

INNOVAZIONI TECNOLOGICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DA TRASPORTO MARITTIMO

SETTORE PROGETTI AREE PORTUALI

(Resp. Ing. Alfredo Leonardi)



relatori

Massimiliano Bultrini e Marco Faticanti

Roma 8 aprile 2015

Uso, vantaggi e problematiche del GNL come combustibile marittimo



Introduzione

Il GNL come combustibile marittimo



Opzione tecnologica del GNL

- fino a pochi anni fa “avveniristica”
- oggi forte potenziale di diffusione a medio termine

Combustibili marittimi tradizionali

- Olio combustibile pesante (HFO)
- Distillati (MGO, MDO)

Destinazione d'uso tradizionale del GNL

- Rigassificazione
- Immissione nei gasdotti

Uso marittimo tradizionale: motori duali delle navi gasiere (*boil off gas*) che trasportano gas naturale sotto forma liquida

Liquefazione: -162°C , circa 600 m^3 di GNL, riduzione volumetrica



Introduzione

Il GNL come combustibile marittimo

Crescente interesse per il GNL come combustibile marittimo:

- benefici ambientali
- qualità energetiche migliori dei combustibili marittimi tradizionali

Utilizzo progressivamente esteso a **nuove tipi di imbarcazioni**

- regioni interessate da normative ambientali sempre più cogenti
- prezzi dei prodotti petroliferi tradizionali

Europa:

- Direttiva 2012/33/UE (scadenze normative sino al 2020)
- Direttiva 2014/94/UE (sviluppo infrastrutture carburanti alternativi)

Italia: la Strategia Energetica Nazionale (SEN) prevede lo sviluppo di *hub* del gas sudeuropeo

Quadro normativo

IMO e Convenzione Marpol



Convenzione Marpol 73/78 (1973,1978 → 2 ottobre 1983)
prevenzione e minimizzazione dell'inquinamento
dell'ecosistema marino da parte delle navi

6 annessi tecnici:

- Annesso I (prevenzione inquinamento di prodotti petroliferi)
- Annesso II (prevenzione inquinamento sostanze liquide nocive alla rinfusa)



OBBLIGATORI

- Annesso III (prevenzione inquinamento sostanze pericolose in colli e contenitori)
- Annesso IV (prevenzione inquinamento da acque di scarico)
- Annesso V (prevenzione inquinamento da rifiuti)
- **Annesso VI (prevenzione inquinamento dell'aria)**

⇒ **VOLONTARI**

Entrata in vigore annessi: almeno 15 paesi, almeno il 50%
tonnellaggio lordo mondiale

Quadro normativo

Annesso VI Convezione Marpol 73/78

Annesso VI Marpol 73/78 (1997 → 19 maggio 2005)

Annesso rivolto alla protezione dall'**inquinamento atmosferico** creato dalla navigazione marittima.

- Istituzione Emission Control Areas (**ECA**)
- Regolamentazione riguardante **SO_x** e **NO_x**, **COV**, sostanze dannose all'**ozonofera**, **inceneritori**
- Introduzione certificazione **EIAPP / IAPP** delle navi (> 400 GT)

Emendamento Annesso VI Marpol 73/78 (ottobre 2008 → luglio 2010)

- Scadenze temporali limiti emissivi di **SO_x** e **NO_x** fino al **2020**
- Piano di gestione delle emissioni di **COV**
- Efficienza energetica navi (EEDI, SEEMP per la **CO₂**)

Quadro normativo

Emission Control Areas (ECA)

Emission Control Areas (ECA): limiti alle emissioni dovuti al trasporto marittimo **più stringenti** di quelli ammessi a livello globale

Istituzione di un'ECA vista come un'emendamento all'Annesso VI
⇒ **tempi lunghi** (circa 3 anni)

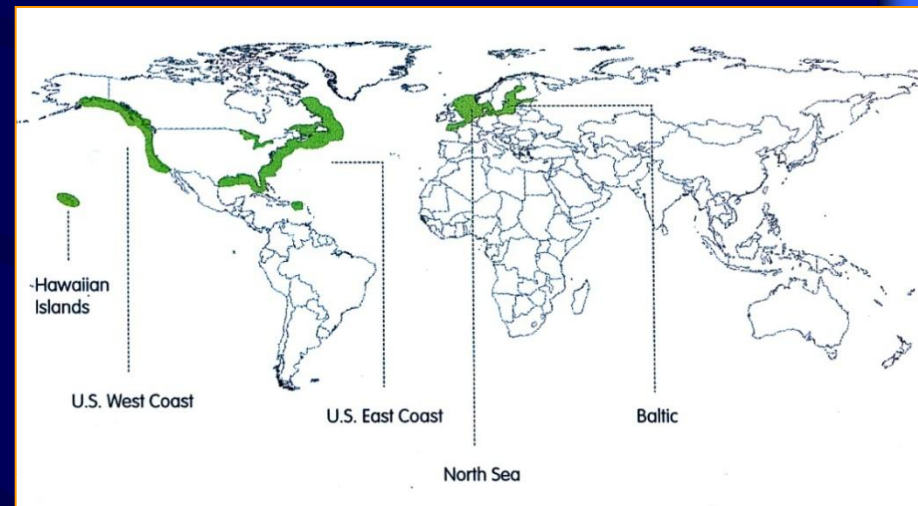
SO_x ECA ⇒ **“SECA”**

NO_x ECA ⇒ **“NECA”**

- Mar Baltico (2006)
- Mare del Nord, Canale Manica (2007)
- Nord America, Hawaii (2012)
- Porto Rico, Isole Vergine USA (2014)

Nel futuro...

Mediterraneo, Alaska, Messico, Giappone, Australia, Singapore, Hong Kong...



Quadro normativo

Emissioni di SO_x

Le **emissioni di SO_x** da traffico marittimo sono:

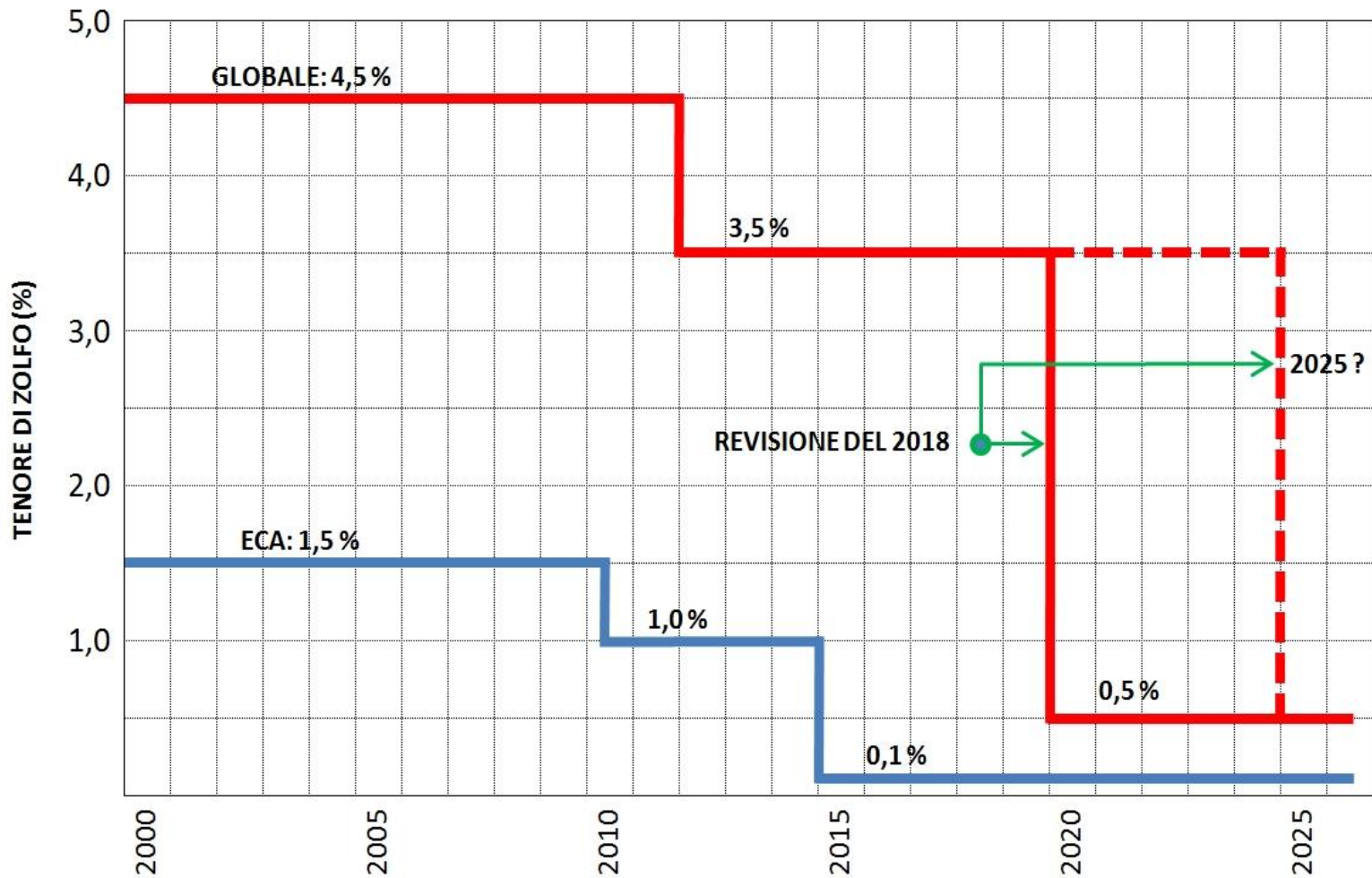
- funzione diretta del tenore di zolfo del combustibile utilizzato, (indipendentemente dal processo di combustione utilizzato)
- controllate in tutti gli oli combustibili utilizzati a bordo

Lo zolfo è naturalmente presente in tutti i petroli greggi in misura maggiore (frazione residua, HFO) o minore (distillati, MGO, MDO)

Il controllo del tenore di zolfo nell'olio combustibile ha anche un effetto diretto sulla riduzione delle **emissioni di particolato (PM)**.

Quadro normativo

Emissioni di SO_x



Quadro normativo

Emissioni di NO_x

Le **emissioni di NO_x** dipendono in larga misura dai picchi di temperatura nel processo di combustione che causano la formazione di ossidi di azoto.

I limiti emissivi riguardano soltanto i **motori diesel** (che hanno temperature di picco relativamente elevate rispetto alle caldaie) mediante il controllo di componenti critici che influenzano gli NO_x.

Introduzione di un **Codice Tecnico** riportante le procedure per la certificazione dei motori marini diesel che devono essere conformi ai limiti di emissione specificati espressi in **rpm**

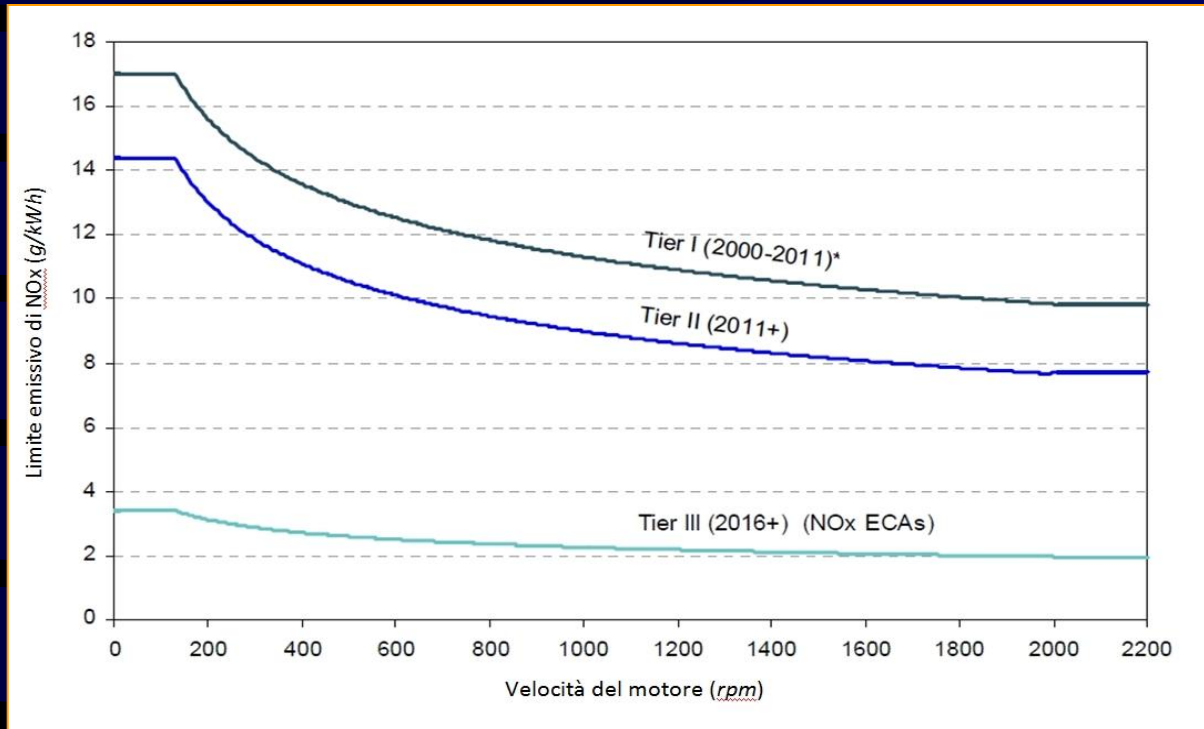
(potenza > 130 kW; motori > 1/1/2000; no motori emergenza)

Ispezioni periodiche (GT>400) e certificati di conformità **IAPP** e **EIAPP**

Technical File (componenti del motore, regolazioni, valori operativi)

Quadro normativo

Emissioni di NO_x



Tier I, Tier II
Validità globale

Tier III
ECA

Tier I baseline (scaduto)

Tier II -20% rispetto al Tier I

Tier III -75% rispetto al Tier II
(-80% rispetto al Tier I)

NO _x			
Standard	Data di installazione dei motori diesel	Velocità <i>n</i> del motore (rpm)	Limite emissivo di NO _x (g/kWh)
Tier I	Dal 01.01-2000 al 01.01.2011	$n < 130$	17
		$130 \leq n < 2.000$	$45 \cdot n^{-0,2}$
		$n \geq 2.000$	9,8
Tier II	Dopo il 01.01.2011	$n < 130$	14,4
		$130 \leq n < 2.000$	$44 \cdot n^{-0,23}$
		$n \geq 2.000$	7,7
Tier III	Dopo il 01.01.2016 (solo ECA)	$n < 130$	3,4
		$130 \leq n < 2.000$	$9 \cdot n^{-0,2}$
		$n \geq 2.000$	2

Quadro normativo

Direttiva Europea 2012/33/UE

La direttiva 2012/33/UE (21 novembre 2012) modifica e sostituisce le precedenti direttive 1999/32/CE e 2005/33/CE

Limite al tenore di zolfo **globale**

3,5 % fino al 31/12/2019

0,5 % dal 01/01/2020

fatti salvi i limiti più severi previsti per **fattispecie specifiche**:

- l'uso nelle ECA
- l'uso su navi passeggeri
- l'uso durante l'ormeggio
- la messa in commercio di gasoli ed oli diesel

Quadro normativo

Direttiva Europea 2012/33/UE

Altri limiti al tenore di zolfo

ECA:	1,5 %	fino al 31/12/2014
	0,1 %	dal 01/01/2015

Navi passeggeri:	1,5 %	fino al 31/12/2019
------------------	-------	--------------------

Navi all'ormeggio:	0,1 %	
--------------------	-------	--

Gasoli marini:	0,1 %	
----------------	-------	--

Quadro normativo

Decreto n. 112 del 2014

L'Italia ha recepito i contenuti della direttiva 2012/33/CE attraverso il **decreto legislativo n. 112** del 16 luglio 2014

(modifica il precedente decreto n. 152 del 2006, già contenente le disposizioni di trasposizione della direttiva 1999/32/CE e della sua direttiva di modifica, la 2005/33/CE)

Il decreto recepisce:

- **limiti emissivi**
- **obbligo di segnalazione** delle situazioni in cui vi sia il rischio di una significativa riduzione della disponibilità di combustibili a norma
- criterio di **esenzione di responsabilità** degli operatori

Benefici ambientali del GNL per uso marittimo

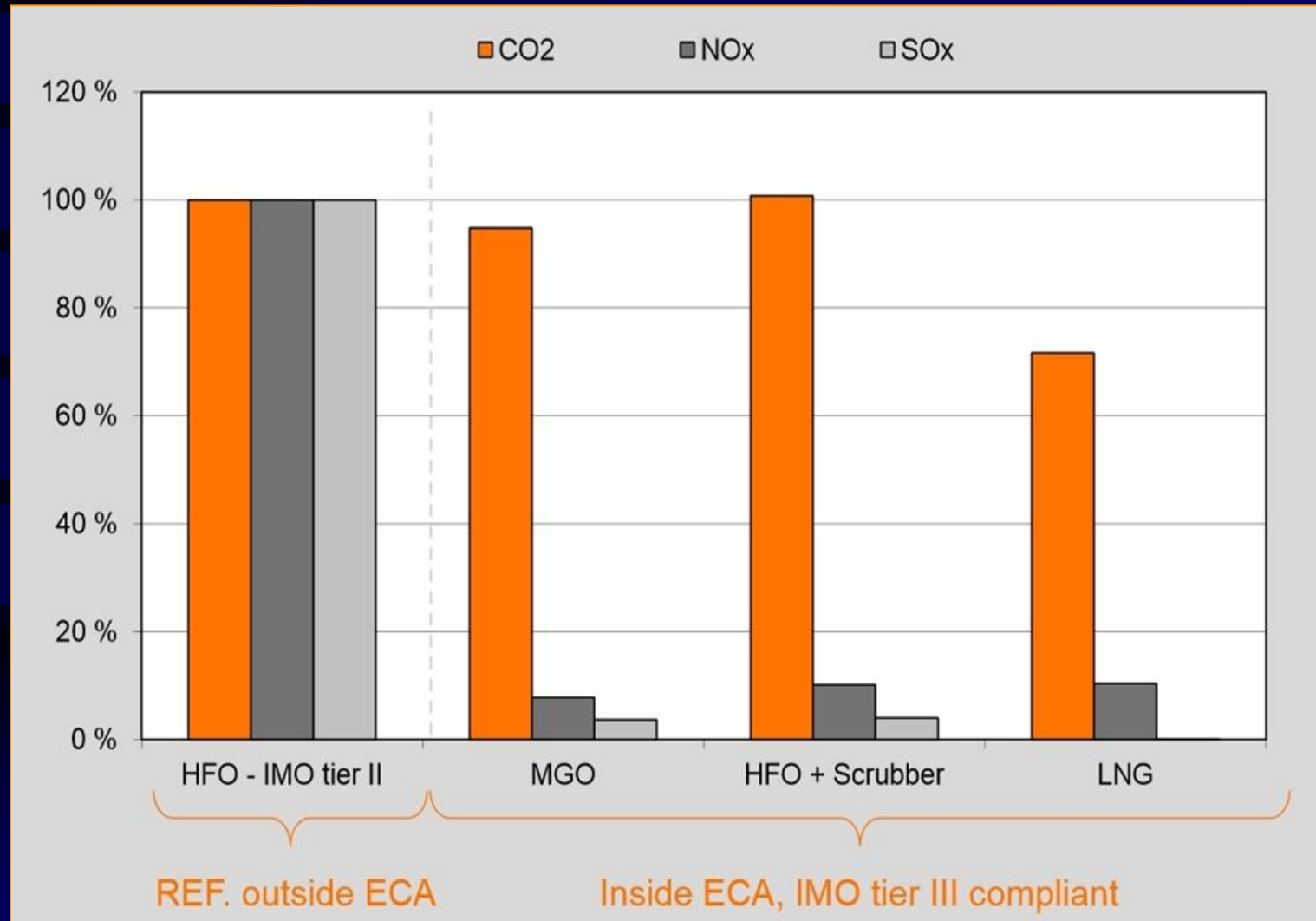
Abbattimento delle emissioni degli inquinanti da trasporto marittimo.

L'uso del GNL nei motori marini, confrontato con l'olio combustibile pesante tradizionale (HFO) permette di ridurre:

- emissioni di SO_x e PM - 95%
- emissioni di NO_x - 80%
- emissioni di CO_2 - 20 – 30 %

(riduzione che dipende dai livelli di efficienza energetica della motorizzazione)

Benefici ambientali del GNL per uso marittimo



Il *driver* ambientale

Driver ambientale: fattore di cambiamento innescato da una normativa ambientale internazionale sempre più cogente

La progressiva riduzione dei limiti al tenore di zolfo sta stimolando la ricerca di soluzioni tecnologiche capaci di soddisfare i nuovi limiti evitando di incorrere nei maggiori costi dei combustibili a basso tenore di zolfo.

1° **scadenza** (1 gennaio 2015) già raggiunta.

2° **scadenza** (1 gennaio 2020) ancora più “sfidante”

Il driver ambientale

Ad oggi, le possibili strategie di conformità ai futuri requisiti della norma IMO al 2020:

1. utilizzare il gasolio marino **MGO** con tenore di zolfo inferiore allo 0,10% in massa (*compliant fuel*)
2. installare **impianti di desolforazione** dei fumi, per poter continuare ad usare il più economico olio combustibile HFO ad elevato tenore di zolfo
3. installare sistemi di stoccaggio del **GNL** e alimentare le navi con motori a gas naturale (anche come sistema duale).

Il *driver* ambientale

Compliant fuel

- Costi di investimento praticamente nulli
- Molto più costoso del HFO

Impianti di desolfurazione (*seawater scrubbing*)

- Ingenti costi di investimenti
- Meno costoso del MGO

GNL

- Ingenti costi di investimenti
- Meno costoso del MGO

(Problema di *Environmental Cost Benefit Analysis*)

Tema “**caldo**”: necessità pressante di rispettare i limiti del 2020 in condizioni di **economicità gestionale** e **competitività**

L'importanza del prezzo del GNL

Interesse per il GNL ⇒

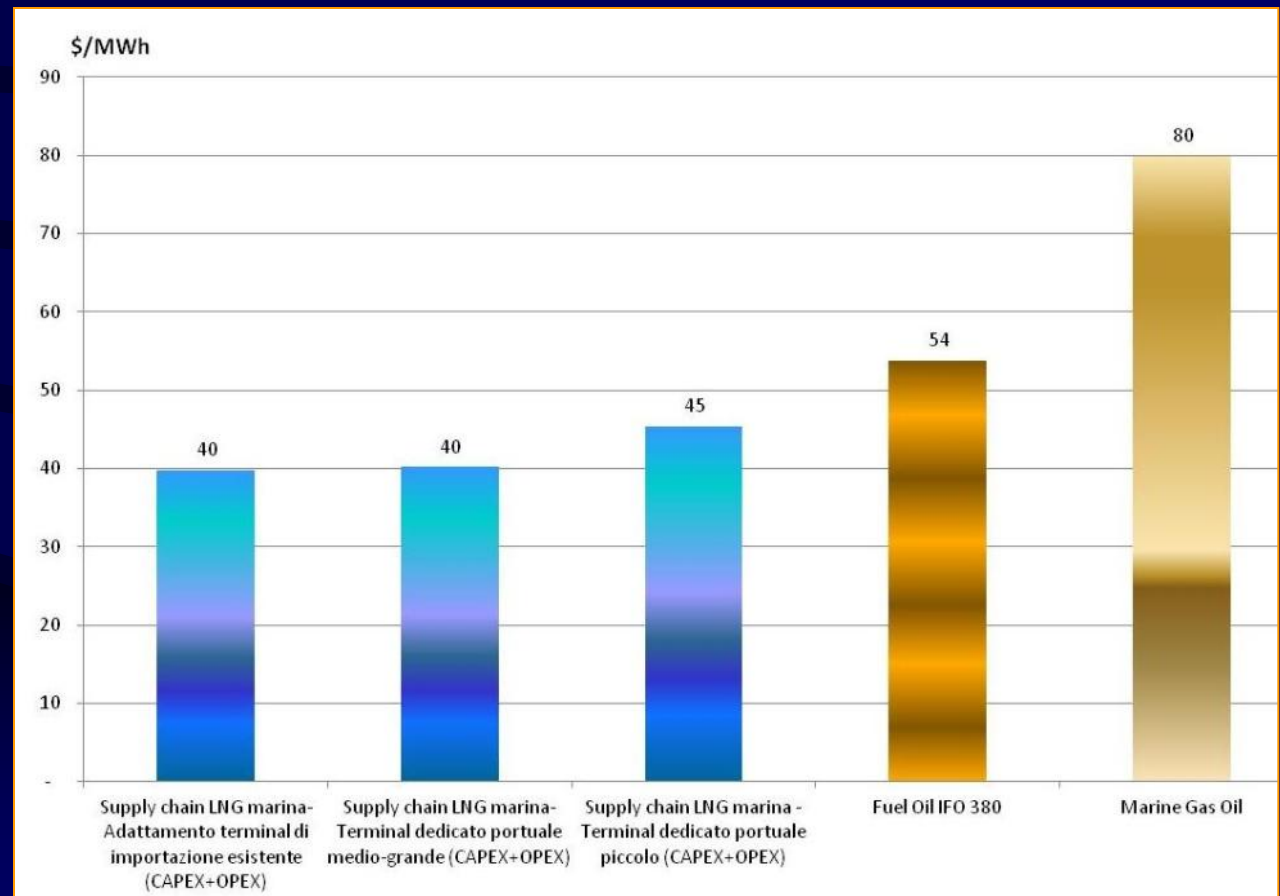
Le prospettive del mercato del gas delineano una **forte convenienza** del prezzo del GNL rispetto agli altri combustibili

rispetto al MGO

- 40–50 %

rispetto al HFO

- 15–25 %

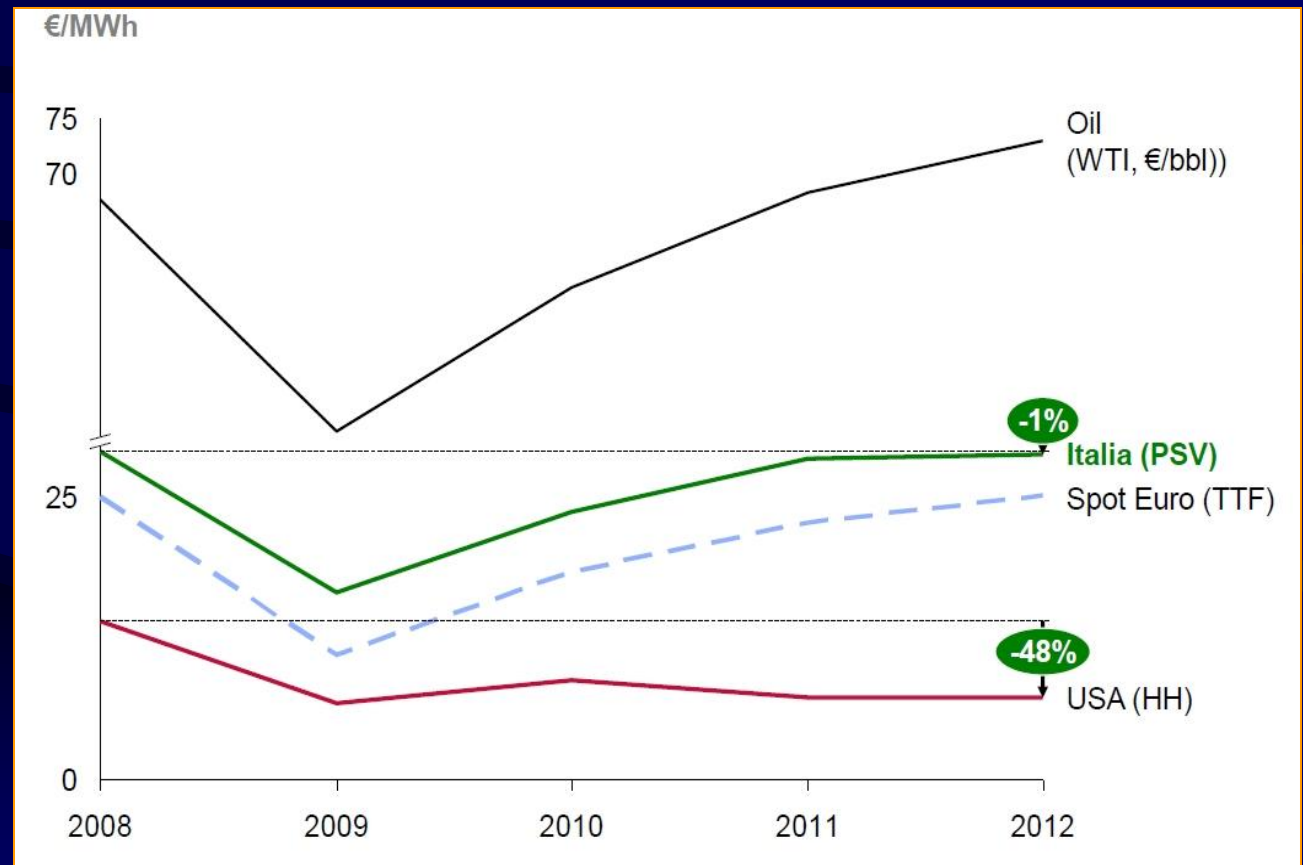


L'importanza del prezzo del GNL

Elemento di maggior novità per una strategia basata sul GNL ⇒
Scenari di evoluzione della **domanda** e dei **prezzi** GNL

Italia:

ulteriori fattori di
spinta derivano
dagli indirizzi della
SEN



Fattibilità economica del sistema logistico

Progetto TEN-T “*North European LNG Infrastructure*” della DMA (2012) ⇒ prima valutazione costi del sistema logistico-infrastrutturale del GNL (comprensivo di serbatoi, banchine di ormeggio, attrezzature e bettoline a GNL)

3 varianti ; periodo di rientro 8 anni;

Sistema logistico di piccola scala: il più oneroso

Investimento aggiuntivo su impianto esistente: il più conveniente

⇒ notevoli **economie di scala**

Possibilità di sfruttare le eventuali capacità in eccesso dei grandi impianti di importazione

Costi medi dell'infrastruttura per GNL in tre casi studio (prezzo richiesto dall'investitore per raggiungere un periodo di payback di 8 anni sui costi di investimento, euro/tonnellata) Tabella 1

Fonte: DMA (2012) “North European LNG infrastructure project”

	Capacità annuale (tonnellate GNL/anno)	Riempimenti annui del deposito (numero/anno)	Prezzo richiesto per rientro in 8 anni (euro/tonnellate GNL)
Caso I: Adattamento di un terminal di importazione di grandi dimensioni	91.900	n/a	136
Caso II: Terminal dedicato di medie dimensioni	154.300	20	157
Caso III: Terminal dedicato di piccole dimensioni	23.300	44	211

Opzioni per l'organizzazione logistica

Mancanza di infrastrutture per la fornitura alle navi

⇒ maggior barriera alla diffusione del GNL per uso marino
(eccezione: stati del Nord Europa, Norvegia in particolare)

Due possibili opzioni:

- **trasporto via terra** (rete gas) con impianti di dimensioni intermedie di liquefazione e stoccaggio nei porti
- **logistica marittima** che parte dai grandi impianti di importazione/ricezione del GNL dalle navi gasiere collocati offshore o sul litorale costiero

Come dovrebbe essere la logistica ?

Fornitura navi medio-grandi dimensioni: **3-4.000 m³ GNL/nave**

Approvvigionamento diretto presso i terminal di importazione
(capacità fino a 300.000 m³)

- Fornitura alle navi via camion e/o bettoline
- Nessun terminal di stoccaggio nei porti
- Rischi aggiuntivi per la numerosità dei movimenti

Terminal di stoccaggio di medie dimensioni (10.000-100.000 m³)

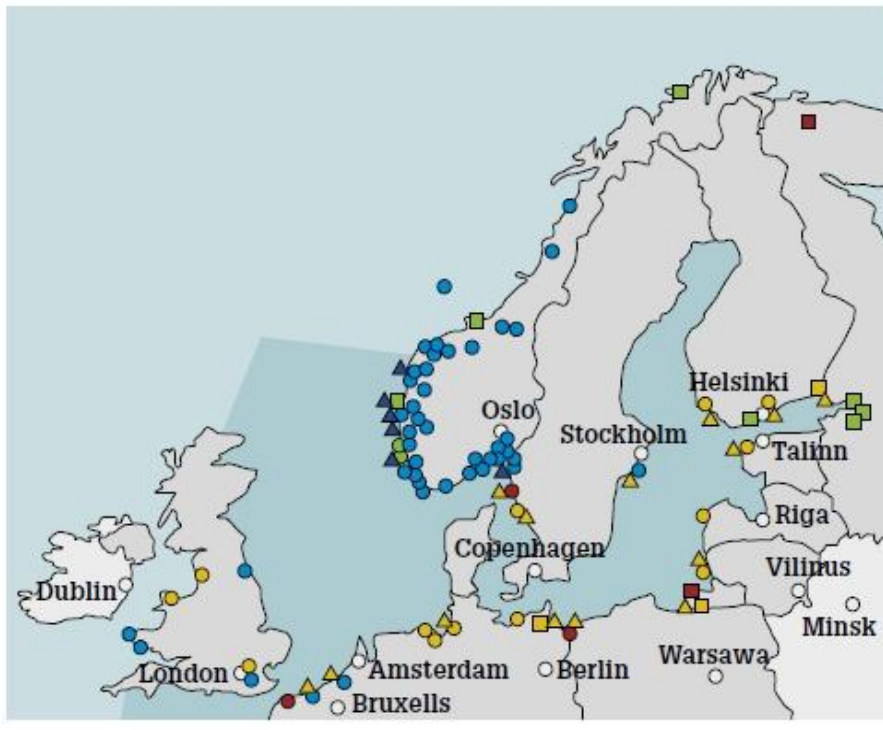
- Logistica più sicura
- Poche navi *feeder* in uscita dai rigassificatori
- Successiva distribuzione finale mediante bettoline o impianti fissi
- Minimizzazione costi di investimento navale

Terminal di stoccaggio di piccole dimensioni (< 10.000 m³)

- Destinati a soddisfare un fabbisogno più circoscritto

Le infrastrutture per il GNL nel Nord Europa

- Impianti di produzione di GNL esistenti
- Impianti di GNL progettati
- Impianti di GNL proposti
- ▲ facility di export/buncheraggio di piccola scala esistenti
- ▲ facility di export/buncheraggio di piccola scala proposte
- Terminal LNG esistenti
- Terminal LNG progettati
- Terminal LNG proposti
- Area SECA
- Capitali



Norvegia

Fredrickstad (6.500 m³)
Halhjem (1.000 m³)
Agotnes CCB (500 m³)
Floro (500 m³)

Svezia

Stoccolma – servizio *ship-to-ship* per traghetti

Belgio

Zeebrugge - servizio diretto e *ship-to-ship*
Anversa – iniziativa “pilota” rifornimento GNL

Germania

Amburgo – studio di fattibilità

Altri terminal pianificati o in via di realizzazione

Rotterdam (Olanda), Brunsbüttel (Germania), Göteborg (Svezia), Turku e Porvoo (Finlandia), Klaipeda (Lituania) e Swinoujscie (Polonia), Marsiglia (Francia), Algeciras e Barcellona (Spagna)

Prospettive di sviluppo del bunkeraggio

Le iniziative per lo sviluppo delle infrastrutture di *bunkering* del GNL nei porti stanno cominciando a moltiplicarsi in tutto il mondo anche al di fuori dell'Europa (tale carenza ha costituito sinora uno dei principali freni alla diffusione del GNL in ambito marittimo)

Singapore: progetto di lungo termine che mira a diventare il maggiore centro di rifornimento mondiale per il GNL

Stati Uniti: Shell e General Electric hanno stretto un accordo per lo sviluppo di infrastrutture di *bunkering* del GNL lungo le coste del Golfo del Messico e nella zona dei Grandi Laghi; nel 2015 è attesa la prima stazione di bunkeraggio di GNL per navi cargo a Jacksonville in Florida

La situazione logistica in Italia

Situazione attuale: meno favorevole in termini prezzi del GNL anche se con prospettive di miglioramento, sicuramente più favorevole in termini di logistica via mare che gode di un buon punto di partenza per quanto riguarda i *terminal* di importazione:

In funzione

Rigassificatore di Panigaglia (SP)
Terminale GNL Adriatico (RO)
Rigassificatore di Livorno (LI)

Approvati

Porto Empedocle (AG)
Gioia Tauro (RC)
Priolo Gargallo (SR)
Zaule (TS)
Capobianco (BS)

In progetto

Ravenna (RA)
Taranto (TA)
Monfalcone (GO)
Rosignano (LI)
Porto Recanati (MC)



Rigassificatore di Panigaglia (La Spezia)

Gestito da GNL Italia (gruppo Snam)

Capacità di rigassificazione di 3,4 km³/anno (in corso di studio l'ampliamento dell'impianto per raggiungere la capacità di 8 km³/anno)

Dotato di due serbatoi criogenici a terra con una capacità di stoccaggio di 50.000 m³ di GNL ciascuno

Nel confronto con la capacità tipica di un *terminal* portuale a GNL di medie dimensioni (20.000 m³), la capacità di stoccaggio di questo *terminal* è cinque volte superiore.



Terminale GNL Adriatico (Rovigo)

Gestito dall'omonima società,
controllata da ExxonMobil Italiana
Gas

Struttura *offshore* che si trova al largo
di Ponte Levante

2 serbatoi di stoccaggio del GNL della
capacità di 125.000 m³ ciascuno e
con una capacità di rigassificazione di
8 km³ / anno che corrispondono a
circa il 10 % del fabbisogno nazionale
di gas



Rigassificatore di Livorno

Gestito da OLT Offshore LNG
Toscana

Struttura *offshore* FSRU (*Floating Storage and Regasification Unit*): una struttura galleggiante a 20 km dalla costa ricavata dalla nave metaniera FSRU Toscana opportunamente adattata ed ancorata al fondo marino.



Capacità a regime di 4 km³ / anno equivalente a circa il 4% del fabbisogno nazionale

Il più recente: ha cominciato ad operare l'8 ottobre 2013

Italia: potenzialità impianti già operanti

Impianti progettati per capacità di stoccaggio e di rigassificazione molto elevate, **senza prevedere l'obiettivo ausiliario** di cedere una piccola parte della loro capacità di stoccaggio a navi *feeder* destinate ad approvvigionare i porti limitrofi.

Vicinanza ai porti di Genova, La Spezia, Livorno, Venezia, Ancona

- interessante opportunità economica di attrezzare i terminali già esistenti per eseguire i rifornimenti destinati al trasporto marittimo
- risparmio sui costi che da sostenere per la costruzione ex novo di terminal d'importazione del GNL dedicati
- possibilità di noleggiare navi gasiere in sovracapacità che, dopo aver scaricato al rigassificatore la parte del carico necessaria alla domanda via rete, potrebbero proseguire verso i porti per cedere la parte restante ai terminal portuali del GNL
- costi medi di trasporto notevolmente inferiori rispetto a quelli di importazione diretta dei quantitativi di GNL per uso marino (navi più piccole)

Italia: potenzialità impianti non ancora operanti

Analizzando la localizzazione dei progetti di rigassificazione in fase di autorizzazione nel Sud Italia, spiccano le posizioni di Brindisi (rigassificatore Capobianco) e di Gioia Tauro.

Brindisi.

Potrebbe soddisfare la domanda di GNL dei porti pugliesi e soprattutto quella dei porti della sponda balcanica dell'Adriatico.

Gioia Tauro

Potrebbe invece ambire a diventare hub di transshipment del GNL fra le navi gasiere dal Nord America e i porti campani, siciliani, di Malta e della costa del Nord Africa.

Italia: prospettive di sviluppo del bunkeraggio

Italia: diverse Autorità Portuali hanno in progetto la costruzione di *facilities* per il bunkeraggio del metano liquido, in particolare **Genova**, **Livorno** e **Civitavecchia**.

Autorità Portuale di Civitavecchia:

Quest'ultima è la sola in Italia ad aver già ospitato un rifornimento di metano liquido.

L'operazione di rifornimento da autobotte a nave è avvenuta il 16 maggio 2014 presso la darsena S. Egidio del porto di Civitavecchia dove il rimorchiatore alimentato esclusivamente a GNL, **l'M/T Bokn** dell'armatore norvegese BUBE, ha fatto il pieno di gas liquido per proseguire il suo viaggio verso Spagna e Belgio, e poi approdare in Norvegia dove è entrato in operazione.

Valutazioni di sicurezza

Ad oggi è disponibile la **casistica degli eventi accidentali**

Manca una **stima del tasso di rischio unitario** per le diverse attività della catena logistica, in rapporto alle distanze percorse e ai volumi trasportati, e per le principali categorie di effetti (eventi accidentali con danni alle cose, incidenti con danni alle persone, mortalità, feriti, ecc.).

Le principali opzioni di logistica del GNL (serbatoi a terra, serbatoi a mare, auto-cisterna, bettoline, navi gasiere) sono probabilmente associate a **livelli di rischio molto diversi**, che soprattutto in una fase di valutazione strategica dei pro e dei contro del GNL, come quella attuale, possono e dovrebbero essere quantificati

Questo consentirebbe di realizzare opportune comparazioni fra opzioni e settori, con la finalità di realizzare un'**analisi costi benefici** per supportare di evidenze numeriche il percorso progettuale e autorizzatorio

Valutazioni di sicurezza

L'incertezza sui **requisiti di sicurezza** nella progettazione e nella costruzione navale è uno degli attuali ostacoli all'uso del GNL

Sicurezza per il trasporto del GNL **come carico** :
Codice IGC già in vigore a livello internazionale

Sicurezza per l'uso del GNL **come combustibile**:
Solo linee guida provvisorie, in attesa che l'IMO finalizzi un nuovo codice denominato IGF Code

È in corso, dunque, un dibattito tecnico sulle regole riguardanti la **localizzazione in sicurezza** della cisterna GNL.

Valutazioni di sicurezza

Le nuove regole vincolanti per quanto riguarda collocazione in sicurezza dei serbatoi criogenici di GNL potrebbero richiedere un'occupazione dello spazio molto maggiore rispetto all'HFO (a parità di energia nel combustibile).

In tal modo le volumetrie disponibili per le stive adibite al carico potrebbero essere ridotte in modo eccessivo, pregiudicando la convenienza economica delle navi a GNL.

Ottimale sarebbe un **posizionamento all'aperto** (a poppa) tuttavia esso ridurrebbe fortemente la capacità di carico per tipologie che necessitano di elevata volumetria per il carico (traghetti, navi *container*, navi Ro/Ro)

Si sta studiando l'idoneità di **soluzioni meno invasive**, sotto gli spazi di equipaggio o utilizzando spazi nave come i fumaioli.

L'ammmodernamento della flotta

Già da molti anni le **navi gasiere** che trasportano GNL usano motori duali, che possono utilizzare sia combustibile convenzionale sia i vapori in eccesso del carico di GNL che si formano nei serbatoi.

Recentemente sono stati installati motori alimentati a GNL su altre categorie di navi (petroliere, Ro/Ro, rimorchiatori, supply/offshore vessels), prevalentemente per **nuove costruzioni**, ma si segnalano anche casi di **retrofit**.

Alimentazione delle navi a GNL

- soluzione conveniente rispondere alle esigenze ambientali
- notevoli vantaggi di semplificazione operativa
- alcuni **problemi di natura tecnica**

L'ammmodernamento della flotta

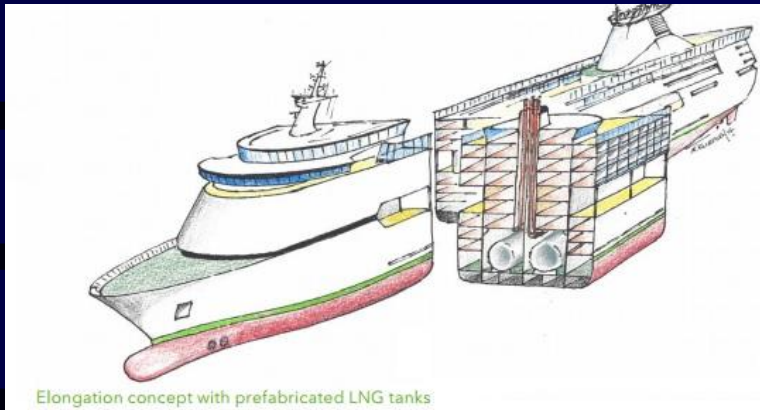
Il costo stimato per una nave alimentata a GNL rispetto ad una equivalente alimentata a HFO o MGO e di circa il **20-25%** maggiore.

A parità di densità di energia, il GNL richiede circa 1,6 volte il volume richiesto dai combustibili tradizionali \Rightarrow i serbatoi a bordo di una nave alimentata a GNL devono perciò essere più grandi per fornire la stessa quantità di energia.

Per ragioni di sicurezza, i serbatoi per il GNL devono costituire una struttura indipendente ed isolata dal resto della nave per mantenere il contenuto freddo, aumentando ulteriormente il volume occorrente.

Potrebbe essere complicato adattare in *retrofit* i serbatoi di navi già alimentate a combustibile tradizionale, soprattutto se di piccole dimensioni, con il conseguente **“rischio” di ridurre la capacità del carico.**

L'ammmodernamento della flotta



Sulle navi già alimentate con combustibili tradizionali gli **interventi di retrofit** evidenziano limiti tecnici ed economici per l'uso del GNL sulle navi a causa della sottrazione dei volumi di carico precedenti

Sulle **nuove costruzioni** la possibilità di ottimizzare le sistemazioni dovrebbe permettere di ridurre al minimo l'incidenza sugli spazi, liberando il campo alle prospettive di risparmio a medio termine sui costi energetici offerte dal GNL.



Lo sviluppo della domanda di navi a GNL

Nel 2012 la società norvegese **Det Norsk Veritas** (DNV) ha realizzato uno studio per analizzarne la domanda e l'offerta nel medio e lungo termine.

Nei prossimi anni tale studio prevede una **graduale e sostenuta crescita delle nuove costruzioni a GNL**, che potrebbero raggiungere il migliaio nel 2020 (escludendo le navi metaniere, attualmente sono 28 le navi a GNL in esercizio e 29 in fase di costruzione, prevalentemente unità *off-shore* e traghetti passeggeri).

Questo sviluppo del mercato è spiegato sia dall'entrata in vigore nel 2015 dei limiti nelle ECA esistenti sia dalla probabile creazione di nuove ECA anche prima del 2020.

Questa dinamica della domanda potrebbe modificare profondamente l'assetto competitivo nella cantieristica navale a livello mondiale

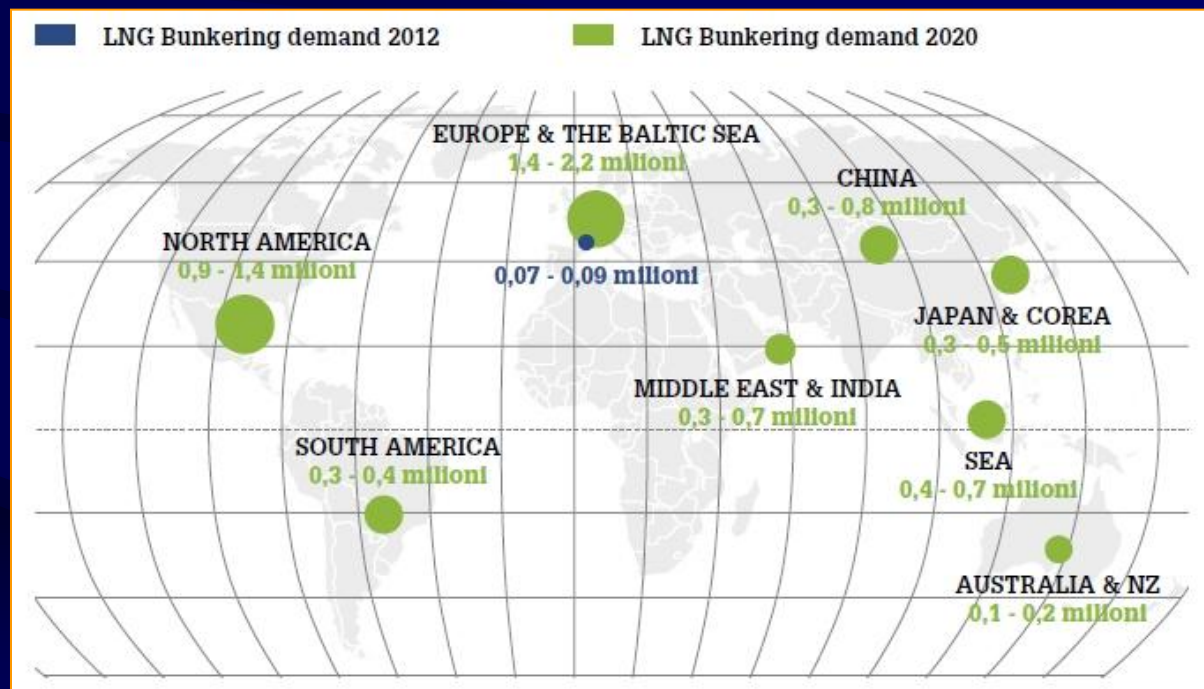
Stima consumi di GNL per uso marino al 2020

Lo studio DNV perviene ad una stima della domanda globale di GNL al 2020 di 4-7 milioni di tonnellate, di cui 1,4-2,2 milioni in Europa e nel Baltico (contro le attuali 70-90.000 tonnellate).

Domanda di GNL più che raddoppiata tra il 2000 e il 2011 concentrandosi per di più della metà nell'area asiatica.



Strozzatura sul lato della capacità mondiale di liquefazione che si prevede resterà corta nel breve periodo per poi essere sorpassata entro il 2018



Conclusioni

Il trasporto marittimo ad un bivio

I depositi di GNL sono in uso già da diversi anni, ma confinati in un mercato “di nicchia” nordeuropeo, in particolare in Norvegia.

Il GNL ha la possibilità di poter affermare la sua importanza come combustibile marittimo, grazie all’impatto della legislazione emergente sulle emissioni inquinanti delle navi e l’aumento del prezzo del petrolio.

Nel settore dello *shipping* stanno avvenendo grandi cambiamenti, legati all’evoluzione tecnologica, alle dimensioni delle navi e alla congiuntura economica globale, che obbligheranno ad un ripensamento sulle modalità di alimentazione delle navi.

Il passaggio all’uso di gas come combustibile per le navi, con tutto ciò che ne consegue in termini di infrastrutture criogeniche e di logistica dedicata, potrebbe portare ad un cambiamento significativo nella filiera navale e in tutto il settore marittimo e dei trasporti.

1. Cold ironing

2. Torri di lavaggio

3. Environmental Ship Index (ESI)

Installazione, vantaggi e problematiche dell'elettrificazione delle banchine portuali (cold ironing)

In alcuni porti, si è sperimentata l'alimentazione delle navi con energia elettrica dalle banchine permettendo lo spegnimento dei loro motori ausiliari durante l'ormeggio della nave.

Considerando il consumo di combustibile delle navi ormeggiate in porto, la connessione alla rete elettrica terrestre consente un notevole risparmio in termini di emissioni di inquinanti in atmosfera e una forte riduzione dell'inquinamento acustico.

L'art 4 *quater* della direttiva
2005/33/CE prevede che

*gli stati membri possano approvare
esperimenti per la messa a punto di
tecniche di riduzione delle emissioni
da navi battenti la loro bandiera o in
zone marittime sotto la loro
giurisdizione.*

Raccomandazione della Commissione dell'8 maggio 2006

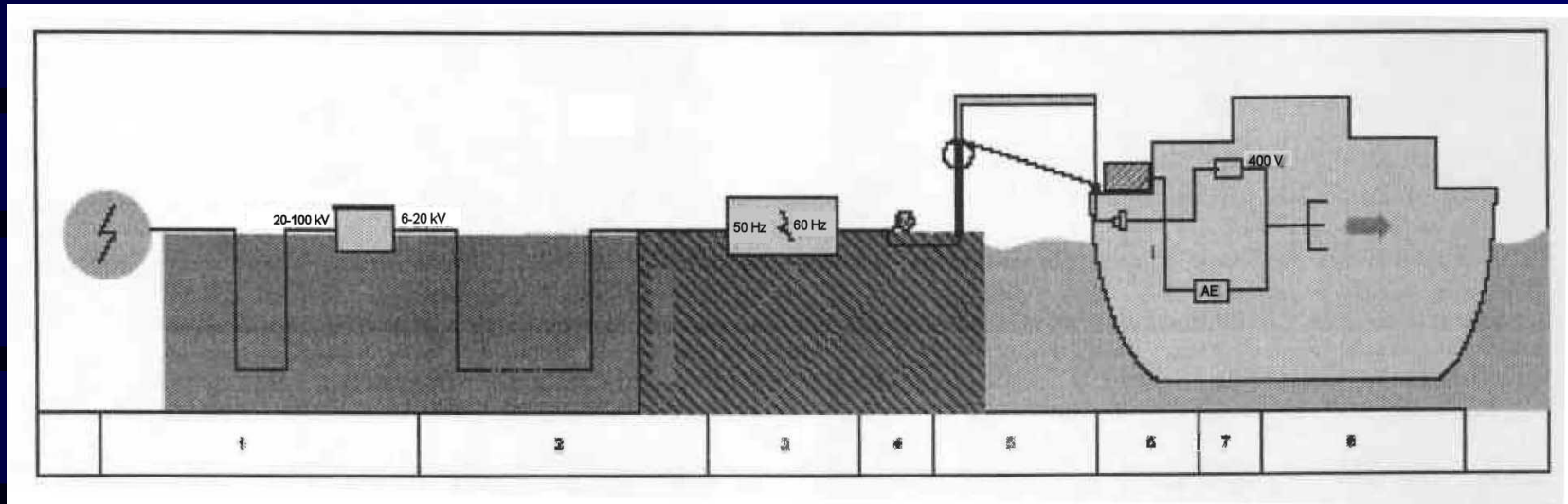
finalizzata a promuovere l'utilizzo di
elettricità erogata da reti elettriche
terrestri per le navi
ormeggiate nei porti comunitari

L'art 3 *bis* della direttiva **2012/33/CE** riporta che *gli Stati membri adottano tutte le misure necessarie per garantire che le navi all'ormeggio nei porti dell'Unione non utilizzino combustibili per uso marittimo con tenore di zolfo superiore allo 0,10 % in massa, fatta eccezione per le navi all'ormeggio nei porti con i motori spenti e collegate a un sistema elettrico lungo la costa.*

La Commissione europea il 23 maggio 2013 esplicita che

l'adozione di navi più grandi per il trasporto marittimo a corto raggio e di servizi a breve o medio raggio produrrà nuove esigenze in termini di efficienza energetica, combustibili alternativi e prestazioni ambientali (GNL, cold ironing).

configurazione standard



Fonte: Raccomandazione della Commissione dell'8 maggio 2006

- 1) Allacciamento alla rete elettrica nazionale a partire da una centralina locale, dove l'elettricità è trasformata da 20-100 kV a 6-20 kV.
- 2) Cavi per convogliare l'elettricità (6-20 kV) dalla centralina al terminale portuale.
- 3) Se necessario, conversione della corrente.

- 4) Cavi per distribuire l'elettricità al terminale.
- 5) Un sistema di avvolgimento dei cavi elettrici per evitare di manipolare cavi ad alta tensione.
- 6) Presa a bordo per il cavo di allacciamento.
- 7) Trasformatore a bordo per trasformare la corrente ad alta tensione in corrente a 400 V.
- 8) La corrente è distribuita in tutta la nave e i motori ausiliari vengono spenti.

Esempio #1: il porto di Juneau (Alaska)

Il 24 luglio del 2001, la nave *Dawn Princess* della flotta *Princess Cruises* ha spento i propri motori per allacciarsi alla rete elettrica del porto per circa 10 ore

Nel 2002, **cinque** navi della flotta *Princess Cruises* hanno usufruito della fornitura di energia elettrica direttamente dalle banchine del porto.

Dal 2001 a oggi *Princess Cruises* ha investito più di **7 milioni di dollari** in attrezzature per permettere la connessione di 14 delle proprie navi alla rete elettrica delle banchine dei porti statunitensi.

Fonte: http://www.princess.com/news/backgrounders_and_fact_sheets/factsheet/Princess-Ships-Clear-the-Air-with-Shore-Power-Connections.html#.VSY58JOZPng

Esempio #2: i porti di Los Angeles (POLA) e Long Beach (POLB)

Emissioni da nave oceaniche che scalano nei porti della Baia San Pedro, anno 2000:

Mode	In-Port NO _x emissions (tons/day)			
	Main Propulsion Engine	Auxiliary Engine	Auxiliary Boiler	Totals
Cruising	16.2	1.4	--	17.6
Maneuvering	2.0	0.7	0.1	2.8
Hotelling	0.7	11.0	1.0	12.7
Total	18.9	13.1	1.1	33.0

La città di Los Angeles ha adottato la politica del *No Net Increase* (NNI) per mantenere il livello di emissioni ai livelli registrati nel **2001**.

Una delle misure ha riguardato l'espansione del programma *Alternative Maritime Power* (AMP)

Come incentivo alla compagnia di navigazione che partecipava al programma per almeno 5 anni, POLA ha fornito un finanziamento di **810.000 dollari** come rimborso dei costi di installazione del *cold-ironing* a bordo delle navi.

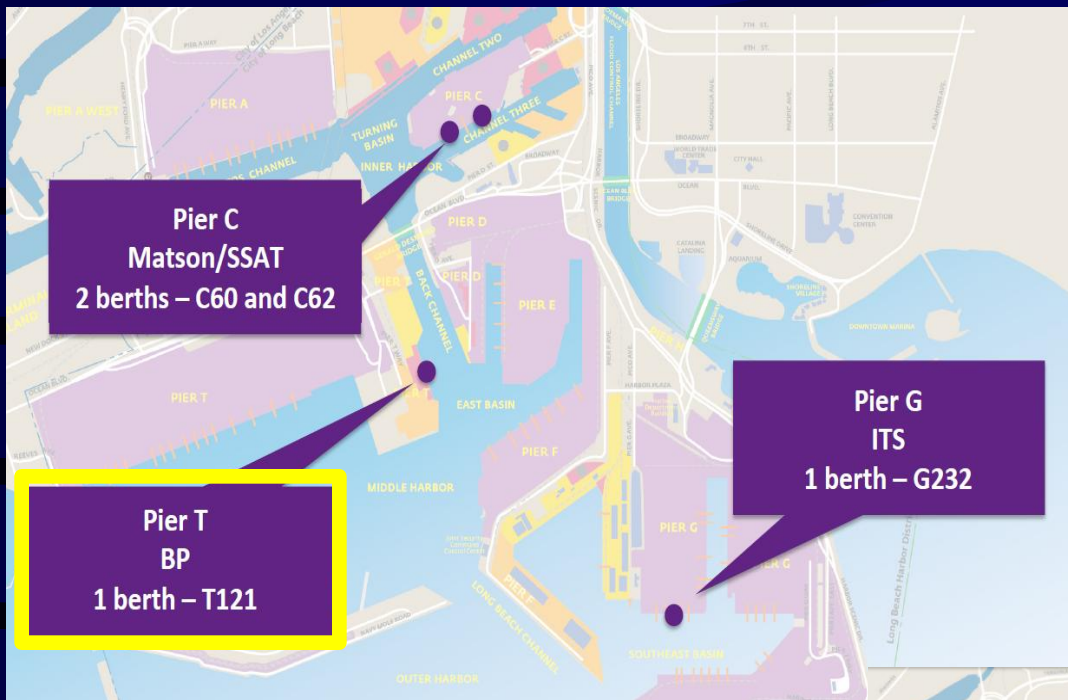
Al primo gennaio 2014, POLA dispone di 25 banchine (su 28 previste) dotate di sistemi AMP, più di ogni altro porto al mondo, con un investimento dal 2005 pari a circa **180 milioni di dollari**.

Fonte: <http://www.portoflosangeles.org/environment/amp.asp>

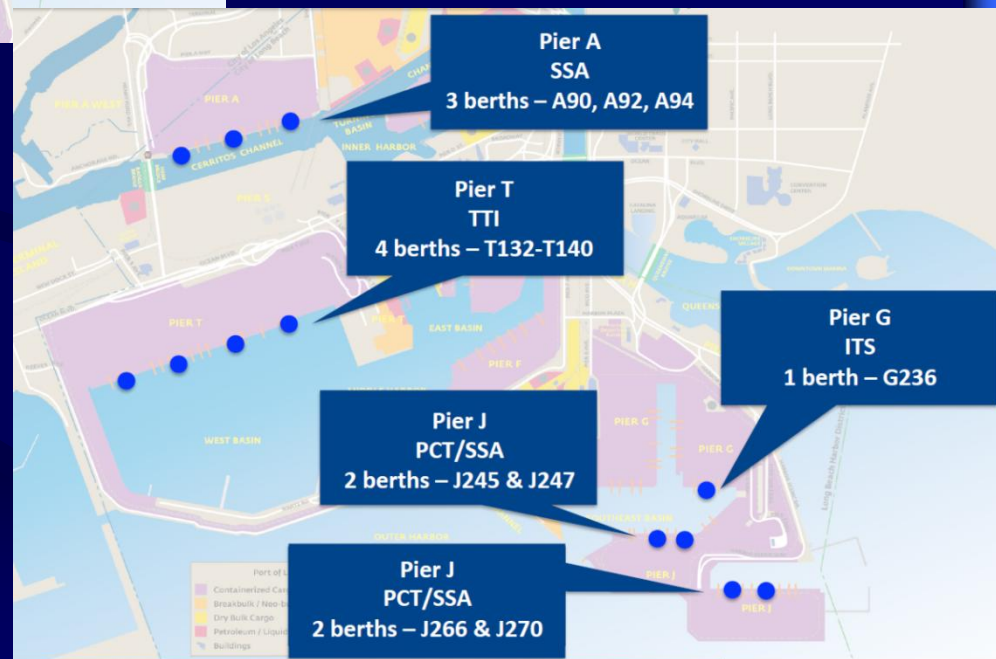
Dal 2011 POLA è attrezzato per fornire energia da terra a navi crociera nel World Cruise Center dove anche due navi possono essere alimentate simultaneamente su due diverse postazioni **da 20 MW ciascuna** (20 MW a 6,6 kV e 20 MW a 11 kV).

Fonte: http://www.portoflosangeles.org/environment/alt_maritime_power.asp

POLB è stato il porto che ha permesso il maggior numero di connessioni AMP per navi crociera



Circa 100 connessioni nel 2012 corrispondenti a circa 800 ore



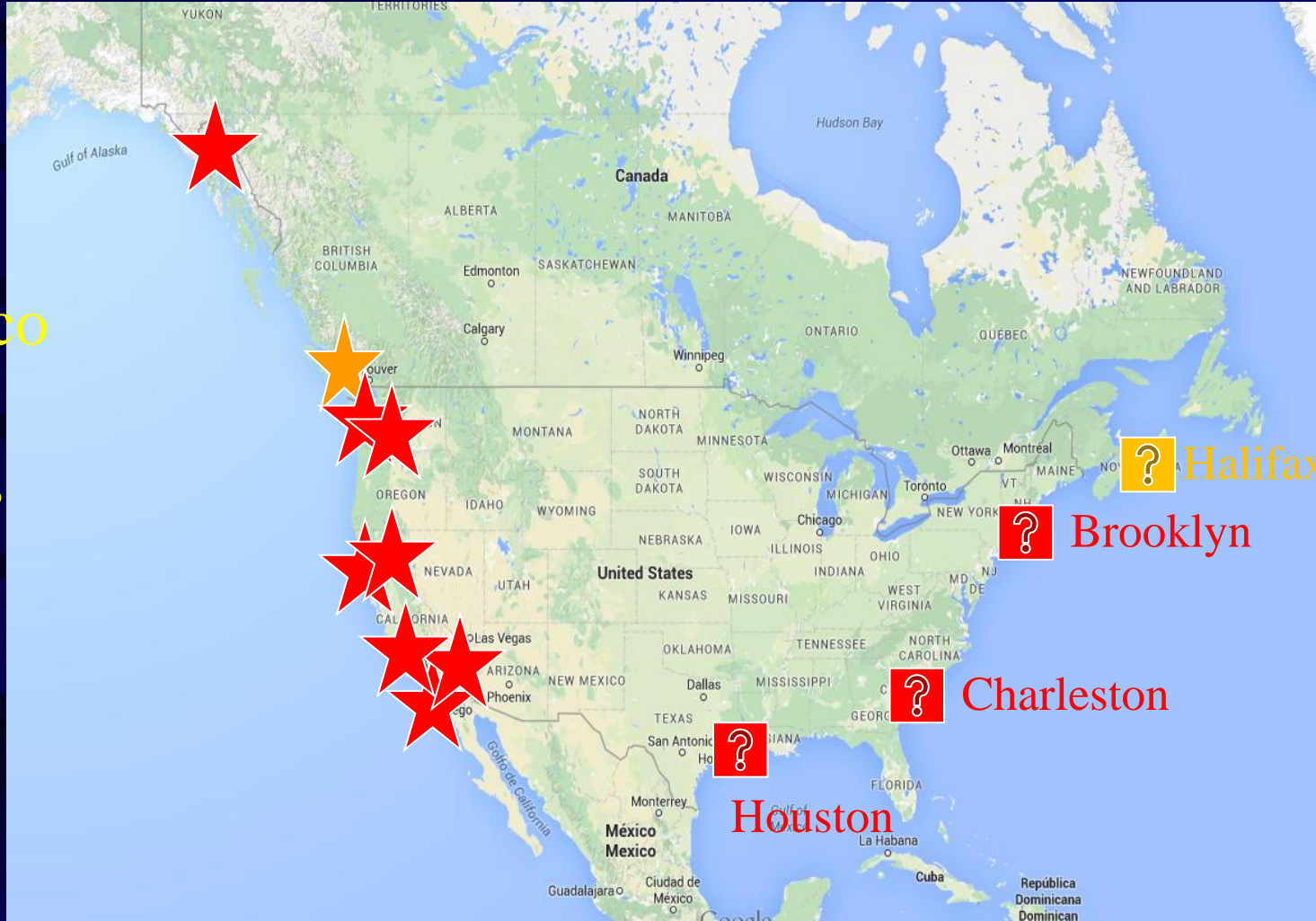
Il regolamento emanato dal CARB (*California Air Resources Board*) adottato a dicembre 2007 per ridurre le emissioni dai motori diesel delle navi crociera quando sono ormeggiate nei porti, prevede che i motori diesel siano spenti **per una percentuale stabilita del numero di scali per anno**

Date	Reduced Onboard Power Generation Option
Jan. 1, 2010	Shore-power equipped ships must use shore power if available at berth
Jan. 1, 2014	50% of all cruise ship calls on shore-power
Jan. 1, 2017	70% of all cruise ship calls on shore-power
Jan. 1, 2020	80% of all cruise ship calls on shore-power

Fonte: <http://www.polb.com/environment/air/shorepower.asp>



Juneau
 Seattle
 Tacoma
 San Francisco
 Auckland
 Los Angeles
 Long Beach
 San Diego



Vancouver

L'esperienza del *cold ironing* negli Stati Uniti ha coinvolto anche le navi della marina militare, **US Navy** dotate di sistemi di allaccio alla energia elettrica fornita dalle banchine.

A differenza delle navi commerciali la **domanda di energia elettrica** delle navi militari è considerevolmente **minore** ma sono molto più lunghi i tempi di stazionamento presso le banchine.

Goteborg, Pitea
Stoccolma
Helsingborg



Kemi, Oulu
Kotka
Helsinki



Rotterdam



Zeebrugge
Anversa



Lubecca



Oslo



Table B5 Existing Shore-side power supplies in the world applied for commercial vessels

Port	Country	Connection voltage	Frequency
Port of Göteborg	Sweden	400 V / 6.6 kV / 10 kV	50 Hz
Port of Stockholm	Sweden	400 V / 690 V	50 Hz
Port of Helsingborg	Sweden	400 V / 440 V	50 Hz
Port of Piteå	Sweden	6 kV	50 Hz
Port of Antwerp	Belgium	6.6 kV	50 Hz / 60 Hz
Port of Zeebrugge	Belgium	6.6 kV	50 Hz
Port of Lübeck	Germany	6 kV	50 Hz
Port of Kotka	Finland	6.6	50 Hz
Port of Oulu	Finland	6.6 kV	50 Hz
Port of Kemi	Finland	6.6 kV	50 Hz
Port of Los Angeles	USA	440 V / 6.6 kV	60 Hz
Port of Long Beach	USA	6.6 kV	60 Hz
Port of Seattle	USA	6.6 kV / 11 kV	60 Hz
Port of Pittsburg	USA	440 V	60 Hz
Port of Juneau	USA	6.6 / 11 kV	60 Hz

Fonte: *Shore side power supply, master of science thesis* di P. Ericcson e I. Fazlagic



Venezia #1



Pontile a giorno capace di ospitare contemporaneamente cinque grandi **navi da crociera** con stazza lorda superiore alle 40.000 t.



Fig.1 Posizione di massima Cabine Elettriche e S.S. AT/MT

Venezia #2

Cold ironing direttamente in porto con un impianto di **cogenerazione** composta da motori a combustione interna in ciclo semplice (alimentati a **bio-combustibili** o a gas metano completa di sistemi di abbattimento delle **emissioni** e di **rumore**) in grado di garantire l'energia elettrica necessaria a **due** grandi navi da crociera (la potenza elettrica massima erogabile è di **24 MW**).

- maggiore efficienza energetica,
- installazione adiacente alla banchina (**perdite ridotte per trasmissione e distribuzione**),
- produzione di **acqua calda e fredda** (teleriscaldamento/raffrescamento)
- **surplus energetico** da immettere in rete

Vantaggi del cold ironing

Riduzione emissioni inquinanti

NO_x	Baseline emissions	15.3
	Emissions reduced	14.81
	Reduction efficiency	97 %
SO₂	Baseline emissions	0.62
	Emissions reduced	0.0
	Reduction efficiency	0 %
VOC	Baseline emissions	0.52
	Emissions reduced	0.49
	Reduction efficiency	94 %
PM	Baseline emissions	0.39
	Emissions reduced	0.35
	Reduction efficiency	89 %

Fonte: *Shore side power supply, master of science thesis* di P. Ericsson e I. Fazlagic

Vantaggi del cold ironing

Table B3 Average emission factors for electricity production in Europe and onboard generation with 0,1 % sulphur fuel [20]

	NO_x [g/kWh]	SO₂ [g/kWh]	VOC [g/kWh]	PM [g/kWh]
Average emission factors for electricity production in Europe	0.35	0.46	0.02	0.03
Emission Factors from auxiliary engines using 0.1 % sulphur fuel (EU 2010 limit)	11.8	0.46	0.40	0.30

Fonte: *Shore side power supply, master of science thesis* di P. Ericsson e I. Fazlagic

Riduzione inquinamento acustico

Svantaggi del cold ironing

Costo

Cospicuo investimento iniziale del porto

Spese annuali manutenzione e consumi

Cospicuo investimento iniziale

della compagnia di navigazione porto

Complessità tecnologica

Infrastrutture necessarie nel porto

Voltaggi (440 V, 6.6 kV o 11 kV)

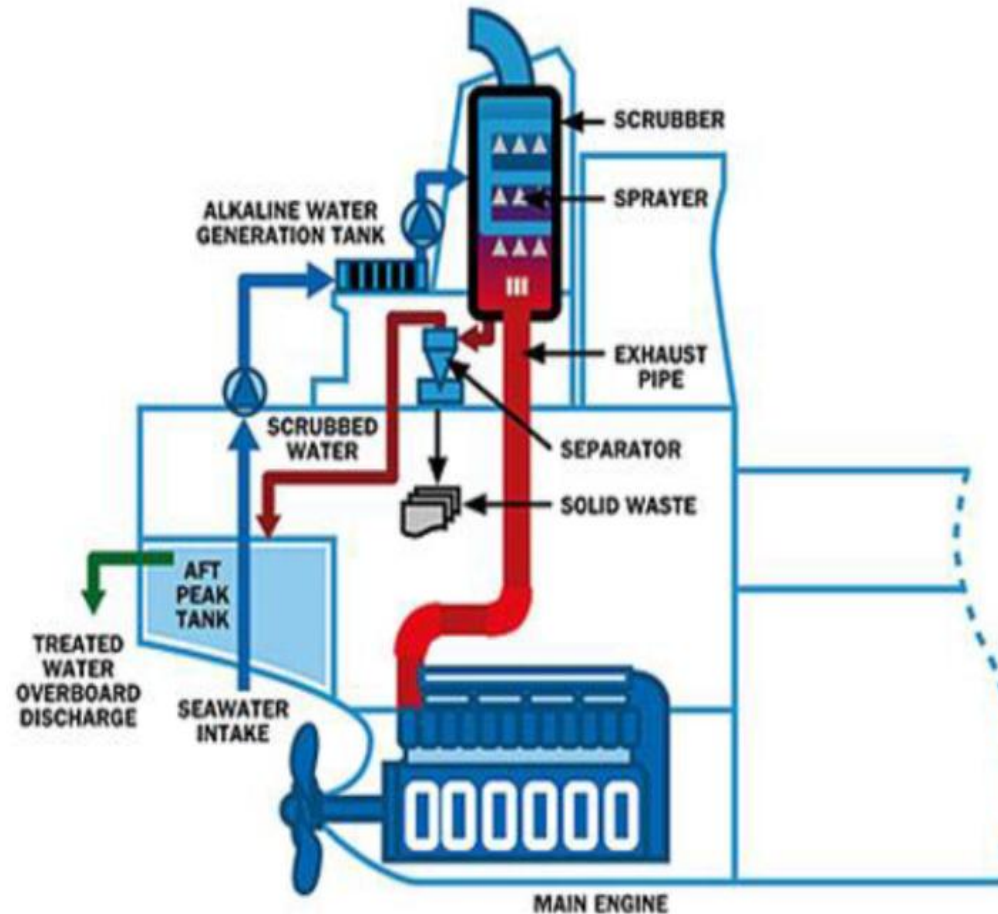
e frequenza (50 o 60 Hz)

Il rapporto costo/benefici è vantaggioso solo per navi con scali frequenti

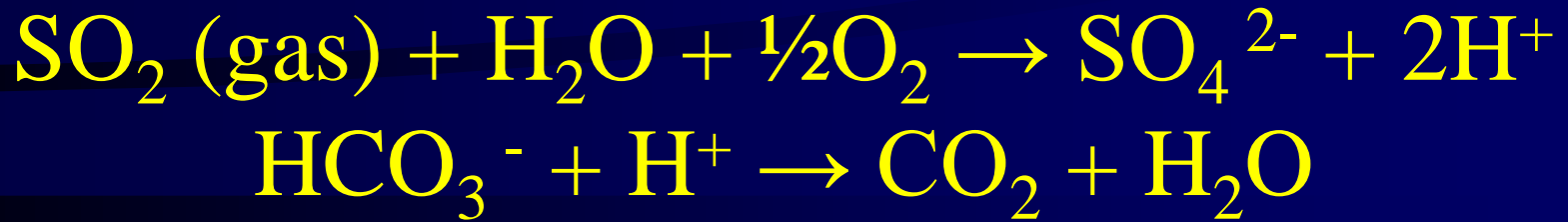
Tempi tecnici di allaccio alla rete elettrica delle banchine

Vantaggi limitati alla sola fase di **ormeggio**

Torre di lavaggio



Seawater scrubber



SO_2 reagisce con l'acqua di mare e O_2 per formare ioni solfato e H^+ . L'incremento dell'acidità viene poi compensato dal bicarbonato che fa risalire il **pH**.

Anche parte dell' NO_x viene catturata e scaricata nelle acque come nitrato.

Fonte: Scrubbers – An economic and ecological assessment di Eelco den Boer e Maarten 't Hoen

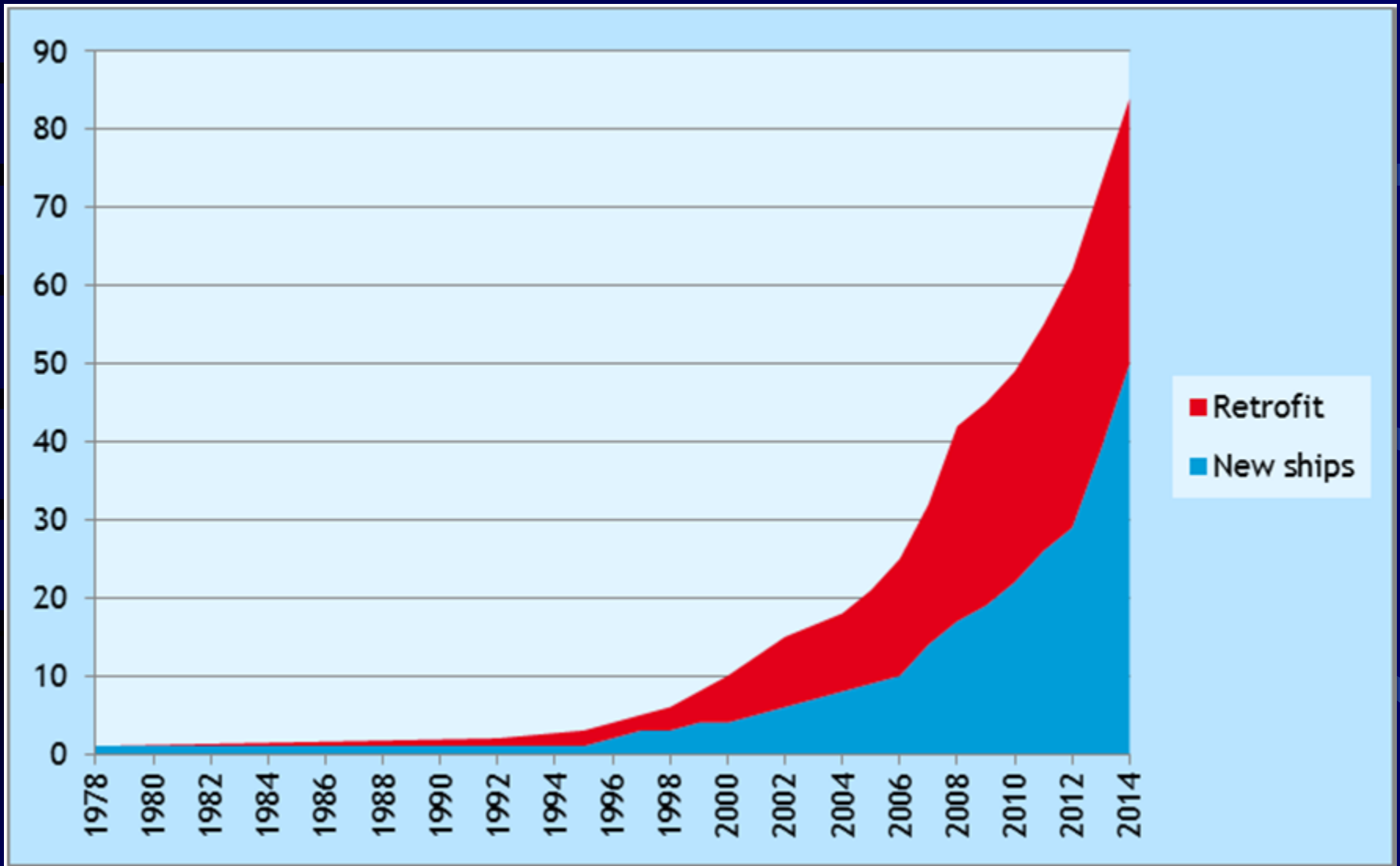
La Direttiva **2005/33/CE** prevede l'uso di un sistema di monitoraggio continuo delle acque di lavaggio.

- **torpidità;**
- **pH;**
- concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici (**IPA**);
- concentrazione dei **nitrati**.

Prestazione media di uno scrubber

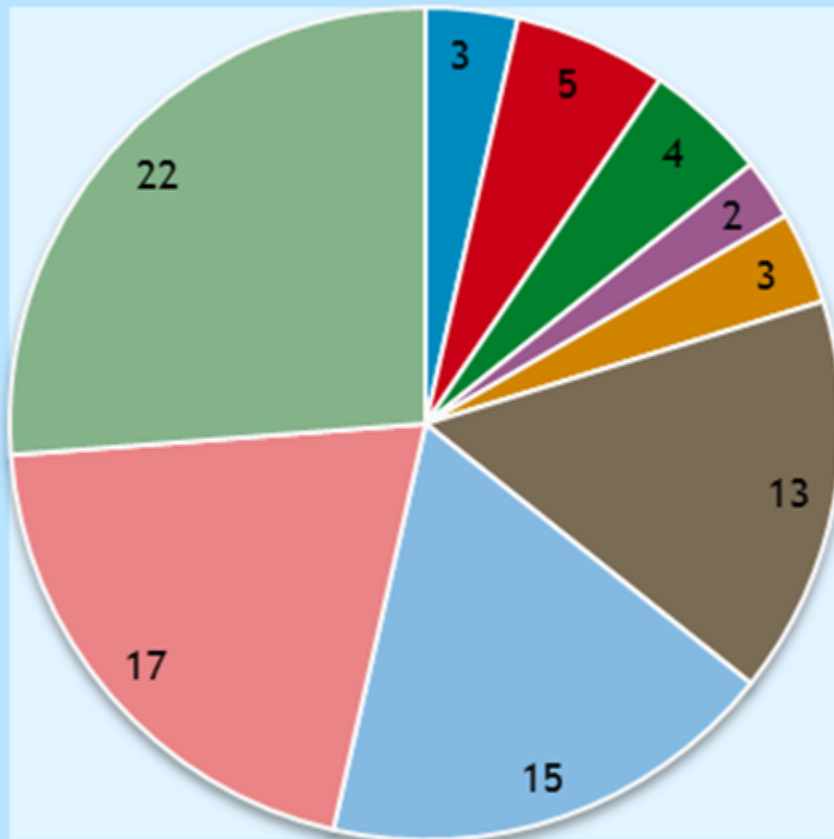
$\text{SO}_x > 90\%$
 $\text{PM } 60 - 90\%$
 $\text{NO}_x < 10\%$

Fonte: COWI, 2012



Fonte: CE Delft, 2015

Roma 13 aprile 2010



- Miscellaneous
- Tanker
- Bulk carrier
- Combination carrier
- Containership
- Gas carrier
- Cruise/Passenger
- Offshore Service
- Ro-Ro

70 compagnie di navigazione in zona ECA
(**5.000 navi**)

135 navi a settembre 2014 (+100% rispetto
al semestre precedente)

160 navi al 31 gennaio 2015 (+19%)

Fonte: Notiziario Cisco

ESI (Environmental ship index)

E' un numero rappresentativo delle prestazioni ambientali di una nave in merito alle emissioni di NO_x , SO_x e CO_2 .

E' applicabile ad ogni tipologia di nave e permette di ottenere alcuni bonus sulle tariffe di ormeggio

Fonte: <http://esi.wpci.nl/Public/Home/AboutESI>

Per calcolare l'ESI:

$$\frac{2 \times \text{ESI NO}_x + \text{ESI SO}_x + \text{ESI CO}_2 + \text{OPS}}{3.1}$$

ESI NO_x dipende dalle caratteristiche dei motori della nave

ESI SO_x dipende dal tenore di zolfo del combustibile usato

ESI CO₂ legato alla disponibilità del certificato EEDI e dipende dalla quantità di combustibile usato

OPS è un bonus per le navi che dispongono di sistemi di allacciamento *cold ironing*.

$$\frac{2 \times \text{ESI NO}_x + \text{ESI SO}_x + \text{ESI CO}_2 + \text{OPS}}{3.1}$$

ESI NO_x: valori compresi fra 0 e100

ESI SO_x: valori compresi fra 0 e100

CO₂ bonus di 10 punti

OPS bonus di 35 punti

Punteggio massimo: 345

Fonte: <http://esi.wpci.nl/Public/Home/ESIFormulas>

