

Da oggi al 2050: tra sfide e opportunità per l'industria marittima

Stato dell'arte e considerazioni del Comitato italiano del RINA per la decarbonizzazione dell'industria marittima con la partecipazione di Assarmatori e Confitarma

Introduzione del Chair

Credo che la decarbonizzazione sia la più grande rivoluzione industriale dell'epoca moderna, in particolare per i settori hard-to-abate come lo Shipping.

Sale da tempo tra gli armatori un senso di profonda frustrazione per essere additati come inquinatori, quando molte delle loro navi sono moderne e tecnologicamente avanzate.

Le navi hanno specificità dettate dalla rotta che percorrono, dalla tipologia e dalle dimensioni, caratteristiche per le quali è necessario adottare soluzioni diversificate.

Questo "paper" è la sintesi di un lavoro svolto da tutti gli stakeholder (ente di classificazione, progettisti, costruttori di motori, e di parti legate ai motori, fornitori di impianti, trader di combustibili ed ovviamente anche gli armatori stessi e le associazioni di categoria che li rappresentano) per identificare le soluzioni tecniche disponibili oggi ed analizzare quelle che potrebbero diventare disponibili in futuro.

Norme internazionali chiare sono il più grande acceleratore sul quale l'industria può contare nel contesto di questa sfida: solo così è possibile investire nella direzione giusta. L'incertezza dell'evoluzione normativa internazionale e la corsa alla legiferazione locale creano, al contrario, stagnazione.

L'industria dello shipping è altresì certa che la riduzione delle emissioni non ha nulla a che vedere con il vantaggio competitivo dei singoli, perché il beneficio che ne trae il mondo intero è molto maggiore di quello che potrebbe trarne la singola impresa.

Mi auguro che questo lavoro possa essere per i policy maker e tutti gli stakeholder un'utile descrizione dello stato dell'arte e un aiuto alla comprensione delle sfide che aspettano il settore, non potendo il futuro essere costruito su dichiarazioni, spesso utopistiche, di singoli armatori o stakeholder.

Voglio ringraziare il Comitato per la Decarbonizzazione del RINA ed il RINA tutto per il grande lavoro svolto a testimonianza che insieme si naviga con ancora maggiore sicurezza.

Salvatore d'Amico

Chair Comitato italiano del RINA per la decarbonizzazione

Executive summary

Il trasporto marittimo internazionale rappresenta meno del 3% delle emissioni di CO₂ antropogeniche mondiali. Indipendentemente da ciò, la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, e in generale di gas serra, da parte del settore marittimo è comunque un obiettivo comune a livello internazionale, europeo e nazionale. Per coprire il consumo del settore marittimo con combustibili verdi di sintesi (e-fuel), sarebbe necessario l'utilizzo di più della metà di tutta l'energia rinnovabile attualmente prodotta nel mondo.

Ogni nave si differenzia per tipologia, potenza installata, tipo di navigazione e quindi la soluzione ottimale per la sua decarbonizzazione va considerata in funzione della combinazione di queste caratteristiche. Risulta evidente come un'unica soluzione non possa essere risolutiva per tutte le navi e per tutto il periodo di vita delle stesse, tenendo conto che i limiti di emissioni diventeranno sempre più stringenti nel tempo.

Sia l'Organizzazione marittima internazionale (IMO) che l'Unione europea (UE) stanno sviluppando una propria strategia e misure per mitigare le emissioni di gas a effetto serra (GHG) e ridurre gli effetti del riscaldamento globale. Tali misure che devono essere applicate in modo indipendente e che si basano su due diversi approcci generano un aggravio gestionale oltre che, cosa ben più grave, una distorsione del mercato. Per questi motivi è di assoluta importanza che si raggiunga un accordo internazionale che superi requisiti di carattere locale o regionale.

Si ribadisce che, per quanto riguarda la normativa internazionale, è fondamentale che vi sia un approccio uniforme concordato a livello IMO. In aggiunta, al fine di evitare che ogni Amministrazione prenda decisioni non allineate, introducendo disparità di trattamento per le navi battenti bandiere diverse, sarebbe opportuno che le raccomandazioni approvate dall'IMO sotto forma di risoluzioni a carattere raccomandatorio, interpretazioni unificate, circolari o linee guida fossero uniformemente applicate a livello internazionale.

All'ultimo MEPC 80 sono state approvate sia le linee guida preliminari relative all'approccio LCA (Life Cycle Assessment) per i combustibili marini, sia delle linee guida per l'uso immediato di biofuel sostenibili a bordo (in attesa della definitiva applicazione delle LCA Guidelines), due passi che vanno nella direzione giusta l'una per la valutazione del reale impatto ambientale dei combustibili l'altra per permettere un uso immediato dei biofuel come soluzione drop-in su flotta esistente.

Oltre ad avere un quadro normativo chiaro e trasparente, è anche necessario sviluppare opzioni applicabili alla flotta esistente, come ad esempio l'impiego di soluzioni drop-in. I biofuels, ad esempio, possono essere miscelati con combustibili convenzionali o utilizzati puri, consentendo il conseguimento di sostanziali riduzioni di emissioni di CO₂ equivalente. Affinché questa via sia percorribile, non bisogna dimenticare due fattori fondamentali: la disponibilità del combustibile e la sostenibilità del suo costo.

La cattura del carbonio, che ne eviti la dispersione in atmosfera (Carbon Capture and Storage – CCS), è attualmente l'unica tecnologia in grado di rendere i carburanti fossili compatibili con gli obiettivi di riduzione delle emissioni a breve termine e potrebbe essere una delle soluzioni di transizione per i prossimi anni da adottare anche nel settore dell'industria marittima per specifiche tipologie di navi. Sebbene la tecnologia sia matura a terra, sono necessari investimenti per supportare la fase iniziale di ricerca e sviluppo per l'applicazione a bordo, nonché la catena logistica di supporto necessaria al definitivo sequestro della CO₂ stessa.

L'impiego di metano liquido, che permette una riduzione intorno al 20% di CO₂ rispetto ad un combustibile tradizionale, benché di origine fossile, si conferma un combustibile di transizione. Le nuove navi, che in funzione del tipo e del profilo operativo scelgono questo combustibile alternativo, saranno nella posizione di poter impiegare tecnologie di reforming unite alla cattura della CO₂ con produzione di idrogeno a bordo (da usare in miscela con metano) per poi passare ad una completa conversione a combustibili come metanolo,

ammoniaca e idrogeno. Anche in questo caso, la ricerca e lo sviluppo per l'applicazione a bordo dei nuovi combustibili dovrà essere supportata sia finanziariamente che da un quadro normativo chiaro, nonché da adeguate infrastrutture a supporto della produzione e distribuzione dei vari combustibili.

L'utilizzo di energia nucleare a bordo risulta promettente e degno di approfondimento, benché la tecnologia, specialmente quella legata alle nuove generazioni di reattori ed in particolare gli small modular reactor (SMR) sia attualmente ancora in fase di studio e sperimentazione e rilevi tra gli aspetti più critici quello dell'accettazione da parte dell'opinione pubblica.

Molte navi trascorrono parte del tempo necessario alle loro operazioni commerciali, in porti cittadini, ad esempio quelle che operano servizi regolari di linea. Al fine ridurre, fino ad azzerare, le emissioni di inquinanti locali quali SO_x, PM (smog), NO_x, risulta essere efficace la possibilità di alimentare la nave, quando in porto, tramite alimentazione elettrica da terra ("cold ironing" o "onshore power supply – OPS"). Ulteriori benefici di questa soluzione sono la riduzione delle emissioni di CO₂, qualora l'energia da terra sia tutta o parzialmente generata da fonte rinnovabile e l'abbattimento dell'inquinamento acustico conseguente allo spegnimento dei generatori di energia elettrica di bordo. Già molte navi sono equipaggiate per poter essere alimentate da terra, ed è quindi importante investire anche lato logistica portuale.

Il processo di decarbonizzazione delle flotte viaggia necessariamente su due binari:

- quello delle nuove navi (incluse le grandi trasformazioni che prevedano la sostituzione del o dei motori principali) che possono pienamente giovare delle nuove tecnologie e dei fuel alternativi che l'industria rende via via disponibili
- quello della flotta esistente che non potendo usare fuel con caratteristiche molto diverse dai fuel attuali, dovrà ridurre la quantità di emissioni da fuel fossile, adottando opportuni approcci di tipo operativo, accettando un impatto sul servizio, tecniche per la riduzione dei consumi, ed eventualmente e per quanto possibile con l'impiego in aggiunta ai fuel esistenti, quote crescenti di fuel compatibili come i bio-combustibili

Il risultato globale dipende dalla combinazione di questi elementi ed in particolare, in termini temporali, dal tasso di sostituzione nave nuova / nave esistente che si riuscirà a realizzare.

Il processo di decarbonizzazione del settore marittimo dipende pressoché totalmente dalle infrastrutture di produzione e di distribuzione di terra, rispetto alle quali l'armamento può esercitare un'azione di stimolo ma che dipendono da fattori/circostanze che sono in larghissima parte fuori dal controllo degli armatori.

Oltre che dalle logiche proprie della produzione e del mercato, rispetto al quale il settore marittimo è in molti casi meno incisivo/decisivo di altri comparti (si pensi al trasporto pesante su gomma o all'aviation), infrastrutture di produzione e di distribuzione di terra sono fortemente influenzate dall'impianto regolatorio/autorizzativo esistente, che deve essere, come più volte rimarcato nel presente documento, chiaro ed omogeneo, soprattutto a livello internazionale.

Non vanno infine sottovalutate le difficoltà connesse all' "accettazione sociale" di alcune soluzioni, quali possono essere la realizzazione di nuovi depositi costieri di gas, di metanolo o di ammoniaca; per non parlare del tema "accettazione sociale" delle soluzioni basate sulle nuove "tecnologie nucleari".

Il tema dei costi direttamente ed indirettamente connessi con il processo di decarbonizzazione dell'industria marittima è uno dei nodi centrali di un cammino che non è in discussione e che il settore marittimo ha già iniziato a percorrere in modo deciso. Tale tema dei costi presenta elementi (uno per tutti è che non si può decarbonizzare a costo nullo) che devono essere chiari per tutti, soprattutto per coloro che sono chiamati a fare delle scelte di indirizzo e di supporto finanziario. I costi conseguenti al processo in corso graveranno su tutti, o in termini di maggiori costi dei servizi di trasporto, o in termini di risorse pubbliche che dovranno essere destinate dai governi per accelerare se non solo per sostenere la transizione energetica. È importante

sottolineare che i costi diretti, intesi come i costi che hanno più immediata incidenza nei bilanci della compagnie di navigazione, CAPEX e OPEX necessari a portare avanti il processo di decarbonizzazione, sono molto elevati.

Gli investimenti per il rinnovo delle flotte ed i costi elevati dei nuovi fuel devono far considerare al legislatore quanto segue.

- Investire nel settore marittimo la maggior parte dei proventi derivanti dalla applicazione della ETS al settore marittimo e dalla FUEL-EU-Maritime
- Incentivare coloro che investono in nuove navi/tecnologie
- Ridurre fino a coprire il differenziale di prezzo tra fuel esistenti e futuri fuel alternativi

Riguardo al secondo punto è assolutamente indispensabile che gli eventuali strumenti di finanziamento che verranno messi in campo siano congruenti con le tecnologie effettivamente disponibili, in linea con i tempi necessari per la realizzazione dei relativi progetti e consapevoli della struttura produttiva della cantieristica navale globale. Deve essere evitato che vengano rese disponibili delle risorse economiche che poi non potranno essere spese, non già per la cattiva volontà degli armatori, ma perché legate al raggiungimento di obiettivi tecnologici irrealistici, oppure perché da realizzare in tempi non compatibili con la complessità dei progetti o con la capacità produttiva della cantieristica navale.

Il documento, preparato in collaborazione con i membri del Comitato italiano del RINA per la decarbonizzazione dell'industria marittima e con la partecipazione di Assarmatori e Confitarma, si pone l'obiettivo di descrivere le molte soluzioni sul tavolo, analizzandone le potenzialità e le criticità, in modo da promuovere scelte ambiziose nel breve termine che consentano allo shipping un agevole raggiungimento dell'obiettivo di net-zero emission nel 2050.

Indice

Introduzione del Chair.....	2
Executive summary	3
1 Emissioni legate al trasporto marittimo	7
1.1 Trasporto marittimo vs gli altri settori	7
1.2 Emissioni per diverse tipologie di navi	9
1.3 Emissioni per potenze installate	13
2 Quadro normativo	14
2.1 Le norme IMO	15
2.2 Le direttive e i regolamenti europei di maggior impatto	17
2.3 Considerazioni sulla normativa	19
3 Possibili soluzioni per raggiungere la conformità e ridurre l'impatto sui costi	21
3.1 Combustibili alternativi	21
3.2 La cattura della CO ₂	29
3.3 Tecnologiche per la riduzione delle quantità necessarie di combustibile con particolare riferimento ad efficientamento	32
3.4 Cambiamenti nell'operatività della nave	35
4 Considerazioni sull'applicazione delle possibili soluzioni	37
4.1 Navi nuove	37
4.2 Navi esistenti	38
5 Possibili scenari futuri	39
5.1 Nucleare	39
5.2 Power to X	40
6 Considerazioni finali.....	41
Ringraziamenti.....	44

1 Emissioni legate al trasporto marittimo

1.1 Trasporto marittimo vs gli altri settori

Il trasporto marittimo internazionale rappresenta meno del 3% delle emissioni di CO₂ antropogeniche mondiali¹.

Anno	Emissioni di CO ₂ totali da attività antropogeniche	Emissioni di CO ₂ totali shipping	Emissioni shipping come % del globale
2012	34,793	962	2.76%
2013	34,959	957	2.74%
2014	35,225	964	2.74%
2015	35,239	991	2.81%
2016	35,380	1,026	2.90%
2017	35,810	1,064	2.97%
2018	36,573	1,056	2.89%

Figura 1-1 Emissioni di CO₂ assolute (milioni di tonnellate) con dati da "Fourth IMO GHG Study 2020"

Il quarto studio IMO sui gas serra (2020 IMO GHG Study) ha evidenziato i seguenti aspetti:

- Le emissioni di GHG) tra cui anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O), espresse in CO_{2e}, del trasporto marittimo totale (internazionale, domestico e pesca) sono aumentate da 977 milioni di tonnellate nel 2012 a 1.076 milioni di tonnellate nel 2018 (+9,6%). Nel 2012, sono state calcolate 962 milioni di tonnellate di emissioni di CO₂, mentre nel 2018 tale valore è cresciuto del 9,3% pari a 1.056 milioni di tonnellate di emissioni di CO₂²
- La quota delle emissioni del trasporto marittimo nelle emissioni antropogeniche globali è aumentata dal 2,76% nel 2012 al 2,89% nel 2018
- Nell'ambito di una nuova allocazione del trasporto marittimo internazionale basata sul viaggio, nello stesso periodo anche le emissioni di CO₂ sono aumentate da 701 milioni di tonnellate nel 2012 a 740 milioni di tonnellate nel 2018 (aumento del 5,6%), ma con un tasso di crescita inferiore rispetto alle emissioni totali del trasporto marittimo e rappresentano una quota approssimativamente costante delle emissioni globali di CO₂ in questo periodo (circa il 2%)

Nonostante il valore di emissioni di CO₂ sia cresciuto in valore assoluto nel periodo 2012 al 2018 va notato che in questo stesso periodo la flotta mondiale è cresciuta sia in termini di numero di unità (+12,5%), di capacità di stiva DWT (+25,3%) che di tonnellaggio GT (+25,5%)² pertanto se si vanno a considerare le emissioni di

¹ Dati da all'ultimo studio IMO sui gas serra "Fourth IMO GHG Study 2020". I dati sono utilizzati in tutti i paragrafi del capitolo 1 ad eccezione della parte relativa all'Europa

² Fonte Clarkson

CO₂ relativamente al numero di unità oppure alla capacità di stiva in DWT o GT queste sono diminuite, rendendo il trasporto navale uno dei settori più efficienti all'interno del settore dei trasporti.

In questo quadro, da notare come lo shipping internazionale trasporti più dell'80 %³ del volume delle merci mondiale. Essendo lo shipping quindi un anello fondamentale della catena logistica, ogni azione volta alla riduzione delle emissioni che potrebbe implicare maggiori costi per il settore o riduzione dei servizi di collegamento, va considerata attentamente onde evitare problemi di inflazione, distribuzione di beni fondamentali come cibo e medicinali, soprattutto in zone remote del mondo e possibili riposizionamenti dei principali scali in aree dove i regolamenti regionali sono più favorevoli rispetto a quelli di altre regioni che si prefiggono limiti più stringenti ed ambiziosi di quelli imposti a livello internazionale dall'IMO.

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂ in ambito europeo, il settore dei trasporti contribuisce per il 29% ed il trasporto marittimo rappresenta il 4% delle emissioni totali⁴.

use gas emissions in the EU

3.8 Gt CO₂e

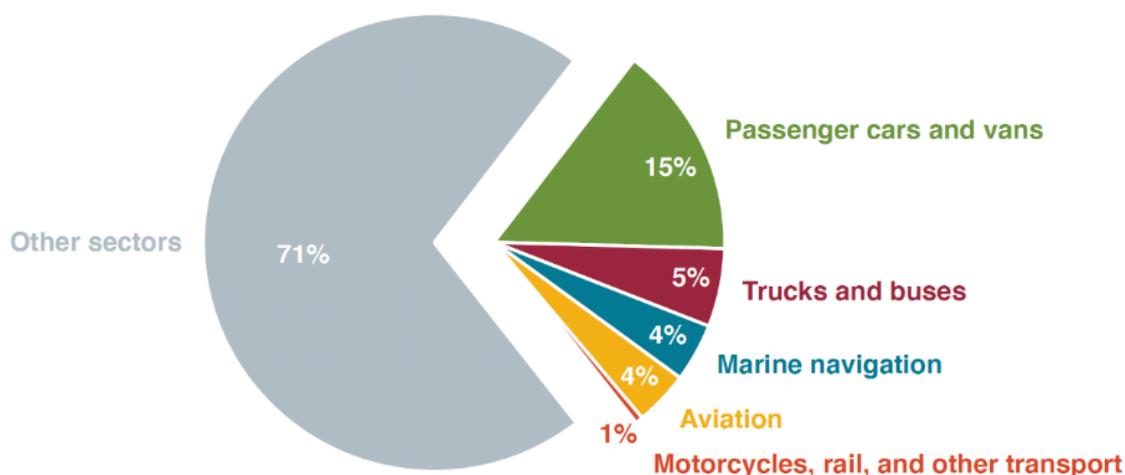


Figura 1-2: Percentuale emissioni di CO₂ in ambito europeo attribuite al settore dei trasporti e alla componente del trasporto marittimo

Indipendentemente dai numeri riportati sopra, la riduzione delle emissioni di anidride carbonica e in generale di gas serra, da parte del settore marittimo è comunque un obiettivo comune a livello internazionale, europeo e nazionale.

Pertanto, sarebbe auspicabile al fine di evitare fenomeni di “carbon leakage” che i vari regolamenti siano il più allineati e coerenti possibili.

³ REVIEW OF MARITIME TRANSPORT 2022 UNCTAD

⁴ Dati da studi International Council on Clean Transportation

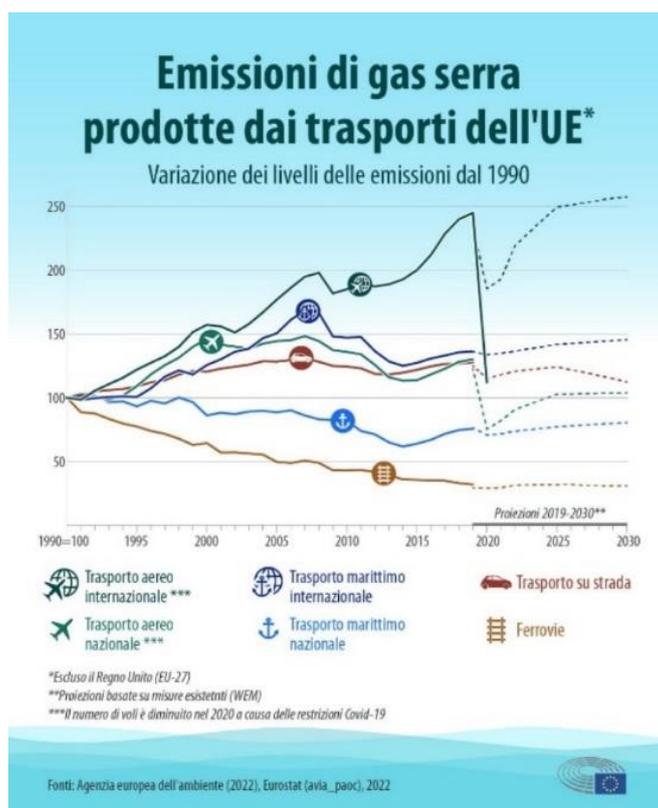


Figura 1-3: Variazione emissioni in funzione del tipo di trasporto⁵

Da notare che, anche in ambito europeo, il 77% del commercio estero europeo e il 35% di quello tra gli Stati membri dell'UE avviene via mare⁶. Per tale motivo il trasporto marittimo rappresenta una parte fondamentale della catena di approvvigionamento internazionale.

Se confrontato con altri settori di trasporto, e al netto di cali fisiologici dovuti alla pandemia da COVID-19, lo shipping, sia internazionale che nazionale, è tra i settori per cui c'è stata una più forte riduzione delle emissioni degli ultimi anni, soprattutto se confrontato con il settore del trasporto aereo e automobilistico, come evidenziato precedentemente.

1.2 Emissioni per diverse tipologie di navi

Secondo l'ultimo studio IMO sui gas serra, benché negli ultimi anni il valore assoluto delle emissioni sia aumentato (da 701 milioni di tonnellate nel 2012 a 740 milioni di tonnellate nel 2018), l'intensità di anidride carbonica per lavoro di trasporto (espressa in capacità di carico per miglia percorse o carico trasportato per miglia percorse) è diminuita per praticamente tutte le tipologie di navi⁷.

⁵ Variazioni delle emissioni di gas serra nei trasporti dell'UE dal 1990 al 2019 (e proiezioni dal 2019 al 2030). Agenzia europea dell'ambiente

⁶ European Maritime Transport Environmental Report 2021

⁷ Table 2 - Estimates on carbon intensity of international shipping and percentage changes compared to 2008 values: "Fourth IMO GHG Study 2020".

Le riduzioni più significative sono relative al settore delle portarinfuse, seguite da petroliere e navi portacontenitori e general cargo tra le navi da carico considerate dallo studio e rappresentate nella figura sottostante.

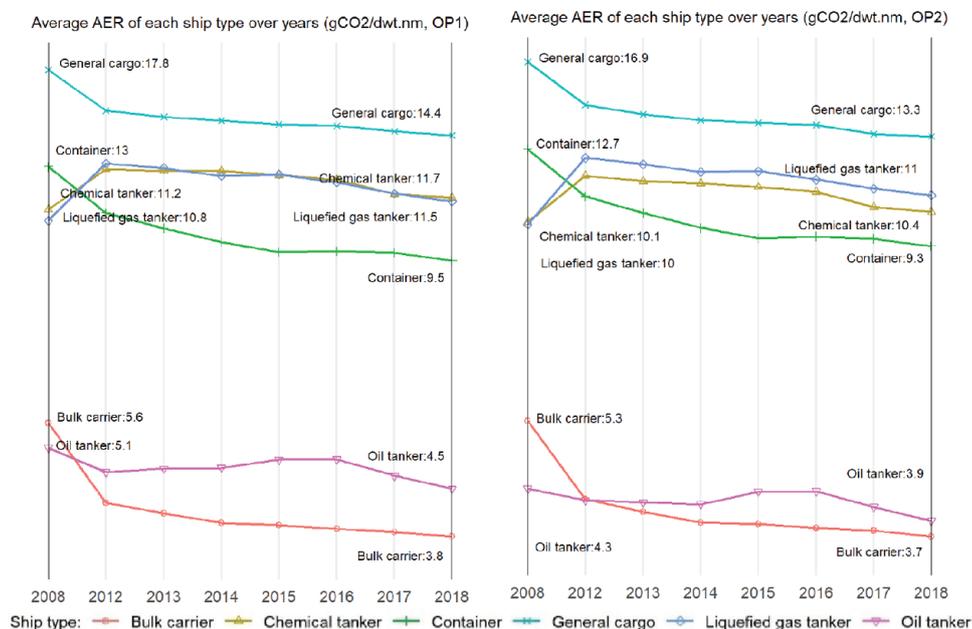


Figure 18 – Carbon intensity levels of typical cargo ships over years (in AER; left panel: vessel-based; right panel: voyage-based)

Figura 1-4: variazione intensità carbonica dati "Fourth IMO GHG Study 2020"

Le riduzioni più significative in termini di CO₂ per vessel dal 2012 al 2018, fonte 4th IMO GHG Study, sono relative al settore ro-ro, ro-pax, dove le emissioni di CO₂ a nave si sono ridotte del 34.2% per il settore ro-ro e del 34.6% per il settore ropax in considerazione anche delle navi più recenti che hanno una capacità superiore e permettono quindi di trasportare maggiore carico.

Type	No of vessels	No. of vessels	CO ₂ Total	CO ₂ Total	CO ₂ per vessel	CO ₂ per vessel	Change
Unit	#	#	mil.t	mil.t	t	t	%
Year	2012	2018	2012	2018	2012	2018	2012-2018
Ro-Ro	1.518	2.600	18,2	20,5	11.989	7.885	-34,2%
Ro-Pax	2.592	3.994	36,4	36,7	14.043	9.189	-34,6%

Figura 2 5: Emissioni settore traghetti 2012-2018 "Fourth IMO GHG Study 2020"

È importante inoltre sottolineare che in ambito europeo, già dal 2001 la stessa Commissione Europea ha introdotto il concetto delle Autostrade del Mare per promuovere il trasporto intermodale marittimo come

alternativa più efficiente e sostenibile rispetto al trasporto tutto strada. Dall’analisi svolta dal centro studi SRM, nel 2022 grazie all’intermodalità marittima sono stati sottratti dalla strada circa 2 milioni di camion, pari a circa 53 milioni di tonnellate di merci, abbattendo 2.2 milioni di tonnellate di CO₂. L’ultimo studio SRM pubblicato a Luglio 2023, stima che quest’anno le autostrade del mare, identificate principalmente proprio dal settore ro-ro e ropax, solo in Italia grazie all’intermodalità marittima, permetteranno di togliere dalla strada 2.2 milioni di camion e mezzi pesanti per un totale di 58 milioni di tonnellate di merci, abbattendo così 2.4 milioni di tonnellate di CO₂. Inoltre, per tratte superiori a 800km, saranno eliminati dalle strade oltre 2,6 mln di mezzi pesanti, quindi 69 mln di tonnellate di merci saranno spostate dalla rete stradale alle rotte marittime, abbattendo le emissioni di CO₂ per 2,9 mln di tonnellate.

È interessante notare anche la ripartizione delle emissioni di GHG nelle diverse fasi operative per ciascun tipo di nave.

A seconda del tipo di nave, vi sono differenze nella quota di emissioni che si verificano in navigazione, rispetto alle fasi di manovra, ancoraggio o ormeggio.

Dei sei tipi di navi più importanti per gli inventari delle emissioni, le chimichiere e le petroliere hanno in media la maggior parte delle loro emissioni totali (superiori al 20%) associate a fasi presso o in prossimità del porto o del terminal.

Tuttavia, benché non riportate nel grafico appare evidente come anche le cruise abbiamo migliorato le loro prestazioni rispetto ai valori di CO₂ del 2008 come si evince dai dati riportati nel suddetto studio⁸.

Le navi portacontainer, le navi da crociera e le petroliere hanno la quota più piccola delle loro emissioni totali associate alla navigazione a causa del predominante tempo trascorso in navigazione lenta e/o delle fasi nei porti o nelle vicinanze mentre per le gasiere e navi si evidenzia la maggiore quota delle loro emissioni associate alla navigazione.

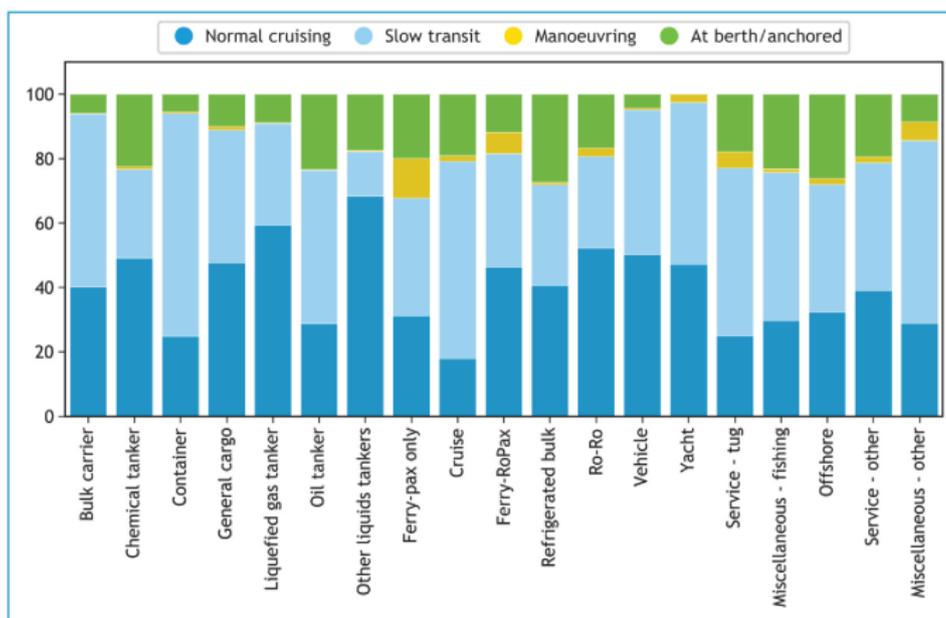


Figure 6 – Proportion of international GHG emissions (in CO₂e) by operational phase in 2018, according to the voyage-based allocation of emissions. Operational phases are assigned based on the vessel’s speed over ground, distance from coast/port and main engine load (see Table 16)

Figura 1-5: Ripartizione emissioni per tipo nave e fase operativa

⁸ Tables 62 and 63 - Estimates on carbon intensity of international shipping and percentage changes compared to 2008 values: “Fourth IMO GHG Study 2020”.

È infine anche utile anche analizzare il consumo di carburante stimato in funzione dei diversi utilizzatori quali motori principali di propulsione, motori ausiliari per generazione potenza elettrica e caldaie.

Distribuzione consumi per utenza e tipo nave

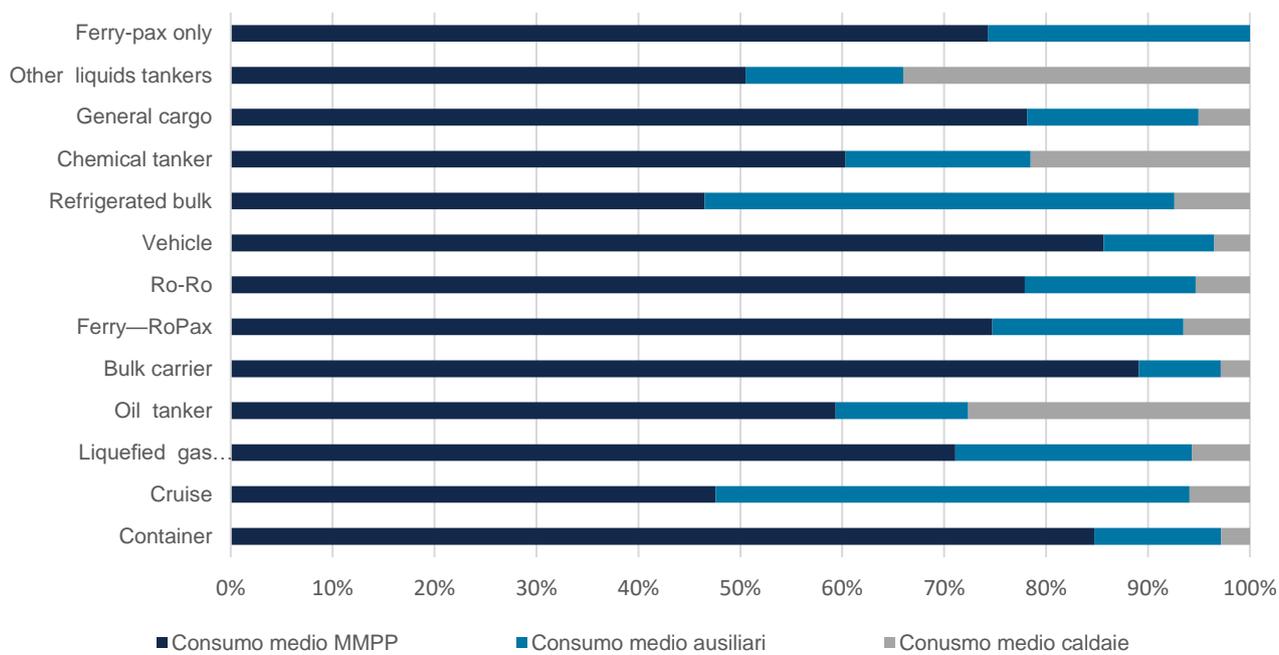


Figura 1-6: Consumo % per tipo nave e utilizzatore

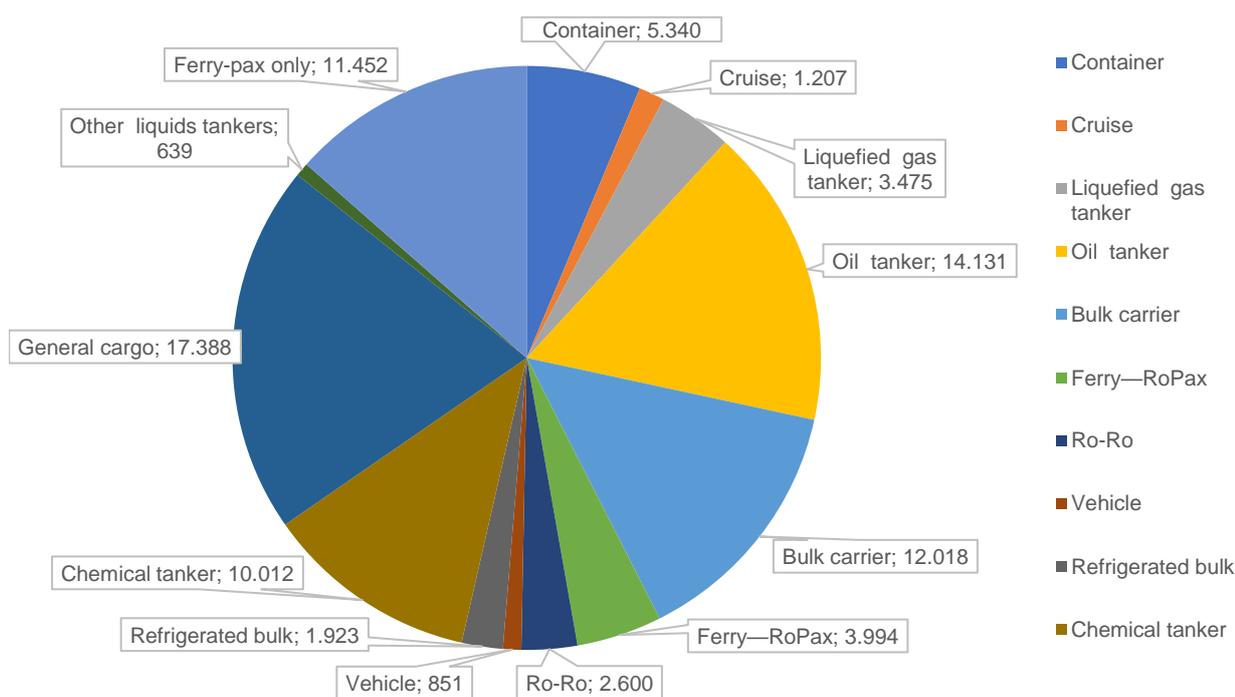


Figura 1-7: Numero di navi analizzate per tipo nave

L'uso di energia per la propulsione rimane la domanda primaria di energia per tutti i tipi di navi, anche se per alcuni tipi di navi come le navi da crociera e le rinfuse refrigerate, la domanda totale di energia per la propulsione è approssimativamente equivalente al totale derivato da ausiliari e caldaie.

1.3 Emissioni per potenze installate

Il quarto studio IMO sui gas a effetto serra analizza le emissioni anche in funzione del tipo nave e delle dimensioni facendo una stima delle potenze medie installate al fine di avere il quadro completo delle emissioni delle flotte complete sia di CO₂ che di GHG, espresse in CO₂ equivalente.

La potenza dei motori principali è stimata con una regressione in funzione del tipo nave, dimensioni principali, velocità e capacità. Il consumo specifico di carburante e i fattori di emissione sono basati sugli ultimi dati della letteratura in merito.

La tabella sottostante rappresenta le emissioni e l'efficienza delle navi per il 2018. Per gli anni successivi, il numero di navi si evolverà in linea con la prevista domanda di lavoro di trasporto.

Tipo nave	Capacità		Unità	Numero di navi	Potenza MMPP media (kW)	Velocità di progetto media	Media giorni di navigazione	Consumo medio MMPP (kt)	Consumo medio ausiliari (kt)	Consumo medio caldaie (kt)	Totale emissioni GHG (milioni t)	Totale emissioni CO ₂ (milioni t)
Bulk carrier	0	9.999	dwt	1.446	1.796	11,8	178	1,0	0,3	0,1	3,8	3,7
	10.000	34.999	dwt	2.014	5.941	13,8	177	2,8	0,3	0,1	20,3	20,0
	35.000	59.999	dwt	3.391	8.177	14,3	184	3,7	0,4	0,2	46,4	45,7
	60.000	99.999	dwt	3.409	9.748	14,4	214	4,9	0,7	0,3	63,9	63,0
	100.000	199.999	dwt	1.242	16.741	14,5	252	9,2	0,7	0,2	39,6	39,0
	200.000	+	dwt	516	20.094	14,6	258	12,7	0,7	0,2	22,3	22,0
Chemical tanker	0	4.999	dwt	6.067	987	12,2	168	0,8	0,3	0,9	15,0	14,8
	5.000	9.999	dwt	862	3.109	12,9	185	1,6	0,8	0,7	8,2	8,1
	10.000	19.999	dwt	1.088	5.101	13,8	190	2,7	0,8	1,0	15,6	15,3
	20.000	39.999	dwt	706	8.107	14,7	202	4,5	1,2	1,3	15,6	15,3
	40.000	+	dwt	1.289	8.929	14,6	201	4,7	1,2	1,2	28,7	28,2
Container	0	999	teu	1.027	5.077	16,0	196	2,6	0,7	0,4	10,2	10,0
	1.000	1.999	teu	1.271	12.083	19,0	210	5,1	1,5	0,4	28,5	28,0
	2.000	2.999	teu	668	20.630	21,1	220	7,9	1,5	0,6	21,2	20,9
	3.000	4.999	teu	815	34.559	23,1	246	12,7	2,4	0,5	40,1	39,4
	5.000	7.999	teu	561	52.566	24,6	258	20,3	2,4	0,5	41,3	40,7
	8.000	11.999	teu	623	57.901	23,9	261	26,4	2,9	0,5	58,8	57,9
	12.000	14.499	teu	227	61.234	23,8	246	27,2	3,3	0,6	22,3	22,0
	14.500	19.999	teu	104	60.202	20,2	250	26,7	3,7	0,6	9,9	9,7
	20.000	+	teu	44	60.240	20,3	240	21,0	3,6	0,9	3,5	3,5
General cargo	0	4.999	dwt	13.296	1.454	11,1	170	0,6	0,1	0,0	19,2	18,9
	5.000	9.999	dwt	2.245	3.150	12,7	176	1,4	0,3	0,2	13,0	12,8
	10.000	19.999	dwt	1.054	5.280	14,0	192	2,8	0,8	0,2	12,9	12,7
	20.000	+	dwt	793	9.189	15,0	197	4,5	0,8	0,2	14,0	13,7
Liquefied gas tanker	0	49.999	cbm	2.685	2.236	14,2	190	2,4	0,4	1,1	16,1	15,8
	50.000	99.999	cbm	308	12.832	16,4	229	8,9	3,0	0,8	12,3	12,1
	100.000	199.999	cbm	436	30.996	19,0	271	22,2	4,4	1,0	41,3	37,5
	200.000	+	cbm	46	36.735	19,2	252	26,3	11,7	1,9	5,8	5,7
Oil tanker	0	4.999	dwt	9.692	966	11,4	135	0,5	0,4	0,7	23,5	23,2
	5.000	9.999	dwt	779	2.761	12,1	142	0,9	0,6	0,9	6,0	5,9
	10.000	19.999	dwt	235	4.417	12,9	136	1,4	0,9	1,4	2,8	2,8
	20.000	59.999	dwt	615	8.975	14,6	166	3,4	1,0	2,8	14,0	13,8
	60.000	79.999	dwt	429	11.837	14,8	194	5,2	1,0	2,8	12,2	12,1
	80.000	119.999	dwt	1.029	13.319	14,8	195	5,4	1,2	3,1	31,5	31,1
	120.000	199.999	dwt	597	17.446	15,1	220	8,0	1,8	3,5	25,1	24,7
	200.000	+	dwt	755	27.159	15,5	252	14,5	1,7	3,1	46,0	45,3
Other liquids tankers	0	3.999	dwt	533	687	9,6	98	0,1	0,6	2,1	1,5	15,0
	4.000	+	dwt	106	2.034	13,6	207	4,8	0,9	1,2	0,7	0,7

Tipo nave	Capacità		Unità	Numero di navi	Potenza MMPP media (kW)	Velocità di progetto media	Media giorni di navigazione	Consumo medio MMPP (kt)	Consumo medio ausiliari (kt)	Consumo medio caldaie (kt)	Totale emissioni GHG (milioni t)	Totale emissioni CO2 (milioni t)
Ferry-pax only	0	299	gt	10.680	1.152	19,3	162	0,4	0,3	0,0	8,6	8,4
	300	999	gt	666	3.182	26,2	161	0,7	0,3	0,0	2,1	2,1
	1.000	1.999	gt	51	2.623	14,5	135	0,6	0,3	0,0	0,1	0,1
	2.000	+	gt	55	6.539	16,2	199	3,5	0,9	0,0	0,8	0,8
Cruise	0	1.999	gt	812	911	12,7	93	0,1	0,4	2,2	1,7	1,7
	2.000	9.999	gt	110	3.232	13,8	148	0,5	0,8	1,8	1,1	1,1
	10.000	59.999	gt	105	49.378	49,0	206	5,0	6,4	1,4	4,3	4,2
	60.000	99.999	gt	98	54.548	24,8	256	16,1	20,3	1,0	11,6	11,4
	100.000	149.999	gt	61	67.456	24,3	250	24,4	20,0	1,0	8,8	8,6
	150.000	+	gt	21	73.442	22,0	236	23,2	19,8	1,2	2,9	2,9
Ferry—RoPax	0	1.999	gt	2.854	1.383	13,0	165	0,6	0,2	0,5	5,7	5,6
	2.000	4.999	gt	400	5.668	17,4	167	1,8	0,6	0,4	3,5	3,5
	5.000	9.999	gt	227	12.024	21,6	155	3,2	1,2	0,5	3,5	3,4
	10.000	19.999	gt	231	15.780	20,3	190	7,9	1,9	0,6	7,6	7,5
	20.000	+	gt	282	28.255	22,6	219	15,2	3,3	0,5	17,1	16,7
Refrigerated bulk	0	1.999	dwt	1.371	793	12,1	147	0,4	1,0	0,5	1,9	1,9
	2.000	5.999	dwt	213	3.223	14,7	149	1,2	2,1	0,5	2,6	2,5
	6.000	9.999	dwt	182	6.206	17,4	150	2,6	2,8	0,5	3,4	3,3
	10.000	+	dwt	157	11.505	20,2	218	7,1	5,3	0,3	6,3	6,2
Ro-Ro	0	4.999	dwt	2.174	1.618	11,2	129	0,7	0,9	0,5	6,8	6,7
	5.000	9.999	dwt	202	9.909	17,6	201	6,1	1,4	0,4	5,0	4,9
	10.000	14.999	dwt	135	15.939	19,6	218	10,0	1,9	0,5	5,3	5,2
	15.000	+	dwt	89	19.505	19,1	199	11,1	1,8	0,5	3,8	3,7
Vehicle	0	29.999	gt	175	7.264	17,3	213	4,6	0,9	0,4	3,2	3,1
	30.000	49.999	gt	189	11.831	19,4	254	7,1	1,0	0,3	5,0	4,9
	50.000	+	gt	487	14.588	19,9	281	10,4	0,9	0,2	17,8	17,5
Yacht	0	+	gt	10.121	1.116	16,7	78	0,4	0,0	0,0	4,9	4,9
Service - tug	0	+	gt	76.266	1.086	11,9	80	0,3	0,2	0,0	41,0	40,3
Fishing	0	+	gt	36.530	983	11,7	164	0,3	0,3	0,0	40,7	40,0
Offshore	0	+	gt	16.893	2.040	13,9	80	0,6	0,5	0,0	20,9	20,5
Service - other	0	+	gt	9.565	1.620	13,6	96	0,6	0,4	0,0	14,3	14,1
Miscellaneous	0	+	gt	249	15.301	18,2	102	2,1	0,4	0,2	1,3	1,3

Figura 1-8: quarto studio IMO, emissioni per tipologia e grandezza nave

2 Quadro normativo

Sia l'Organizzazione marittima internazionale (IMO) che l'Unione europea (UE) stanno sviluppando una propria strategia e misure per mitigare efficacemente le emissioni di gas a effetto serra (GHG) e ridurre gli effetti del riscaldamento globale. Tali misure sono applicabili in modo indipendente.

La "Strategia sulla riduzione delle emissioni di gas serra delle navi" (2023 IMO GHG Strategy) dell'IMO, appena adottata dal Comitato per la Protezione dell'ambiente marino (MEPC 80), fissa obiettivi ambiziosi per il mondo dello shipping:

- ridurre le emissioni di CO₂ per lavoro di trasporto, in media nel trasporto marittimo internazionale, di almeno il 40% entro il 2030, rispetto al 2008
- ridurre le emissioni di GHG almeno del 20%, puntando al 30%, entro il 2030, rispetto al 2008
- ridurre le emissioni di GHG almeno del 70%, puntando all'80%, entro il 2040, rispetto al 2008
- raggiungere impatto nullo delle emissioni GHG circa nel 2050 tenendo in considerazione i singoli contesti nazionali
- adozione di tecnologie, carburanti o fonti di energia a emissioni di GHG zero or near-zero che rappresentino almeno il 5%, puntando al 10%, dell'energia utilizzata dallo shipping internazionale entro il 2030

Parallelamente, il 9 luglio 2021 la Commissione europea (CE) ha adottato la Legge europea sul clima che fissa due obiettivi molto ambiziosi nell'UE:

- la riduzione delle emissioni di GHG di almeno il 55% rispetto al 1990 entro il 2030
- la neutralità climatica, ovvero la riduzione del 90% delle emissioni di gas serra del settore dei trasporti, entro il 2050

Per raggiungere i rispettivi obiettivi per il 2030, sia l'IMO che la UE hanno avanzato importanti proposte legislative che sono già entrate in vigore, come le misure a breve termine dell'IMO, o entreranno presto in vigore – come i nuovi requisiti dell'UE.

2.1 Le norme IMO

Le misure a breve termine per raggiungere gli obiettivi del 2030 definiti dalla strategia iniziale dell'IMO introducono nell'Annesso VI alla MARPOL nuovi requisiti che hanno un impatto significativo sia sulle navi nuove che esistenti relativamente a:

- il calcolo e la verifica del nuovo indice di Efficienza Energetica per le navi esistenti (EEXI)
- un rafforzamento del Piano per la Gestione dell'Efficienza Energetica (SEEMP)
- un meccanismo di valutazione dell'efficienza energetica legato al nuovo indicatore operativo di intensità di carbonio (CII)

Navi portarinfuse, combination carriers, portacontenitori, navi da crociera a propulsione non convenzionale, gasiere, navi da carico generali, navi da carico refrigerate, navi gasiere LNG, navi ro-ro da carico, navi porta veicoli, navi ro-ro passeggeri e navi cisterna da 400 GT ed oltre in navigazione internazionale devono calcolare l'indice EEXI atteso. Questo deve risultare uguale o inferiore all'indice EEXI richiesto, calcolato in base ad una linea di riferimento e a fattori di riduzione, specifici per ogni tipo nave.

La verifica dell'EEXI atteso deve essere effettuata alla prima visita annuale, intermedia o di rinnovo del Certificato IAPP oppure alla visita iniziale del Certificato IEEC, qualsiasi sia per prima dovuta, a partire dal 1° gennaio 2023.

Entro il 1° gennaio 2023, i tipi di nave sopra elencati con l'aggiunta di navi da crociera a propulsione convenzionale di stazza lorda pari o superiore a 5.000 GT in navigazione internazionale, devono includere nel SEEMP:

- la metodologia utilizzata per calcolare l'indice operativo annuale atteso CII della nave e riportare tale valore all'Amministrazione di bandiera della nave;
- un piano di attuazione per rispettare l'indice operativo annuale richiesto CII per i successivi tre anni; e
- una procedura di autovalutazione e miglioramento.

La conferma della conformità dovrà essere fornita dall'Amministrazione o il suo organismo riconosciuto (RO) e conservata a bordo prima del 1° gennaio 2023. Il SEEMP sarà soggetto a verifica durante gli audit di Compagnia.

Per le navi alle quali si applicano i nuovi requisiti SEEMP:

- a partire dal 2023, alla fine di ogni anno solare, il CII operativo annuale atteso dovrà essere calcolato su un periodo di 12 mesi e comunicato elettronicamente all'Amministrazione/RO entro marzo successivo

- il CII operativo annuale richiesto dovrà essere ridotto ogni anno della stessa percentuale per tutti i tipi di nave (5% per il 2023; 7% per il 2024; 9% per il 2025; 11% per il 2026 e % ancora da decidere per il 2027- 2030)

L'Amministrazione/RO dovrà verificare il CII operativo annuale atteso rispetto al CII operativo annuale richiesto per determinare la classe di efficienza energetica A, B, C, D o E. Il CII operativo annuale richiesto è il punto medio dell'intervallo corrispondente al livello di rating C.

Una nave classificata D per tre anni consecutivi o E per qualsiasi anno deve sviluppare un piano di azioni correttive per raggiungere il CII operativo annuale richiesto. Tale piano deve essere incluso nel SEEMP che deve essere sottomesso all'Amministrazione/RO per la verifica.

Da notare che il CII è stato molto contestato per la sua incapacità di descrivere correttamente l'efficienza della nave. In particolar modo, essendo il CII una metrica semplice e con pochi elementi, non riesce a descrivere correttamente l'efficienza nave in termini di:

- nave in rada
- nave in porto
- nave ai lavori
- nave in manovra
- navigazione in zavorra rispetto a navigazione con carico
- carico realmente trasportato

Anche alla luce di tali criticità, sarà di grande importanza la revisione del CII nel contesto delle misure di breve termine previsto entro il 2026.

In tal senso sarà utile cogliere l'occasione per studiare e proporre delle modifiche e migliorie al CII, sia come Amministrazione Italiana che in condivisione con gli stati europei, tenendo in considerazione criticità come soste per scioperi, port-congestion, soste tecniche, anche grazie alla possibilità di avere una maggior granularità dei dati come effetto della revisione dei dati da sottomettere nel DCS.

In particolare, da un lato dovrebbero essere escluse tutte quelle emissioni conseguenti a situazioni non controllabili da parte della nave della nave, e ad esempio ed introdurre nuova metrica o fattori correttivi per meglio descrivere particolari situazioni operative (operazioni, di bunkeraggio, cambio equipaggio, soste in porto con nave operative, ad esempio navi da crociera o navi da carico impegnate in lunghe operazioni di carico o scarico) capaci di garantire una valutazione più equa e realistica dell'efficienza operativa delle navi in tutte le loro condizioni operative.

In riferimento alle misure a medio e lungo termine per raggiungere l'obiettivo al 2050 definito dalla 2023 IMO GHG Strategy, queste comprenderanno una combinazione di misure tecniche (goal-based marine fuel standard) ed economiche (MBM – market based measures).

Per quanto riguarda le misure economiche, potrebbe essere auspicabile una tassazione direttamente sui combustibili fossili tale da provocare una riduzione del "green premium"⁹, intesa a favorire l'adozione di combustibili sostenibili, come discusso e proposto durante l'MEPC 80.

I fondi raccolti potranno essere utilizzati, ad esempio, per incentivare i first movers, per promuovere progetti di R&D e finanziare infrastrutture per combustibili alternativi.

⁹ Come green premium si intende il costo addizionale per utilizzare una tecnologia più pulita rispetto ad una con emissioni più elevate

2.2 Le direttive e i regolamenti europei di maggior impatto

I requisiti dell'UE sono stati inseriti nel cosiddetto "Fit for 55 Package", un pacchetto di norme che riguardano tutti i settori dell'economia dell'UE, incluso il trasporto marittimo, e mirano a raggiungere l'obiettivo climatico del 2030 di riduzione emissioni GHG del 55 %. Le proposte legislative più significative per lo shipping sono:

- la revisione della Direttiva 2003/87/CE che istituisce un sistema di scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra (Dir. ETS); e
- il nuovo regolamento marittimo FuelEU, volto ad incentivare l'utilizzo di carburanti alternativi a basse o zero emissioni di carbonio

2.2.1 La Direttiva (UE) 2023/959 – ETS

La Direttiva (UE) 2023/959, che emenda la Dir. ETS, verrà implementata dagli Stati Membri europei e da Islanda e Norvegia che fanno parte dello spazio economico europeo (SEE) e sarà applicabile dal 1° gennaio 2024 alle emissioni delle navi, indipendentemente dalla loro bandiera, oltre le 5.000 GT e dal e dal 1° gennaio 2027 anche alle unità offshore oltre le 5.000 GT, come segue:

- 100% delle emissioni di GHG nei porti europei/SEE e per i viaggi tra porti europei/SEE; e
- 50% delle emissioni di GHG per i viaggi in arrivo nei porti europei/SEE da porti non europei o viceversa

dove con emissioni di GHG si intendono le emissioni di CO₂ dal 1° gennaio 2024 e le emissioni di CO₂, metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) dal 1° gennaio 2026.

La Direttiva richiede dal 2025, a ciascuna Compagnia di navigazione che opera in Europa di:

- comunicare i dati relativi alle emissioni aggregate verificate relative all'anno precedente (entro il 31 marzo di ogni anno)
- restituire le seguenti quote (entro il 30 settembre di ogni anno):
 - 40% delle emissioni aggregate verificate rapportate per il 2024
 - 70% delle emissioni aggregate verificate rapportate per il 2025
 - 100% delle emissioni aggregate verificate rapportate per il 2026 e ogni anno successivo
- pagare una multa pari a 100 euro per ogni tonnellata emessa per la quale non è stata restituita la quota. Il pagamento della multa non esonera la Compagnia dalla restituzione delle quote dovute. Se la Compagnia non ottempera alla Direttiva ETS per due anni consecutivi, alle sue navi può essere negato l'ingresso nei porti europei fino a quando la Compagnia non adempie ai propri obblighi

La Direttiva, inoltre, prevede le seguenti deroghe fino al 31 dicembre 2030:

- le navi con classe ghiacci (IA o IA Super o equivalente) potranno restituire il 5% in meno rispetto alla quota dovuta per le loro emissioni aggregate verificate; e
- le emissioni di GHG, che non devono essere conteggiate nei seguenti casi:
 - viaggi effettuati da navi passeggeri - diverse dalle navi da crociera - o da navi passeggeri ro-ro, da/per isole europee con una popolazione inferiore a 200.000 residenti permanenti
 - viaggi effettuati da navi passeggeri o navi passeggeri ro-ro nell'ambito di un contratto di servizio pubblico transnazionale
 - viaggi tra un porto situato nelle regioni remote di uno Stato europeo e un porto dello stesso Stato

È importante ricordare che tali esenzioni non sono automatiche e che è onere dello Stato Membro comunicare alla Commissione le eventuali deroghe.

Da notare che, analizzando lo storico delle emissioni come da database pubblico MRV, le tipologie di navi impiegate nei servizi delle Autostrade del Mare saranno quelle maggiormente impattate dal sistema ETS in quanto:

- A livello europeo, circa il 20% della quota di emissioni ETS è rappresentata da ro/pax e ro/ro
- A livello nazionale (Italia) circa il 60% della quota di emissioni ETS è rappresentata da ro/pax e ro/ro

2.2.2 Regolamento FuelEU Maritime

Il Regolamento FuelEU Maritime, che probabilmente verrà implementato anche dagli Stati membri dello Spazio Economico Europeo (SEE) (i.e. Norvegia, Islanda e Liechtenstein), si applicherà alle navi di stazza pari o superiore a 5.000 GT che trasportano passeggeri o merci a fini commerciali, indipendentemente dalla loro bandiera, come segue:

- 100% dell'energia utilizzata nei porti europei/SEE e per i viaggi tra porti europei/SEE
- 50% dell'energia utilizzata i viaggi in arrivo nei porti europei/SEE da porti non europei o viceversa, e per i viaggi da e per le regioni remote della UE

Il Regolamento richiede che:

- A partire dal 2025, per ciascuna nave sia calcolato un indice di intensità dei gas serra (GHG) medio annuo che non dovrà superare un valore di target che si ridurrà significativamente nel corso degli anni (dal 2% nel 2025 all'80% nel 2050). Il calcolo dell'indice di intensità di GHG prevede che le emissioni totali di CO₂, CH₄ e N₂O siano divise per l'energia utilizzata dalla nave durante l'anno di riferimento. Nel caso in cui l'indice di intensità di GHG superi il target, la Compagnia dovrà pagare una sanzione proporzionale al costo dei combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio che la nave avrebbe dovuto utilizzare per soddisfare il Regolamento. Tuttavia, il Regolamento consente di prendere a prestito o accumulare eccedenze di conformità della nave tra due periodi di riferimento e di mettere in comune due o più navi, anche di compagnie diverse, facendo un pool. Le navi conformi al Regolamento (i.e. con indice di intensità di GHG inferiore al target o sanzione pagata) dovranno avere a bordo un Documento di Conformità FuelEU
 - Da notare che la possibilità di formare dei "pool" di navi promuove l'uso di combustibili alternativi, in particolare biometanolo o altri biocombustibili che, impiegati su un limitato numero di navi permettono comunque di ottemperare la norma o comunque di mitigare l'impatto sull'intera flotta
- A partire dal 2030, le navi portacontenitori e le navi passeggeri ormeggiate nei porti UE/SEE ai quali si applicherà il "Regolamento sull'infrastruttura per i combustibili alternativi" (in fase di sviluppo) si colleghino alle strutture di alimentazione elettrica da terra (OPS) e le utilizzino per soddisfare tutte le esigenze di energia durante l'ormeggio, a meno che:
 - stiano in banchina meno di due ore; o
 - utilizzino una tecnologia a emissioni zero (definizione ancora oggetto di gruppi di lavoro); o
 - non siano in grado di connettersi per incompatibilità/indisponibilità dei punti di connessione; o
 - debbano effettuare manutenzioni/test funzionali; o
 - vi siano motivi di sicurezza/emergenza

Se questo requisito non è soddisfatto, la Compagnia è tenuta a pagare una sanzione calcolata in base alle ore trascorse in porto e al fabbisogno totale di energia elettrica della nave all'ormeggio.

Gli Stati membri dell'UE/SEE possono esentare:

- navi con classe ghiacci (classe IA o IA Super o equivalenti) fino a dicembre 2034

- navi da passeggeri - diverse da quelle da crociera – quando viaggiano tra porti dello stesso Stato UE/SEE da/per isole con una popolazione inferiore a 200.000 residenti permanenti, fino a dicembre 2029
- viaggi (e relativa permanenza in porto) in specifiche rotte tra porti situati in regioni remote, fino a dicembre 2029
- viaggi (e relativa permanenza in porto) effettuati da navi passeggeri nell'ambito di obblighi di servizio pubblico transnazionale, fino a dicembre 2029; e
- fino a dicembre 2029, rotte specifiche tra porti continentali dell'UE e porti in un'isola dello stesso Stato membro effettuate da navi passeggeri che prestano servizi di trasporto marittimo nell'ambito di un obbligo/contratto di servizio pubblico e operanti prima dell'entrata in vigore del Regolamento

2.3 Considerazioni sulla normativa

Le misure di decarbonizzazione dell'IMO e dell'UE sono indipendenti l'una dall'altra e si basano su due diversi approcci: mentre l'IMO al momento richiede che le navi debbano essere conformi ai requisiti obbligatori della Convenzione MARPOL Annesso VI (in caso contrario, le navi non saranno autorizzate a navigare), l'UE impone alle navi di pagare le emissioni di CO₂ equivalente emessa e sanzioni in caso di inadempienza, sulla base del principio "chi inquina paga".

Questa differenza di approccio rende estremamente difficile sia per i costruttori che per gli armatori identificare una piattaforma nave che possa pagare le esigenze di entrambi. Urge pertanto armonizzare entrambi i regolamenti al fine di avere un unico obiettivo globale che rende inequivocabile l'indice di performance su cui deve essere sviluppata la piattaforma nave. L'attuale dicotomia rende il processo di decarbonizzazione difficile e lo rallenta drasticamente a causa dell'elevato livello di incertezza che genera.

È necessario sottolineare che le misure europee sono regionali ed interessano solo i traffici in/da e per l'Europa. In tal senso, queste misure rischiano di generare distorsioni di mercato, ed una perdita di competitività per il settore marittimo europeo, per l'industria e per l'indotto a queste associate.

Per questo motivo è di assoluta importanza che nel caso in cui si raggiunga un accordo internazionale (IMO) su questioni già disciplinate a livello regionale dell'UE, le norme europee siano riviste al fine di essere allineate. Questo è in linea con quanto già chiarito dalle istituzioni europee ed eviterebbe una duplicazione degli obblighi e degli oneri amministrativi per le navi che viaggiano in Europa.

Si sottolinea come l'applicazione di norme regionali induca un aggravio gestionale per le compagnie di navigazione oltre che, ben più grave, una distorsione del mercato.

Inoltre, in entrambe le normative (IMO e EU) vi sono molti aspetti implementativi che sono ancora da chiarire o lasciano spazio per interpretazioni, impedendo una chiara visione sia ai costruttori che agli operatori. Da non dimenticare infine lo sviluppo e la preparazione delle regole per la formazione ed al training degli equipaggi che dovranno operare sulle navi alimentate con combustibili alternativi. Quasi tutti i combustibili alternativi, per poter essere gestiti in sicurezza, richiedono infatti un livello di preparazione e di competenza molto maggiore rispetto ai combustibili attuali. Il rischio è quello di avere tecnologie e combustibili alternativi disponibili ma non il personale marittimo necessario per gestirli.

Le incertezze sopradescritte stanno limitando la propensione ad investire in ricerca su nuove tecnologie.

In particolare, per evitare il rischio di avere regole e norme diverse relativamente ai medesimi "strumenti" utilizzati e riconosciuti per il calcolo e la misurazione di:

- LCA (Life Cycle Assessment)
- calcolo del GHG saving
- criteri di sostenibilità
- sistemi di certificazione

la normativa IMO e la normativa Europea dovrebbero raggiungere gli stessi obiettivi e utilizzare gli stessi strumenti.

Questo permetterebbe di avere una normativa omogenea e facilmente applicabile. In caso contrario l'operatività sarebbe inutilmente penalizzata.

È quindi necessario che tutti gli aspetti siano considerati il più presto possibile così che tutte le parti interessate (armatori, operatori, produttori di carburante, porti, organismi riconosciuti, verificatori e Amministrazioni) abbiano chiaro come ottemperare ai propri obblighi.

Inoltre, per quanto riguarda la normativa internazionale è fondamentale che vi sia un approccio uniforme concordato a livello IMO al fine di evitare che ogni Amministrazione prenda decisioni diverse, introducendo disparità di trattamento per le navi battenti bandiere diverse, ad esempio calcolando in maniera diversa i valori di CII rendendoli così non confrontabili. A questo proposito, sarebbe opportuno che le interpretazioni unificate e le circolari approvate dal MEPC fossero uniformemente applicate a livello internazionale.

Si sottolinea come ad esempio all'ultimo MEPC 80 siano state approvate le *"Interim guidance on the use of biofuels under Regulations 26, 27 and 28 of MARPOL Annex VI (DCS and CII)"* proprio per cercare di ovviare, in attesa della definitiva applicazione delle LCA Guidelines, approcci diverse da parte delle bandiere, come ad esempio la Francia, che nel suo documento ISWG-GHG 15/5 *"Information document on the first steps of implementation of the CII regulation by the French flag Administration"* ha condiviso il suo approccio univoco sui biofuel nel contesto del CII.

Tenuto conto, comunque, della natura raccomandatoria del documento si auspica che lo stesso sia fatto proprio da parte di tutte le Amministrazioni (IMO Member States).

Inoltre, come sottolineato in più documenti sottomessi al MEPC, qualsiasi misura tecnica e/o economica da sola o come parte di un paniere di misure risulta inefficace nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione a meno che non siano garantiti la disponibilità di futuri carburanti, nuove tecnologie e motori a prezzi accessibili, e il personale di bordo addestrato per il loro utilizzo in sicurezza.

Infine, sia a livello regionale che internazionale, i fondi raccolti tramite le misure economiche potranno essere utilizzati, ad esempio, per incentivare i first movers, per promuovere progetti di R&D e finanziare infrastrutture per combustibili alternativi. Si sottolinea che nelle bozze degli atti delegati, la Commissione europea ha previsto che una parte dell'Innovation fund finanziato con i proventi derivanti dall'EU ETS, sia destinato a supportare la decarbonizzazione del settore marittimo.

3 Possibili soluzioni per raggiungere la conformità e ridurre l'impatto sui costi

3.1 Combustibili alternativi

3.1.1 Disponibilità

La Segreteria dell'IMO ha presentato al MEPC 80 lo studio sulla "prontezza" e disponibilità delle tecnologie e dei combustibili a basso e zero emissioni di carbonio in ambito navale ¹⁰. Lo studio ha considerato i seguenti "candidati" come combustibili:

- Biofuels derivanti da biomasse (alghe, rifiuti) come biometanolo, biometano e biodiesel
- Carburanti sintetici o carburanti rinnovabili di origine non biologica (RFNBO sottoinsieme di e-fuel), basati su idrogeno prodotto tramite elettrolisi utilizzando energia da rinnovabili o nucleare, tra cui combustibili senza carbonio come idrogeno sintetico, ammoniaca sintetica o con cattura diretta del carbonio da fonti biogeniche, come metanolo sintetico, metano sintetico o diesel sintetico
- "Blue fuels" basati su idrogeno da fonti fossili e cattura di carbonio maggiore del 90% come idrogeno blu e ammoniaca blu
- Elettricità dalla rete, prodotta da sia da fonti fossili che rinnovabili e resa disponibile come corrente da terra (shore power)
- Carburanti fossili miscelati con biofuel certificati come sostenibili con cattura del carbonio a bordo maggiore del 70 % (similmente per combustibili sintetici)

In aggiunta a quanto analizzato dallo studio, una soluzione promettente degna di approfondimento è l'utilizzo di combustibili nucleari, benché attualmente siano ancora in fase di studio e sperimentazione.

Di seguito, una tabella dallo stesso studio che indica la disponibilità e la maturità tecnologica per ciascun tipo di carburante.

4.2 READINESS OF CANDIDATE FUEL PRODUCTION PATHWAYS

There are a range of production methods (or pathways) for manufacturing candidate fuels. The readiness of the technologies used in the key production stages of the fuels has been evaluated, such that Figure 4-2 summarises the forecast readiness of the fuel production pathways.

Figure 4-2: Forecast of readiness and availability of fuel production pathways

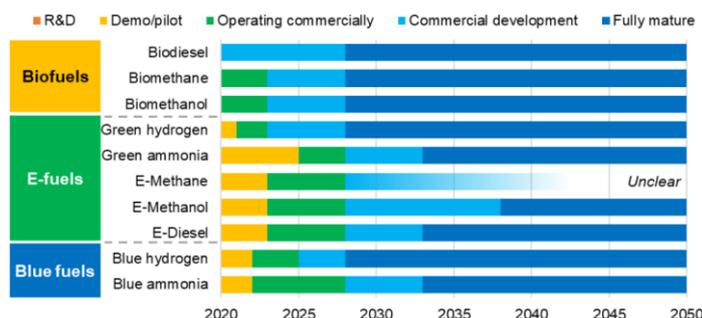


Figura 3-1: Previsione prontezza e disponibilità diversi tipi di fuel per il settore navale

Lo studio sottolinea come i biocarburanti siano attualmente in fase di sviluppo commerciale e si preveda siano completamente maturi entro il 2030. Vale la pena sottolineare che il biodiesel ha già oggi una maturità

¹⁰ MEPC 80/INF.10 "Report on the study on the readiness and availability of low- and zero-carbon ship technology and marine fuels"

produttiva e logistica che lo rende sfruttabile nell'immediato, è già ampiamente utilizzato nel trasporto su strada e più recentemente in piccole quantità per il trasporto marittimo, miscelato con carburante convenzionale.

Anche il biometano e il biometanolo sono già in uso oggi. Lo sviluppo commerciale richiede un aumento degli impianti di produzione e l'approvvigionamento di materie prime di scarto; ciò può essere in parte determinato dall'uso in altri settori, anche se ciò potrebbe portare alla concorrenza per questi carburanti e/o le loro materie prime.

La criticità legata all'utilizzo di questi combustibili è legata principalmente allo schema normativo e certificativo che ad oggi è estremamente complesso, variegato e lontano da un'armonizzazione a livello internazionale, rendendo estremamente difficoltoso identificare il reale contributo in termini di emissioni globali che questi combustibili possono dare.

I carburanti sintetici stanno passando dalla fase dimostrativa a quella commerciale e si prevede che raggiungeranno la piena maturità nel 2030. Dal punto di vista meramente tecnico, non ci sono barriere tecniche per la produzione di idrogeno e ammoniaca verdi, sebbene gli impianti di produzione di ammoniaca siano attualmente ancora in fase pilota e di costi elevati.

Ci sono investimenti sia negli impianti di produzione che nelle energie rinnovabili per commercializzare la loro produzione nei prossimi 5-10 anni. Nel caso di obiettivi di decarbonizzazione più ambiziosi, maggiori investimenti aumenterebbero il tasso di commercializzazione e la loro disponibilità.

Gli impianti pilota attuali e pianificati per combustibili sintetici con contenuto di carbonio (e-metano, e-metanolo e e-diesel) di solito utilizzano CO₂ da fonti biogeniche, ma è probabile che l'aumento della produzione richieda la cattura diretta dell'aria, tecnologia che dovrebbe essere pronta intorno al 2030 e quindi in grado di supportare la piena commercializzazione della produzione di e-fuel.

Lo sviluppo commerciale dell'e-diesel fino alla piena maturità prevista per il 2030 potrebbe essere trainato dalla domanda del settore stradale, che potrebbe anche competere con il settore navale stesso.

Per i combustibili "blu", si prevede che i percorsi di produzione di idrogeno blu e ammoniaca raggiungano la piena maturità rispettivamente prima del 2030 e della metà del successivo decennio.

Per gli impianti di reforming del metano su larga scala per la produzione di idrogeno blu, le attuali tecnologie di cattura della CO₂ si sono dimostrate però impegnative e costose.

Si prospetta che lo sviluppo di tecnologie alternative di reforming per la produzione di idrogeno e ammoniaca possa garantire la cattura di maggior quantità di carbonio e quindi la maggior produzione di questa tipologia di carburanti, anche se probabilmente si dovrà attendere la costruzione di nuovi impianti piuttosto che la modifica di impianti di reforming esistenti.

È quindi evidente che gli obiettivi ambiziosi di decarbonizzazione per il 2050 potrebbero essere raggiunti e non limitati dalla prontezza tecnica e commerciale dei combustibili e delle tecnologie candidati, né dalla prontezza delle infrastrutture e dei cantieri navali, purché ci sia un chiaro indirizzo da parte delle istituzioni nazionali regionali ed internazionali su come procedere e sui vincoli normativi da rispettare a seconda delle tecnologie o del combustibile adottato. Infine, visti gli elevati costi di investimento da parte di tutti i soggetti coinvolti in questo processo (produttori di combustibile, cantieri, armatori) è auspicabile lo sviluppo di fondi dedicati derivanti ad esempio dallo schema "chi inquina paga", per poter permettere lo sviluppo su larga scala di queste tecnologie e questi combustibili.

Alla luce dei nuovi target adottati con la 2023 IMO GHG Strategy (5% energy from alternative fuels/technologies by 2030), la domanda di combustibili/tecnologie alternative potrebbe accelerare gli investimenti programmati e i progetti annunciati sulla produzione degli stessi.

Considerando che gli investimenti programmati e i progetti annunciati sulla produzione di carburanti candidati al 2030 sono ancora conservativi, ottenere un possibile obiettivo più stringente per il 2030 di riduzione dei gas

a effetto serra potrebbe essere molto sfidante. Quindi, un segnale di domanda chiaro e politiche più ambiziose sono necessarie entro il 2025 al fine di raggiungere l'obiettivi più stringenti per il 2030.

Anche a livello europeo sono stati portati avanti degli studi come, ad esempio, da parte di EMSA¹¹. Lo studio riconosce che tra l'ampio spettro di tecnologie e carburanti disponibili, i biocarburanti offrono potenzialmente una soluzione a medio e lungo termine che può entrare nel mercato in tempi relativamente brevi per il mercato marittimo.

Per quanto riguarda la disponibilità, lo studio ha analizzato sia la maturità tecnologica che il potenziale per la riduzione dei gas a effetto serra e altri aspetti della sostenibilità, come la disponibilità di materie prime, l'idoneità e l'andamento dei costi. Questi aspetti sono stati utilizzati per identificare le opzioni di biocarburanti più promettenti, valutati su una scala a cinque punti (--, -, 0, +, ++), e questi simboli sono stati tradotti in una rappresentazione numerica come nella tabella sottostante:

Table 37. Assessed level of maturity per production pathway.

Fuel category	End product	Production pathway	Technology readiness (2019)	
Biodiesel	FAME	Transesterification	++	10
	HVO	Hydrotreatment	++	10
	HVO (from wood)	Wood extractives pulping/ catalytic Upgrading	+	8/9
	HVO (from algae)	Algae/oil extraction / catalytic upgrading	-	4/5
	FT diesel	FT synthesis	0	6/8
	DME	Lignocellulosic gasification	0	6/8
Bio-alcohols	Bioethanol	Fermentation	++	10
		Waste based	+	8/9
		Lignocellulosic hydrolysis	+	8/9
	Bio-methanol	Waste based	+	8/9
		Black liquor gasification	0	6/8
		Lignocellulosic gasification	0	6/8
Biocrudes	SVO	Vegetable oils	++	10
	Pyrolysis oil	Lignocellulosic Pyrolysis/ catalytic pgrading	-	5/6
	HTL biocrude	Lignocellulosic Hydrothermal liquefaction/ catalytic refining	--	2/4
	Solvolyis oil	Lignocellulosic hydrolysis / solvolysis	-	4/5
Gaseous biofuels	Liquefied biomethane	sludge/maize/manure/ residues Fermentation / digestion	++	10
	Liquefied biomethane	Lignocellulosic Gasification	0	6/8

To reduce the long list, the biofuel options with a poor score on TRL and those without major industry interest, such as SVO and the bioethanol options, were excluded.

Figura 3-2: prontezza diversi tipi di biofuel in EU

3.1.2 Costi

I carburanti di nuova generazione saranno comunque più costosi degli attuali e pertanto l'industria per poterli adottare, tenuto conto anche degli investimenti necessari al loro impiego, ha bisogno ancor di più di certezze.

Un documento¹² sottomesso al prossimo MEPC 80, evidenzia la significativa differenza di prezzo tra combustibili convenzionali e alternativi negli attuali scenari di mercato. Sulla base dei dati di mercato disponibili per i combustibili alternativi, il documento mostra i prezzi indicativi dei vari tipi di combustibile, confrontando il contenuto energetico, le emissioni su base TtW e il costo equivalente dei combustibili alternativi per sostituire una tonnellata di combustibile convenzionale:

¹¹ European Maritime Safety Agency (2022), *Update on potential of biofuels in shipping*, EMSA, Lisbon

¹² MEPC 80/7/14 "Comments on documents MEPC 80/WP.6 and MEPC 80/INF.10" sottomesso Dall' India

Data	Conventiona l	Future ready fuels				
	VLSFO	Methanol grey	Bio methanol	Ammonia grey	LNG grey	Biofuel
Indicative Price Per Tonne (USD) (March 2023)	524.3	789.3	2767	1356	644.5	1625
Energy Content per MT in GJ	40.2	19.9	19.9	18.6	48.0	38.8
Tank-to-Wake Cr	3.151	1.375	0	0	2.75	0
Tank-to-Wake Cr without Methane Slip	3.151	1.375	0	0	0	0
Multiple times of Future Fuel required for Eq. energy content per tonne of VLSFO		2.055	2.055	2.161	0.8375	1.036
Price of Fuel based on Eq. Energy Content used as replacement (USD)		1,622.0	5,686.2	2,930.3	539.8	1,683.5
Times costlier in comparison with conventional fuels		3.09	10.84	5.59	1.03	3.21

Figura 3-3: Ipotesi costo combustibile e caratteristiche principali

In realtà, nello studio, il prezzo del metanolo appare piuttosto sovrastimato, rispetto ai prezzi che si trovano sul mercato.

Anche lo studio EMSA analizza anche la proiezione dei costi limitatamente ai diversi tipi di biofuel al 2030 e al 2050 e riconosce che navi alimentate con carburante alternativo attualmente non sono competitive in termini di costi rispetto alle navi che operano con VLSFO convenzionale.

Table 36. Comparison of Biofuel Cost Developments*

Fuel	Feedstocks	Cost 2030	Cost trend 2030 - 2050
FAME	FOGs (fats, oils and grease)	-€	Falling
FAME	Vegetable oils	-€	Falling
HVO	FOGs	V	Stable
HVO	Vegetable oils	V	Stable
FT diesel	Lignocellulosic biomass	V	Falling
DME	Lignocellulosic biomass	V	Falling
Methanol	Lignocellulosic biomass	-€	Falling
Ethanol	Sugar & starch crops	-€	Falling
Ethanol	Lignocellulosic biomass	V	Falling
SVO	Vegetable oils	-€	Stable
Pyrolysis bio-oil	Lignocellulosic biomass	-	Stable
HTL biocrude	Lignocellulosic biomass	V	-
Liquefied Bio Methane (LBM)	Waste and residues (digestion)	€€	Increasing
Liquefied Bio Methane (LBM)	Lignocellulosic biomass	V	Stable

*: -€: lower than 2020 prices; V: similar to 2020 prices; €€: higher than 2020 prices

Figura 3-4: Studio EMSA, proiezione costi biofuel

Nel 2030, i costi aggiuntivi per gli armatori si presume saranno più elevati per le navi alimentate a biometanolo e biometano, con un leggero vantaggio a lungo termine.

Il biometanolo mostra significativa riduzione dei costi, anche se con costi assoluti superiori di circa il 35-40% rispetto a VLSFO nel 2050.

A seconda del prezzo effettivo dell'olio combustibile (inclusi ETS e accise), i costi per l'utilizzo di hydrotreated vegetable oil (HVO) e fatty acid methyl esters (FAME) potrebbero essere superiori o inferiori rispetto all'olio combustibile. I carburanti alternativi come FT-diesel (Fisher Tropsch (FT) diesel mostrano un andamento promettente dal 2030 in poi, con costi annui inferiori del 3-7% rispetto al VLSFO nel 2050.

Relativamente ai combustibili di sintesi, attualmente il loro costo appare più elevato di quello dei rispettivi bio e chiaramente fossili. Questo costo deriva dalla quantità di energia necessaria per la loro sintesi e produzione id massa. Ne deriva che il "green premium" necessario per rendere competitivi questi carburanti è troppo alto.

Altri costi aggiuntivi da considerare sono poi quelli relativi ai CAPEX, come ad esempio motori, impianto fuel e stoccaggio, come mostrato nella tabella sottostante:

Table 33 - Engine cost input for alternative suitable ICE (Hendriksen, et al., 2021), (Horvath, 2017)

Ship category	Fuel type	Ship size	Engine Cost per kW (USD)	Storage cost per kW ^a (USD)	Engine Cost per kW (EUR)	Storage cost per kW ^a (EUR)
Small vessels	Fuel Oil*	All vessel types* with size up to 15,000 dwt	290 USD	70 USD	250 EUR	60 EUR
Large vessels	Fuel Oil*	All vessel types* with size above 15,000 dwt	230 USD	70 USD	200 EUR	60 EUR
Containerships	Fuel Oil*	All sizes containerships	220 USD	70 USD	190 EUR	60 EUR
Short sea vessels	Biomethane	All vessel type with size up to 15,000 dwt	340 USD	250 USD	300 EUR	220 EUR
Deep sea vessels	Biomethane	All vessel types with size above 15,000 dwt	290 USD	250 USD	250 EUR	220 EUR
Containerships	Biomethane	All sizes containerships	250 USD	250 USD	220 EUR	220 EUR
Short sea vessels	Bio-methanol	All vessel type with size up to 15,000 dwt	380 USD	110 USD	330 EUR	100 EUR
Deep sea vessels	Bio-methanol	All vessel types with size above 15,000 dwt	320 USD	110 USD	280 EUR	100 EUR
Containerships	Bio-methanol	All sizes containerships	270 USD	110 USD	240 EUR	100 EUR

* Fuel oil include the fuel types: ULSFO, VLSFO, HFO, MGO, FAME, FT-Diesel

^a Storage sufficient for 30 days continuous sailing is assumed

Figura 3-5: studio EMSA, stima costi aggiuntivi CAPEX per utilizzo biofuel

3.1.3 Stato della tecnologia per l'impiego

Per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, non solo i carburanti ma anche le diverse tecnologie per il loro utilizzo, attuali o in via di sviluppo, potranno avere un ruolo cruciale.

- Utilizzo energia elettrica da terra. Tecnologia pronta, mancanza infrastrutture di terra. Costi elevati dell'energia derivanti anche da elevati costi di investimento
- Utilizzo di biocarburanti. Tecnologia pronta, impatto elevato. Regolamenti non uniformi tra i vari strumenti normativi (approccio TtW – WtW) e necessità di avere validazione da parte dei costruttori dei motori per il loro utilizzo
- Utilizzo di LNG fossile in motori a combustione interna. Tecnologia pronta, impatto moderato su emissioni
- Utilizzo di metanolo in motori a combustione interna. Tecnologia pronta per quasi tutti i motori , impatto moderato su emissioni. Nel portfolio ordini è in aumento la richiesta per motori Dual Fuel (Diesel - LNG) con capacità di essere convertiti a metanolo durante la vita operativa della nave. In qualche segmento si intravede già dal 2023 una forte spinta al metanolo come nuovo combustibile per il trasporto marittimo. Entro il 2025, saranno disponibili da parte di tutti i produttori motori alimentati a metanolo e alcuni saranno in grado di fornire anche soluzioni per la conversione che consentano ai motori diesel e ai motori -DF a doppia alimentazione di utilizzare metanolo
- Utilizzo di metanolo celle a combustibile. Tecnologia in progress, pronta solo per piccole taglie.
- Utilizzo di ammoniaca in motori a combustione interna. Tecnologia in progress (2 tempi in fase più avanzata). Mancanza di Regolamenti. Nel portfolio ordini è in aumento la richiesta, seppur minima, per motori Dual Fuel (Diesel - LNG) con capacità di essere convertiti ad ammoniaca durante la vita operativa della nave. Uno scenario plausibile prevede una crescita sostanziale delle flotte equipaggiate con motori ad ammoniaca. Entro il 2025, saranno disponibili da parte di tutti i produttori alcune serie di motori alimentati ad ammoniaca, ma anche soluzioni per la conversione che consentano ai motori diesel e ai motori -DF a doppia alimentazione
- Utilizzo di ammoniaca in celle a combustibile. Tecnologia non pronta.
- Utilizzo di idrogeno in motori a combustione interna. Tecnologia in progress, test di laboratorio in atto per bruciare diverse quantità di idrogeno. Mancanza di Regolamenti
- Utilizzo di idrogeno in celle a combustibile. Tecnologia pronta, in progress per grandi taglie. Mancanza di Regolamenti
- Utilizzo di sistemi di cattura e stoccaggio di CO₂ a bordo pre e post-combustione. Tecnologia in progress. Mancanza di Regolamenti
- Utilizzo di energia nucleare. Tecnologia non pronta. Mancanza di regolamenti

3.1.4 Stato della logistica per la distribuzione

La Segreteria dell'IMO ha presentato al MEPC 80 uno studio¹³ sulla maturità e disponibilità delle tecnologie e dei combustibili a basso e zero emissioni di carbonio in ambito navale che pone l'accento sulla necessità di adattare le infrastrutture esistenti per soddisfare alle richieste di combustibili alternativi e fornisce uno screening di alto livello qui riportato:

Table 5-1 Screening of readiness of distribution and storage and bunkering infrastructure for candidate fuels

Fuel types	Distribution and storage	Bunkering infrastructure
Fuel oils (e-diesel, biodiesel)	Can use existing distribution and storage facilities for distillate fuel	Can use existing bunkering infrastructure for distillate fuel
Gaseous fuels (e-methane, biomethane)	Can use existing (and still developing) distribution and storage facilities for LNG	Can use existing (and still developing) LNG infrastructure
Methanol (e-methanol, biomethanol)	Can build on existing storage and distribution infrastructure from global network of terminals, used for global methanol trading/transport	Demonstration bunkering operations have been successful, ship-to-ship bunkering proven. Partially developed bunkering infrastructure at 90 ports worldwide.
Ammonia (e-ammonia, blue ammonia)	Can build on existing storage and distribution infrastructure from global network of terminals, used for global ammonia trading/transport	No bunkering infrastructure today, and no bunkering operations demonstrated. Barriers remain to be solved.
Hydrogen (e-hydrogen, blue hydrogen)	No existing distribution infrastructure	No existing bunkering infrastructure Local bunkering operations have been demonstrated. Barriers remain to be solved.

The high-level screening is given for 3 readiness levels:
Green: Mature and proven; Amber: Solutions identified; and Red: Barriers remain.

Figura 3-6: disponibilità e distribuzione combustibili alternativi

L'utilizzo di nuovi combustibili apre quindi la discussione sia sulla quantità di combustibili disponibili e destinabili al settore marittimo sia sulla rete di infrastrutture esistente, nei casi in cui si possa adattare, sia sulle nuove strutture da implementare.

Va inoltre evidenziato che sia combustibili biologici che sintetici, vengono prodotti in determinate zone del mondo con abbondanza di biomasse, rifiuti e fonti di energia rinnovabili, non sempre coincidenti con le infrastrutture, di distribuzione finali, aggravando la catena logistica dei costi di trasporto.

La disponibilità di una filiera per la distribuzione dei nuovi combustibili sarà uno dei punti fondamentali da risolvere per il loro sviluppo.

Infatti, le figure dei produttori di fuel e degli approvvigionatori di fuel sono spesso distinte e non correlate, pertanto l'investimento nella produzione di un biofuel o fuel alternativo come il metanolo dovrà andare in parallelo ad un complementare investimento per adeguare i depositi di stoccaggio costiero e le navi per la loro distribuzione.

3.1.5 Pro e Contro dei combustibili considerati

Ciascun nuovo combustibile rappresenta dei pro e dei contro sia dal punto di vista della disponibilità, impatto ambientale, della sicurezza e dei costi.

La sicurezza è uno dei più importanti. Nuovi combustibili come LNG, metanolo, idrogeno, presentano un basso punto di infiammabilità per cui è necessario prendere precauzioni in merito ad un loro possibile rilascio,

¹³ MEPC 80/INF.10: Report on the study on the readiness and availability of low- and zero-carbon ship technology and marine fuels

precauzioni che devono essere messe in atto per il metanolo e soprattutto per l'ammonica in relazione ai loro caratteri di tossicità.

Un altro elemento importante è il contenuto energetico volumetrico. LNG, ammoniaca, metanolo, idrogeno, hanno un contenuto energetico più basso rispetto ai combustibili convenzionali per cui è necessario riservare a bordo più posto, e quindi meno carico pagante, ed utilizzare diverse tipologie di stoccaggio per ridurne il volume, come ad esempio la liquefazione a basse temperature, la compressione ad alta pressione, la combinazione con altri componenti.

Il metano liquido, ed esempio, senza considerare emissioni fuggitive, comporta una riduzione delle emissioni pari al 25%, il metanolo circa all'8%.

Inoltre, alcuni combustibili migliorano le emissioni di CO₂ ma peggiorano le emissioni di altri gas serra potenti, come il metano e gli ossidi di azoto.

Infine, ciascun combustibile va valutato, dal punto di vista delle emissioni, lungo tutto il suo ciclo vita, dalla produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e combustione a bordo.

LNG, metanolo, ammoniaca, idrogeno se di origine fossile, hanno infatti un impatto ambientale a livello di emissioni di CO₂ WtW molto maggiore rispetto a quelle che si avrebbero utilizzando direttamente dei combustibili fossili.

Di sotto, una tabella riepilogative dei principali elementi a favore e sfavore per ciascun combustibile principale.

	Safety	Environment (well to wake)	(Upstream) Availability	Bunkering Infrastructure	Energy Density (volume)	\$ (OPEX)	On-board Storage	Technology Readiness Level
Fossil fuels	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Fossil LNG	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green
Bio-fuels	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
e_Ammonia	Red	Green	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
e-bio_Methanol	Yellow	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
e_Hydrogen	Yellow	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow
Energy Storage Systems (↓)	Green	Green	N/A	Red	Red	Green	Red	Green
Electrical Shore Power	Green	Green	Yellow	Red	N/A	Yellow	N/A	Green
Nuclear	Red	Green	N/A	N/A	Green	Green	Green	Red

13

Figura 3-7: pro e contro dei principali combustibili alternativi

Un aspetto importante da considerare per i combustibili verdi è la disponibilità delle rinnovabili. In uno studio presentato all'IMO¹⁴, è stata fatta una interessante analisi sui quantitativi in gioco per la produzione di carburanti verdi, in particolar modo l'ammonica verde.

¹⁴ MEPC 79/7/3 Analysis of fuel options to meet the levels of ambition in the Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships - INTERTANKO.

Preso come dato di partenza, l'attuale quantità di fuel fossile utilizzato dallo shipping internazionale, circa 200 milioni di tonnellate, è innanzitutto da considerare l'equivalente quantità di ammonica necessaria in termini di contenuto energetico, ovvero circa 450 milioni di tonnellate.

La produzione di 450 milioni di tonnellate richiede circa 80 milioni di tonnellate di idrogeno, ovvero il 66% della produzione totale attuale di idrogeno totale (da qualsiasi fonte).

Per ottenere questa quantità sono quindi necessari 5,500 TWh/anno di energia rinnovabile, equivalente a 54% di tutta l'energia rinnovabile attualmente prodotta nel mondo.

Sono quindi evidenti le criticità di rendere questo risultato realistico nel breve termine.

3.1.6 Chiarimenti sul significato di nave "ready"

In un quadro tecnologico e normativo in continua trasformazione, il mondo armatoriale ha difficoltà a definire la scelta giusta per un asset, la nave, per il quali i tempi di progettazione, costruzione ed utilizzo sono molto dilatati nel tempo, intervallo temporale durante il quale una tecnologia o un combustibile potrebbero prevalere in modo poco prevedibile.

Da qui nasce l'esigenza, dal punto di vista regolamentare e progettuale, di costruire navi "ready", ovvero già progettate per poter utilizzare una nuova tecnologia o un nuovo combustibile e che vengono consegnate già predisposte per poter facilmente installare componenti e sistemi per il loro pronto utilizzo.

Esistono infatti navi per le quali è stato sviluppato un progetto per l'impiego di un combustibile alternativo che vengono definite "ready" come design sia a livello strutturale che impiantistico e che successivamente dovranno subire un retrofit, ad esempio per l'installazione dei sistemi di stoccaggio, di distribuzione e di finale utilizzo del nuovo combustibile.

Nello sviluppo del progetto di nave "ready", alcune parti, come per esempio i motori dual fuel o le strutture necessarie per alloggiare i sistemi di contenimento del combustibile, potrebbero essere già installati a bordo ma si preferisce evitare o rimandare tali installazioni per evitare invecchiamenti e inutili costi di prima installazione e manutenzione.

Tuttavia, l'assenza di un framework normativo emesso da IMO - ad oggi sono disponibili solo delle linee guida per il metanolo¹⁵ - rende necessario approvare il design dell'impianto a bordo nave mediante un processo di alternative design secondo quanto richiesto da circolare IMO MSC.1/Circ.1455¹⁶ rendendo il lavoro più gravoso ed incerto in quanto ogni Amministrazione può esprimere pareri diversi a parità di design. Sarebbe necessaria quindi un'accelerazione da parte dell'IMO in questo senso.

Indipendentemente dall'assegnazione della notazione di classe "ready", quando la nave sarà convertita al fine di poter utilizzare il combustibile alternativo, sarà necessario riverificare le approvazioni già rilasciate sulla base delle norme statutarie e di classe applicabili al momento della firma del contratto di trasformazione.

3.1.7 Considerazioni sull'impiego di combustibili alternativi

Nell'analizzare l'impiego di combustibili alternativi nel settore, alcune delle considerazioni i principali sono le seguenti:

- un numero crescente di navi in costruzioni sarà alimentato a combustibili alternativi
- Il numero di cantieri che costruiscono navi alimentate a carburanti alternativi si sta diversificando.
- la produzione di nuovi combustibili aumenterà una volta che la domanda sarà chiara
- non ci sarà solo un carburante a prevalere sullo scenario marittimo, ma ci saranno diversificazioni in funzione della tipologia di nave

¹⁵ MSC.1/circ.1621 Interim guidelines for the safety of ships using methyl/ethyl alcohol as fuel.

¹⁶ Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments.

- la produzione di combustibili alternativi seguirà scenari geo-economici a prescindere dal comparto navale

3.2 La cattura della CO₂

La cattura del carbonio a bordo è l'unica tecnologia in grado di rendere i carburanti marittimi convenzionali compatibili con gli obiettivi di riduzione delle emissioni e potrebbe essere una delle soluzioni di transizione per i prossimi anni.

Sebbene sia una tecnologia matura a terra, permangono alcune criticità quali gli spazi da dedicare a bordo, sia per l'impianto che per lo stoccaggio delle CO₂, la maggiore richiesta di energia a bordo in funzione delle diverse tecnologie, la certificazione dell'impianto, la gestione e "proprietà" della CO₂ una volta scaricata dalle navi ed una normativa chiara che definisca i criteri ed i limiti di commercializzazione della CO₂ conferita a terra.

Si prevede che gli investimenti nella cattura del carbonio a bordo aumenteranno nel prossimo decennio man mano che le normative sul carbonio aumenteranno.

3.2.1 Cattura della CO₂ prima della combustione

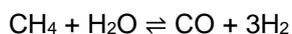
Tra le soluzioni che mirano a ridurre le emissioni di CO₂ delle navi, ci sono anche soluzioni di trattamento dei combustibili prima della combustione o utilizzo.

Ad esempio, è possibile combinare GNL e vapore in un reformer di gas per convertire le molecole di GNL in idrogeno e CO₂. Il flusso di idrogeno viene utilizzato per alimentare motori a combustione interna o celle a combustibile e la CO₂ viene catturata direttamente dal flusso di uscita del reformer, il che rende il processo più semplice rispetto alla cattura della CO₂ dai gas di scarico del motore.

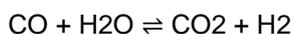
L'energia per tale processo deriva da un extra consumo di combustibile le cui emissioni però sono compensate dalla cattura della CO₂ alla fine del processo come sotto descritto.

Utilizzando questa tecnologia è possibile produrre idrogeno direttamente a bordo nelle quantità necessarie, ovviando le grandi problematiche del suo stoccaggio.

Sono necessarie due fasi di processo per convertire il metano in idrogeno e CO₂. La prima fase del processo converte il metano in idrogeno e CO:



Al fine di aumentare la resa di idrogeno del processo, reazione di spostamento del gas d'acqua avviene nella fase successiva di questo processo chimico:



Il grande vantaggio è che la temperatura criogenica del GNL come combustibile può liquefare la CO₂ dal flusso di gas riformati, che può quindi essere raccolta e immagazzinata in un serbatoio dedicato, e può essere consegnata a terra per ulteriore utilizzo o stoccaggio, o a bordo delle navi cisterna come gas inerte.

3.2.2 Cattura della CO₂ dopo la combustione

La separazione e la cattura di CO₂ da gas di scarico viene solitamente effettuata tramite le seguenti metodologie:

- assorbimento chimico
- adsorbimento fisico
- separazione a membrana
- distillazione criogenica e altri metodi di cattura criogenica

- Concentrazione della CO₂ mediante dispositivi elettrochimici

È da sottolineare che i sistemi di pulizia dei gas di scarico attualmente installati a bordo e in uso per l'abbattimento di ossidi di zolfo e particolato non sono idonei alla cattura della CO₂, anche se un pretrattamento dei fumi di scarico, soprattutto se derivanti da combustibili quali HFO, VLSFO, MGO, risulta necessario per consentire una migliore operatività o una maggior durata nel tempo della tecnologia di cattura della CO₂.

Di fatto, le tecnologie di cattura della anidride carbonica dopo la combustione, hanno la necessità di lavorare su gas di scarico già ripuliti da particolato e ossido di zolfo e pertanto l'installazione di uno scrubber è molte volte un prerequisito per un ottimale funzionamento della tecnologia stessa.

Un'altra tecnologia promettente, che prevede un processo chimico e fisico della molecola di CO₂, è rappresentata dalle celle a combustibile a carbonati fusi (MCFC), che non solo sono altamente efficienti in termini di cattura di CO₂, ma generano anche elettricità aggiuntiva.

I gas di scarico dei motori delle navi possono essere trattati con questi dispositivi catturando fino al 90% della CO₂ e ottenendo un flusso ricco di CO₂ catturato che può essere facilmente segregato mediante uno specifico passaggio di purificazione applicato a una portata di un ordine di grandezza inferiore ai fumi originari.

Esempi di assorbimento chimico sono le tecnologie basate su processi in cui un fluido viene disciolto da un liquido o da un solido (assorbente). L'assimilazione di specie molecolari attraverso la massa di un solvente solido o liquido è definita come assorbimento.

Tra i processi di assorbimento chimico utilizzati nell'industria per catturare la CO₂ dai gas di scarico, il lavaggio con ammine e con idrossido di calcio e idrossido di potassio sono tecnologie ben collaudate.

Le soluzioni amminiche sono in grado di assorbire in modo reversibile l'anidride carbonica. I gas di scarico sono lavati con queste soluzioni per ridurre la quantità di CO₂ emessa. La soluzione amminica ricca di CO₂ viene successivamente rigenerata mediante l'azione combinata di vuoto e calore, liberando CO₂ gassosa che, in un impianto a terra, dovrebbe essere liquefatta e immagazzinata.

L'esperienza dimostra che le ammine terziarie hanno un ottimo comportamento in termini di capacità di carico, fabbisogno energetico per la rigenerazione e corrosività.

Questi composti/soluzioni possono avere componenti che sono classificati T secondo il codice IBC per il trasporto alla rinfusa, richiedendo quindi una serie di disposizioni per lo stoccaggio, ma si ritiene che l'industria cantieristica sia preparata per gestire adeguatamente le sostanze chimiche.

Una sospensione di idrossido di calcio in acqua con un contenuto di solidi compreso tra il 10% e il 30% costituisce il cosiddetto latte di calce. Poiché la solubilità dell'idrossido di calcio è molto bassa (circa 1,7 g/L a temperatura ambiente), vengono spesso utilizzate sospensioni in acqua per aumentare la concentrazione del reagente. L'idrossido di calcio reagisce con la CO₂ formando carbonato di calcio che è solo leggermente solubile in acqua; quindi, formerà un prodotto solido o una sospensione.

Il risultato del processo chimico è un composto inorganico inerte che è fondamentalmente una sospensione di carbonato di calcio CaCO₃ nonché chiamato calcare, calcite o aragonite nelle forme maggiormente presenti in natura come costituenti principali dei gusci dei molluschi.

La valutazione del composto iniziale e del prodotto finale rispetto alle convenzioni e ai codici internazionali IMO (MARPOL, IMSBC, IBC) dimostra che

- se immagazzinato a bordo come polvere secca e miscelato a bordo con acqua di mare, il prodotto chimico iniziale è classificato come Gruppo B secondo l'ISMBC relativo al trasporto alla rinfusa e il pericolo principale è la reazione esotermica quando la calce spenta secca viene a contatto con l'acqua
- sia in forma di sospensione che in forma solida il carbonato di calcio non presenta pericoli identificati, risultando OS secondo il codice IBC relativo al trasporto alla rinfusa e Gruppo C in forma solida secondo il codice ISMBC relativo al trasporto alla rinfusa.

Non essendo tra i rifiuti vietati come da annesso I e II della Convenzione di Londra, la possibilità di smaltire calcite (carbonato di calcio) in mare potrebbe essere paragonabile ad un deposito geologico di CO₂ in una sostanza inorganica inerte non nociva in sospensione e/o depositata sul fondale, ottenendo un nulla osta generale allo scarico sulla base della valutazione di cui all'annesso III della stessa convenzione.

Tuttavia, la possibilità di un suo scarico, sulla base delle sole valutazioni tecniche, non è ammissibile se non supportata a livello delle singole Amministrazioni e possibilmente a livello IMO.

3.2.3 Considerazioni sull'impiego di tecniche per la cattura della CO₂

In uno studio¹⁷ presentato al MEPC 80 si sottolinea come lo sviluppo della tecnologia di cattura della CO₂ sia ad uno stadio avanzato ma come ci siano dei rischi che debbano essere mitigati prima dell'applicazione di tale tecnologia in larga scala. I principali rischi includono le difficoltà logistiche legate alle infrastrutture di ricezione a terra, la maggior richiesta di energia a bordo, potenziali perdite di carico a causa dei volumi richiesti per l'installazione dell'impianto e per lo stoccaggio a fine processo, ritardi nello sviluppo del quadro normativo per riconoscere il credito di riduzione della CO₂.

In aggiunta a quanto analizzato dallo studio, è opportuno ricordare i costi aggiuntivi di eventuali additivi chimici necessari al processo.

È necessario, infatti, che una filiera di ricezione e riutilizzo o stoccaggio permanente sia disponibile e normata. Solo quando ci saranno segnali di disponibilità di infrastrutture e norme adeguate, questa tecnologia potrà essere adeguatamente considerata.

Subject	Risks	Potential mitigations
Capture Rate	<ul style="list-style-type: none"> - Maximum onboard capture rate currently 82%, which is lower than onshore application - Validation of CO₂ capture rate 	<ul style="list-style-type: none"> - Further improvement of onboard capture rate - Accurate measurement and recording systems
Energy Consumption	<ul style="list-style-type: none"> - Capture, liquefaction and storage requires large amount of additional energy (up to +40%) 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimization with fuel type auxiliaries (like LNG) - Reduction of power for the liquefier (cryogenic decompression?)
Ship Integration	<ul style="list-style-type: none"> - High volume and weight of capture and storage systems leads to potential cargo loss - Adaptation of shore- to marine-based environment requires additional considerations - Pre-treatment is needed depending on fuel such as denitration, desulfurization, and particulates) - (especially SO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> - Arrangement of engine casing and engine room incl. height of equipment (absorption tower and reclamation tower) - Motion and vibration countermeasures for equipment - Handling of amine solution, saltwater damage countermeasures - Exhaust gas pre-treatment technology
Operations	<ul style="list-style-type: none"> - Additional systems requires onboard management, maintenance, safety and handling requirements - Availability and cost of amine solution 	<ul style="list-style-type: none"> - Additional crew to manage system and safety guidelines - Determine how specialized the amine solution needs to be and associated impacts
Cost	<ul style="list-style-type: none"> - Full application can be too costly (CAPEX 25-70% of newbuild price) 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimization of target capture rate as a countermeasure to satisfy CII by retrofitting, combination with fuel conversion or optimization based on base ship design - Cost reduction as part of technology development process
CO ₂ Utilization	<ul style="list-style-type: none"> - Limited CO₂ handling infrastructure - No framework to get credit for CO₂ reduction and limited market value 	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ handling with shore facilities - Inclusion into future regulatory framework, tax and credit schemes setup,

Low risk remains
Medium risk remains
High risk remains

Figura 3-8: Studio RINA - rischi relativi a CCS

A questi si aggiunge la mancanza di requisiti applicabili ai sistemi di cattura della CO₂ in merito all'installazione, collaudo, sorveglianza e certificazione. Infatti, l'Annesso VI alla MARPOL al momento non norma questa tecnologia.

Dal punto di vista dei principi stabiliti per il collaudo, la sorveglianza e la certificazione, potrebbero esserci delle similitudini con gli scrubber (sistemi di pulizia dai gas di scarico per gli ossidi di zolfo) come, per esempio, la qualità dell'acqua di scarico, la documentazione, il monitoraggio, la certificazione, che si potrebbero quindi possano applicare anche ai sistemi di cattura della CO₂.

¹⁷ MEPC 80/7 e MEPC 80/INF.14 Onboard carbon capture del Royal Institution of Naval Architects

Lo stesso studio analizza le prestazioni, l'integrazione del design e gli impatti finanziari dell'integrazione di un sistema di cattura della CO₂ a bordo (OCC) su una VLCC, una nave cisterna a lungo raggio 2 (LR2), una portarinfuse da 82.000 DWT, una portarinfuse da 205.000 DWT e una portacontainer da 15.000 TEU alimentata con combustibile a basso tenore di zolfo (LSFO), GNL e metanolo (MeOH). Mentre la maggior parte dei casi di studio riguarda le nuove costruzioni integrazione, il case study VLCC include anche il retrofit di un sistema di cattura della CO₂ su nave esistente.

Le conclusioni dello studio mostrano:

- cattura della CO₂ tramite assorbimento chimico è tecnicamente fattibile e dovrebbe raggiungere la disponibilità commerciale entro il 2030
- ulteriori requisiti energetici comportano un consumo totale di carburante più elevato ed una maggiore quantità di potenza installata a bordo (fino a un aumento del 45% per un tasso massimo di cattura del carbonio dell'82%)
- la potenziale applicazione di sistemi per la cattura della CO₂ dell'OCC mostra la massima promessa per le nuove costruzioni, in quanto i retrofit sono costosi e possono richiedere importanti modifiche
- l'installazione di sistemi per la cattura della CO₂ richiede spazio e può comportare la perdita di spazio per il carico, a seconda del tipo e delle dimensioni della nave

Alla luce di quanto sopra, è evidente la forte necessità di avere una normativa chiara applicabile così che anche questa tecnologia possa essere inclusa tra quelle in grado di dare una risposta concreta alle sfide imposte dalla decarbonizzazione.

Si attende che il Comitato MEPC sviluppi dei requisiti specifici o istituisca un gruppo di lavoro dedicato al fine di agevolare l'introduzione di queste tecnologie.

3.3 Tecnologie per la riduzione delle quantità necessarie di combustibile con particolare riferimento ad efficientamento

Per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, non solo i carburanti ma anche diverse tecnologie per l'efficientamento energetico, attuali o in via di sviluppo, potranno avere un ruolo cruciale.

Alcuni Armatori, hanno già attuato, o stanno attuando, politiche di riduzione delle emissioni più stringenti rispetto a quelle richieste dalle norme, utilizzando alcune delle soluzioni di seguito elencate.

Sia che si tratti di ottimizzazioni idrodinamiche che di sfruttamento di fonti di energia rinnovabili, ogni soluzione va valutata sia in termini di contributo nella riduzione delle emissioni di gas serra, maturità tecnologica che di costo.

3.3.1 Miglioramenti idrodinamici

- Ottimizzazione propulsione tramite ottimizzazione accoppiamento elica- timone, cambio design pale per nuovo punto di funzionamento, modifica mozzo, eliche controrotanti, alette di convogliamento del flusso d'acqua, tutte soluzioni per migliorare le performance idrodinamiche della nave. Tecnologia pronta, impatto moderato, costi di progettazione e bacino
- Manutenzione elica e scafo tramite monitoraggio delle performance, pulizia per spazzolamento, pulizia carena con acqua ad alta pressione, sabbiatura. Tecnologia pronta, impatto moderato. Costi addizionali per soste in bacino. Pulizia subacquea non autorizzata in tutti i porti
- Sistemi di lubrificazione ad aria dello scafo coprendo la superficie dello scafo a contatto con l'acqua con bolle d'aria per ridurre la resistenza all'attrito. Tecnologia pronta, impatto moderato
- Pitture scafo ad alte prestazioni per riduzione attrito, sia con biocidi che siliconiche. Tecnologia pronta, impatto moderato

- Ottimizzazione delle aperture a scafo per minimizzare resistenza del flusso d'acqua. Tecnologia pronta, poco impatto
- Alleggerimento navi tramite utilizzo nuovi materiali. Tecnologia in progress, poco impatto, utilizzabile solo per determinati tipi di navi (es piccole passeggeri veloci)

3.3.2 Riduzione della velocità

La riduzione della velocità è nota come tecnologia con un maggiore potenziale di riduzione di CO₂. È importante riconoscere l'effettiva efficacia e i problemi, compresi i costi.

Il consumo di combustibile all'ora (tonnellata/ora) di un motore principale è proporzionale al cubo della velocità. Pertanto, il consumo totale (tonnellata) del motore durante una navigazione è proporzionale al quadrato della velocità della nave, sebbene si presuma costante il consumo dei motori ausiliari e di una caldaia.

Da tenere presente però che la riduzione della velocità di una nave potrebbe spesso causare un CAPEX incrementale, a causa di navi aggiuntive per mantenere la quantità totale di trasporto annuale come flotta oppure indurre ad un aumento del prezzo delle merci trasportate se non viene ripristinata una capacità di trasporto totale equivalente a quella presente prima della riduzione di velocità.

3.3.3 Miglioramenti termodinamici

- Ottimizzazione del motore: ottimizzazione parametri di combustione, common-rail, controllo elettronico. Tecnologia pronta, poco impatto
- Ottimizzazione impianti a vapore monitorando e regolando le prestazioni della caldaia e migliorando il funzionamento della caldaia (solo per petroliere, chimichiere e gasiere). Tecnologia pronta, poco impatto

3.3.4 Efficientamento energetico

- Ottimizzazione carico elettrico tramite utilizzo di luci a basso consumo, spegnimenti automatici. Tecnologia pronta, poco impatto
- Ottimizzazione sistemi ausiliari: convertitori di frequenza, controllo della velocità di pompe e ventilatori. Tecnologia pronta, poco impatto

3.3.5 Alimentazione energia elettrica da terra (OPS – Cold Ironing)

Una delle tecnologie più efficaci per ridurre, fino ad azzerare, le emissioni di inquinanti locali quali SO_x, PM (smog), NO_x, è la possibilità di alimentare la nave, quando in porto, tramite alimentazione elettrica da terra.

Ciò permette di spegnere i motori della nave. Ulteriori benefici di questa soluzione sono la riduzione delle emissioni di CO₂, qualora l'energia da terra sia tutta o parzialmente da fonte rinnovabile, e l'abbattimento dell'inquinamento acustico dovuto ai macchinari nave.

Già molte navi sono equipaggiate per poter essere alimentate da terra, è quindi importante investire anche lato logistica portuale in questa soluzione che, come detto sopra, comporta svariati vantaggi ambientali.

Tenuto conto che, come definito dalla FuelEU Maritime, a partire dal 2030, le navi portacontenitori e le navi passeggeri ormeggiate nei porti UE/SEE, ai quali si applicherà il "Regolamento sull'infrastruttura per i combustibili alternativi" (in fase di sviluppo) si dovranno collegare alle strutture di alimentazione elettrica da terra (OPS) elettrica della nave, l'urgenza di investire in infrastrutture idonea appare più che necessaria.

3.3.6 Batterie

Utilizzo di batterie per stoccaggio energia. Tecnologia pronta, in progress per grandi taglie. Regolamenti pronti.

Ad oggi, propulsioni basate su batterie quali uniche fonti di energia, a causa di limitazioni tecnologiche (ingombri e pesi), sono possibili solo per navi di taglia medio piccola (sia mercantili che passeggeri) che operano tratte brevi, in quanto necessitano della sistematica ricarica attraverso il collegamento a terra (cold ironing / shore power connection). Per tali navi è realizzabile quindi la propulsione definita "full electric".

Ciò premesso, le batterie sono un importante ausilio nelle applicazioni ibride con macchine elettriche PTO/PTI per tutte le navi mercantili e passeggeri, in quanto permettono economie di esercizio dei motori a combustione interna riducendone così il complessivo consumo di combustibile. Infatti, l'uso delle batterie permette in talune condizioni di evitare l'accensione di gruppi elettrogeni ausiliari aggiuntivi, supporta la propulsione principale nelle repentine richieste di potenza legate alle condizioni meteo, nella prevenzione del blackout a bordo nave e se, adeguatamente dimensionate, permette la manovra della nave in porto o la sosta in porto della stessa per un periodo definito a zero emissioni dalla ciminiera. Ovviamente, il tutto deve essere previsto in fase di progettazione della nave e del relativo apparato propulsivo.

Da sottolineare infine la necessità di avere batterie per la gestione dei picchi e dei transitori di carico quando vengano utilizzate fuel cell per la generazione di potenza, vista la ridottissima capacità delle stesse a seguire le variazioni di carico e ad assorbire carichi di tipo impulsivo.

3.3.7 Recupero dell'energia (calore)

Recupero calore residuo tramite sistema per generare vapore dal calore di scarto dai motori e quindi azionare turbine a vapore per la generazione di elettricità, caldaie a gas di scarico su motori ausiliari per generare vapore o acqua calda. Tecnologia pronta, impatto moderato.

3.3.8 Supporto del vento

Utilizzo forza del vento tramite vele, vele rigide, rotori per ridurre potenza di propulsione.

L'apporto della trasformazione diretta dell'energia rinnovabile del vento in propulsione salta diversi passaggi e le relative dispersioni energetiche, dimostrandosi un campo sul quale vale la pena concentrarsi maggiormente. Sono già stati raggiunti livelli di contributo maggiori del 25% in alcuni casi, e ci sono diversi progetti collegati a valori ancora maggiori.

Tecnologia in progress, impatto con percentuali di beneficio dipendenti dal tipo nave, dalle rotte e dal profilo operativo.

3.3.9 Supporto dalle energie rinnovabili

Utilizzo energia solare tramite pannelli solari per convertire l'energia dalla luce solare in elettricità. Tecnologia pronta, poco impatto.

3.3.10 Considerazioni sull'impiego di tecnologie "Fuel Saving"

Esistono molte tecnologie e procedure definibili "fuel saving", in quanto riducono conseguentemente l'impatto delle emissioni di CO₂.

L'industria navale ha sviluppato e applicato tecnologie per l'efficienza energetica per molti anni, spinta dalla necessità di ridurre i costi del carburante e, più recentemente, da misure normative (ad es. EEDI, EEXI, CII). Diverse tecnologie di progettazione delle navi sono già mature e applicate a molte nuove navi, tra cui la riduzione del peso, l'ottimizzazione delle dimensioni dello scafo, ottimizzazione del bulbo, l'ottimizzazione del tunnel dell'elica di prua, l'ottimizzazione della zavorra e dell'assetto. Rimane il potenziale per una più ampia diffusione di queste tecnologie e quindi maggiori risparmi di carburante per la flotta in futuro.

Molte delle azioni di efficientamento energetico elencate nei paragrafi precedenti possono essere implementate anche su flotta esistente.

Tra le varie tecnologie per l'efficienza e la riduzione dell'energia necessaria alle navi ce ne sono alcune ancora non completamente pronte e la cui maturità tecnologica prevista è illustrata nella sottostante figura

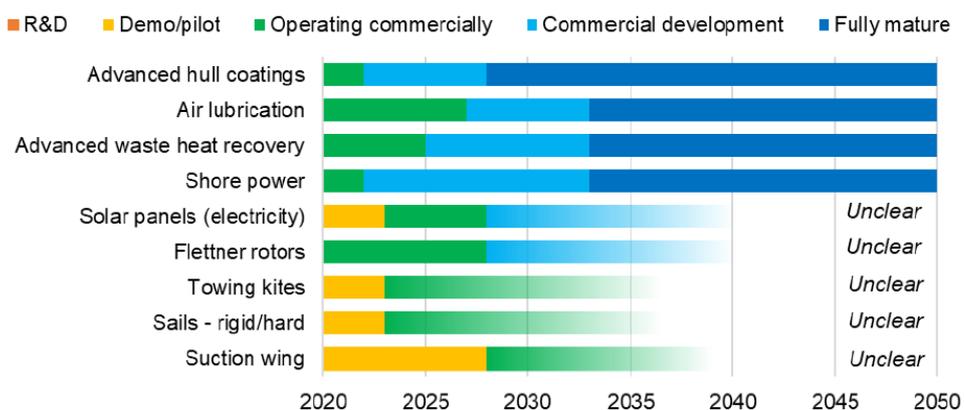


Figura 3-9: studio IMO: maturità alcune soluzioni di efficientamento energetico

L'adozione di tecnologie di fuel saving a bordo richiede studi di ottimizzazione e una valutazione del ritorno dell'investimento in funzione della vita utile rimanente della nave esistente.

3.4 Cambiamenti nell'operatività della nave

3.4.1 Il contributo della digitalizzazione

I sistemi di monitoraggio delle performance e di weather routing che aiutano nell'ottimizzazione del viaggio hanno avuto sviluppi recenti e sono già maturi.

La navigazione autonoma è attualmente in una fase di ricerca e sviluppo per la quale sono ancora necessarie dimostrazione di corretta e sicura funzionalità in tutte le condizioni operative e meteorologiche nonché disponibilità di normative adeguate e leggi che regolino le responsabilità in questo nuovo contesto.

Mentre esperimenti di tipo regionale sono in corso, le navi con navigazione internazionale completamente autonome non dovrebbero essere pronte prima di 10 anni e la piena maturità potrebbe non essere raggiunta prima del 2050.

Inoltre, come molte altre tecnologie anche questa potrà essere applicata almeno nella fase iniziale solamente a certe tipologie di nave che prevedono profili operativi semplici e che non richiedano la presenza di operatori esperti a bordo nave.

Nel frattempo, ci si aspetta una riduzione del personale a bordo e una riorganizzazione delle attività di bordo a seguito dell'adozione di automazioni sempre più spinte che portino passo dopo passo verso la nave autonoma.

3.4.2 Il bunkeraggio

L'attuale portafoglio ordini di navi a combustibili alternativi stimolerà la domanda di impianti di bunkeraggio.

Sono previsti diversi progetti di investimento portuale e di bunkeraggio, inclusi i corridoi marittimi verdi che sono potenzialmente un elemento trainante per garantire la reperibilità di specifici tipi di carburanti verdi su rotte predeterminate ("green corridor"), con la collaborazione di porti e produttori di combustibili.

Nell'ottica dei green corridor, sarebbe auspicabile che l'Italia garantisca la possibilità di approvvigionamento di combustibili alternativi o di almeno un combustibile alternativo per le navi che viaggiano, ad esempio, tra far-east ed Europa. Tale possibilità, allo stesso tempo, permetterebbe di rifornire i porti minori portando beneficio anche alle navi operanti nel cabotaggio.

Il biodiesel e l'e-diesel e il bio-e-metano potranno utilizzare le infrastrutture di bunkeraggio esistenti.

L'ammoniaca e l'idrogeno avranno bisogno della costruzione di nuove infrastrutture di rifornimento. Per evitare qualsiasi potenziale vincolo all'uso di tali carburanti, supponendone la disponibilità, dovranno essere sufficientemente sviluppate l'infrastruttura di bunkeraggio, la distribuzione e le capacità di stoccaggio.

Essendo il metanolo un combustibile con punto di infiammabilità minore di 60°C, le attuali infrastrutture di bunkeraggio potrebbero necessitare di adeguamenti in tal senso, benché tali adeguamenti non comportino modifiche per quanto riguarda aspetti criogenici o legati alle alte pressioni.

Supponendo la disponibilità di tali carburanti, l'infrastruttura di bunkeraggio, la distribuzione e le capacità di stoccaggio saranno sufficientemente sviluppate per evitare qualsiasi potenziale vincolo all'introduzione.

3.4.3 Considerazioni sui cambiamenti all'operatività della nave

C'è un forte legame tra la decarbonizzazione e digitalizzazione.

Il risparmio di carburante è il primo modo per ridurre le emissioni di carbonio. Alcuni armatori hanno già implementato sistemi di monitoraggio delle prestazioni della flotta in tempo reale per ottenere informazioni sull'efficienza energetica della nave, prelevando molti dati dai sensori a bordo, trasferiti a terra tramite comunicazione satellitare.

Affinché questa tendenza possa continuare ed evolversi è necessario che i sistemi di trasmissione dati via satellite diventino più affidabili, efficienti e soprattutto accessibili a prezzo di mercato sia come CAPEX che come OPEX.

Queste informazioni saranno utili per avere una valutazione in tempo reale del Carbon Intensity Indicator (CII), per valutare la quantità di emissioni soggetta all'ETS viaggio per viaggio sia per avere una previsione sia per gestire i rapporti contrattuali con il charter, per valutare le eventuali sanzioni dovute alla non ottemperanza dei requisiti del regolamento FuelEU.

4 Considerazioni sull'applicazione delle possibili soluzioni

4.1 Navi nuove

4.1.1 Tipo di nave e dimensioni

Secondo le analisi di Clarksons¹⁸ e da informazioni reperibili da altre fonti, il portafoglio ordini vede ancora una supremazia del GNL come tipo di combustibile alternativo, seguito di pari passo da metanolo e ammoniac. Ancora bassi i numeri di batterie e celle a combustibile.

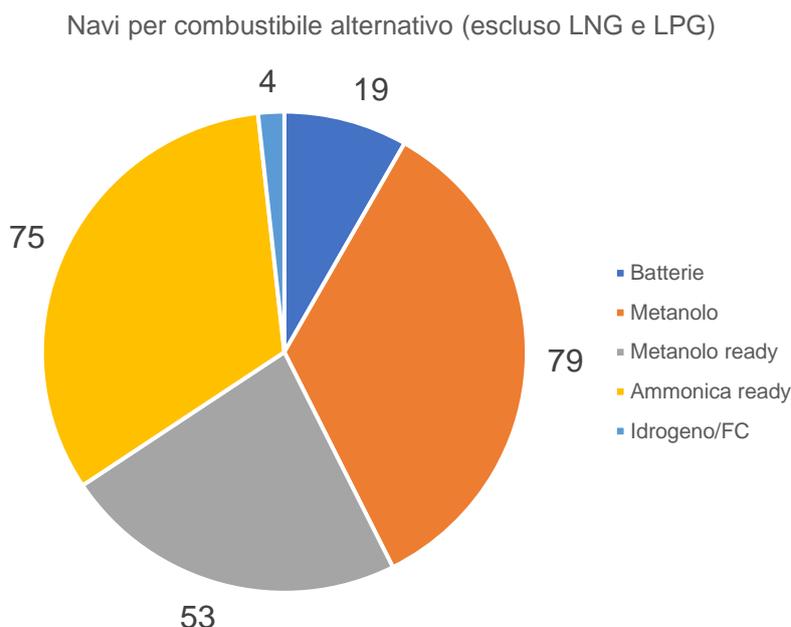


Figura 4-1: Analisi Clarksons e altre fonti navi in ordine

	Tanker	Bulk	Container	PCC	Methanol Bunkering	Chem & Oil	CSOV	LPG	Pass/Car F.
Metanolo	0	4	63	2	6	2	2	0	0
Metanolo ready	2	0	20	12	0	6	13	0	0
Ammonia ready	0	12	20	29	0	1	4	9	0
Batterie	0	0	4	0	0	2	11	0	2
Idrogeno/FC	0	0	4	0	0	0	0	0	0

Figura 4-2: Numero e tipologia di nuove costruzioni in ordine in funzione dei combustibili alternativi

4.1.2 Profilo operativo

Il profilo operativo gioca un ruolo cruciale nella scelta del giusto combustibile o soluzione innovativa.

Navi per navigazione breve, come traghetti, navi passeggeri, operazioni STS possono avvalersi di combustibili a basso contenuto energetico volumetrico, potendo effettuare numeri rifornimenti o di batterie, da poter ricaricare sia a bordo che a terra.

Navi da carico in navigazione lunga possono avvalersi di supporto da energie rinnovabili (vento, sole), benché queste siano estremamente variabili in funzione della zona operativa e del periodo dell'anno, ottimizzazione della rotta in funzione delle condizioni meteomarine, riduzione della velocità.

¹⁸ Shipbuilding Market_What's Been Ordered – 2023 – 20/06/2023.

4.2 Navi esistenti

4.2.1 Tipo di nave e dimensioni

Eseguire una trasformazione di una nave esistente per poter utilizzare un combustibile alternativo o installare una nuova soluzione, richiede una attenta valutazione tecnica ed economica in funzione dell'età della nave e della sua vita residua.

Per quanto riguarda i nuovi combustibili, è necessario trovar a bordo lo spazio necessario per nuovi serbatoi e modificare o cambiare i motori.

Tra le maggiori conversioni, sono degne di note le modifiche di traghetti per uso di GNL, con serbatoi su ponti aperti e cambio di motori a dual fuel. Questa tipologia di navi si è prestata particolarmente bene avendo la possibilità di installare impianti non molto grandi che utilizzano il boil off del GNL senza complicazioni di impianto.

Altrettanto degni di nota sono gli interventi di efficientamento idrodinamico e propulsivo effettuati su navi esistenti che permettono una riduzione sostanziale delle emissioni, e per i quali è necessario fare studi specifici basati sulle nuove condizioni operative, che devono essere ben chiare e fissate in fase di progettazione e mantenute per ottenere il relativo beneficio in termini di consumi ed emissioni. Strumenti di calcolo numerico permettono ormai di poter far previsioni affidabili senza l'assoluta necessità di prove in vasca, che comunque rimangono lo strumento principe di validazione.

Navi da carico, come grandi navi portacontainer, dimensionate per elevate velocità, hanno avuto grandi benefici nel cambiare bulbi ed eliche ottimizzati per il nuovo profilo operativo a basse velocità.

4.2.2 Profilo operativo

Tutte le soluzioni di monitoraggio e ottimizzazione dei profili operativi possono essere facilmente implementati su navi esistenti e su tutte le tipologie di navi.

L'adeguamento di una nave con un propulsore a celle a combustibile è più complesso rispetto alla conversione di un motore per l'utilizzo di un carburante alternativo, oltre alla necessità di modificare i sistemi di stoccaggio e alimentazione del carburante. Tuttavia, la costruzione di nuove navi con in mente possibili future conversioni, come l'utilizzo di un sistema di propulsione elettrica (tecnologia già consolidata), potrebbe rendere il passaggio dai motori alle celle a combustibile una proposta più pratica.

L'installazione di celle a combustibile a bordo richiede comunque modifiche importanti rispetto al retrofit di un motore, in quanto a meno di specifici "safety concept" della fuel cell stessa, il locale dove sono contenute deve essere categorizzato come "pericoloso e all'interno dello stesso devono essere previsti accorgimenti per prevenire la formazione di sacche di miscele esplosive in particolare nella parte alta del locale.

Sicuramente la possibilità di installare su navi esistenti nuove tecnologie o combustibili alternativi, soprattutto i "drop-in" come i biofuel permette di accelerare il processo.

Anche in questo caso, come già accennato precedentemente, occorre tenere conto delle richieste e delle limitazioni eventualmente raccomandate dai costruttori di motori, al fine di non perdere la garanzia sul motore stesso.

Il tal senso sono incoraggiate le forme di finanziamento per sostenere i relativi costi addizionali.

5 Possibili scenari futuri

5.1 Nucleare

Gli obiettivi climatici per raggiungere la riduzione delle emissioni di GHG possono essere raggiunti utilizzando diverse soluzioni. Tra queste, anche il nucleare sembra avere un grande potenziale.

Nonostante il nucleare non sia oggi un'opzione per la propulsione delle navi mercantili è sicuramente una delle tecnologie in grado di ridurre le emissioni di gas serra sostanzialmente del 100%.

Ulteriori vantaggi del nucleare oltre all'impronta ambientale, sono la lunghissima autonomia di un singolo "bunkeraggio", un sistema di propulsione compatto rispetto alla potenza erogata e l'assenza di gas di scarico. Anche economicamente, l'investimento iniziale deve essere valutato in relazione all'intera vita nave in quanto tale investimento iniziale comprende anche tutti i costi relativi all'acquisto di combustibile.

Tuttavia, oggi sono state pensate delle forme di leasing che permettono di superare o ridurre questo problema legato agli altissimi CAPEX iniziali, ma che purtroppo introduce altre problematiche di natura contrattualistica e legale nella fase di vita operativa della nave.

Uno degli aspetti più critici, come per tutti i carburanti alternativi ma specialmente per il nucleare, è l'accettazione da parte dell'opinione pubblica ed il rischio legato ai possibili atti terroristici che possono derivare dalla sua applicazione a bordo.

L'energia nucleare non è un concetto nuovo per il trasporto marittimo. I sottomarini nucleari e altre navi della marina come le portaerei sono stati costruiti dagli anni '50, in particolare negli Stati Uniti e nell'Unione Sovietica. Il nucleare è stato applicato anche alle navi mercantili anche se in misura minore rispetto al settore navale.

Le navi mercantili nucleari più famose sono la NS Savannah, la prima nave mercantile a propulsione nucleare finanziata dalle agenzie governative degli Stati Uniti e varata nel 1959 e la Otto Hahn, costruita in Germania e varata nel 1964. La nave mercantile russa Sevmorput, costruita nel 1988, è attualmente l'unica nave mercantile a propulsione nucleare in servizio. È in servizio anche una piccola flotta di rompighiaccio battenti bandiera russa.

È chiaro che la corsa alle navi nucleari non è mai iniziata. Nel secolo scorso la crisi climatica non è stata davvero la prima preoccupazione, le crisi petrolifere sono avvenute più tardi e rispetto alle tradizionali navi a carburante, le navi nucleari hanno comportato maggiori costi di manutenzione e operativi. Anche la preoccupazione per il ciclo di vita dopo la disattivazione legato ai processi di smaltimento ha svolto un ruolo importante. Inoltre, la tecnologia nucleare è una questione di sicurezza nazionale ed è soggetta ad approvazioni multi-governative. Ultimo ma non meno importante, in molti casi l'energia nucleare fallisce in termini di accettazione generale da parte della società.

Ma sebbene non siano state costruite di recente navi mercantili a propulsione nucleare e il sentimento generale contro questa tecnologia, l'idea non è stata abbandonata. Negli ultimi decenni sono state condotte ricerche sia sull'applicazione generale dell'energia nucleare per la propulsione marina, sia in lavori più dettagliati sui progetti concettuali di navi.

Nuovi reattori, come i reattori a sali fusi, sono attualmente in sperimentazione per usi navali.

Qualora l'installazione a bordo di questi impianti risulti complicata, lo sviluppo tecnologico potrebbe portare ad utilizzare questa tecnologia per utilizzare reattori nucleari in mezzo al mare per la produzione di combustibili alternativi come idrogeno o ammoniaca sintetica, risolvendo la problematica delle limitate risorse rinnovabili presenti sul pianeta.

5.2 Power to X

Power-to-X significa convertire l'energia elettrica da sorgente rinnovabile in qualcos'altro (x), ad esempio in idrogeno e combustibili sintetici liquidi.

In questo caso, l'energia elettrica potrebbe essere convertita in idrogeno tramite elettrolisi dell'acqua, che a sua volta potrà essere utilizzato direttamente o in combinazione con altri elementi, per esempio con la CO₂, per la produzione di combustibili sintetici a basse emissioni carboniche o prodotti chimici.

I processi e le tecnologie Power-to-X sono essenziali nella transizione verde soprattutto in quei casi in cui l'unica soluzione possibile per raggiungere i target di decarbonizzazione è costituita dall'utilizzo di combustibili sintetici.

Questo è sicuramente il caso del trasporto navale che vede molto promettente l'utilizzo di metanolo sintetico in un futuro non molto lontano.

6 Considerazioni finali

L'analisi ha evidenziato come, nel considerare la giusta soluzione per la decarbonizzazione dello shipping, diversi aspetti vadano considerati e come un'unica soluzione non possa essere risolutiva per ogni nave e per tutto il periodo di vita della stessa tenendo conto che i limiti di emissioni diventeranno sempre più stringenti nel tempo.

Ogni nave si differenzia per tipologia, potenza installata, tipo di navigazione e quindi la soluzione ottimale va considerata in funzione della combinazione di queste caratteristiche.

Nell'analizzare la composizione della flotta mondiale come da ultimo studio IMO sui gas serra "Fourth IMO GHG Study 2020", è possibile suddividere le navi per le sopraccitate caratteristiche ed evidenziarne il risultato come da tabella sottostante

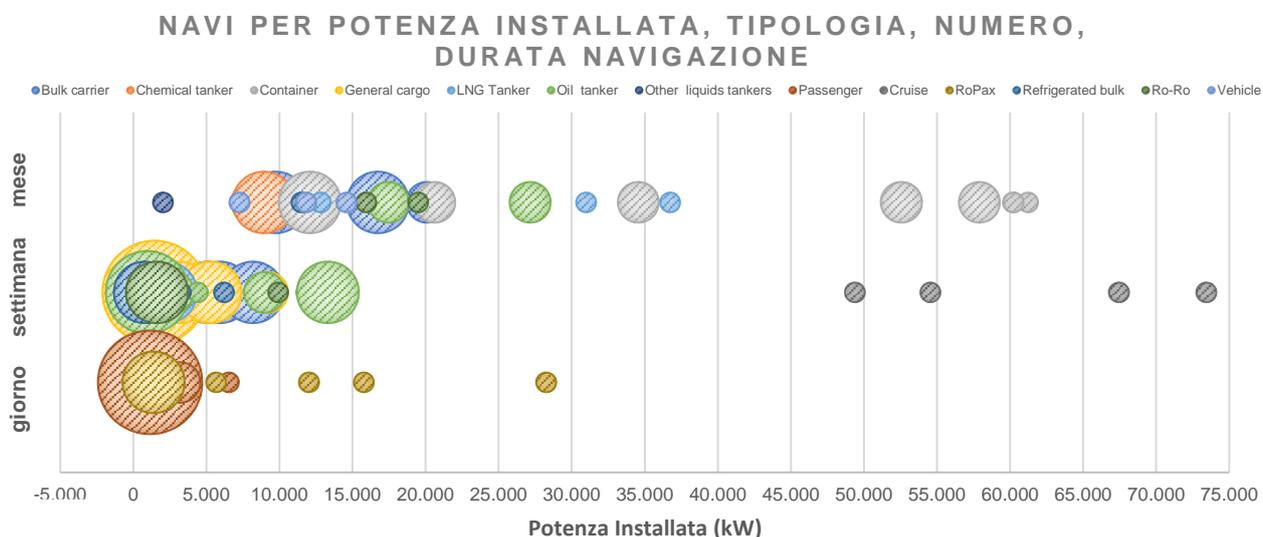


Figura 6-1: Numero di navi suddivise per tipologia (colore), numero (grandezza cerchio), giorni di navigazione (in ordinata), potenza installata (in ascissa)

Nella tabella sotto sono riportati i risultati semplificati per categoria senza valorizzazione del numero di navi

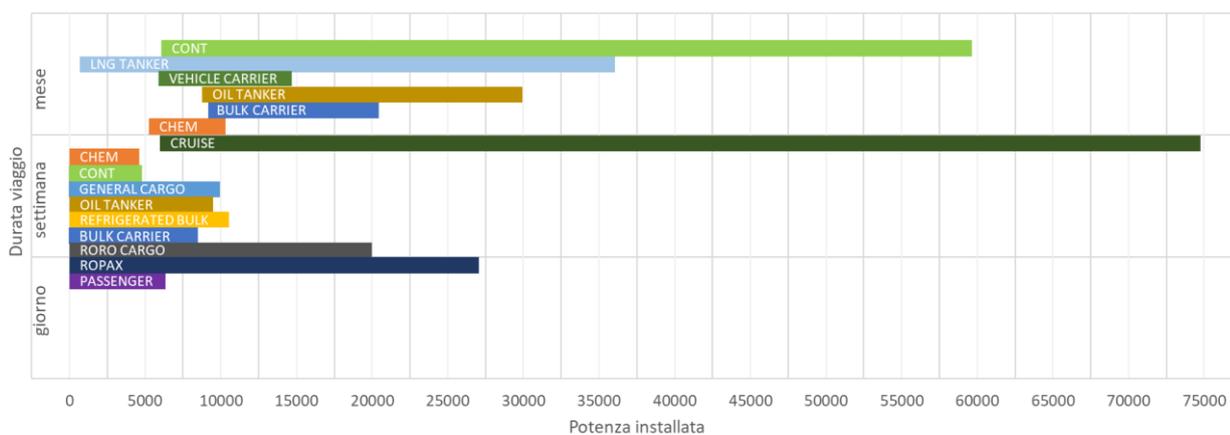


Figura 6-2: Rappresentazione semplificata distribuzione navi per tipologia, navigazione e potenza installata

Allo stesso modo è possibile categorizzare i combustibili in funzione del loro possibile utilizzo in funzione dei giorni di navigazione e della potenza installata a bordo.

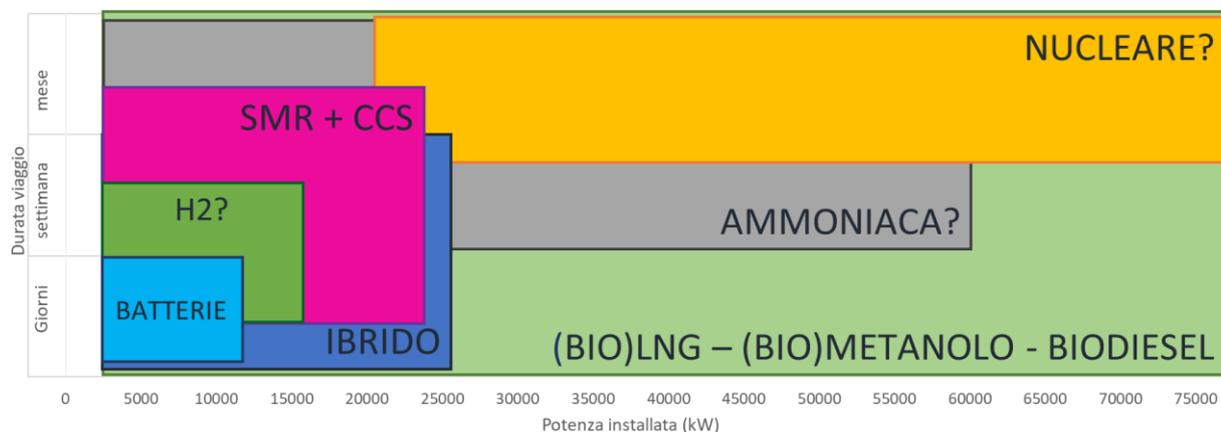


Figura 6-3: Rappresentazione qualitativa combustibili per durata navigazione e potenza installata

Dalla congiunzione delle caratteristiche delle navi e dei combustibili, è possibile fare alcune proiezioni come segue per quanto attiene alle nuove costruzioni:

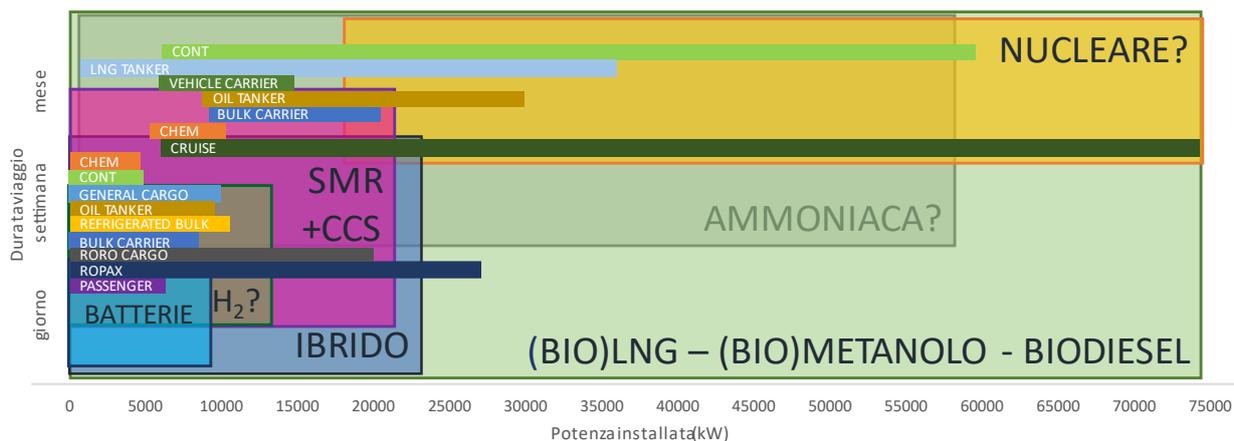


Figura 6-4: Combinazione combustibile e tipo nave per principali caratteristiche

- Navi da crociera in navigazione su rotazione settimanale con grande potenza installata a bordo, ci si aspetta una graduale adozione di LNG (disponibile fossile, prossimamente bio) per poi passare a metanolo bio e in ultimo possibile adozione del nucleare (fermo restando che tanto c'è da fare ai fini di pervenire ad una accettabilità sociale di tale tecnologia)
- Settore portacontainer di linea su lunghe distanze potrebbe seguire lo stesso percorso delle navi da crociera avendo caratteristiche similari di potenza installata
- Navi passeggeri a corto raggio stanno già vedendo una conversione a LNG per poi iniziare l'elettrificazione con batterie, anche se molto dipenderà dall'evoluzione del costo dell'energia
- Navi roro da carico per medie e lunghe percorrenze potrebbero trainare lo sviluppo della propulsione ibrida con batterie e combustibili alternativi
- Navi da carico tramp vedranno una graduale conversione a LNG per poi valutare anche soluzioni di steam reformer con cattura della CO₂ per la produzione di idrogeno a bordo
- Tutte le altre tipologie di navi vedranno l'utilizzo di combustibili alternativi drop-in come i biodiesel con introduzione dell'elettrico per navi impegnate in brevi percorrenze
- Non è da escludere infine che prenda piede anche utilizzo della cattura della CO₂ per navi piccole e medio piccole caratterizzate da potenze installate non eccessivamente elevate e che prevedano

utilizzo di fuel cell tipo MCFC che funzionano da concentratori di CO₂ rendendo il processo energeticamente più vantaggioso

Tenuto conto che il panorama dei fuel futuri, soprattutto in un lasso temporale da dieci anni in avanti, benché non del tutto definito, non esclude la possibilità di sviluppo di combustibili di sintesi quali l'e-metanolo e l'e-ammoniaca, è importante che non vi siano barriere alla ricerca, allo sviluppo, alla produzione e distribuzione di tali combustibili anche a livello nazionale, anche per mantenere un adeguato livello di competitività della flotta nazionale.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i Membri del Comitato RINA per la Decarbonizzazione che hanno partecipato alla riunione del 13 luglio scorso ed in particolare le Società e Associazioni di appartenenza dei Membri che hanno fornito il loro contributo alla preparazione di questo documento:

Il Chairman del Comitato:

Dott. Salvatore d'Amico, Fleet Director di d'Amico Società di Navigazione S.p.A.

I partecipanti delle Società e Associazioni che hanno contribuito con commenti (in ordine alfabetico):

- Alphatrading
- Assarmatori
- Confitarma
- Ecospray
- Fincantieri
- Fratelli d'Amico Armatori
- Grimaldi Group
- Naos ship & boat design
- Rosetti Marino

I colleghi di RINA SERVICES SPA:

- Ing. Giovanna Carosi
- Ing. Andrea Cogliolo
- Ing. Maria Garbarini