

## Green shipping for green world

*Andrea Alagia, Fiammetta Della Pietra, Eugenia Anna Gesuito,  
Salvatore Pistone*

IPE Working Paper

N. 12

Settembre 20, 2017

ISSN ISSN 2284-1229

# Green Shipping for Green World

*Andrea Alagia  
Fiammetta Della Pietra  
Eugenia Anna Gesuito  
Salvatore Pistone*

## **Abstract**

Il presente lavoro, sviluppato grazie alla collaborazione con la società di investimento Venice Shipping and Logistics, mira a valutare l'impatto economico e finanziario dell'applicazione di devices specifici, denominati Scrubbers, finalizzata alla neutralizzazione o attenuazione degli effetti legati alle emissioni inquinanti prodotte dalla navigazione. La prima fase dell'elaborato è caratterizzata da uno studio dello scenario attuale, attraverso l'analisi delle possibili alternative presenti sul mercato, che consentono di rispettare i limiti alle emissioni di zolfo, prescritti dalle normative elaborate dalla Comunità Europea, e dall'IMO a livello internazionale. Nella seconda parte, la valutazione economica e finanziaria, è applicata a due tipologie di navi tanker, denominate MR Tanker "Tradizionale" e MR Tanker "Eco design", considerando sia la possibilità di installare scrubbers a bordo che riducono le emissioni inquinanti sia la possibilità di utilizzare un carburante alternativo, con un contenuto di zolfo già conforme alla normativa, intervenendo sulla nave. L'analisi di sensitività ha evidenziato valori di IRR (Tasso Interno di Rendimento) dell'investimento molto diversi, in base alle variazioni del carburante e della tipologia di nave considerata. Si è, infine, rivolta l'attenzione verso la possibilità di utilizzare, quale carburante, il Gas Naturale Liquefatto (GNL), con un'analisi delle esistenti opportunità e delle possibili problematiche legate all'utilizzo di tale combustibile sulle rotte nazionali ed internazionali.

## **Abstract**

This work, developed in collaboration with Venice Shipping and Logistics, aims to evaluate the economic and financial impact from the implementation of specific devices, named Scrubbers, directed to neutralize or attenuate the effects connected to the pollution caused from the navigation. The first phase of the work was characterized by an overview, through the possible alternatives currently on the market, that allow to comply the limits to the emissions, required by the EU and IMO regulations. In the second part, the economic and financial evaluation, based on two types of tankers, named MR Tanker "tradizionale" and MR Tanker "Eco design", and considering both the possibility to install scrubbers on board, reducing the pollution; and, retrofitting the ship, the possibility to use an alternative fuel, with low sulphur content, already complying the regulations. The sensitivity analysis showed very different values of IRR (Internal Rate of Return), depending on the bunker's price variations and on the type of ship considered. It was, finally, direct the attention to the possibility to make use, as fuel, of the Liquefied Natural Gas (LNG), analyzing the existing opportunities and the set of problems connected to this propellant on the national or international routes.

# 1. Introduzione

Nel mondo dello shipping le normative in materia ambientale, soprattutto sui carburanti, stanno diventando sempre più stringenti.

L'IMO, con la Convenzione MARPOL, ha stabilito drastiche riduzioni alle emissioni di SO<sub>x</sub> (Ossido di zolfo) e NO<sub>x</sub> (Nitrossido), prodotte dalle navi durante i loro viaggi.

Per adeguarsi a tali vincoli, gli armatori hanno tre possibilità:

- utilizzare carburante a basso contenuto di zolfo (es. Gasoil o MGO), che comporta un aumento nel costo del bunker;
- modificare le navi per utilizzare carburante a basso contenuto di zolfo, come il GNL;
- investire negli Scrubber, così da poter continuare ad utilizzare "carburante pesante", che eccede il limite dello 0,5% alle emissioni di zolfo, ottimizzando l'investimento attraverso il risparmio sul prezzo del carburante. Gli scrubber, inoltre, offrono la possibilità di poter essere installati sia sulle navi più vecchie, con una vita utile limitata, sia di essere già predisposti sulle Newbuilt.

Da un punto di vista tecnico, risulta necessario anche analizzare la situazione concernente la produzione di carburante: le raffinerie saranno costrette a modificare i processi produttivi per poter garantire al mercato adeguate quantità di carburante conforme ai nuovi limiti alle emissioni di zolfo. Tutto ciò comporterà un aumento dei costi legati alla nuova configurazione operativa, così da adeguare l'offerta alla domanda: tuttavia, sussiste il timore che le raffinerie non siano in grado di allinearsi alle nuove necessità, e che per il 2020 possa crearsi un vuoto nell'offerta di carburanti conformi ai limiti MARPOL.

Si stima una crescita dell'1,6% della domanda di petrolio e una produzione di 97.7 milioni di BPD (Barrels Per Day). Il Nord America mantiene stabile la propria domanda di petrolio, ma sono le regioni asiatiche (NON OCSE) la forza trainante della crescita della domanda globale. Inoltre, risulta certa la riduzione nella produzione di petrolio greggio prodotto nei paesi OPEC e non OPEC.

In tema di carburanti meno inquinanti, appare necessario un tempo oltre il 2020 per intraprendere ulteriori attività di ricerca e sviluppo, che rendano le tecnologie delle navi più avanzate e adeguino i costi delle soluzioni alle caratteristiche del mercato shipping.

Se ci si pone nella prospettiva delle società armatoriali, vi sono tre soluzioni possibili per adeguarsi ai limiti imposti dall'International Maritime Organization:

- Installare scrubbers, che riducono lo zolfo prodotto dai gas di scarico e consentono di continuare ad utilizzare carburante ad alto contenuto di zolfo, ma meno costoso. L'installazione di tali dispositivi, tuttavia, presenta delle complessità di tipo tecnico-organizzativo, in termini di impatto strutturale sulla stabilità della nave, con conseguente riduzione dello spazio e della capacità di carico. Per le navi con motori più piccoli, inoltre, gli scrubbers potrebbero ridurre la potenza dei motori e non garantire un'efficacia dal punto di vista dei costi.
- Utilizzare carburanti compatibili con il limite dello 0,5% di emissioni di zolfo, come l'MGO. Tale soluzione comporta, però, un impatto negativo sui bilanci delle società armatoriali, dato che il costo di tale carburante risulta essere superiore al classico IFO. Inoltre, eventuali carenze nella produzione delle raffinerie in risposta all'aumento della domanda, potrebbe comportare un ulteriore aumento del divario in termini di costo tra IFO e MGO.
- Apportare delle modifiche alle navi, così da poter utilizzare carburanti alternativi quali: GNL, METANOLO, BIOFUELS, LPG, ETERE DIMETILICO (DME). L'opzione maggiormente presa in considerazione risulta essere il GNL; soluzione, tuttavia, non risolutiva perché attualmente non supportata, a livello globale, da adeguate infrastrutture e dalla necessità di maggiori spazi a bordo delle navi per l'installazione dei serbatoi criogenici che comporterebbe la riduzione dello spazio di carico.

In conclusione, gli armatori, nell'esigenza di adeguarsi ai limiti imposti dalle normative ambientali, dovranno tenere in considerazione quattro variabili chiave:

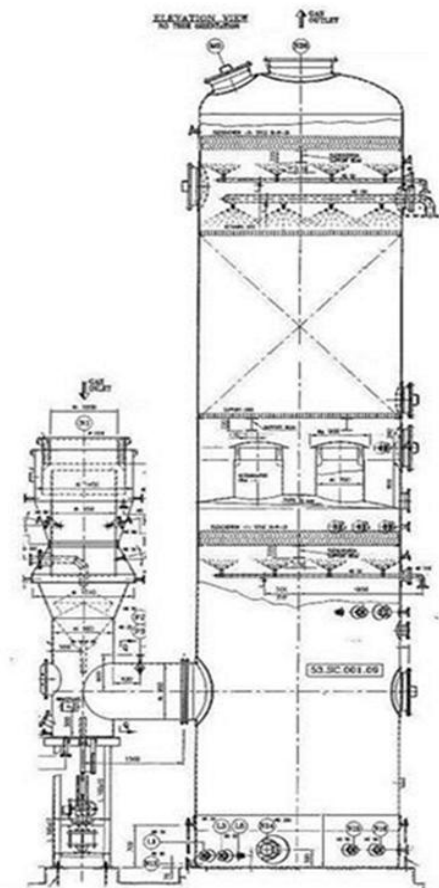
- la vita utile operativa della nave, in rapporto ai costi aggiuntivi necessari per gli investimenti in termini di adeguamento dei motori, nell'eventualità sia di installazione degli scrubbers sia di utilizzo di carburanti alternativi: navi più vecchie potrebbero non consentire il recupero dei costi associati all'investimento e quindi incrementare gli incentivi allo scrap delle stesse;
- le aree commerciali delle navi e le limitazioni dei singoli paesi;
- valutare le differenze in termini di costo del bunker, tra carburante ad alto contenuto di zolfo compatibile con l'utilizzo degli scrubber, e le varie tipologie di carburanti conformi (MGO);
- la suddivisione degli incentivi tra armatori e noleggiatori, in modo da comprendere su chi ricade il costo legato alla scelta della tipologia di carburante utilizzato a bordo.

Se manca un noleggio a lungo termine, oppure nel caso in cui l'armatore operi con le proprie navi, l'investimento in scrubbers potrebbe risultare non conveniente in termini di ritorno economico.

Ad oggi il settore dello shipping sta attraversando un momento di staticità ed attesa: con l'avvicinarsi del 2020 i possibili scenari risulteranno più chiari, sia nella scelta tra i possibili carburanti alternativi e l'utilizzo degli scrubbers, sia per quanto concerne le modifiche legate ai nuovi limiti imposti dalle normative internazionali.

## 2. Definizione e funzioni d'uso dello Scrubber

Il tema della "sostenibilità ambientale" ha assunto un valore sempre crescente nel mondo



Fonte [http://www.sema2.com/scrubbers\\_navali.html](http://www.sema2.com/scrubbers_navali.html)

dello shipping. La sfida attuale è rappresentata dal riuscire a navigare, rispettando l'ambiente e contenendo le emissioni inquinanti, attraverso il giusto mix di risorse economiche e

Figura 1

tecnologiche a disposizione degli Armatori. Uno degli strumenti per poter ottenere una gestione economicamente efficiente nel rispetto delle normative ambientali, è lo Scrubber.

Il termine “Scrubber”, dalla lingua inglese, può essere inteso con il significato di “spugna”, ovvero di un oggetto utilizzato per “assorbire”: è per tale motivo che viene così chiamato l’impianto di depurazione dei gas di scarico prodotti dalla combustione di carburante fossile da parte delle navi ed immesso nell’ambiente.

Nel dettaglio, lo scrubber è in grado di “abbattere la concentrazione di sostanze presenti in una corrente gassosa, solitamente polveri e microinquinanti acidi, che prevede l’uso di un liquido (generalmente acqua o una soluzione acquosa contenente un additivo) per la separazione di polveri, gas e vapori dai fumi di scarico del fumaiolo. Questo sistema permette di abbattere il 97% delle emissioni di anidride solforosa generate dai motori diesel delle navi”<sup>1</sup>. E’ possibile schematizzare il principio di funzionamento in due parti:

- “un tubo di Venturi, nel quale vengono introdotti la corrente gassosa da lavare ed il liquido assorbitore;
- una colonna a riempimento, nella quale i gas in risalita si liberano dal liquido trascinato”<sup>2</sup>.

La scelta di adottare tale tecnologia ha una duplice ragione: da un lato consente agli Armatori di svolgere la loro attività nel rispetto dell’ambiente, generando un valore aggiunto; dall’altro consente alle navi di essere conformi alle stringenti normative europee e internazionali in tema di tutela ambientale e inquinamento. Nonostante vi siano tecnologie alternative<sup>3</sup> per la riduzione delle emissioni inquinanti, lo scrubber rappresenta attualmente l’unica soluzione in grado di funzionare a bordo in maniera autonoma, senza la necessità di adeguare a diverse esigenze le già esistenti strutture portuali del Mediterraneo, che risultano ancora arretrate nell’utilizzo di fonti di energia rinnovabile per l’alimentazione delle navi. Un ulteriore vantaggio legato all’utilizzo dello scrubber è che risulta essere una soluzione adattabile a tutte

---

<sup>1</sup> <http://www.themeditelegraph.it/it/shipping/cruise-and-ferries/2015/12/22/scrubber-patto-fincantieri-msc-crociere-RSZTgI5k4cFoG3llRzdgNJ/index.html>

<sup>2</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Scrubber>

<sup>3</sup> Le principali forme tecnologiche che consentono bassi livelli di impatto ambientale sono due: le navi ad alimentazione ibrida MDO/LNG e le banchine portuali elettrificate (cd. “ColdIroning” in modo da poter sostituire la funzione dei motori diesel durante le soste in porto agganciando la nave a gruppi elettrogeni).

Ulteriori tecnologie applicabili sono: LSMGO, METANOLO, BIOFUEL.

le tipologie di navi, sia quelle di nuova costruzione che quelle da convertire. Esistono diverse tipologie di scrubber:

- Open Loop Scrubber: l'acqua di mare (alcalina per natura) viene spruzzata sui gas di scarico che entrano nello scrubber, mentre l'acqua di lavaggio viene trattata prima di essere scaricata in mare.
- Closed Loop Scrubber: l'acqua, prima di essere spruzzata sul gas di scarico che attraversa lo scrubber, viene mescolata alla soda caustica (NaOH), neutralizzando l'ossido di zolfo (SO<sub>x</sub>). L'acqua può essere rimessa in circolo, e soltanto una piccola quantità viene reimpressa in mare: qualora lo scarico non sia permesso, l'acqua di lavaggio può essere raccolta in serbatoi temporanei.
- Hybrid Scrubber: generalmente più costosi, possono operare sia come Open Loop che come Closed Loop Scrubber.

Il costo di ogni scrubber è 2.000.000\$, con un ulteriore costo annuo per la manutenzione di 20.000\$. Il costo dell'investimento è ammortizzabile in un anno (specialmente per le navi che svolgono la loro attività nelle aree ECA).

Per quanto concerne il ritorno dell'investimento, si stima che i motori sopra i 5 MW, che utilizzano scrubber, sono poco efficaci da un punto di vista dei costi; per i motori tra i 5 e i 20 MW si ha un miglioramento in termini di efficientamento dei costi; mentre l'utilizzo dello scrubber risulta assolutamente efficace in termini di costi per i motori oltre i 20 MW e per le newbuild.

Infine, i più importanti fornitori, a livello globale, di dispositivi scrubbers sono: ALFA LAVAL, WARTSILA, BELCO MARINE, YARA MARINE (ex Green Tech Marine)<sup>4</sup>.

Sotto il profilo normativo, le leggi in materia ambientale risultano essere sempre più stringenti, soprattutto per le zone SECA o ECA: "si tratta di particolari aree (SO<sub>x</sub>Emission Control Area) in cui vengono applicati dei limiti per le emissioni di solfati nell'atmosfera, e quindi per i contenuti di zolfo dei combustibili impiegati, più severi rispetto ai limiti applicati globalmente"<sup>5</sup>.

Le aree interessate sono: Mar Baltico, Mare del Nord, Canale della Manica, coste Statunitensi e Canadesi, alcune aree dei Caraibi. In queste zone, le leggi vietano l'utilizzo del combustibile IFO380, perché non abbastanza raffinato e con alti livelli di impurità e di zolfo.

---

<sup>4</sup> <http://www.ship2shore.it/it/shipping/gli-armatori-preferiscono-gli-scrubber-56899.htm>

<sup>5</sup> <http://www.consar.net/sox.html>

Le limitazioni possono essere suddivise in due gruppi, quelle globali e quelle specifiche per le aree SECA:

- Limitazioni globali (dal 3,50% in vigore il 1° Gennaio 2012 allo 0,50% imposto a partire dal 1° Gennaio 2020): siccome dal 2020 entrerà in vigore il limite alle emissioni dello 0.5%, potrebbe presentarsi il problema dell'incapacità, da parte delle raffinerie mondiali, di soddisfare l'incremento della domanda di carburante "pulito". Inoltre, il prezzo dei combustibili distillati, possibile alternativa, risulta essere più elevato: ad esempio, l'MGO presenta costi più elevati rispetto all'IFO380, con la differenza che quest'ultimo può essere comunque utilizzato con lo scrubber, ottenendo il medesimo risultato dei carburanti con già un basso contenuto di zolfo. Traducendo tale affermazione in numeri, è possibile affermare che "a Rotterdam p.e. l'IFO380 costa 532 dollari la tonnellata, l'MGO 788; a New York rispettivamente 560 e 909 dollari"<sup>6</sup>;
- Limitazioni aree SECA: 1% a partire dal 1° Luglio 2010 e 0,10% a partire dal 1° Gennaio 2015.

"Gli scrubbers, applicati ai condotti di scarico, consentono una riduzione degli inquinanti, in particolare l'SOx del 100% e del particolato dell'80% circa"<sup>7</sup>.

Lo scrubber, pertanto, rappresenta una tecnologia in grado di conciliare le risorse finanziarie da investire con i limiti normativi sulle emissioni inquinanti, essendo un dispositivo con costi di gestione e manutenzione contenuti e dimensioni ridotte, facilmente collegabile ai condotti di scarico. Ulteriori vantaggi sono relativi all'utilizzo dei combustibili distillati (MGO, MDO), indipendentemente dal loro contenuto di zolfo e dal risparmio ottenuto grazie all'utilizzo di HFO in porto, sia per i motori ausiliari che lo consentono che per le caldaie. Inoltre, sono previste possibilità di up-grading (modularità) che consentono una flessibilità di impiego e di efficienza per far fronte a normative ancora più stringenti. Il sistema può essere agevolmente installato in retro-fitting (in banchina), anche tramite una implementazione/installazione graduale"<sup>8</sup>.

In conclusione, è possibile affermare che la possibilità, offerta dallo scrubber, di utilizzare come combustibile l'IFO 380, che ha elevato contenuto di zolfo ma un costo ridotto, consente

---

<sup>6</sup> <https://forum.crociéristi.it/showthread.php/36803-Lo-Scrubber>

<sup>7</sup> [http://www.sema2.com/scrubbers\\_navali.html](http://www.sema2.com/scrubbers_navali.html)

<sup>8</sup> <https://forum.crociéristi.it/showthread.php/36803-Lo-Scrubber>



di ottenerlo stesso risultato che si realizzerebbe attraverso l'impiego di combustibili come l'MDO oppure l'MGO<sup>9</sup>che, a dispetto di un più basso contenuto di zolfo, presentano: costi più elevati, una possibile difficoltà nel reperimento degli stessi sul mercato e l'esigenza di avere a bordo serbatoi per lo stoccaggio che potrebbero sottrarre spazio al carico pagante. La convenienza all'utilizzo degli scrubbers, sia da un punto di vista economico e strutturale che legata al rispetto delle imposizioni di tipo normativo attuali e future, è destinata a crescere nel tempo, passando dall'essere una scelta ad un obbligo di adeguamento.

### **3.Valutazione economica finanziaria**

Il presente elaborato realizza una valutazione dell'impatto economico-finanziario, attraverso uno studio di fattibilità che compara l'impiego di scrubbers, finalizzati a neutralizzare o attenuare gli effetti inquinanti continuando a bruciare combustibile ad alto contenuto di zolfo (IFO380), con l'impiego di "MGO adjusted", ovvero di un carburante a basso contenuto di zolfo. L'attuale normativa internazionale (IMO-MARPOL) prevede che:

- dal 18/04/2015, in Acque Territoriali ZES (Zone Economiche Esclusive) e ZPE (Zone di Protezione Ecologica), il contenuto di zolfo dovrà essere pari a 3,5%;
- dal 1/01/2020, in tutte le aree sotto la giurisdizione CEE, il contenuto dovrà ulteriormente scendere, ad un valore massimo di 0,50%;
- per le navi Pax, che fanno servizio di linea tra Porti Comunitari e che transitano per le ZPE italiane, tale contenuto dovrà essere al massimo dell'1,5%
- per le Aree SECA già esistenti (Canale della Manica, Mar Baltico, Mar del Nord), a partire dal 1/2015 il massimo tenore di zolfo ammesso è passato dall' 1% allo 0,10%.

Vengono qui confrontate due tipologie di navi (MR TANKER 50.000 DWT), utilizzando come driver potenza motori/BHP: una MR Tanker "Eco Design" e una MR Tanker "Tradizionale" (sotto la tabella con la descrizione delle unità principali).

---

<sup>9</sup> Il Marine Gasoil a basso contenuto di zolfo viene scelto principalmente dalle compagnie navali che si occupano di trasporto di merce alla rinfusa e con container.

Type	Built	DWT	Main Engine	NCR - Nominal Continuous rating	FOC - Fuel Oil Consumption	FOC - Fuel Oil Consumption Steady state	MCR - Maximum Continuous Rating
Eco Design	2014	50.000	Hyundai - B & W 6G50ME - B9.3	14,5 knots	21,5 MT / day	6,3 MT / day	7.180 mkw x 87,1 rpm
Tradizionale	2011	50.000	MAN B & W 6550MC - C8.2 -2	14,5 knots	26 MT / day	6,3 MT / day	9,960 mkw x 127 rpm

Tabella 1

Si allega, inoltre, un report con lo storico del prezzo del combustibile IFO380, per la navigazione in mare aperto, e del combustibile MGO per la navigazione di cabotaggio e/o in avvicinamento alle aree portuali.

E' stato ipotizzato che le navi in oggetto trascorrono in navigazione 201 gg., in porto 74 gg. e/o in ancoraggio 88 gg., rappresentanti rispettivamente il 55%, il 20,47% e il 24,25% del tempo di esercizio. Infine, si è supposto che le navi subiscano ogni 2,5 anni un intervento chiamato "intermedia", con circa 5 giorni di stop, ed un intervento ogni 5 anni, chiamato "speciale", in dry dock e con 10 giorni di stop. In ipotesi di installazione degli scrubbers, le MR continueranno a bruciare IFO380; al contrario, nel caso di non installazione, le unità (a partire dal 1/1/2020) inizieranno a bruciare un nuovo combustibile eco sostenibile, al momento non ancora in commercio: si è, pertanto, deciso di utilizzare convenzionalmente l' "MGO adjusted", con un valore pari a 415,00 USD, facendo riferimento all'indice di prezzo della prima decade di giugno ([www.bunkerindex.com](http://www.bunkerindex.com)) ed inserendo un minimo di inflazione sul costo del bunker per la durata della valutazione.

Drivers dry dock			Anno bisestile		intervento Intermedia		intervento Speciale	
gg. in ancoraggio	88,5	24,25%	88,7	24,25%	91,2	24,93%	93,7	25,61%
gg. in porto	74,7	20,47%	74,9	20,47%	77,4	21,15%	79,9	21,83%
gg. in navigazione	201,8	55,29%	202,4	55,29%	197,4	53,92%	192,4	52,56%
	365	100%	366	100%	366	100%	366	100%

Tabella 2

Nel caso di applicazione degli scrubbers è stato calcolato l'IRR. Sono state, quindi, analizzate le 2 navi, effettuando una valutazione finanziaria che tiene in considerazione la differenza di costi, sia nel caso di investimento in scrubber (2 milioni di dollari) con una manutenzione pari a 20 mila dollari all'anno, un prezzo dell'IFO380 di 296,00 USD ([www.bunkerindex.com](http://www.bunkerindex.com)) ed un tasso di inflazione dell'1,25% nel corso dei 20 anni di vita utile; sia nel caso di non installazione dello scrubber e conseguente impiego di carburante a basso contenuto di zolfo ("MGO adjusted"), utilizzato dalla nave in modo continuato ed in qualsiasi zona.

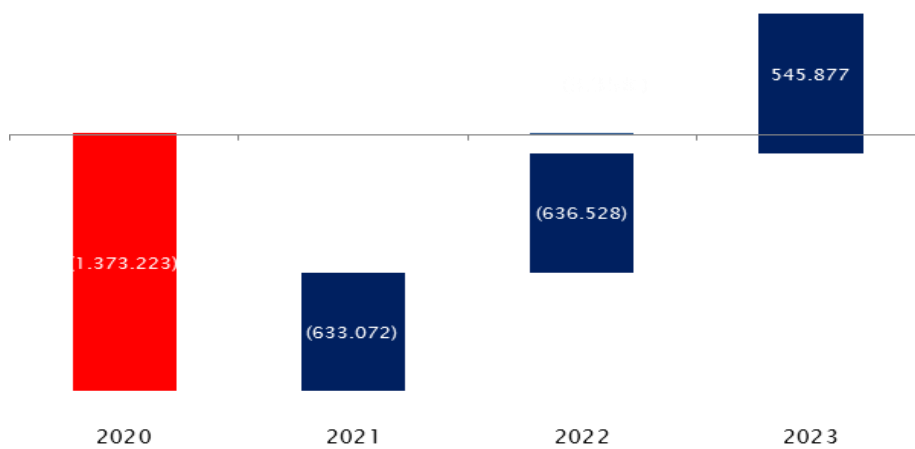


Figura 2

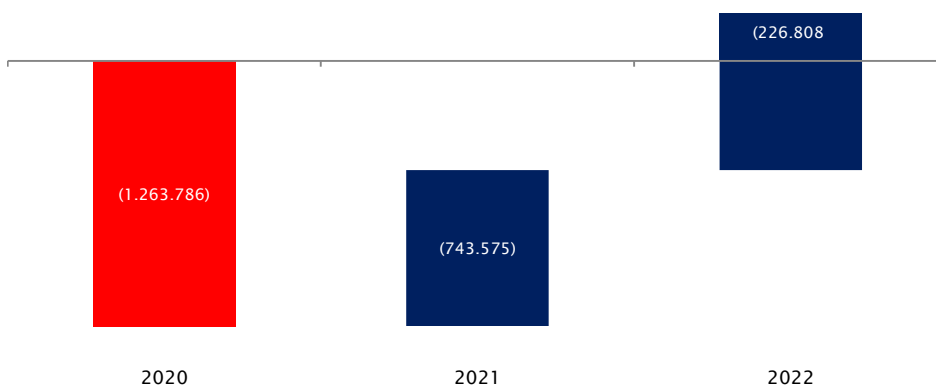


Figura 3

Dall'analisi effettuata, sviluppando il modello dal 2020 fino a vita utile (2034) della nave, emerge che l'installazione del cosiddetto sistema degli "scrubbers", e quindi l'utilizzo di combustibile ad alto contenuto di zolfo (IFO380), risulta più conveniente rispetto all'utilizzo del combustibile meno inquinante "MGO adjusted", nonostante l'installazione del sistema richieda un'ingente spesa iniziale per l'installazione a bordo ed il sostenimento di costi annuali per la manutenzione.

Nel caso della MR Tanker "Eco design", proiettando nel tempo l'analisi, risulta che l'investimento sarà recuperato a partire dal 2023.

Nel 2020 registreremo un saldo negativo di -1.373.223 \$; nel 2021 di -740.152 \$ (-1.373.223 USD + 633.072 USD); nel 2022 di -103.624 \$ (-740.152 USD + 636.528 USD); infine, nel 2023 avremo un saldo positivo di +545.877 \$, come evidenziato dal grafico del pay-back, mentre l'IRR di fine periodo (2034) avrà un valore pari a 47,02%.

Considerando, invece, la MR Tanker "Tradizionale" e proiettandone l'analisi nel tempo, risulta che l'investimento sarà recuperato a partire dal 2022.

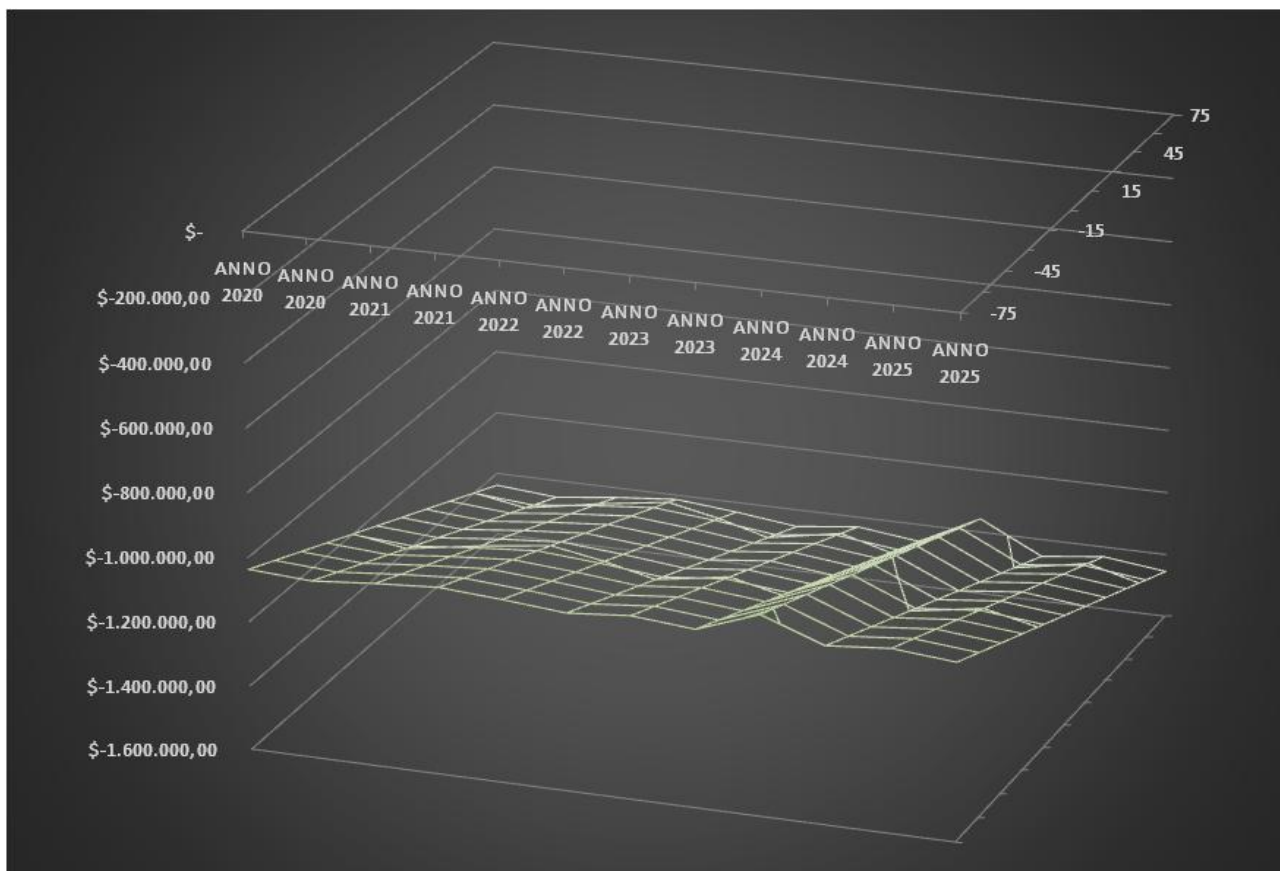


Grafico 1

Nel 2020 registreremo un saldo negativo di -1.263.786 \$; nel 2021 di -520.211 \$ (- 1.263.786 USD + 743.575 USD); nel 2022 avremo un saldo positivo di 226.808 \$. Come emerge dal grafico di pay-back, l'IRR di fine periodo (2034) sarà pari a 59,86%.

E' stata, inoltre, analizzata una previsione dell'oscillazione del MGO adjusted nel corso della vita utile della nave, attraverso l'elaborazione di un grafico tridimensionale: sull'asse delle ascisse sono rappresentati gli anni (dal 2020 al 2025); sull'asse delle ordinate il maggior risparmio; sulla retta, che rappresenta la profondità, è indicata l'oscillazione ipotetica del prezzo dell'MGO adjusted derivante dalla previsione (variabilità di +/- 15 USD).

E' pertanto, possibile concludere che:

ipotizzando come fisso il prezzo dell'IFO380; come valore di x il prezzo dell'MGO adjusted e come  $n=15$  \$, se il prezzo dell'MGO crescesse di  $+(n*5)$  \$ rispetto alla quotazione attuale, sarebbe possibile iniziare a recuperare l'investimento nella prima metà del 2021. Al contrario, se lo stesso prezzo si riducesse rispetto alla quotazione attuale di  $(n*5)$ , l'investimento sarà recuperato a fine 2024. Alla luce di tali considerazioni, appare conveniente utilizzare lo scrubber fino a che il prezzo dell'MGO presenti una variabilità di  $[x + (n*5)]$ , rendendo fattibile l'investimento proposto.

Se il prezzo dell'MGO adjusted dovesse ridursi di circa il 30% rispetto al suo prezzo attuale, in considerazione della suddetta ipotesi, risulterebbe non più conveniente adottare uno scrubber e continuare a bruciare carburante IFO380, rendendo, al contrario, più profittevole l'investimento in un carburante a basso contenuto di zolfo, come l'MGO adjusted.

### 3.1 Analisi di sensitività

Per Analisi di Sensitività (Sensitivity Analysis) si intende quel processo attraverso il quale è possibile studiare la variazione della risposta di un modello (output) al variare di uno o più fattori di input (parametri e/o variabili).

Nel nostro caso, i parametri presi in esame sono:

#### INPUT

- prezzo del bunker (IFO 380)= 296,30 USD
- -costo dello scrubber= 2.000.000 USD

## OUTPUT

- IRR

Si consideri come "Caso Base" un costo dello scrubber di 2.000.000 USD ed il prezzo dell'IFO380 pari a 296,30 USD, al quale, nella valutazione economico-finanziaria, è stato applicato un tasso d'inflazione pari all'1,25%. In base ai valori indicati in precedenza e facendo riferimento ad un periodo compreso tra il 2020 e il 2034, è possibile determinare un IRR del 47,02% nel caso di una MR TANKER "eco-ship" con scrubber, e un IRR del 62,4% per una MR TANKER "tradizionale".

L'analisi assegna ad ognuna delle sopracitate variabili-input 10 valori totali, oltre il caso base, determinati considerando una variabilità dello 0,05%, sia per l'IFO380 che per il costo dello scrubber: tenuto presente l'andamento del prezzo del bunker (IFO380), è possibile notare che dal 2002 ad oggi si è avuto un incremento del prezzo di circa il 150%, con un andamento che risulta non costante nel tempo. Questa analisi consente di valutare in che misura l'incertezza che circonda ognuna delle variabili indipendenti possa influenzare il valore assunto dalla base della valutazione (IRR). Ponendo l'attenzione, più nello specifico, ai due diversi casi considerati:

MR TANKER "eco-ship": partendo dal "caso base" e con un IRR del 47,02%, è possibile notare che se aumentano allo stesso tempo il prezzo del bunker di circa il 25% ed il costo dello scrubber del 47%, l'IRR si ridurrà del 99%, assumendo un valore pari allo 0,15%. Allo stesso modo, se il prezzo dell'IFO380 si riducesse del 25% ed il costo dello scrubber del 37%, l'IRR raggiungerebbe un livello del 308,2%, subendo un incremento del 650%.

47,02%	229,27	241,34	254,04	267,41	281,49	296,30	311,12	326,67	343,00	360,15	378,16
\$1.318.163,05	308,02%	239,60%	188,67%	149,33%	118,06%	92,64%	72,52%	55,41%	40,57%	27,25%	14,46%
\$1.432.785,92	228,21%	185,64%	151,34%	123,15%	99,59%	79,63%	63,27%	48,93%	36,12%	24,28%	12,56%
\$1.557.376,00	178,17%	149,22%	124,62%	103,49%	85,16%	69,10%	55,56%	43,38%	32,20%	21,60%	10,79%
\$1.692.800,00	143,96%	123,07%	104,62%	88,24%	73,60%	60,44%	49,06%	38,57%	28,72%	19,14%	9,13%
\$1.840.000,00	119,18%	103,43%	89,13%	76,09%	64,16%	53,18%	43,49%	34,36%	25,61%	16,89%	7,56%
\$2.000.000,00	100,45%	88,19%	76,81%	66,21%	56,31%	47,02%	38,66%	30,65%	22,79%	14,82%	6,09%
\$2.160.000,00	86,84%	76,90%	67,50%	58,60%	50,16%	42,11%	34,75%	27,57%	20,43%	13,03%	4,79%
\$2.332.800,00	75,79%	67,57%	59,69%	52,13%	44,84%	37,80%	31,26%	24,79%	18,24%	11,36%	3,56%
\$2.519.424,00	66,65%	59,75%	53,06%	46,55%	40,20%	33,98%	28,13%	22,25%	16,22%	9,79%	2,37%
\$2.720.977,92	58,97%	53,11%	47,36%	41,70%	36,12%	30,58%	25,30%	19,93%	14,35%	8,30%	1,24%
\$2.938.656,15	52,45%	47,40%	42,40%	37,44%	32,48%	27,51%	22,71%	17,78%	12,59%	6,90%	0,15%

Tabella 3

MR TANKER "tradizionale": considerando il "caso base" di un IRR del 62,4%, si può notare che se il prezzo del bunker (IFO380) subisse un incremento di circa 25%, e contemporaneamente

il costo dello scrubber aumentasse del 47%, l'IRR si ridurrebbe del 95%, assumendo un valore pari al 3,91%. Allo stesso modo, se si riducessero il prezzo dell'IFO380 del 25% ed il costo dello scrubber del 37%, l'IRR raggiungerebbe un livello dell' 886,13%, con un incremento del proprio valore del 1430%.

62,40%	229,27	241,34	254,04	267,41	281,49	296,30	311,12	325,67	343,00	360,15	378,16
\$ 1.318.163,05	886,13%	528,14%	354,49%	252,07%	184,59%	136,84%	102,83%	76,24%	54,85%	37,04%	21,32%
\$ 1.432.785,92	479,48%	343,01%	255,02%	193,66%	148,47%	113,85%	87,71%	66,32%	48,44%	33,01%	18,88%
\$ 1.557.376,00	320,12%	248,53%	195,54%	154,78%	122,50%	96,32%	75,65%	58,11%	42,95%	29,43%	16,65%
\$ 1.692.800,00	235,32%	191,39%	156,09%	127,14%	102,99%	82,56%	65,84%	51,21%	38,19%	26,24%	14,58%
\$ 1.840.000,00	182,82%	153,21%	128,09%	106,52%	87,83%	71,48%	57,71%	45,33%	34,02%	23,36%	12,67%
\$ 2.000.000,00	147,23%	125,99%	107,25%	90,61%	75,75%	62,40%	50,87%	40,26%	30,34%	20,75%	10,88%
\$ 2.160.000,00	123,30%	107,03%	92,28%	78,87%	66,61%	55,36%	45,45%	36,16%	27,29%	18,54%	9,33%
\$ 2.332.800,00	104,94%	92,11%	80,23%	69,20%	58,94%	49,34%	40,73%	32,52%	24,53%	16,49%	7,87%
\$ 2.519.424,00	90,44%	80,09%	70,33%	61,12%	52,41%	44,13%	36,58%	29,25%	22,01%	14,59%	6,48%
\$ 2.720.977,92	78,73%	70,21%	62,07%	54,28%	46,79%	39,57%	32,89%	26,31%	19,70%	12,82%	5,16%
\$ 2.938.656,15	69,08%	61,97%	55,09%	48,40%	41,90%	35,55%	29,59%	23,64%	17,57%	11,16%	3,91%

Tabella 4

Si può notare che, per entrambi i casi, esiste un rapporto inversamente proporzionale tra il prezzo-bunker/costo-scrubber e l'IRR. Particolare attenzione deve essere posta sul prezzo del bunker, il quale è strettamente legato al prezzo del petrolio. L'impatto dello shock positivo/negativo del prezzo del petrolio sulla crescita economica dipende da diversi fattori, tra loro parzialmente collegati:

- La misura dello shock, analizzabile attraverso le variazioni del prezzo in termini percentuali.
- La persistenza dello shock, ovvero quanto a lungo persiste la condizione di shock sui mercati finanziari.
- La dipendenza, più o meno forte, dell'economia dal petrolio; quindi, se l'economia è più o meno Energy-intensive.
- Le decisioni strategiche dei policy maker; ovverosia, se le politiche monetarie e fiscali, implementate per ridurre gli effetti provocati dallo shock legato all'andamento del prezzo del petrolio, contribuiscano a ridurre le conseguenze negative attribuibili allo shock stesso.

Offerta di petrolio dei Paesi Opec e non Opec e quotazioni del greggio  
(Milioni barili/giorno; variaz. assoluta vs anno precedente)

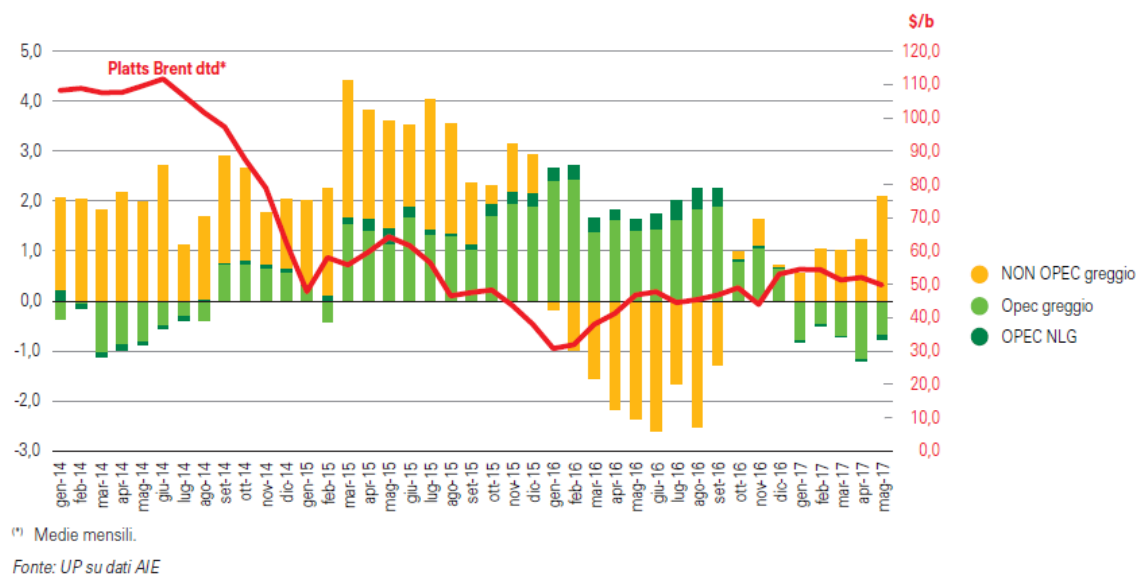


Grafico. 2

Le motivazioni riconducibili alla riduzione dei prezzi di questi mesi con valori minimi intorno ai 48\$/b) sono diverse e riconducibili sia a fattori legati all'offerta che alla domanda. Quest'ultima, inoltre, è da tempo indebolita, sia per la recessione che ha colpito alcuni importanti paesi, in particolare nell'Eurozona e in Giappone, sia per il rallentamento nella crescita di molti paesi emergenti, Cina in primis.

Altro fattore non trascurabile è il trend di lungo periodo che vede la riduzione dell'intensità energetica per la gran parte dei paesi industrializzati (Germania, Francia, Italia, Usa, Giappone) ma anche per quelli emergenti (Cina, India, Brasile, Russia)<sup>10</sup>, per i quali è invece in aumento il consumo pro-capite.

Tuttavia, è il lato dell'offerta che offre i maggiori spunti: l'aumento della produzione americana di shale oil è stato molto rapido, provocando una brusca frenata delle importazioni che ha spiazzato molti dei fornitori del continente americano.

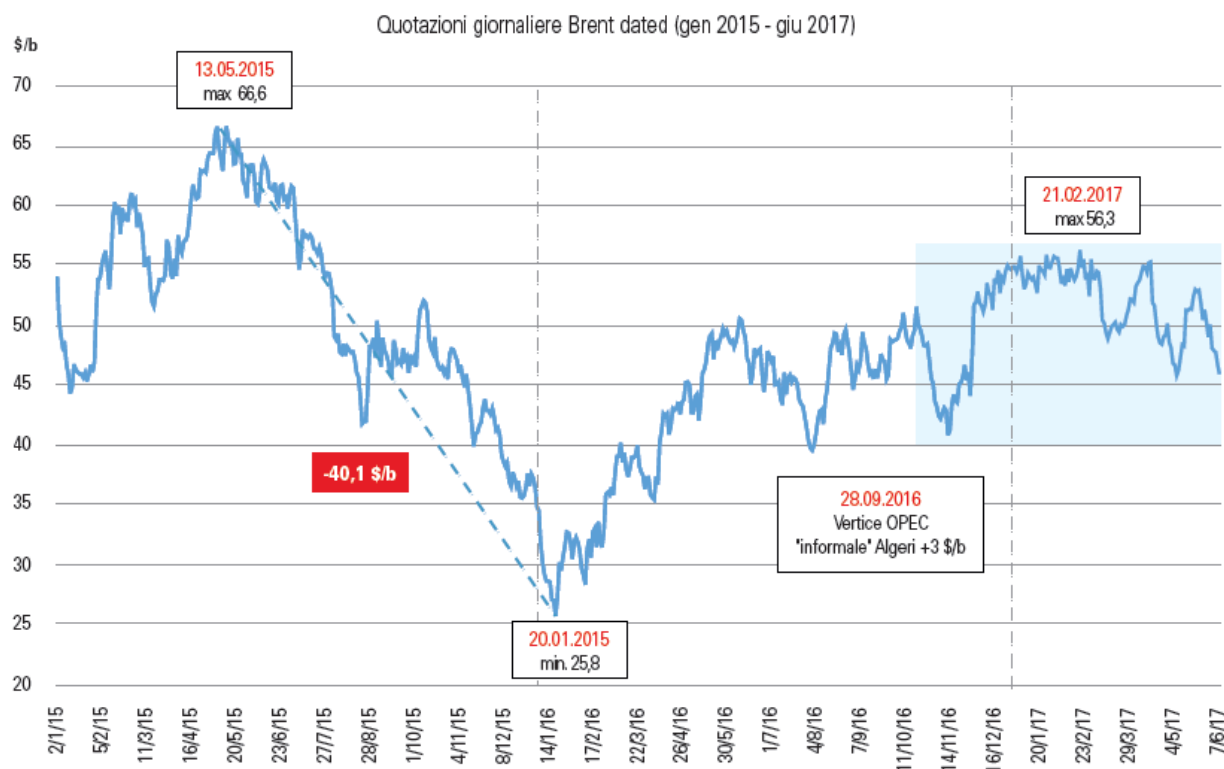
Nonostante il permanere di varie difficoltà per paesi produttori quali Iran, Iraq e Libia, la produzione mondiale risulta essere sistematicamente in eccesso rispetto al consumo, innescando un complesso gioco di strategie, che può assumere molteplici aspetti.

<sup>10</sup> WorldBank



## Quotazioni internazionali

Eventi 2016	20 gennaio	16 febbraio	17 aprile	2 giugno	29 settembre	10 ottobre	30 novembre/ 10 dicembre
	Il prezzo del petrolio cade al minimo di 25,8 \$/b.	Per stabilizzare il prezzo Arabia Saudita e Russia propongono di congelare la produzione sui livelli di febbraio. L'Iran è contrario.	Vertice di Doha. L'Arabia frena sui tagli. Pesa l'assenza dell'Iran che non intende porre un tetto alle estrazioni. Il congelamento fallisce.	Vertice Opec a Vienna: nessun tetto alla produzione.	Accordo fra i Paesi Opec: un taglio alla produzione da finalizzare a novembre.	Putin rilancia l'idea di collaborare con l'Opec per congelare o tagliare la produzione. I prezzi arrivano ai massimi dell'anno.	Formalizzazione dell'accordo per un taglio fino a 1,8 milioni di barili/giorno dal 1° gennaio 2017 entro sei mesi.



Fonte: UP su dati Platts

Grafico 3

Per ritrovare uno scenario simile a quello attuale occorre risalire ai primi anni '80, quando in un contesto di domanda poco brillante si assisté ad un considerevole aumento della produzione globale di petrolio, in prevalenza proveniente dal Mare del Nord. All'epoca l'Arabia Saudita tentò di contenere l'effetto ribassista sui prezzi "chiudendo i rubinetti": una mossa che, tuttavia, non servì ad arrestare il declino delle quotazioni e che ebbe come unico risultato quello di ridimensionare significativamente il peso del leader dell'Opec nello scenario petrolifero globale. Nel 1986, Riyadh abbandonò questa strategia, inondando i mercati di greggio e creando i presupposti per un ritorno dei tassi di crescita della domanda globale su livelli sostenuti nel lungo periodo. Ciò nonostante, non riuscì ad aver ragione dei produttori

del Mare del Nord, che continuarono a produrre per ammortizzare gli ingenti costi fissi. In realtà, gli aderenti al cartello hanno sistematicamente sfornato le quote produttive assegnate, per massimizzare gli introiti: il vero paese “swing”, in grado di cambiare l'intera posizione dell'offerta, è sempre l'Arabia Saudita, un paese che ha i costi di produzione più bassi e un'abbondante capacità produttiva. Spesso il Regno saudita ha aggiustato la propria offerta per sostenere i prezzi mondiali, incassando la perdita di quote nelle fasi di domanda debole. Nello scenario attuale, di fronte all'erosione delle proprie quote di mercato a opera dello shaleoil e consapevole che, nel lungo periodo, il mantenimento di una stance restrittiva avrebbe generato conseguenze simili a quelle osservate negli anni '80, negli ultimi mesi Riyadh non ha esitato ad agire come nel 1986, lanciandosi in una competizione sui prezzi che ha assunto i contorni di una sfida rivolta soprattutto ai produttori nordamericani; ma anche, ad esempio, attraverso la riduzione dei prezzi sui contratti offerti ai clienti soprattutto asiatici, così da spiazzare la pressante concorrenza iraniana. A questo punto l'eccesso di offerta ormai “conclamato” ha iniziato a penalizzare profondamente i corsi petroliferi. L'Arabia Saudita ha una posizione molto forte: oltre ai minori costi, ha una posizione intermedia per il cosiddetto break-even fiscale (il prezzo al quale dovrebbe essere venduto il petrolio per consentire al paese di mantenere il pareggio di bilancio pubblico, continuando a finanziare l'economia tramite i trasferimenti ai livelli correnti), ma ha le più ingenti riserve di valuta e ha quindi la possibilità di reggere i bassi prezzi del petrolio più a lungo di ogni altro paese produttore. Il proposito dell'Arabia di eliminare dal mercato molti operatori, si è reso sempre più chiaro. Anche se, nella scala dei costi di produzione, le nuove tecnologie estrattive non si trovano in una posizione favorevole, una quotazione del petrolio superiore ai 100 Us\$/barile è ancora sufficiente a rendere economicamente convenienti le operazioni estrattive nei giacimenti marginali. Ai livelli attuali, inferiori ai 50 Us\$/barile, una buona parte delle trivelle statunitensi opera in perdita: le più recenti rilevazioni, relative all'attività del settore, mostrano un brusco calo degli investimenti; il che, almeno in prospettiva, sembra mettere gli Stati Uniti nella condizione di dovere restituire quote di produzione all'Arabia Saudita in un non lontano futuro. La storia però ha mostrato, in molteplici occasioni e con le attuali condizioni, come sia probabile una fase di ristrutturazione e accorpamento del settore, con un guadagno di efficienza che potrebbe rendere i costi di estrazione più competitivi rispetto agli attuali, rendendo la produzione profittevole anche per i correnti livelli di prezzo. Per molti altri paesi produttori, sostanzialmente quelli al di fuori della penisola arabica, anche

se i costi di estrazione consentono ancora buoni margini di profitto, diventa cogente il problema del finanziamento all'economia. In molti di questi stati, infatti, il settore pubblico utilizza i proventi petroliferi per finanziare i consumi, gli stipendi dei dipendenti pubblici, o per trasferimenti tesi a sostenere la parte di economia non-oil. Agli attuali livelli di prezzo, il sostegno corrente implicherebbe pesanti deficit, e per molti l'accumulo passato di riserve risulterebbe sufficiente solo per un breve periodo.

	<b>prezzi di breakeven (\$/brl) per il deficit primario (2015)</b>	<b>prezzi di breakeven (\$/brl) per stabilizzare il debito</b>	<b>debito/Pil (%)</b>	<b>riserve/debito pubblico (%)</b>
Kuwait	60	69	11	102.2
Emirati Arabi	64	86	12	17
Qatar	68	80	35	3
Arabia Saudita	83	88	3	35.8
Russia	101	108	10	2.9
Algeria	106	109	9	14.1
Angola	117	145	39	1.9
Iraq	126	136	31	1.3
Iran	133	141	11	3.3
Nigeria	144	182	10	6.6
Libia	185	230	5	

Tabella 5: Relazione fra condizioni fiscali e prezzi del petrolio<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.prometeia.it/financial-advisory/anteo/84/prospettive-prezzo-petrolio>

Diventa, pertanto, plausibile considerare questo come un elemento rilevante per lo sviluppo dei prezzi nei prossimi trimestri, assieme alla considerazione che agli attuali livelli di prezzo diventerebbe verosimile un aumento della domanda inizialmente per stoccaggio, seguita da una spinta alla ripresa dell'economia mondiale. Nei prossimi mesi, i prezzi potrebbero permanere intorno ai livelli attuali, subendo un incremento contenuto per l'effetto simultaneo della driving season americana, di una leggera accelerazione dell'attività mondiale, della contrazione della produzione marginale e di una crescente difficoltà nel mantenimento dei livelli di spesa delle economie esportatrici, che potrebbe ammorbidire la linea finora intransigente dei membri del Cartello. Altresì, non si ritiene vi siano sufficienti ragioni per una crescita molto forte dei prezzi, anche nel medio periodo con una proiezione poco sopra i 70 \$/brl a fine 2017. Tale prezzo può rappresentare un punto di equilibrio, dopo l'uscita dal mercato dell'offerta degli operatori meno efficienti penalizzati dai bassi prezzi, prospettando un moderato aumento della domanda di petrolio, e collocandosi in una posizione che potrebbe mettere l'offerta di shaleoil statunitense nella posizione di assorbire la parte ciclica della domanda.

Naturalmente tale previsione porta con sé un rischio molto elevato, che può essere esemplificato considerando che l'intreccio fra aspetti strategici e tecnico/strutturali sta producendo, nelle analisi pubblicate in questo periodo, un intervallo di previsioni a medio termine che va dai 20 \$/barile (il costo marginale minimo dei migliori produttori) ai 200 dollari: secondo alcuni commentatori, sarebbe invece l'esito di una violenta contrazione degli investimenti, legato all'esiguità dei prezzi correnti che creerebbe una fase di penuria dell'offerta molto pronunciata in una fase di ripresa della domanda nel medio periodo.<sup>12</sup>

Tabella A. Combustibili e inquinamento ambientale				
	emissioni (tonnellate per anno)			
	SOx	NOx	CO <sub>2</sub>	particolato
con carburante LNG	0	31	5.500	0
con HFO a basso tenore di zolfo (LS380 con 1% di zolfo)	50	180	7.250	4

<http://archivio.ingegneri-ca.net/documenti/informazione/info122-e.pdf>

Tabella 6

<sup>12</sup> <http://www.prometeia.it/financial-advisory/anteo/84/prospettive-prezzo-petrolio>

## 4. Gas Naturale Liquefatto (GNL)

Lo sviluppo del Gnl in un mercato energetico maturo rappresenta l'occasione di accelerare il cammino verso la decarbonizzazione richiesta dagli obiettivi Comunitari e per incrementare la diversificazione delle fonti energetiche.

Il GNL rappresenta un combustibile pulito che non contiene zolfo, la cui semplicità molecolare consente una combustione pulita con ridottissimi residui solidi. La penetrazione del GNL nei settori del trasporto, terrestre e marittimo, può realizzare una progressiva sostituzione di prodotti energetici dall'impatto ambientale più consistente, con beneficio in termini di emissioni di gas ad effetto serra, di polveri sottili, di NOx ed SOx.

Le analisi svolte evidenziano, infatti, che l'impiego di GNL in alternativa ai combustibili attuali consente l'azzeramento della SOx prodotta, la drastica riduzione degli NOx (circa il 50% rispetto ai motori diesel), una moderata riduzione della CO2 ed un elevatissimo contenimento del particolato (fino al 90%).

L'utilizzo del GNL nel settore del trasporto marittimo può consentire di raggiungere gli obiettivi di riduzione dell'impatto derivante dalla presenza di zolfo nei carburanti, in linea con gli obiettivi posti dalla direttiva europea 2012/33/UE, recepita in Italia con il D.Lgs. 112/2014.

Il GNL è una miscela di idrocarburi, prevalentemente metano; altri componenti importanti, mediamente presenti, sono alcani quali l'etano, il propano e il butano. Tutti gli idrocarburi più complessi, come i composti di biossido di carbonio e zolfo, vengono rimossi durante la produzione.

Tale miscela deriva, dopo trattamenti di liquefazione per poter essere stoccato e trasportato, dal Gas Naturale (GN), definito come miscela complessa di idrocarburi, composta principalmente da metano, ma che generalmente include, in quantità sensibilmente minori, etano, propano, idrocarburi superiori e alcuni altri gas non combustibili come ad esempio azoto e anidride carbonica.

Per "Small Scale LNG" (o SSLNG) si intende quella modalità attraverso la quale il GNL viene gestito direttamente in forma liquida (rispetto alla rigassificazione operata in terminali dedicati); in tale ambito, i servizi relativi allo SSLNG includono diversi segmenti di una filiera che coinvolge diversi soggetti/operatori. In particolare, i servizi di tipo "Small Scale LNG" possono essere forniti attraverso le seguenti infrastrutture:

- Terminali di rigassificazione
- Navi bunker (bettoline/shuttle), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi locali costieri
- Mini Impianti di liquefazione per la trasformazione allo stato liquido del gas naturale proveniente dalla rete, utilizzati per rifornire autobotti (o ISO container) e/o bettoline/shuttle (se impianti costieri)
- Autobotti (o ISO-container), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi
- Stoccaggi locali, riforniti da autobotti (o ISO-container) e/o bettoline/shuttle (se stoccaggi costieri).

In relazione al contesto di riferimento, la filiera dello SSLNG si è particolarmente sviluppata in Spagna, Norvegia, Regno Unito e Olanda, dove si registra il più alto numero di impianti per la filiera SSLNG.

Secondo l’Agenzia Internazionale per l’Energia (AIE), la domanda di gas naturale al 2040, a livello mondiale, crescerà di oltre il 50%, con forniture che richiederanno sempre più flessibilità per mitigare il rischio di interruzioni nell’approvvigionamento del gas. Il ruolo del GNL è previsto in crescita proprio per la maggiore flessibilità garantita rispetto ai tradizionali flussi via pipeline. Medio Oriente e Pacifico rappresentano rispettivamente il 40% e il 38% (Graf. 4) delle esportazioni mondiali di GNL:

il Qatar è il principale produttore di GNL e copre da solo il 32% delle esportazioni mondiali. Nell’area del Pacifico, i principali esportatori sono Malesia e Australia, entrambi con una quota

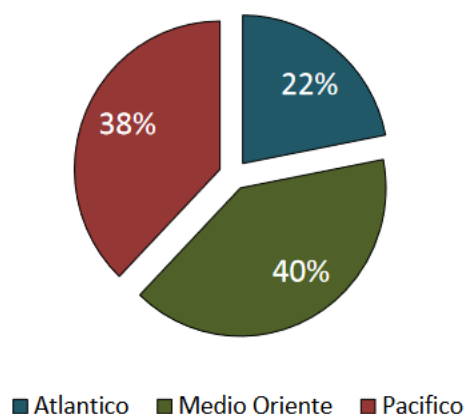


Grafico 4

pari a circa il 10% delle esportazioni mondiali. Il 15% delle esportazioni dal bacino atlantico proviene oggi dall'Africa.

Nei prossimi anni, con l'entrata in esercizio di nuova capacità di liquefazione, soprattutto in Australia e Stati Uniti, aumenterà la competizione sul mercato GNL e una quantità maggiore di volumi si libererà sul mercato europeo rispetto a quanto registrato negli ultimi anni.

La comunità internazionale, attraverso le singole amministrazioni e i canali di cooperazione, sta esprimendo una crescente sensibilità per l'impatto delle attività umane sul sistema ambientale, dimostrando interesse e incoraggiando il settore dei trasporti marittimi verso l'utilizzo di gas naturale come fonte primaria di energia per la propulsione e la produzione di energia elettrica a bordo delle navi. Questa tendenza nell'ambito delle emissioni in aria è rafforzata dall'evoluzione della normativa internazionale, comunitaria e nazionale. L'International Maritime Organization (IMO), con l'Annesso VI della Convenzione Internazionale MARPOL, ha infatti stabilito i criteri e i requisiti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dalle navi, per il controllo e la relativa riduzione delle emissioni a livello globale ed all'interno di ben definite zone di mare (ECA).

L'utilizzo di gas naturale come combustibile è uno dei modi che l'industria marittima può adottare per soddisfare i limiti sempre più restrittivi di emissioni in atmosfera con riferimento a sostanze inquinanti, nocive e climalteranti, come gli ossidi di azoto (NOx), di zolfo (SOx) e di anidride carbonica (CO2), dovuti all'utilizzo di combustibili tradizionali nelle normali condizioni operative della nave.

L'efficacia dell'impiego del GNL ai fini della riduzione dell'immissione nell'atmosfera di gas serra dipende, tuttavia, dal tipo di motore e dalla gamma di possibili misure adottabili per ridurre il rilascio indesiderato di metano inutilizzato, essendo esso stesso un gas serra.

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

- da autobotte a nave (Truck To Ship- TTS): questo sistema di rifornimento (dai serbatoi di un'autobotte di 40-50 mc a rimorchiatori o pescherecci nelle prossimità del molo pontile), presenta il vantaggio della flessibilità geografica e dei bassi investimenti necessari, mentre ha lo svantaggio di poter rifornire piccole quantità di GNL e solo per imbarcazioni di piccole dimensioni;
- da impianto a terra a nave (Shore Pipeline To Ship- PTS): il rifornimento da un serbatoio di stoccaggio fisso (consistente in uno stoccaggio intermedio o un deposito

costiero o un piccolo serbatoio alimentato via autobotte, treno, bettolina o impianto di micro liquefazione) e collegato alla nave ormeggiata tramite linea criogenica o tubo di una nave, presenta il vantaggio di una maggiore velocità di flusso di GNL e la possibilità di rifornire navi di grandi dimensioni; l'aspetto da analizzare e valutare è la specificità del porto e le modifiche da apportare per la realizzazione del bunkeraggio;

- da nave a nave (Ship To Ship – STS): il vantaggio in questo tipo di rifornimento è che si può realizzare direttamente in mare e senza entrare nel porto, in condizioni di mare calmo;
- da cisterne mobili o ISO-container criogenici: il vantaggio in questo caso consiste nel fatto che questi “depositi mobili” sono flessibili, sia per quanto riguarda le quantità di carburante che possono essere contenute in essi, sia per la possibilità che i depositi in questione possono essere caricati su navi, autotreni o altro mezzo di trasporto.

Nonostante non esista un'unica modalità di bunkeraggio in grado di soddisfare tutte le esigenze degli stakeholders portuali, si può concludere dicendo che il trasferimento via:

- TTS è più adatto per rifornire navi con piccoli serbatoi (ad esempio rimorchiatori) e, come soluzione temporanea, per garantire il bunkering in assenza dell'infrastruttura dedicata (ad esempio rifornimento traghetti)
- PTS è più adatto a soddisfare le esigenze di rifornimento di serbatoi di grandi dimensioni, attraverso partnership con operatori di navi.

La scelta su dove ubicare le stazioni di rifornimento fisse e dove, invece, prevedere la possibilità di rifornimento con bettoline e/o autobotti, è determinante per il futuro utilizzo del GNL e presuppone un'analisi accurata della domanda marittima.

Assumendo che tutte le variabili esogene per l'utilizzo del GNL siano soddisfatte o favorevoli, è possibile analizzare quali fattori più strettamente legati all'elemento nave possano indirizzare la scelta verso la propulsione a GNL e, di conseguenza, definire con maggiore attendibilità i possibili scenari di evoluzione della domanda di questo tipo di combustibile.

**Tipologia di traffico:** i servizi di linea sono avvantaggiati nell'utilizzo del GNL se almeno in uno dei porti scalati questo sia disponibile. Anche la distanza tra i due porti influisce sulla preferenza del GNL, perché incide sull'autonomia della nave e sulle scelte di dimensionamento dei serbatoi da installare a bordo. Per lo stesso motivo, risultano



avvantaggiati anche i servizi svolti in ambito portuale (rimorchiatori e bunkeraggio), sebbene in misura ridotta, in quanto il loro utilizzo avviene in modo meno continuativo. I servizi di feeder contenitori, pur presentando le caratteristiche di un servizio di linea, possono presentare lo svantaggio legato ad un più alto grado di intercambiabilità delle navi impiegate in un determinato servizio. Le navi da carico, impiegate sui mercati a tempo o a viaggio, sono meno favorite, considerando l'assoluta incertezza dei porti scalati, l'impossibilità di pianificare le operazioni di bunkeraggio e le lunghe percorrenze.

**Età della Nave:** in linea generale, maggiore è l'età della nave più diventa preferibile la sua sostituzione rispetto ad operazioni di adeguamento alle nuove normative. Tale adeguamento può risultare, peraltro, poco conveniente e/o tecnicamente difficile, in particolare nel caso di adeguamento delle motorizzazioni all'impiego del GNL.

**Combustibile utilizzato:** il gasolio marino, utilizzato essenzialmente da mezzi passeggeri veloci o navi passeggeri di dimensioni ridotte, presenta un differenziale di prezzo con il GNL, che rende teoricamente più conveniente il passaggio ad alimentazioni alternative. Per contro, il gasolio già rispetta i limiti più severi previsti in materia di tenore di zolfo.

**Area di traffico:** anche l'area di traffico può contribuire ad indirizzare o meno verso l'utilizzo del GNL. Una possibile discriminante può essere legata alla maggiore sensibilità sociale verso i livelli di emissioni, come nel caso, ad esempio, di porti o collegamenti prossimi ad aree densamente popolate o già sottoposte a livelli elevati di inquinamento da altre fonti (traffico stradale, industrie, ecc.). Un ulteriore fattore legato all'area geografica è relativo ai traffici con paesi le cui norme in materia di GNL possono differire da quelle europee.

La domanda di GNL del settore trasporti è attesa svilupparsi rapidamente nel prossimo decennio. Diventa, pertanto, necessaria un'infrastruttura in grado di supportare il massimo potenziale di penetrazione del GNL, che nelle applicazioni downstream è fortemente capital intensive. Il suo sviluppo richiede la soddisfazione di tre fattori abilitanti:

- un quadro regolatore definito e favorevole;
- la disponibilità di infrastrutture adeguate al rifornimento di GNL;
- la convenienza relativa del GNL sulle alternative oil.

Con riguardo al trasporto marittimo, rispetto al trasporto su strada, la sostituzione e/o adeguamento delle flotte navali sarà frenata dai più lunghi tempi di rinnovo delle navi e dal più complesso sistema logistico (adattamento banchine, depositi, ecc.); nel lungo termine,

tuttavia, le normative ambientali europee ed internazionali (IMO-MARPOL) e il minor costo atteso del GNL faranno da volano per il suo sviluppo in questo settore.

L'esperienza dei paesi che già utilizzano GNL come combustibile, pur in un contesto normativo in fase di progressiva definizione, dimostra che lo sviluppo dell'impiego del gas naturale è possibile quando sono gestiti alcuni aspetti, quali:

- la disponibilità delle norme tecniche applicabili alla costruzione delle navi a gas;
- la disponibilità di chiare procedure autorizzative per la costruzione e il funzionamento delle infrastrutture terrestri per il rifornimento;
- la disponibilità sul territorio di infrastrutture per lo stoccaggio del GNL;
- la scelta della tecnologia per applicazioni navali, terrestri e di trasferimento del combustibile da terra a nave e da nave a nave, che assicuri la sicurezza in tutte le fasi del processo: dallo stoccaggio, al rifornimento e dallo stoccaggio a bordo all'utilizzo finale;

Dallo studio di settore "Il mercato del gas naturale in Italia: lo sviluppo delle infrastrutture nel contesto europeo", elaborato nel 2013 dalla Cassa Depositi e Prestiti, emerge che, ad oggi, l'industria del GNL presenta caratteristiche profondamente diverse, con 18 Paesi esportatori e 25 Paesi importatori, e altri che si apprestano a mettere a regime nuova capacità di liquefazione/rigassificazione. L'emergere di nuove tecnologie consente di immettere sul mercato risorse che fino a pochi anni fa sarebbe stato impossibile sviluppare.

All'incremento dei volumi scambiati e degli attori coinvolti è corrisposto un moltiplicarsi delle rotte percorse, con oltre 350 navi spesso attive su direttrici transoceaniche. Contemporaneamente, la componente spot ha acquisito un peso più rilevante, raggiungendo il 18% dei volumi scambiati (era il 4% nel 1990) ed è aumentata la competitività tra operatori alternativi, sia dal lato dell'offerta che della domanda.

Da un punto di vista infrastrutturale, dallo studio della Cassa Depositi e Prestiti emerge che, con riferimento ai progetti per il potenziamento della rete di terminali di rigassificazione, sebbene il GNL in Europa soffra l'elevato grado di competitività del gas trasportato tramite gasdotto, nell'ottica di diversificazione delle fonti di approvvigionamento e di sfruttamento della componente spot del mercato, si stima che la capacità di rigassificazione possa superare i 220 mld/mc/a nel 2020, con un tasso di incremento medio annuo pari al 2,9%.

Il caso della Norvegia, che già dall'inizio degli anni Duemila, ha realizzato e utilizzato traghetti a GNL, conferma quanto sopra: tutti i punti elencati sono stati a suo tempo risolti,

permettendo uno sviluppo a livello nazionale di una flotta di numerose unità che impiegano GNL come combustibile.

Lo studio “North European GNL Infrastructure Project” del marzo 2012 della Danish Maritime Authority, co-finanziato dalla Comunità Europea, ha calcolato che nel Mar Baltico la domanda di GNL riguarderà navi con serbatoi compresi fra 100 m<sup>3</sup> e 3000 m<sup>3</sup>, ipotizzando possibili sviluppi della supply chain del GNL per uso marino. Inoltre, emerge dallo studio che, al fine di individuare la migliore soluzione per ogni singolo porto, si dovrà tener conto di una serie di parametri, tra cui:

- volumi di bunkeraggio GNL;
- barriere fisiche presenti nel porto;
- aspetti logistici;
- tipologia di imbarcazioni;
- costi di investimento e di esercizio;
- sicurezza;
- normative tecniche e operative;
- questioni ambientali e normative.

La domanda di GNL è stimata in circa 4,2 milioni di tonnellate nel 2020 e 7 milioni di tonnellate nel 2030: dall’analisi degli scenari di sviluppo della domanda, si può concludere che una gran parte della domanda deriverà dal trasporto marittimo di linea nelle diverse aree SECA. Lo studio, infine, ha esaminato la struttura del prezzo del GNL come combustibile bunker, rispetto all’olio combustibile pesante (HFO) ed al gasolio marino (MGO), tenendo conto di:

- prezzo del carburante nei principali hub europei di importazione;
- costi delle infrastrutture;
- costi di stoccaggio;
- costi del transhipment (hubs-strutture portuali-utenti finali).

## 4.1 Analisi dei costi per la riconversione a GNL di navi

A causa delle stringenti regolamentazioni in termini di emissioni di anidridi solforose all'interno delle aree SECA, la conversione del naviglio convenzionale propulso a combustibile liquido è stata reputata economicamente vantaggiosa, sia per la competitività del GNL paragonato all'utilizzo di combustibili a bassissimo tenore di zolfo, altamente raffinati e costosi, sia perché si poteva contare sulla detassazione, accordata da alcuni paesi scandinavi (i.e. Norvegia) a coloro che riducono le emissioni inquinanti. Per ottemperare alle normative in materia di limitazioni delle emissioni già in vigore dall' 1/1/2015 nelle aree ECA e a quelle che entreranno in vigore nei prossimi anni (2020 o 2025 in base alle decisioni dell'IMO) a livello globale, gli armatori dispongono sostanzialmente delle seguenti opzioni:

- utilizzare il Marine Gasoil (MGO) con basso tenore di zolfo, e, se necessario, catalizzatori riducenti (SCR) per il controllo dei NOx;
- continuare ad utilizzare HFO, aggiungendo un impianto di lavaggio per abbattere le emissioni di zolfo (Scrubber), e laddove richiesto, utilizzare scrubber e, se necessario, catalizzatori per il controllo dei NOx;
- utilizzare il GNL modificando/adattando le navi esistenti in base alle tecnologie disponibili;
- utilizzare il GNL ordinando navi nuove in sostituzione di quelle esistenti.

La scelta fra le diverse strategie dipende ovviamente da un complesso di fattori di difficile generalizzazione, specie in un contesto nel quale i valori delle variabili tecnico-economiche in gioco risultano valutabili solo in un'ottica "case by case": solo l'analisi caso per caso, infatti, può restituire indicazioni sulla convenienza all'adeguamento del naviglio esistente (soluzione in genere tecnicamente complessa, che può risultare poco economica o addirittura non fattibile, specie per unità in età avanzata), o sulla necessità di sostituzione con naviglio di nuova costruzione (beneficiando di un'ulteriore riduzione delle emissioni e dei consumi, grazie alle tecniche progettuali disponibili e all'ottimizzazione complessiva del progetto, inclusi gli spazi per il carico pagante).

Se le modifiche necessarie per l'utilizzo di MGO, fattibili per quasi tutte le tipologie navali, comportano investimenti iniziali relativamente modesti ma successivi costi operativi molto alti, gli interventi richiesti per l'installazione di scrubber, per la conversione a GNL dei motori esistenti o per la loro sostituzione con motori a gas/dualfuel, non solo richiedono livelli di

investimento ben più elevati, ma la loro stessa fattibilità risulta condizionata da considerazioni di natura tecnica ed economica:

- sotto il profilo tecnico: tanto i sistemi di abbattimento delle emissioni (SCR e Scrubber) che la conversione per l'utilizzo del GNL comportano la collocazione a bordo di nuovi pesi, che devono essere compatibili con le condizioni di stabilità della nave; inoltre, la conversione a GNL richiede la disponibilità di volumi addizionali per la sistemazione dei serbatoi del gas, delle tubolature e dell'impiantistica collegata, volumi che molto spesso non sono disponibili, specie nelle unità meno giovani, e comportano quasi sempre una riduzione delle aree destinate al carico pagante;
- sotto il profilo economico: la scelta fra scrubber e propulsione a GNL dipende da fattori quali il differenziale di costo fra HFO e GNL, la tipologia, l'età ed il profilo operativo della nave, oltre alla logistica di approvvigionamento del GNL.

Se il numero di installazioni di scrubber effettuate ad oggi risulta essere modesto, ancora più esiguo è il numero di conversioni per adottare l'alimentazione a GNL: si tratta di un numero molto inferiore a quello delle nuove costruzioni ordinate con tale tipo di tecnologia. A riguardo va considerato che, a parità di autonomia, il GNL comporta l'impegno di maggiori volumi a bordo (per i serbatoi di contenimento del GNL sono 3/4 volte superiori a quelli delle casse-bunker convenzionali) e di maggiori pesi da dedicare al sistema di stoccaggio e distribuzione del GNL stesso. Sotto questi profili, le navi meno giovani offrono margini di ritorno sull'investimento molto più ridotti rispetto a quelle più giovani; allo stesso modo, i motori di vecchia generazione male si prestano agli adattamenti necessari per il funzionamento a GNL, rendendo quasi sempre necessaria la sostituzione del/dei propulsore/i e dei gruppi elettrogeni con nuovi macchinari ed impianti. Si tratta, in ogni caso, di interventi che richiedono importanti lavori a bordo ed un fermo-nave di almeno 2-3 mesi.

Infatti, l'impegno per la riconversione di una nave esistente e che impiega olio combustibile, in nave a GNL non è cosa trascurabile, in quanto coinvolge l'intervento su elementi di apparato motore, a partire dal motore stesso. Esso deve essere sottoposto alla modifica della catena dei componenti cosiddetti "di potenza", dell'impianto di alimentazione del combustibile e della parte di sovralimentazione. Tali motori "dual fuel" hanno la capacità di compiere sia un ciclo Diesel, quando alimentati con combustibile liquido tradizionale, sia un ciclo Otto, quando alimentati a gas. Ulteriori operazioni di adattamento devono essere poi orientate sulla parte di gestione e contenimento del GNL. Infatti, devono essere previsti in posizioni e con dimensioni

adeguate ai requisiti di norme e regolamenti e alle necessità specifiche dell'armatore, serbatoi per lo stoccaggio del gas a bordo (in generale serbatoi di tipo "C"), valvole regolatrici della pressione del gas, scambiatori, pompe compressori, doppi tubi e apposite stazioni di rifornimento. Come detto, benché di impatto non trascurabile, sul piano puramente tecnico la conversione è fattibile ed applicabile alla maggior parte delle tipologia di nave, mantenendo la possibilità di utilizzare combustibile liquido tradizionale.

Oltre al basso numero di casi reali, l'installazione di scrubber o la conversione per l'impiego del GNL è stata ad oggi effettuata su navi molto diverse fra loro per tipologia e dimensioni. Per tali motivi, a fronte di un campione statisticamente non significativo, per la valutazione del costo di tali interventi si è fatto riferimento in questa sede alla casistica presente in letteratura. Fra questi, si ritiene particolarmente affidabile, ancorché generica e del tutto indicativa, la seguente stima effettuata dall'IMO e riferita alle diverse strategie di "compliance" descritte in precedenza.

In relazione agli elementi ed alle considerazioni sopra riportate, si ritiene di poter concordare con la tesi dello studio della European Shortse a Network, secondo il quale il rispetto delle normative sarà soddisfatto nel breve termine con l'uso dell'MGO (minimo investimento ma alto costo operativo) o dell'HFO+scrubber per navi da 0 a 10 anni, e solo nel medio-lungo termine con l'impiego di GNL. Inoltre, è verosimile che quest'ultima opzione possa riguardare per lo più unità di nuova costruzione o navi che, insieme alla conversione GNL, vengano rinnovate nel loro complesso con conseguente allungamento della vita operativa e miglioramento dell'efficienza.

Per quanto concerne i costi di manutenzione dei motori, il motore convertito a GNL, oltre a garantire le prestazioni con riduzione dell'impatto ambientale (riduzione NOx, eliminazione SOx, abbassamento dei livelli di CO2 e particolato), richiede intervalli manutentivi più dilazionati nel tempo rispetto al motore alimentato con combustibile tradizionale. La configurazione di tali motori in assetto "dualfuel" come inteso sopra richiede comunque la manutenzione di un doppio apparato di alimentazione ed iniezione del combustibile, nonché un'automazione più evoluta. I costi di pura manutenzione del motore e dei suoi ausiliari, comparati e normalizzati in termini di potenza resa equivalente a quelli con combustibile tradizionale subiscono, tuttavia, un incremento che non compromette a priori la pura valenza economica dell'intervento.

Il secondo elemento fondamentale della comparazione è il differenziale di prezzo tra il GNL e i combustibili tradizionali (MGO e HFO), che secondo dati statistici e simulazioni di settore recupera ampiamente il puro incremento manutentivo, sia in termini percentuali che assoluti, considerando che le spese di esercizio per l'acquisto di combustibile sono di gran lunga superiori a quelle della manutenzione dei motori.

Volendo riassumere con dei valori medi da simulazioni e dati statistici:

- incremento del costo manutentivo puro dei motori e loro ausiliari da HFO a GNL: +10% (fonte Wärtsilä)
- differenziale di prezzo medio espresso in USD per MWh prodotto con GNL rispetto a HFO: -60%



Grafico 4

Le simulazioni e il grafico di cui sopra non tengono conto della recente riduzione del prezzo del petrolio e dei suoi derivati: è evidente l'impatto ed il ruolo chiave dello scenario futuro e delle relative dinamiche di formazione dei prezzi sulla diffusione del GNL e sulle decisioni d'investimento. Da simulazioni e statistiche di settore, che considerano tutti i fattori sopra esposti, emergono diverse situazioni di ritorno dell'investimento che oscillano tra i 36 e i 60 mesi.

## 4.2 Normative per lo sviluppo del settore del GNL

Il Governo si è impegnato, in sede parlamentare con l'Odg G1.92 durante i lavori di conversione in legge del D.L. 145/2013 – "Destinazione Italia", ad adottare iniziative per la

realizzazione di centri di stoccaggio e redistribuzione e di norme per la realizzazione di una rete di distribuzione di GNL in tutto il territorio nazionale: il Ministero dello Sviluppo Economico, con tutti i soggetti interessati, ha esaminato i diversi aspetti normativi e tecnici, nonché quelli attinenti alla sicurezza per l'utilizzo del GNL nei trasporti marittimi e su gomma. Va qui ricordato che il Consiglio dei Ministri ha approvato il decreto legislativo di attuazione della direttiva 2012/33/UE, che modifica la direttiva 1999/32/CE relativa al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo, con la previsione che, dal 1° gennaio 2018 nei mari Adriatico e Ionio (a condizione che gli Stati membri dell'Unione Europea prospicienti le stesse zone di mare abbiano previsto l'applicazione di tenori di zolfo uguali o inferiori), e comunque dal 1° gennaio 2020 in tutti i mari italiani, il limite al tenore di zolfo dei combustibili marittimi dovrà essere dello 0,1%: il decreto legislativo pone una netta accelerazione sulla riduzione del tenore di zolfo rispetto a quanto previsto dalla direttiva (limite dello 0,5% dal 2020).

Alla luce di quanto sopra, si ritiene che, per promuovere lo sviluppo del GNL sia opportuno procedere ad un'integrazione della disciplina normativa in materia di infrastrutture energetiche e in particolare di quanto previsto dalle disposizioni in materia autorizzativa. E' fondamentale che il quadro normativo sia ben delineato in termini di competenza delle Amministrazioni statali, regionali e/o locali, sul procedimento amministrativo di autorizzazione sotto i profili della sicurezza e tutela ambientale, nonché della vigilanza e controllo, anche alla luce del recente disegno di legge costituzionale di riforma del titolo quinto e, non meno importante, della riforma del settore marittimo, portuale e della logistica, anche con riferimento agli usi finali del prodotto GNL. Proprio al fine di garantire lo sviluppo dell'utilizzo del GNL e la più corretta ed ampia competitività tra gli operatori, risulta opportuno che le norme che verranno definite garantiscano iter amministrativi semplici ed unici per gli impianti di stoccaggio destinati all'approvvigionamento primario, con il rilascio di un'autorizzazione unica a livello centrale, e con regimi autorizzativi semplificati, quali l'autorizzazione unica a livello regionale e/o locale per gli impianti di distribuzione secondaria destinati a usi commerciali; per questi ultimi risulterà opportuno individuare meccanismi di comunicazione e collaborazione tra le PA competenti al fine di garantire il necessario monitoraggio da parte dell'amministrazione centrale. Nel caso in cui il progetto di detti impianti di stoccaggio sia da realizzare all'interno di porti e ciò comporti la modifica del Piano Regolatore Portuale, sia con riguardo alla destinazione d'uso delle aree o alla realizzazione di nuove o alla modifica di opere quali moli, banchine, colmate, ecc., si rende



necessario valutare l'entità delle modifiche stesse al fine di verificare l'eventuale avvio di procedure di VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) o di verifica di assoggettabilità a VIA. Per quanto riguarda il livello della competenza per la VIA, si precisa che i porti commerciali sono di competenza statale, mentre quelli turistici sono di competenza regionale.

## 5. Conclusioni

Da quanto emerso finora, le nuove regole imposte ai fini della riduzione delle emissioni inquinanti rendono necessario affiancare all'utilizzo di HFO, quello di combustibili alternativi con un bassissimo livello di zolfo, oppure l'adozione di un sistema che consenta di contenere le emissioni di zolfo nell'atmosfera entro i limiti previsti.

Le possibili soluzioni individuate sono:

- il GNL (Gas Naturale Liquefatto), un combustibile pulito, con un tenore di zolfo già al di sotto della richiesta delle normative;
- adozione di Sistemi di Pulizia dei Gas di Scarico (EGCS o Scrubbers), che permettono di continuare ad utilizzare HFO a tenore di zolfo standard, riportando le emissioni ad un livello equivalente a quello dell'utilizzo di combustibili a bassissimo tenore di zolfo.

Per entrambe le soluzioni esistono implicazioni tecnico-impiantistiche da dover valutare.

Uno dei fattori che più influenzano la scelta è il costo del carburante.

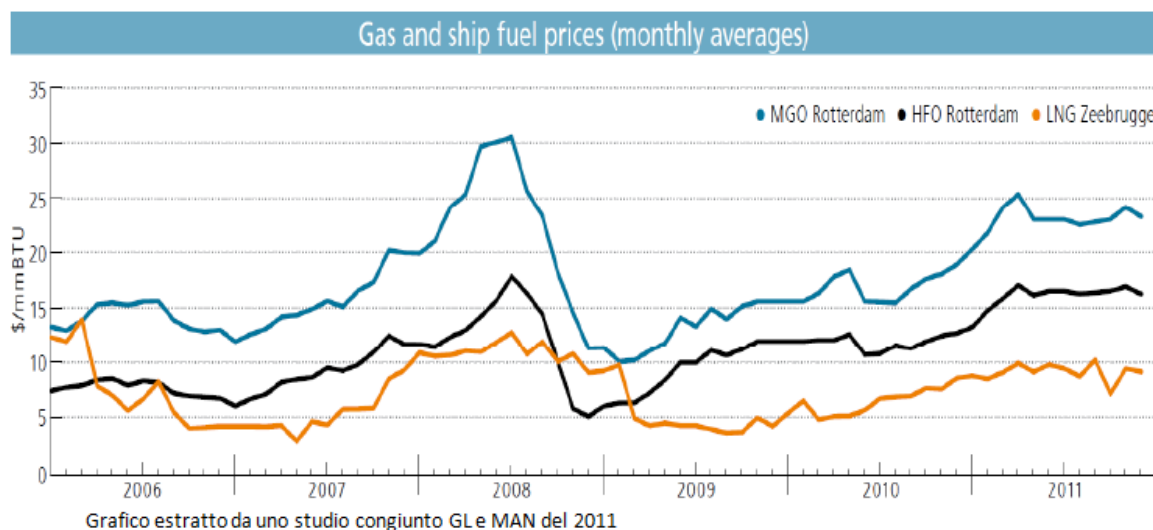


Grafico 5

Nel caso di adozione del GNL, si può avere un significativo risparmio rispetto all'HFO, ma tenendo presente che il prezzo del GNL è fortemente legato alla rete di distribuzione, ad oggi non sviluppata in maniera efficace dappertutto. Se, al contrario, si utilizza un sistema EGCS, si può continuare ad usare HFO invece che gasolio, con un significativo risparmio in termini di costo del combustibile.

Per quanto riguarda i costi di impianto per le due tecnologie, risultano essere entrambi notevoli. Un sistema EGCS necessita di spazi notevoli e di un'impiantistica importante. L'adozione di GNL comporta: l'impiego di motori dual-fuel; la sistemazione di serbatoi per il gas in posizioni precise e l'installazione di impianti per la gestione di questo combustibile, che a pressione atmosferica deve essere mantenuto a  $-162^{\circ}\text{C}$ .

Infine, ruolo molto importante ai fini della scelta riguarda le possibilità e la logistica dell'approvvigionamento. L'utilizzo di GNL come combustibile comporterebbe notevoli problemi al rifornimento delle navi, in quanto la rete di distribuzione del prodotto in ambito marino, al di fuori del Nord Europa, è da ritenersi non soddisfacente. Adottando un sistema EGCS, invece, si continuerebbe ad adoperare l'attuale rete di distribuzione, con nessun problema di bunkeraggio.

La scelta economica deve essere condotta avendo come presupposto che la percentuale di utilizzo della nave, in aree ad emissione controllata, debba essere tale che il differenziale tra HFO e altri carburanti possa coprire, in un tempo di pay-back ragionevole, i costi di impianto: costi che devono essere sostenuti sia che si adotti GNL che EGCS e che possono essere assunti, almeno inizialmente, come equivalenti.

La scelta tra GNL e Scrubber è legata ad aspetti di tipo essenzialmente logistico, alla supply-chain del bunkeraggio. L'uso del GNL come combustibile pone però una serie di problemi tecnici, legati alle proprietà fisiche del combustibile stesso: anzitutto, la densità energetica inferiore a quella dell'olio combustibile comporta che il volume dei serbatoi di stoccaggio del carburante a bordo della nave debba essere circa il doppio, considerando anche la forte coibentazione necessaria per mantenere il prodotto a  $156^{\circ}\text{C}$  sottozero. Un ulteriore spazio è poi necessario per garantire lo stoccaggio in sicurezza, così come è determinante il posizionamento dei serbatoi anch'esso limitato da considerazioni di sicurezza. Altra criticità è rappresentata dalla carenza della normativa di riferimento, non esistendo attualmente un codice riconosciuto a livello mondiale per la progettazione di navi alimentate a GNL. In

quest'occasione, facendo riferimento a sistemi di EGCS che eliminano lo zolfo (SOx Scrubbers), la scelta è legata ad aspetti di ordine logistico, con alcuni punti chiave da tenere presente:

- l'uso di GNL rende più semplice ridurre la formazione di NOx, mentre l'uso di scrubbers non ha influenza;
- in entrambi i casi si ottiene una riduzione del 90-95% delle emissioni di zolfo in atmosfera: per il GNL, perché lo zolfo è presente in quantità limitata; con gli Scrubbers, perché lo zolfo viene eliminato dai gas di scarico;
- l'emissione di particolati è praticamente equivalente: il GNL ne è sostanzialmente privo; con gli Scrubbers il particolato viene raccolto filtrando l'acqua di lavaggio dei gas di scarico;
- l'uso di GNL può comportare una riduzione netta del 20-25% delle emissioni di CO2, mentre gli Scrubbers ne comportano un piccolo aumento, dovuto all'energia necessaria al proprio funzionamento.

Pertanto, fatte salve le considerazioni di natura logistica, la scelta del GNL rispetto agli Scrubbers apparirebbe come la più scontata. Ciò nonostante, anche per il GNL esistono limitazioni di tipo tecnico:

- nelle LNG-carriers, l'uso di questo combustibile è immediato e deriva dalla quota di natural-boil-off del gas che, non potendo essere disperso nell'atmosfera, dovrebbe essere bruciato o nuovamente liquefatto; in altri tipi di nave, invece, dato che a pressione atmosferica il gas deve essere mantenuto ad una temperatura molto bassa, la gestione di questo combustibile comporta la soluzione di problemi di natura impiantistica e di reperimento di spazi adeguati, oltreché sotto il profilo della sicurezza.
- la tecnologia dei motori diesel a 4 tempi ha consolidato le applicazioni dual-fuel; al contrario, per i motori diesel a 2 tempi, adottati per la propulsione dalla gran parte delle navi mercantili di grande tonnellaggio, le applicazioni dual-fuel sono ancora limitate.

In conclusione, per navi mercantili di grande tonnellaggio, che montano motori diesel a 2 tempi e che hanno, attualmente o in prospettiva, un impiego in aree ad emissione controllata tale da consigliare, in ragione dei costi del combustibile, l'eliminazione del gasolio come mezzo per limitare le emissioni di zolfo: l'adozione di SOx Scrubbers invece che l'uso di Gas Naturale Liquefatto come combustibile costituisce una valida alternativa, se non l'unica soluzione, qualora la nave si trovi ad operare lungo rotte dove la catena di approvvigionamento del GNL non è presente o non è sufficientemente estesa.

## Sitografia

[http://www.sema2.com/scrubbers\\_navali.html](http://www.sema2.com/scrubbers_navali.html)

<http://www.themeditelegraph.it/it/shipping/cruise-and-ferries/2015/12/22/scrubber-patto-fincantieri-msc-crociere-RSZTgJ5k4cFoG3llRzdgNJ/index.html>

<http://www.consar.net/sox.html>

<https://forum.crocieristi.it/showthread.php/36803-Lo-Scrubber>

[http://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/gas/documento\\_di\\_consulazione\\_per\\_una\\_strategia\\_nazionale\\_sul\\_GNL.pdf](http://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/gas/documento_di_consulazione_per_una_strategia_nazionale_sul_GNL.pdf)

[http://www.ship2shore.it/it/shipping/gli-armatori-preferiscono-gli-scrubber\\_56899.htm](http://www.ship2shore.it/it/shipping/gli-armatori-preferiscono-gli-scrubber_56899.htm)

<http://www.prometeia.it/financial-advisory/anteo/84/prospettive-prezzo-petrolio>

<http://www.shippingtech.it/presentazioniPST2012/GreenShippingSummit/Allieri.pdf>

[http://www.ship2shore.it/it/shipping/bunker-per-le-navi-dal-2020-aumentano-i-costi-per-armatori-porti-e-raffinerie\\_63813.htm](http://www.ship2shore.it/it/shipping/bunker-per-le-navi-dal-2020-aumentano-i-costi-per-armatori-porti-e-raffinerie_63813.htm)