

# INNOVAZIONI TECNOLOGICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN AMBITO PORTUALE

## SETTORE PROGETTI AREE PORTUALI



Massimiliano Bultrini

# Introduzione / 1

**Trasporto marittimo** ⇒ il problema dell'inquinamento atmosferico e della qualità dell'aria riguarda prevalentemente e direttamente le aree portuali

**Area portuale** ⇒ area operativa, spesso industriale, con la presenza di sorgenti di inquinamento atmosferico spesso abbastanza critiche che “insistono” su di essa. Può capitare che le aree portuali siano localizzate a ridosso oppure direttamente all'interno di contesti urbani

Valutazione dell'**inquinamento atmosferico** di un'area portuale riguarda:

- emissioni prodotte dai motori delle **navi**
- emissioni prodotti dai motori che alimentano i **mezzi a terra** (automezzi pesanti dedicati al trasporto delle merci, i mezzi dedicati alle operazioni di carico/scarico, le autovetture passeggeri)
- tutte le altre **attività presenti al contorno** (ad es., dispersione delle polveri durante le operazioni di movimentazione delle merci polverose alla rinfusa oppure la presenza di stabilimenti industriali).

**FOCUS PRESENTAZIONE** ⇒ emissioni provenienti direttamente dalle navi

# Introduzione / 2

A livello internazionale, sia mondiale che europeo, la **legislazione** in materia di tutela dell'aria prescrive principalmente l'uso di **combustibili a basso tenore di zolfo** per ridurre le emissioni delle navi

Al fine di contenere le emissioni provenienti dal trasporto navale **in tutte le fasi della navigazione**, la normativa ambientale ha introdotto una serie di limitazioni sempre più stringenti che stanno spingendo il settore dello *shipping* verso la ricerca di **soluzioni tecnologiche innovative**:

- alimentazione dei motori navali con il **GNL**
- installazione a bordo di **apparecchiature dedicate alla riduzione degli inquinanti** presenti nei gas di scarico
- elettrificazione del banchine mediante il sistema del ***cold ironing***

Viene eseguita una revisione di tali tecnologie, fornendo esempi di applicazioni in ambito nazionale.

# Quadro normativo - IMO e Convenzione Marpol



In ambito internazionale uno dei trattati più importanti è la **Convenzione Marpol dell'IMO**

**Annexo VI** (1997 → 19 maggio 2005) ed il suo **emendamento del 2008** (2008 → luglio 2010) che riguardano la protezione dall'inquinamento atmosferico causato dalla navigazione marittima.

- aree **ECA**
- codificata tutta la regolamentazione riguardante:
  - emissioni di **SO<sub>x</sub>**, **NO<sub>x</sub>**, **sostanze ozono-lesive**, **COV**
  - **incenerimenti** effettuati a bordo delle navi
  - certificazione **IAPP** / **EIAPP** delle navi (> 400 TSL)
- emendamento del 2008:
  - **Inasprimento dei limiti** emissivi programmato fino al 2020
  - **Piano di gestione** delle emissioni di COV (navi petroliere)
  - Efficienza energetica navi (**EEDI**, **SEEMP** per la **CO<sub>2</sub>**)

# Quadro normativo - Emissioni di $SO_x$ / 1

Le emissioni di  $SO_x$  da traffico marittimo sono:

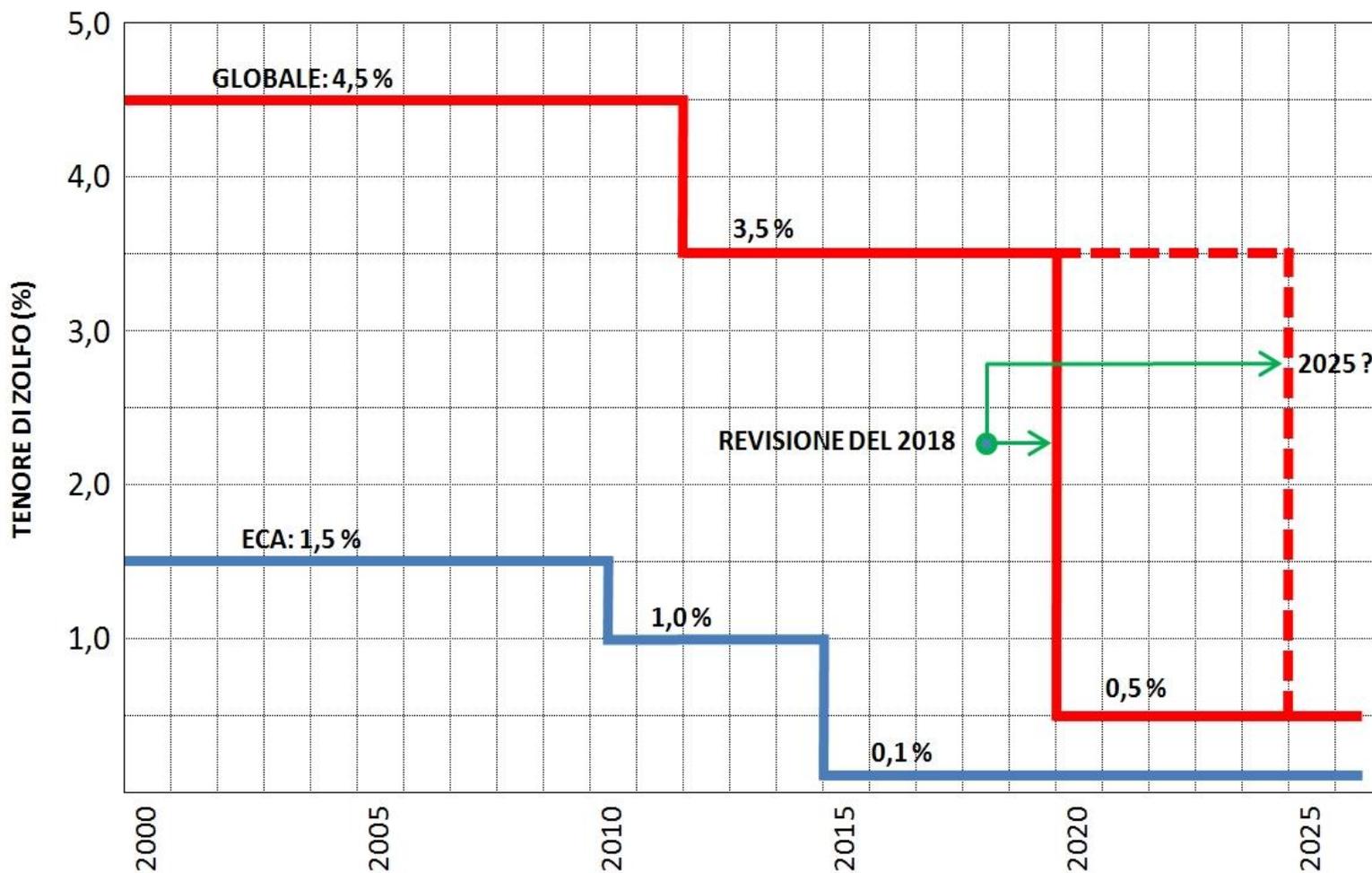
- funzione diretta del **tenore di zolfo** del combustibile utilizzato, (indipendentemente dal processo di combustione utilizzato)
- controllate in tutti gli oli combustibili utilizzati a bordo



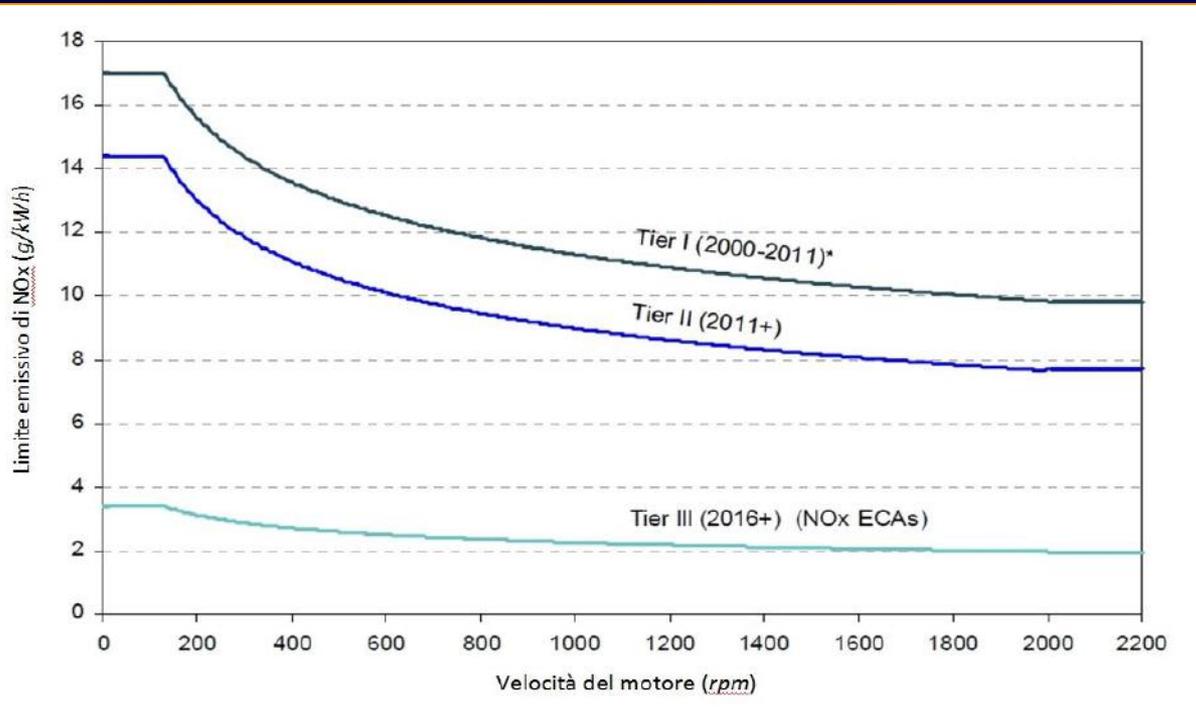
Lo **zolfo** è naturalmente presente in tutti i petroli greggi in misura maggiore (**HFO**) o minore (**MGO, MDO**)

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

# Quadro normativo - Emissioni di SO<sub>x</sub> / 2



# Quadro normativo - Emissioni di NO<sub>x</sub>



Le emissioni di NO<sub>x</sub> dipendono dai **picchi di temperatura** nel processo di combustione che causano la formazione di ossidi di azoto e quindi dalla velocità di rotazione del motore (**rpm**).

- globale Tier I** baseline (scaduto)
- globale Tier II** -20% rispetto al Tier I
- ECA Tier III** -75% rispetto al Tier II (-80% rispetto al Tier I)

NO <sub>x</sub>			
Standard	Data di installazione dei motori diesel	Velocità <i>n</i> del motore (rpm)	Limite emissivo di NO <sub>x</sub> (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 – Recepimento UE e nazionale

Coerentemente agli orientamenti internazionali, l'UE ha recepito le indicazioni della Marpol 73/78 con una serie di **direttive**:

La direttiva **2012/33/UE** (21/11/2012) modifica e sostituisce le precedenti direttive 1999/32/CE e 2005/33/CE

Limite al tenore di zolfo **globale**

**3,5 %** fino al 1/1/2020

**0,5 %** dal 1/1/2020

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

**ECA:**                      **1,0 %** fino al 1/1/2015  
                                 **0,1 %** dopo il 1/1/2015

---

**Navi passeggeri:** **1,5 %** fino al 1/1/2020

---

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

---

**Gasoli marini:**        **0,1 %**

**Italia:** direttiva recepita  
con il **DLgs n. 112/2014**

# Il ruolo della normativa 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.

(**ECA**: 1,0%  $\Rightarrow$  0,1%)

obbligo di sostituire **HFO** con **MGO** a meno di soluzioni tecnologiche alternative

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

(**globale**: 3,5%  $\Rightarrow$  0,5%)

aumento **costo** trasporto marittimo **40-50 %** a meno di soluzioni tecnologiche alternative

# Strategie di “compliance”

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

1. Utilizzare MGO con tenore di zolfo  $< 0,1\%$  in massa (*compliant fuel*)
2. installare impianti di desolforazione dei fumi e continuare a usare HFO
3. Alimentare i motori navali con GNL
4. [Emissioni da stazionamento] utilizzare sistemi di *cold ironing*

## *Compliant fuel*

- Costi di investimento praticamente nulli
- Combustibile più costoso del HFO (+50%)

## Impianti di desolforazione; GNL; *cold ironing*

- Ingenti costi di investimenti in tecnologie più complesse
- Combustibili meno costosi del MGO

benefici ambientali di strategie basate sull'investimento in nuove tecnologie sono generalmente più estesi di quelli strettamente richiesti dalla normativa

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

# GNL - benefici ambientali



Possibilità di un graduale abbandono del combustibile marittimo tradizionale a favore del GNL è un **opzione tecnologica**:

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

**Depositi GNL**: utilizzati già da svariati anni ma il loro uso in ambito marittimo sinora è stato limitato soprattutto ai mercati locali del Mar Baltico, del Mare del Nord e, in particolare, della Norvegia.

**Abbattimento delle emissioni** degli inquinanti da trasporto marittimo.

L'uso del GNL nei motori marini, confrontato con **HFO** e **MGO**, permette di ridurre:

- emissioni di **SO<sub>x</sub>** - **95%**
- emissioni di **NO<sub>x</sub>** - **90%** (HFO); **-80%** (MGO)
- emissioni di **PM** - **90%** (HFO); **-50%** (MGO)
- emissioni di **CO<sub>2</sub>** - **26%** (HFO); **-24%** (MGO)

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

Probabile aumento delle emissioni di **CH<sub>4</sub>**

(perdite di gas in navigazione; carenza di dati; incertezza sui FE)

# GNL - Approvvigionamento, rigassificazione e bunkeraggio

La filiera del GNL consiste in **quattro fasi** principali:

(1) Produzione; (2) Liquefazione; (3) Trasporto (4) **Rigassificazione**

**Rigassificatore** (elemento chiave): impianto industriale offshore o onshore

Il GNL ricevuto dalle navi metaniere viene trasferito ai serbatoi del terminal di rigassificazione dove viene riconvertito allo stato gassoso tramite un processo di riscaldamento controllato e quindi convogliato alla rete nazionale di trasporto del gas attraverso un metanodotto.

L'uso dei rigassificatori anche per le attività di stoccaggio e rifornimento di GNL dipende dalla tipologia di servizio e dalle caratteristiche dei terminal.

**SSLNG** (Small Scale LNG): uso del GNL direttamente in forma liquida (rispetto alla rigassificazione operata nei terminal dedicati e alla successiva immissione del prodotto gassoso nella rete di trasporto)

# Small Scale LNG – Bunkeraggio marittimo

L'uso del GNL come combustibile marittimo prevede modalità di rifornimento che presuppongono lo sviluppo di un sistema logistico di tipo SSLNG. Le diverse modalità di rifornimento del GNL per il trasporto marittimo (**bunkeraggio**) sono le seguenti:

- da **autobotte a nave** : flessibilità geografica, bassi investimenti necessari, solo imbarcazioni di piccole dimensioni (Civitavecchia)
- da **impianto a terra a nave**: rifornimento da un deposito di stoccaggio intermedio fisso collegato alla nave con linea criogenica o tubo; maggiore velocità di flusso di GNL, navi di grandi dimensioni
- da **nave a nave** (transhipment): si può realizzare direttamente in mare e senza entrare nel porto, in condizioni di mare calmo
- da **cisterne mobili** o ISO-container criogenici: depositi di stoccaggio mobili; sistema flessibili sia per quantità di GNL sia per la logistica

# La situazione logistica europea ed italiana

La filiera dello **SSLNG** si è particolarmente sviluppata in **Spagna, Norvegia, Regno Unito e Olanda**, ove si registra il più alto numero di impianti utilizzabili per attività di rifornimento su piccola scala.

**Italia:** ad oggi nessun terminale di rigassificazione italiano è in grado di fornire servizi di tipo SSLNG

3 rigassificatori già operanti:

- Rigassificatore offshore **Adriatic LNG** (alto Adriatico) con due serbatoi di stoccaggio del GNL della capacità di 125.000 m<sup>3</sup> ciascuno
- Rigassificatore di **Panigaglia** (La Spezia) con due serbatoi a terra con una capacità di stoccaggio di 50.000 m<sup>3</sup> ciascuno
- Rigassificatore offshore **OLT** (Livorno) a circa 20 km dalla costa con una capacità di circa 4 miliardi m<sup>3</sup> all'anno

# GNL - Ammodernamento della flotta navale

Passare al GNL come combustibile marittimo è un'**operazione costosa** sia per navi di nuova produzione che per adattamenti in retrofit (modifica di nave già esistente, meno frequenti)

A parità di autonomia rispetto ai combustibili tradizionali il GNL comporta:

- **maggiori volumi** a bordo per i serbatoi di contenimento (3/4 volte)
- **maggiori pesi** per il sistema di stoccaggio e distribuzione (1,5 volte)

Le operazioni in **retrofit** sono tecnicamente più complesse (fermo di 2/3 mesi) e costose delle **nuove costruzioni**: un range di costo per trasformare un motore di taglia intorno ai 5 MW si attesta tra i 240-270 €/kW

E' necessario considerare **altri costi** per: gestione tecnica, procedurale (ispezioni, soste, ecc.), addestramento e formazione dell'equipaggio.

**Tempi di ritorno** dall'investimento: 36 / 60 mesi

# GNL - Il tema della sicurezza

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

A **livello internazionale**:

Sicurezza per il trasporto del GNL **come carico** :

- Codice IGC già in vigore della IMO

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 un dibattito tecnico sulle regole riguardanti la **localizzazione in sicurezza** della cisterna GNL sulle navi

**Tema delicato**: le nuove regole per quanto riguarda collocazione in sicurezza dei serbatoi di GNL potrebbero richiedere un'occupazione dello spazio molto maggiore rispetto all'HFO pregiudicando la convenienza economica delle navi a GNL per gli utilizzatori.

# Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane / 1

## Autorità Portuale di Civitavecchia

L'Autorità Portuale il 16/5/2014 ha realizzato il **primo bunkeraggio** di GNL in un porto italiano

Sono stati attivati approfondimenti tecnici ed amministrativi finalizzati a rendere operativo il rifornimento di GNL nell'ambito del porto alle navi scalanti, nella prospettiva di una riduzione dell'impatto ambientale complessivo derivante dalla qualità dei fumi emessi

E' stata formalizzata la partecipazione dell'Autorità Portuale ad un progetto transnazionale mediterraneo (**GAINN**) sull'uso del GNL come combustibile marittimo e portuale.

# Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane / 2

## Autorità Portuale di Genova

L'Autorità Portuale ha preso parte al progetto **GAINN** come possibile risposta ai più stringenti requisiti in materia ambientale.

In particolare, l'Autorità Portuale prevede di sviluppare nell'ambito del progetto un deposito portuale di GNL di piccole dimensioni (circa 100 m<sup>3</sup>) e le relative opere impiantistiche, a supporto delle operazioni di approvvigionamento via bettolina e di rifornimento di navi e mezzi terrestri.

# Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane / 3

## Autorità Portuale di Livorno

L'Autorità Portuale, grazie ad un protocollo per l'innovazione sottoscritto con il MIT nel 2013, ha attivato progetti di livello internazionale legati al rifornimento, al deposito ed alle strutture di distribuzione del GNL:

**GRENNCRANES:** in cui è stato completato lo studio di fattibilità relativo alla realizzazione di infrastrutture di deposito/refuelling di GNL nel porto;

**SEA TERMINAL:** che prevede attività riferite al GNL sui temi relativi a: studio dell'impatto nel porto, valutazione del rischio, realizzazione di serbatoi atmosferici, alimentazione duale GNL/diesel delle gru per la movimentazione contenitori, stazione di rifornimento mobile

**GAINN:** che ha permesso di definire un piano strategico di investimenti e di servizi per il GNL

# Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane / 4

## Autorità Portuale di La Spezia

L'Autorità Portuale è impegnata nel progetto **GAINN**

Nell'ambito del programma europeo TEN-T Motorways of the sea, ha anche partecipato al progetto **COSTA II POSEIDON MED** che affronta le tematiche della sostenibilità ambientale e della promozione dell'uso di carburanti puliti alternativi nel settore del trasporto marittimo.

Obiettivo generale del progetto è analizzare la domanda futura in termini di navi alimentate a GNL che solcheranno il Mediterraneo ed un master plan che coinvolgerà Italia, Grecia e Cipro per la definizione delle infrastrutture necessarie a favorire l'uso del GNL nel trasporto marittimo.

In particolare, è stato sviluppato uno studio per la costruzione di una catena logistica alimentata a GNL.

La **Marina Militare** sta sperimentando un motore a GNL ed ha in costruzione una nuova unità logistica che avrà sede a La Spezia con propulsione a metano (Panigaglia pronto a rifornire).

# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

## Applicazioni in ambito marittimo

L'utilizzo di apparecchiature per ridurre o eliminare la quantità di un determinato inquinante presente nei gas esausti prodotti da un processo di combustione di fossili, ha storicamente trovato applicazioni in molti contesti (industriale, chimico, ecc.), trovando più recentemente nel settore del **trasporto marittimo** un nuovo campo di applicazione.

Le emissioni di inquinanti dovute alla combustione dei motori navali diesel possono essere controllate grazie all'impiego di **appositi impianti** installati a bordo delle navi che permettono di abbattere le emissioni di  $\text{SO}_x$ , di  $\text{NO}_x$  e di materiale particolato.

In particolare, gli **impianti di desolfurazione**, oggi, costituiscono un'alternativa economicamente vantaggiosa rispetto all'uso del più costoso MGO, ed un'opzione tecnicamente valida rispetto all'uso del GNL, qualora questo non sia disponibile nella catena logistica di approvvigionamento oppure presenti difficoltà di utilizzo di natura tecnica.

# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

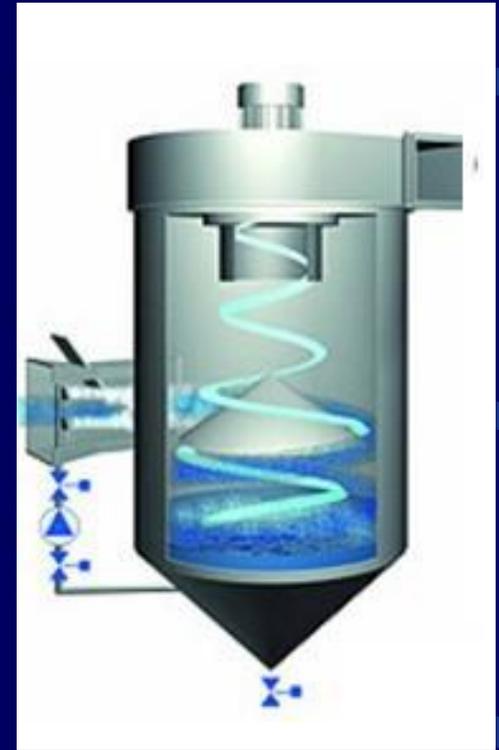
## Wet scrubber il controllo delle emissioni di SO<sub>x</sub>

**Wet scrubber:** i gas di scarico vengono fatti passare attraverso una **soluzione liquida** dove gli SO<sub>x</sub> vengono trasformati in **solforati** ed eliminati.

Scrubber **a ciclo aperto** (sea water scrubbing o **SWS**): sfruttano l'alcalinità dell'acqua di mare e sono i sistemi più adatti alla navigazione in mare aperto.

Scrubber **a ciclo chiuso**: utilizzano una soluzione liquida ottenuta con soda caustica ed acqua dolce; garantiscono un consumo energetico leggermente inferiore rispetto ai SWS.

Scrubber **ibridi**: funzionano sia in circuito aperto che in circuito chiuso (particolarmente adatti a navi che richiedano massima flessibilità operativa).



# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

## Wet scrubber il controllo delle emissioni di $\text{SO}_x$

L'efficienza un **wet scrubber**, oltre che dalle caratteristiche termodinamiche, chimiche e granulometriche della soluzione liquida utilizzata e dalla composizione del gas di scarico, dipende anche dalle **dimensioni** dello scrubber.

Pur essendo i fenomeni reattivi considerabili come istantanei, un **adeguato tempo di permanenza** dei gas e dell'acqua è un requisito fondamentale per un funzionamento soddisfacente dello scrubber.

Per questo motivo, i wet scrubber sono **piuttosto ingombranti**, le dimensioni delle torri di lavaggio possono arrivare **fino a 6 metri** e la loro collocazione nell'impianto di bordo è un aspetto ancora da discutere con chiarezza in tutti i suoi aspetti

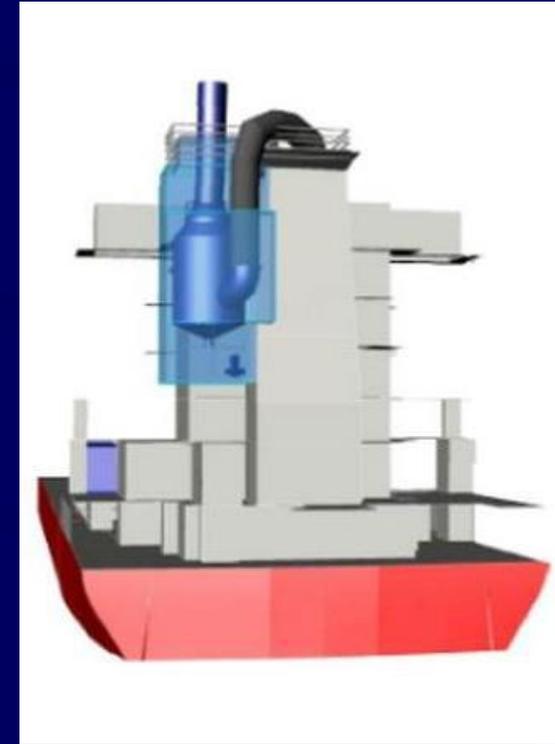
# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

## Dry scrubber il controllo delle emissioni di $\text{SO}_x$

**Dry scrubber:** soluzioni di reagenti alcalini (calce spenta) vengono nebulizzate nella corrente di gas esausti al fine di far ossidare gli  $\text{SO}_x$  a solfato. La componente acquosa nello scrubber evapora e i prodotti della reazione vengono rimossi sotto forma di polvere secca.

E' possibile utilizzare **additivi** per il combustibile così che, durante la combustione, vengano a formarsi solfati inerti (solfato di calcio) che a seguito di trattamenti di post-combustione possano essere rimossi dalla corrente.

E' possibile miscelare i gas di scarico con **composti di calcio** cosicché gli  $\text{SO}_x$  vengano convertiti in solfato di calcio.



# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

## Catalizzatori riducenti per il controllo delle emissioni di NO<sub>x</sub>

La **progettazione dei motori** rappresenta l'approccio primario considerato dall'annesso VI per ridurre le emissioni di NO<sub>x</sub> dovute al trasporto marittimo.

Tuttavia, stante i limiti emissivi sempre più stringenti, per ridurre ulteriormente le emissioni degli NO<sub>x</sub> è possibile ricorrere a metodi basati sulla **riduzione catalitica selettiva (SCR)**.

I gas di scarico, mescolati con un reagente (ammoniaca) e passando attraverso un catalizzatore, subiscono una scomposizione degli NO<sub>x</sub> in essi contenuti in azoto molecolare (N<sub>2</sub>), acqua ed ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>).

La SCR è stata sinora principalmente per i **motori ausiliari**



# Apparecchiature per il controllo delle emissioni

## Strategia di conformità basata sui sistemi di controllo delle emissioni

Così come per l'alimentazione navale a GNL, l'utilizzo degli impianti di scrubbing e di SCR rispetto all'utilizzo del MGO, richiede un **investimento iniziale** più ingente garantendo, però, costi operativi decisamente più bassi.

In particolare, l'opzione dell'abbattimento a valle delle emissioni inquinanti di SO<sub>x</sub> tramite l'installazione a bordo di impianti di desolforazione, consentendo di fatto alle navi di **continuare a rifornirsi di HFO**, garantirebbe un notevole risparmio economico da un punto di vista gestionale, ed è certamente un strategia in lizza per assicurare il rispetto della normativa IMO.

# Cold-ironing

Durante la **fase di ormeggio** delle navi nelle banchine dei porti, venendo meno le esigenze legate alla propulsione, è necessario mantenere in funzione i **generatori ausiliari** per garantire la continuità della fornitura elettrica a tutti i servizi, dipendenti dalla tipologia di nave, che necessitano di essere alimentati per permanenze che possono essere di medio o lungo periodo.



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. Tale pratica è stata denominata **cold-ironing**.

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 sostanze inquinanti in atmosfera** nonché una forte riduzione dell'inquinamento acustico.

# Cold-ironing – la normativa europea / 1

Nel **novembre 2002** la Commissione ha adottato la comunicazione (COM(2002)595) al Parlamento europeo e al Consiglio “**Strategia dell’Unione europea per ridurre le emissioni atmosferiche delle navi marittime**”, nella quale invitava le Autorità Portuali a imporre, incentivare o favorire l’impiego di **elettricità erogata dalle reti elettriche terrestri per le navi ormeggiate nei porti**.

Anche il programma europeo **CAFE** (*Clean Air For Europe*) ha evidenziato che gran parte delle emissioni di sostanze inquinanti prodotte dalle **navi ormeggiate** può essere ridotta adottando misure che intervengano sui motori e sui post-trattamenti o ancora **erogando l’elettricità da terra**



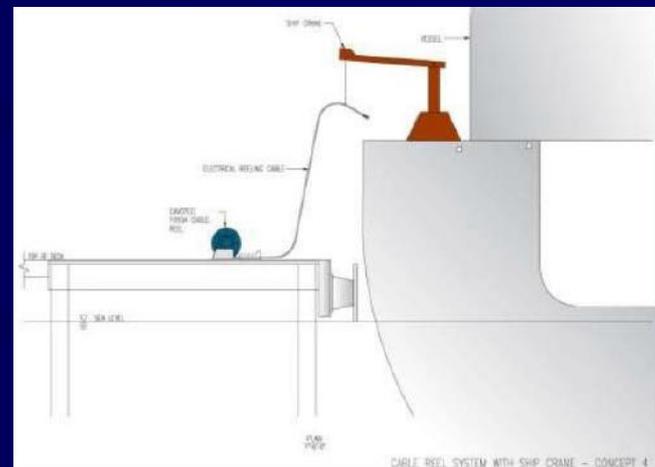
## Cold-ironing – la normativa europea / 2

La Commissione europea, con la raccomandazione dell'8 maggio 2006, ha promosso l'utilizzo di elettricità erogata da reti elettriche terrestri per le navi ormeggiate nei porti comunitari situati nelle vicinanze di zone residenziali in cui:

- vengono superati i valori limite per la qualità dell'aria,
- siano stati manifestati timori riguardo ad elevati livelli di inquinamento acustico

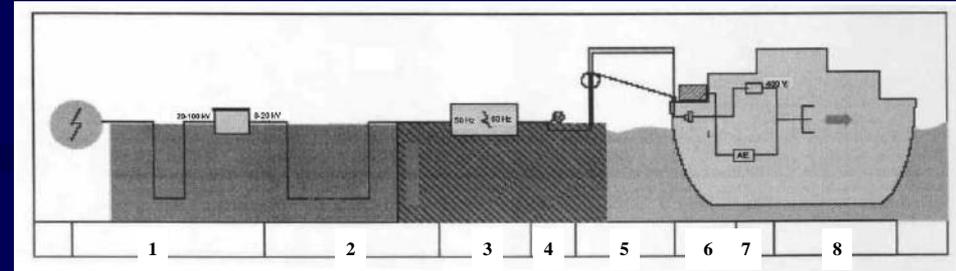
L'art 3 *bis* della direttiva **2012/33/CE** riporta che:

- *...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.**



# Cold-ironing – requisiti tecnici

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. In genere la corrente erogata nella Comunità ha una frequenza di 50 Hz.. Per le navi che utilizzano corrente a 60 Hz è necessario convertire la corrente da 50 Hz a 60 Hz.

4. Cavi per distribuire l'elettricità al terminale. Possono essere utilizzati anche cavi sotterranei da installare in condotte nuove o esistenti.

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.

# Cold-ironing – riduzione emissioni inquinanti / 1

Con il *cold-ironing* si ottengono riduzioni delle emissioni ben più consistenti di quelle garantite dal MGO per le navi ormeggiate in porto (come previsto dalla direttiva 2005/33/CE a partire dal 2010) per NO<sub>x</sub> e PM.

Soluzione va valutata con attenzione nei porti in cui le emissioni di NO<sub>x</sub> e PM contribuiscono ad aumentare i problemi di qualità dell'aria a livello locale (facendo superare i valori limite per l'ozono e le particelle presenti nell'aria ambiente)

<b>NO<sub>x</sub></b>	Baseline emissions	15.3
	Emissions reduced	14.81
	<b>Reduction efficiency</b>	<b>97 %</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Baseline emissions	0.62
	Emissions reduced	0.0
	<b>Reduction efficiency</b>	<b>0 %</b>
<b>VOC</b>	Baseline emissions	0.52
	Emissions reduced	0.49
	<b>Reduction efficiency</b>	<b>94 %</b>
<b>PM</b>	Baseline emissions	0.39
	Emissions reduced	0.35
	<b>Reduction efficiency</b>	<b>89 %</b>

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

	<b>NO<sub>x</sub></b> [g/kWh]	<b>SO<sub>2</sub></b> [g/kWh]	<b>VOC</b> [g/kWh]	<b>PM</b> [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

## Altri vantaggi

- CO<sub>2</sub> (-50%)
- CO (-99%)
- N<sub>2</sub>O (-50%)
- Eliminazione rumore motori ausiliari

# Cold-ironing – costi

## Costi cold-ironing

- ripartiti tra porto la nave
- variano in base all'infrastruttura

Occorre studiare l'efficacia economica **caso per caso**

TIPO DI NAVE Dimensione del motore ausiliario	Costi complessivi del sistema ripartiti per anno	
	con imposte prezzo combustibile basso (EUR/ormeggio/anno)	senza imposte prezzo combustibile alto (EUR/ormeggio/anno)
<b>NUOVE</b>		
Piccola	164.659	82.315
Media	269.418	39.904
Grande	521.630	-72.298
<b>AMMODERNATE</b>		
Piccola	202.783	120.439
Media	324.402	94.890
Grande	617.999	24.071

I costi complessivi sono molto inferiori per le navi con **motori ausiliari più grandi**, che sono quelli che verosimilmente possono offrire le maggiori riduzioni di emissioni inquinanti ⇒ Per le navi con motori più grandi che approdano regolarmente nello stesso porto, l'erogazione di elettricità da terra dovrebbe essere un'opzione da preferire, rispetto all'impiego di combustibile contenente lo 0,1% di zolfo.

Possibile risparmio per le **navi nuove** che utilizzano combustibile a basso tenore di zolfo e che approdano regolarmente nello stesso porto, in particolare, ma non solo, in presenza di esenzioni fiscali come quelle consentite dalla direttiva 2003/96/CE.

## Limiti

- 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

# Alcuni porti attrezzati con *cold-ironing* in Italia

## Venezia

L'AP già dispone dal 2010 di impianti di *cold-ironing* per l'alimentazione da terra degli yacht e, insieme con Enel, sta progettando un sistema per alimentare da terra le navi ormeggiate, consentendo di tenere i motori spenti durante la permanenza in porto.

## Livorno

Impianto inaugurato il 12/11/2015 presso la Calata Sgarallino nel porto passeggeri. Sarà possibile alimentare le navi da crociera all'ormeggio, con una potenza impegnata fino a 12 MW, alla tensione di 6.600 o 11.000 V e con una frequenza di 60 o 50 Hz.

## Vado Ligure

Risale al 2009 la realizzazione del primo sistema di cold ironing nel bacino portuale per l'alimentazione dei traghetti Forship-Corsica Ferries. L'impianto ha una potenza di 1,5 MW con tensione di 380 V a 50 Hz e consente di alimentare fino a 3 traghetti di grandi dimensioni.

**Progetti in itinere:** Venezia, Genova, La Spezia, Civitavecchia, Bari, Taranto, Gioia Tauro

