finanziamento di investimenti da parte dei terminalisti per efficientamenti energetici di edifici, macchinari e sovrastrutture. Questa misura del PNRR è in sinergia e rafforza il ruolo delle iniziative private a supporto degli interessi pubblici delineati nelle politiche previste dai DEASP delle singole AdSP, come evidenziato nel successivo paragrafo.

4.2. *Il contributo delle Autorità di Sistema Portuale alla decarbonizzazione*

Le iniziative per la sostenibilità del trasporto marittimo e delle attività portuali da parte delle AdSP sono identificate all'interno DEASP, che non è formalmente un Piano, ma bensì un supporto tecnico che l'AdSP promuove anche indipendentemente dal sistema della Pianificazione Portuale, pur rispettandone i principi, e prevedendone l'adozione da parte degli organi della stessa Autorità, senza necessità di sottoporlo ad approvazioni di livello superiore. Il Ministero dell'Ambiente nel dicembre del 2018⁴¹ ha predisposto le Linee Guida per uniformare l'approccio e identificare i principali contenuti, che possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- Individuazione degli obiettivi di sostenibilità energetico-ambientale del porto;
- Individuazione degli interventi e delle misure da attuare per il raggiungimento degli obiettivi;
- Preventiva valutazione di fattibilità tecnico-economica, anche mediante analisi costi benefici;
- Programmazione degli interventi, anche parziali, in un arco temporale prefissato, individuando gli obiettivi da raggiungere.

Tra gli indirizzi strategici da perseguire per la sostenibilità energetica ed ambientale, si possono considerare, gli interventi nel settore energetico dei porti raggruppandoli in tre aree:

1. Quelli che riguardano i consumi energetici dei natanti, dalle grandi navi ai piccoli natanti di servizio; a questa categoria appartengono, oltre alla elettrificazione delle banchine, anche la possibile alimentazione delle grandi navi a GNL, prevedendo sia le infrastrutture necessarie per i rifornimenti, sia misure di incentivazione per gli armatori che intendano adeguare le navi stesse.

2. Le misure che non comportino direttamente opere di efficientamento, ma che potrebbero attivare notevoli risparmi di energia con l'applicazione di schemi di incentivazione a sostegno degli operatori terminalisti che investano in impianti/attrezzature meno energivori e/o a fonti energetiche rinnovabili, ovvero con l'inserimento di criteri di consumo e di efficienza energetica e buone pratiche operative nei processi di selezione dei concessionari e nei processi di acquisto. Questi interventi possono essere promossi da soggetti

⁴¹ Con Decreto direttoriale MinAmbiente 17 dicembre 2018, n. 408 in cui si ribadisce che la pianificazione del sistema portuale deve essere rispettosa dei criteri di sostenibilità energetica e ambientale, in coerenza con le politiche promosse dalle vigenti direttive europee in materia, richiedendo alle AdSP la «redazione del documento di pianificazione energetica e ambientale del sistema portuale con il fine di perseguire adeguati obiettivi, con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni di CO₂».

TAB. 6. *Interventi principali previsti dai DEASP*

Autorità di Sistema Portuale	Interventi per la decarbonizzazione delle navi	Interventi per le attività terminalistiche	Interventi per l'efficiamento energetico degli edifici e delle aree portuali
Mar Ligure Occidentale	Realizzazione di una stazione mobile con stoccaggio per il GNL e cold ironing del terminal Stazioni Marittime a Genova e terminal crociera a Savona	Realizzazione di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici	Miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici in gestione diretta da parte dell'AdSP anche attraverso la realizzazione di pannelli solari sugli edifici
Mar Adriatico Orientale	Realizzazione del cold ironing preso gli ormeggi 38 e 39 al molo VI per le navi Ro/Ro e agli ormeggi 29 e 30 del Molo Bersaglieri per le navi da crociera	Ipotesi di sviluppo della produzione diretta di idrogeno attraverso l'elettrolisi per i mezzi portuali	Realizzazione di un impianto fotovoltaico di produzione e accumulo sui fabbricati esistenti a Trieste e Monfalcone. Revamping delle torri faro. Realizzazione di un parco mini-eolico sulle dighe foranee. Interventi sugli impianti portuali per la gestione unificata della rete elettrica
Mar Tirreno Settentrionale	Cold ironing a Livorno (ambiti crociera, traghetti e container), Piombino (ambiti Ro/Ro) e Portoferraio (ambiti Ro/Ro e crociera)	Contributi diretti ai terminalisti per co-finanziamento dell'elettrificazione o dell'utilizzo di idrogeno dei mezzi operativi portuali	Relamping illuminazione pubblica del porto di Livorno e introduzione di un sistema chiuso della rete elettrica
Mar Adriatico Centro-Settentrionale	Cold ironing delle banchine dedicate alle crociere a Porto Corsini. Retrofit a GNL per rimorchiatori e operatori di servizi antinquinamento marino	Supporto all'elettrificazione dei mezzi portuali attraverso la creazione di una rete di infrastrutture di ricarica	Impianto fotovoltaico di grande estensione, in grado di fornire elettricità anche al servizio di cold ironing

Fonte: Elaborazioni dell'autore sui DEASP delle quattro AdSP.

privati anche con il supporto finanziario del Fondo per l'efficienza energetica proposto dal Piano Strategico Nazionale dei Porti e della Logistica.

3. Quelli che riguardano i consumi energetici degli edifici e delle strutture portuali, comprese le attrezzature quali gru, magazzini refrigerati, veicoli di servizio. A questa categoria di intervento appartengono tutte le opere di edilizia civile (isolamenti dell'involucro, infissi, impianti di riscaldamento efficienti, schermature per la riduzione del raffrescamento, ecc.), l'illuminazione delle aree esterne.

La tabella 6 sintetizza gli interventi principali previsti all'Interno dei DEASP delle quattro AdSP di maggior interesse sul tema, offrendo un quadro delle iniziative nei tre ambiti previsti dalle linee guida dei DEASP. La selezione dei quattro casi qui analizzati ha tenuto conto della rilevanza dei volumi movi-

mentati, prendendo in considerazione le prime tre AdSP (in ordine decrescente, AdSP del Mar Ligure Occidentale, con 63 mln di ton movimentate annue nel 2023, AdSP del Mar Adriatico Orientale con 59 mln di ton e AdSP del Mar Tirreno Settentrionale con 38 mln di ton) e per la specificità degli interventi in un contesto di particolare rilevanza per quanto riguarda il settore energetico, come nel caso dell'AdSP del Mar Adriatico Centro-Settentrionale dove è stato avviato il principale progetto di CCS nel Mediterraneo. Questi quattro casi possono essere considerati esaustivi del mix di iniziative promosse dalle 16 AdSP.

5. LE PROPOSTE PER UN'ACCELERAZIONE DEL PROCESSO DI DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE MARITTIMO-PORTUALE A LIVELLO ITALIANO

Il settore marittimo-portuale è in continuo sviluppo e, nonostante i numerosi sviluppi tecnologici abbiano permesso di introdurre importanti efficienze per ridurre l'impatto in termini di emissioni di gas climalteranti e inquinanti locali in rapporto alle tonnellate trasportate, lo sviluppo dei volumi commerciali e l'allungamento delle percorrenze hanno portato ad un continuo incremento dei livelli di emissioni sia su scala internazionale che nazionale.

In questo contesto le politiche attuali promosse specificamente a livello nazionale, basate essenzialmente su un limitato sviluppo del GNL quale combustibile ponte verso il bio-GNL e l'e-GNL e lo sviluppo del cold ironing a supporto della decarbonizzazione delle soste in porto, hanno evidenti limiti strutturali, sebbene siano sicuramente da rafforzare ulteriormente. I limiti derivano dal fatto che il cold ironing sia una soluzione idonea solo per il periodo di sosta in porto e per un numero complessivamente ridotto di navi, principalmente da crociera e container, cioè i target degli specifici investimenti previsti dal PNRR⁴². Mentre i limiti del GNL sono relativi alla modesta capacità di riduzione del livello di emissioni, se non nella forma di bio-GNL o e-GNL il cui utilizzo a supporto del trasporto marittimo è però ridotto dalla competizione

⁴² Sulla base dei dati tratta dal report ISPRA (2023) per 4 dei principali porti nazionali (Trieste, Venezia, Ravenna, Livorno), il numero totale di arrivi di navi container e da crociera sul totale di tutte le tipologie di navi, riferito al 2019, è pari al 18,8 per cento, derivanti dal rapporto fra 3.435 navi sul totale di 18.259. In considerazione del fatto che in media i consumi in porto sono equivalenti al 20 per cento del totale delle emissioni delle navi (fonte Bilancio di Sostenibilità di D'Amico Navigazione e Costa Crociere), si può stimare che una volta completata l'infrastruttura (entro la fine del 2026), se venisse utilizzato da tutte le navi container e da crociera il cold ironing potrà incidere sino al 3,8 per cento del totale delle emissioni di gas clima-alteranti del trasporto marittimo a livello nazionale. La possibilità di utilizzo del cold ironing permetterà di ridurre anche gli inquinanti locali e le emissioni acustiche.

con l'utilizzo nel settore del trasporto stradale, dove la rete distributiva è già diffusa e non sono necessari adeguamenti alle motorizzazioni ⁴³.

Il combinato disposto dei due interventi (cold ironing e sviluppo del GNL e successivamente del bio-GNL) al 2030 potenzialmente avrà l'effetto di poter ridurre le emissioni di gas climalteranti solo sino ad un massimo di meno del 5 per cento del totale delle emissioni riferite al trasporto marittimo in Italia.

In fase di indicazione delle raccomandazioni per l'accelerazione del percorso verso la sostenibilità ambientale del comparto è da evidenziare come non debba esser minata la competitività del settore rispetto al trasporto stradale. Infatti, il modal shift ⁴⁴ permette di ridurre in modo rilevante le esternalità ambientali (gas clima alteranti e inquinanti locali) e sociali (incidentalità e congestione) e pertanto è un obiettivo da valorizzare in logica sistemica nel settore del trasporto merci. Questo aspetto è particolarmente cruciale per l'Italia che ha attive circa 24 rotte alternative al trasporto su strada che movimentano circa 2 milioni di spedizioni all'anno (Baccelli 2024a). L'importanza del tema e le ambizioni nazionali in questo specifico segmento di mercato, dove gli operatori nazionali hanno una posizione di leadership, dovrebbero portare ad orientare le decisioni dei policy makers in merito all'indirizzo dei proventi derivanti dall'applicazione della ETS al settore specifico a rafforzare il ruolo dell'intermodalità marittima, oltreché favorendo le strategie di ammodernamento dei processi organizzativi e tecnologici in ambito portuale e per l'efficientamento energetico delle navi.

Un ulteriore fattore che richiede una particolare sensibilità nel contesto italiano è la rilevanza del settore marittimo per la coesione economico-sociale derivante dal ruolo del sistema insulare, dove vivono quasi 8 milioni di abitanti e che contano sull'efficienza e il basso costo del trasporto marittimo per ogni approvvigionamento e distribuzione di merci e in molti casi non ha alternative nemmeno per i passeggeri. Inoltre, ogni intervento che comporta costi aggiuntivi in molte delle relazioni insulari si traduce direttamente in costi aggiuntivi per il Ministero o per le Regioni all'interno dei contratti di continuità territoriale.

⁴³ A livello nazionale il numero di rifornimenti di GNL effettuati a supporto del trasporto marittimo è ancora limitato ad un numero molto ridotto di approvvigionamenti sia per l'indisponibilità delle infrastrutture sia per il limitato numero di navi a GNL in arrivo in Italia, pertanto è stimabile che questo intervento possa portare ad un contributo per la decarbonizzazione inferiore all'1 per cento del totale delle emissioni di gas climalteranti del trasporto marittimo.

⁴⁴ Il modal shift si riferisce al trasferimento del trasporto di merci o passeggeri da una modalità di trasporto meno sostenibile a modalità più sostenibili. In questo caso ci si riferisce al trasferimento dalla strada al trasporto marittimo, al fine di ridurre le emissioni di CO₂ e migliorare l'efficienza energetica.

Le iniziative percorribili specificamente a livello nazionale attraverso schemi incentivanti di diverso tipo basate su logiche economiche sono sintetizzabili nei seguenti strumenti:

- coordinamento fra i gestori del servizio pubblico per l'approvvigionamento energetico attraverso i sistemi di cold ironing affinché ci sia coerenza fra i diversi ambiti portuali in tema di governance e pricing del sistema, a completamento dell'iniziativa fortemente promossa dal PNRR;

- valorizzare la diffusione dei sistemi di carbon capture a bordo delle navi, in quanto può costituire la tecnologia in grado di rispondere in modo più semplice alla complessità del sistema nazionale gravato dalle numerose barriere amministrative e di accettabilità sociale per la realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto, stoccaggio e distribuzione dei carburanti alternativi. La presenza di una filiera industriale già in grado di gestire la CCS con aziende di grande rilevanza sia lato domanda (i gruppi crocieristici del Mediterraneo stano facendo da apripista nel settore) sia lato offerta (con Fincantieri per gli aspetti a bordo delle navi, e per gli aspetti di gestione della CO₂ SAIPEM, SNAM ed ENI) costituisce un vantaggio comparato rispetto ad altri contesti, pertanto il rafforzamento di questa tecnologia può permettere di rafforzare rapidamente anche una politica industriale innovativa. Questa politica industriale potrebbe utilizzare anche strumenti di agevolazione più simile a quelli destinati ai settori manifatturieri a supporto del Net Zero Industrial Act a livello europeo, rafforzando la logica della necessità di cooperazione tecnica, scambio di know-how e trasferimento di buone pratiche fra industria manifatturiera energivora e shipping;

- l'attivazione di specifiche strategie su rotte che possono essere utilizzate per iniziative pilota, in logica di green corridors, su rotte di particolare rilevanza socio-economica (e.g. Napoli-Palermo o Livorno-Olbia) dovrebbe essere prioritaria per candidature coordinate da RAM⁴⁵ e dalle Regioni all'utilizzo dei fondi europei come l'Innovation Fund;

- aggiornamento dei DEASP delle AdSP in modo coordinato per permettere lo sviluppo delle infrastrutture per la sostenibilità in modo temporalmente omogeneo, tenendo conto dell'interdipendenza fra più porti di molte delle linee marittime che servono il mercato italiano nel settore crocieristico, Ro/Ro e container.

⁴⁵ RAM – Logistica, Infrastrutture e Trasporti Spa è la società in house del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, a capitale interamente detenuto dal Ministero dell'Economia e delle Finanze.

6. CONCLUSIONI

Il paper nella prima fase ha analizzato gli elementi chiave del complesso mix di iniziative promosse sia dal settore pubblico sia dagli operatori privati a livello internazionale per la decarbonizzazione del trasporto marittimo, che include misure di riorganizzazione operativa, introduzione di nuove tecnologie dedicate all'efficientamento energetico e lo sviluppo di carburanti alternativi ai tradizionali combustibili fossili con livelli di maturità di mercato molto differenziati. Mentre la seconda fase è stata specificamente dedicata agli interventi promossi in ambito italiano, caratterizzato da peculiari barriere tecniche e di mercato che rallentano le innovazioni sia in ambito marittimo che portuale. Il superamento di queste barriere richiede urgenti misure di policy e strategie di coordinamento fra gli stakeholders che sono stati evidenziati nel precedente capitolo e devono essere tese a sviluppare piani più ambiziosi di quelli attualmente in atto. Le valutazioni della ricerca hanno infatti rimarcato come le misure di intervento pubblico in atto potranno contribuire a ridurre le emissioni del settore marittimo nazionale sino ad un massimo del 5 per cento.

In conclusione, il settore marittimo-portuale italiano è al centro di importanti trasformazioni verso la sostenibilità con rilevanti potenziali effetti anche sul sistema industriale in termini di ridisegno degli approvvigionamenti energetici del settore. Tuttavia, la transizione richiede un approccio sistemico e coordinato più incisivo, standardizzato e in grado di tener conto dei risvolti sui settori industriali nazionali, con investimenti significativi in nuove tecnologie e infrastrutture per il trasporto, stockaggio e distribuzione di nuovi vettori energetici. Le politiche pubbliche devono supportare questo processo attraverso incentivi e regolamentazioni adeguate, valorizzando al massimo le opportunità derivanti dai fondi pubblici derivanti dall'applicazione dell'ETS al trasporto marittimo, che si stima porterà a disporre di un fondo per investimenti in un range compreso fra i 333 e i 419 milioni di euro a partire dalla completa messa a regime prevista dal 2026⁴⁶.

Gli obiettivi di ricerca futuri dovranno contribuire a rafforzare le logiche sinergiche fra decarbonizzazione del trasporto marittimo e filiere industriali, affinché ci possano essere interventi con economie di scala più elevate, ad esempio

⁴⁶ Come evidenziato nel paragrafo 2.2 i proventi dell'ETS del trasporto marittimo potenzialmente a disposizione del budget del Comitato ETS per l'Italia sono difficili da stimare in quanto dipendono sia dai consumi sia dal valore delle EEX-EUA, oltreché dalle politiche delle compagnie marittime in merito alle scelte temporali di acquisto. La stima di 333 milioni di euro annui a partire dal 2026 (anno a regime con obbligo di compensare il 100 per cento delle emissioni) è basata su un valore dell'EEX-EUA di 63,5 euro. Se il valore dell'EEX-EUA salisse a 80 euro, il fondo a disposizione salirebbe a 419 milioni di euro. L'entità del fondo lo rende lo strumento finanziario pubblico di gran lunga più rilevante per l'accelerazione del percorso verso la sostenibilità ambientale del trasporto marittimo-portuale in Italia.

nelle iniziative per la diffusione di interventi a supporto della carbon capture usage and storage e di carburanti alternativi, e riduzione dei rischi economico-finanziari, anche attraverso scambi di know-how e trasferibilità delle tecnologie.

Riferimenti bibliografici

- Baccelli, O. 2024a. «New Scenarios in International Transportation and Global Value Chain Transformation». In C. Secchi e A. Gili (a cura di), *Logistics in Transition. Exploring Geopolitical, Economic, and Technological Trends* (pp. 57-73). ISPI Report, giugno 2024.
- Baccelli, O. 2024b. «Policy europee e nazionali per lo sviluppo dell'intermodalità marittima: stima degli effetti socio-economici dell'applicazione dell'Emission Trading System (ETS) e del Sea Modal Shift (SMS) in Italia». *REPOT la Rivista di Economia e Politica dei Trasporti* 2: 1-18.
- Baccelli, O. e P. Morino. 2020. «The Role of Port Authorities in the Promotion of Logistics Integration Between Ports and the Railway System: The Italian Experience». *Research in Transportation, Business and Management* 1: 1-14.
- Baccelli, O., M. Ravasio e G. Sparacino. 2007. *Porti Italiani. Strategia per l'autonomia finanziaria e l'intermodalità*. Milano: EGEA.
- Barbieri, E., S. Bonaldo, L. Capoani e S. Campanale. 2024. «Ripensare le politiche industriali portuali in Italia. Analisi e prospettive». *L'industria* 1: 37-70.
- Clarkson Research. 2024. *Green Technology & Alternative Fuel Uptake*. London.
- Danish Ship Finance. 2024. *Shipping Market Review*. Copenhagen.
- DNV 2024. *Maritime Forecast to 2050*.
- Dominioni, G. 2024. «Carbon Pricing for International Shipping, Equity, and WTO Law». *Review of European, Comparative & International Environmental Law* 33, n. 1: 19-30.
- Energy&Environment Research Associates (ERRA). 2024. *Well-to-Tank Carbon Intensity of European LNG Imports*, 25 Agosto 2024, report per Transport&Environment.
- European Environmental Agency (EEA). 2021. *EU maritime Transport: First Environmental Impact Report Acknowledges Good Progress Towards Sustainability and Confirms That More Effort Is Needed to prepare for Rising Demand*.
- European Environmental Agency (EEA). 2023. *Transport and Environment Report 2022*.
- European Environmental Agency (EEA). 2023. *Use of Auctioning Revenues Generated under the EU Emissions Trading System*, dicembre.
- European Seaport Organisation and Deloitte (ESPO). 2021. *Europe's Port at the Crossroads*.
- EMSA/EEA. 2023. *European Maritime Transport Environmental Report 2023*.
- Fancello, G, P. Serra e S. Mancini. 2019. «A Network Design Optimization Problem for Ro-Ro Freight Transport in the Tyrrhenian Area». *Transport Problems* 14, n. 4: 63-75.
- Fincantieri. 2023. *Bilancio di sostenibilità*.
- GEF-UNDP-IMO GLOMEEP Project and members of the GIA. 2020. *Just In Time Arrival Guide – Barriers and Potential Solutions*.
- Global Centre for Maritime Decarbonisation, *Concept Study to Offload Onboard Captured CO₂*, Singapore, marzo 2024.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. *Rapporto speciale dell'IPCC sull'oceano e la criosfera in un clima che cambia*.
- International Chamber of Shipping (ICS). 2022. *Fuelling the Fourth Propulsion Revolution. An Opportunity for All*. London.
- ISPRA. 2023. *Aggiornamento delle modalità di calcolo delle emissioni navali con particolare riferimento all'ambito portuale a livello nazionale e locale*. Rapporto 382.

- ISPRA. 2024. *Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030*. Maggio.
- ITF. 2022. *Performance of Maritime Logistics*. International Transport Forum Policy Papers, No. 106, OECD Publishing, Paris.
- ITF. 2018. *Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions: Lessons From Port-Based Incentives*.
- Lindstad, E. e I.B. Torstein. 2018. «Potential Power Setups, Fuels and Hull Designs Capable of Satisfying Future EEDI Requirements». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 63, agosto: 276-90.
- LR-MDH e ZEMBA. 2024. «Availability of E-fuels and Zero-Emission Capable Vessels from 2027-2030: Key Findings». *Request for Information for the Zero Emission Maritime Buyers Alliance*, ottobre.
- Marzano, V., D. Tocchi, C. Fiori, F. Tinessa, F. Simonelli e E. Cascetta. 2020. «Ro-Ro/Ro-Pax Maritime Transport in Italy: A Policy-Oriented Market Analysis». *Case Studies on Transport Policy* 8, n. 4: 1-11
- Marzano, V., A. Papola e F. Simonelli. 2017. «A Methodology for Evaluating the Competitiveness Of Ro-Ro Services». In *Transport Infrastructure and Systems*, Proceedings of the AIT International Congress on Transport Infrastructure and Systems.
- Mele, G. 2013. «Infrastrutture e crescita: il contributo dei trasporti e della logistica». *L'industria* 34, n. 2: 245-74.
- Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili. 2022. *Decarbonizzare i trasporti. Evidenze scientifiche e proposte di policy*. Aprile. Roma.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). 2024. *Strategia Nazionale Idrogeno*, novembre. Roma.
- Papadimitriou, S., D.V. Lyridis, I.G. Koliouisis, V., Tsioumas, E. Sdoukopoulos e P.J. Stavroulakis. 2018. «Strategic Planning of Short Sea Shipping Within Maritime Clusters». In *The Dynamics of Short Sea Shipping* (pp. 37-59).
- Psaraftis, H.N. e T. Zis. 2020. «European Policies for Short Sea Shipping and Intermodality». In *Short Sea Shipping in the Age of Sustainable Development and Information Technology* (pp. 1-19).
- Ramalho, M.M. e T.A. Santos. 2021. «The Impact of the Internalization of External Costs in the Competitiveness of Short Sea Shipping». *Journal of Marine Science and Engineering* 9: 1-18.
- Rehmatulla, N., T. Smith e L. Tibbles. 2017. «The Relationship Between EU's Public Procurement Policies and Energy Efficiency of Ferries in the EU». *Marine Policy* 75: 278-89.
- Ricerca Sistema Energetico (RSE). 2023. *Trasporto marittimo sostenibile nel contesto energetico attuale e futuro – Progetto Mobilità sostenibile e interazione con il sistema energetico*, di Claudio Carlini e Danilo Bertini.
- Ricerche Industriali ed Energetiche. 2024. *Le molteplici valenze del biometano per una mobilità sostenibile*. Studio per Federmetano, settembre.
- Royal HaskoningDHV. 2022. *The New Energy Landscape. Impact on and Implications for European Ports, Report per ESPO e EFIP*. Amersfoort.
- Takman, J. e M. Gonzalez-Aregall. 2024. «Public Policy Instruments to Promote Freight Modal Shift in Europe: Evidence from Evaluations». *Transport Reviews* 44, n. 3: 612-33.
- Torvanger, A., J. Tvedt e I.B. Hovi. 2023. «Carbon Dioxide Mitigation from Public Procurement with Environmental Conditions: The Case of Short-Sea Shipping in Norway». *Maritime Transport Research* 4: 1-11.
- The Lloyd's Register Maritime Decarbonisation Hub. 2024. *How Close Is the Shipping Industry to Adopting Nuclear for Propulsion?*, luglio. London.
- UCL e UMAS. 2024. *Transition Trends: International Shipping Emissions from 2018 to 2022*. Novembre. London.

UNCTAD. 2024. *Review of Maritime Transport 2024*, novembre. Geneva.

UNEM. 2024. *I numeri dell'energia in Italia nel 2023*.

Visonà, M, F. Bezzo e F. d'Amore. 2024. «Techno-Economic Analysis of Onboard CO₂ Capture for Ultra-Large Container Ships». *Chemical Engineering Journal* 485: 1-14.