



**STUDIO B.6.72 B/I
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

EMISSIONI MEZZI MARITTIMI

Area: Matrice aria

Macroattività: Agenti chimici

15 aprile 2005

**Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia**

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Supervisore macroattività

Responsabile d'Area

Approvazione

Prof. Andrea Gambaro

Dott. Franco Belosi

Ing. Pierpaolo Campostrini

Introduzione

Si stima, dati 1990, che le emissioni dovute ai mezzi navali presenti nei mari che circondano l'Europa (il Baltico, Mare del Nord, la parte nord est dell'Oceano Atlantico, il Mediterraneo e il Mar Nero) rappresentano rispettivamente il 7% e il 15% delle emissioni totali dell'Europa per gli ossidi di zolfo e di azoto ("Air Pollution from ships", Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, 2002). Tuttavia, al contrario di quanto avviene per le emissioni dovute ai mezzi terrestri, in continua diminuzione, quelle dovute ai mezzi marittimi presentano una riduzione più contenuta; pertanto si prevede che nel 2010 le percentuali salgano rispettivamente al 17% e al 23%.

In letteratura sono pubblicate diverse ricerche sull'argomento: in particolare si citano uno studio del CONCAWE (CONservation of Clean Air and Water in Europe), pubblicato nel 1998, il quale indica che le emissioni delle navi nelle acque territoriali rappresentano un contributo significativo alle deposizioni di inquinanti sulle zone costiere (CONCAWE review Volume n.7, April, 1998), e uno studio pubblicato dall'EMEP (Environmental Monitoring European Program) che indica nelle emissioni dovute al traffico navale un contributo compreso fra il 5% e il 10% del PM10 in diversi paesi europei fra i quali l'Italia (EMEP/MSW-W, Oslo, 2001).

Pertanto la presenza di numerosi mezzi marittimi nei cantieri alle bocche di Chioggia, Malamocco e Lido, potrebbe rappresentare un fattore di pressione ambientale non trascurabile per la matrice aria.

Emissioni dovute a mezzi marittimi nella laguna di Venezia

Effetto globale sulla laguna

Una stima delle emissioni dovute ai mezzi marittimi presenti nella laguna di Venezia è pubblicata in uno studio svolto da Trozzi *et al.* (Trozzi C., Vaccaio R., Nicolo L, "Air pollutants emissions estimate from maritime traffic in the Italian harbours of Venice and Piombino", The Science of the Total Environment, 169, 257-263, 1995). I risultati della ricerca indicano per il porto di Venezia le seguenti stime di emissioni medie annuali (in tonnellate):

NOx: 853

SOx: 507

VOC: 139

TSP: 121

In assenza di dati specifici sui mezzi marittimi presenti alle bocche di porto, si ricorre all'ipotesi che il contributo principale sia dovuto ai mezzi navali che trasportano i materiali lapidei e che stazionano all'ormeggio nei pressi dei cantieri (Fig. 1).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI



Fig. 1 – Cargo per il trasporto dei materiali lapidei

La Slavutich II è un'imbarcazione classe River-Sea di tipo cargo (General Cargo), con una potenza nel sistema di propulsione di 1755 H.P. (dati reperibili in rete). Considerando come combustibile utilizzato il diesel marino con un potere calorifico di circa 9000 Kcal/kg, si ottiene un consumo medio orario di 123 kg/h. Si tratta ora di stimare il consumo medio orario di combustibile quando l'imbarcazione è all'ormeggio in prossimità del cantiere. L'articolo citato di Trozzi riporta la stima di circa 80 kg/h di consumo di combustibile per una nave cargo all'ormeggio; tale valore rappresenta circa il 10% del consumo medio rispetto alla fase di crociera. Un'altra ricerca (Saxe H., Larsen T., "Air pollution from ships in three Danish ports", Environmental Assessment Institute, 2003) riporta percentuali di consumo all'ormeggio fra il 25% e il 65%.

Si assume pertanto un valore medio di consumo pari al 45% della potenza disponibile, ciò implica un consumo di 60 kg/h. Ipotizzando la presenza di una nave cargo per ciascuna bocca di porto si ottiene quindi una stima di circa 180 kg/h di consumo di combustibile. Nell'ipotesi, cautelativa, di uno stazionamento continuo per un anno ai cantieri delle tre bocche di porto si ottiene un consumo complessivo di circa 1600 ton/anno.

Il passo successivo è rappresentato dalla stima dei fattori di emissione che vengono ottenuti dalla metodologia messa a punto da Trozzi (Trozzi C., Vaccaro R., "Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships", MEET RF98b, 1998) e ripresi dal CORINAIR (EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook, Shipping Activities, August, 2002). Poiché non si hanno informazioni sulla tipologia dei motori presenti nei mezzi navali considerati, vengono effettuate due ipotesi: la prima prevede la presenza di motori diesel con alimentazione diesel marittimo, mentre la seconda prevede la presenza di turbine a vapore.

Le seguenti tabelle riportano i fattori di emissione (desunti dal CORINAIR) ed espressi come kg/ton di combustibile consumato, per le due tipologie considerate:

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Motore	NOx	SOx	PM10	VOC
Turbina a vapore	5	20*	2,1	0,5
Diesel	72	20*	1,2	2,4

* moltiplicato per il tenore percentuale di zolfo (circa 1% per il diesel marino).

La successiva tabella riporta, per le due tipologie considerate, le stime delle emissioni in ton/anno:

Motore	NOx	SOx	PM10	VOC
Turbina a vapore	8	32	3,4	1
Diesel	120	32	2	3,8

Il confronto con la tabella relativa alle stime annue delle emissioni dovute ai soli mezzi marittimi circolanti in laguna (Trozzi *et al.*) fornisce le seguenti percentuali in funzione della tipologia di motori:

Combustibile	NOx	SOx	PM10	VOC
Steam turbine	1%	6%	3%	0,7%
Diesel engine	14%	6%	2%	3%

Per valutare complessivamente l'importanza di queste emissioni occorre contestualizzarle nelle stime di emissioni globali (trasporto ed industria) interessanti la laguna di Venezia.

Una stima delle emissioni nel Comune di Venezia viene ottenuta dalle stime delle emissioni industriali, riferite principalmente alla zona di Porto Marghera, ed ottenute dal Rapporto "Progetto 2023", riferite al 1997.

SOx: 10000 (ton/anno)

NOx: 8000 (ton/anno)

PTS: 2600 (ton/anno)

Per quanto riguarda le emissioni da traffico si fa riferimento alle stime dell'ARPA riportate nel Rapporto Qualità dell'Aria del Comune di Venezia del 1999. Le stime nel documento sono riferite alle 12 ore diurne e quindi vengono moltiplicate per 365 giorni.

SOV: 700 (ton/anno)

NOx: 1300 (ton/anno)

PM10: 65 (ton/anno)

Complessivamente si ottengono le seguenti emissioni:

SOx: 10000 ton/anno

NOx: 9300 ton/anno

PM10**: 2700 ton/anno

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

** evidentemente in questo contesto non vengono fatte distinzioni fra PM10 e PTS (Polveri Totali Sospese).

Una verifica della congruenza, almeno qualitativa, di queste stime si ottiene considerando la percentuale rappresentata da tutti i mezzi marittimi circolanti in laguna, e confrontandola con le percentuali riportate dalla Regione Veneto relative al territorio regionale.

Sempre considerando i dati di Trozzi le emissioni dovute a tutto il traffico marino presente in laguna rappresentano le seguenti percentuali delle emissioni complessive nel territorio della laguna di Venezia (comprendendo anche Porto Marghera):

NOx: 9%

SOx: 5%

PM10: 4%

Queste percentuali sono abbastanza simili a quanto prevede il rapporto sulle emissioni regionali per il trasporto marittimo (ARPA, Rapporto sugli Indicatori Ambientali del Veneto, 2002) e quindi possono fornire una valutazione qualitativa dell'incidenza dei mezzi marittimi, questa volta impiegati nelle opere del MOSE, sulle emissioni **globali** presenti in laguna:

NOx: 0.1%

SOx: 0.3%

PM10: 0.1%

Nel calcolo delle percentuali di incidenza si è considerato il caso più critico rappresentato da mezzi navali dotati di motore diesel. Si nota che l'incidenza è trascurabile e certamente rientra nei margini di errore sia delle stime delle emissioni dovute al traffico che all'industria, sia nelle stime dei fattori di emissione dei mezzi marittimi.

Pertanto, a livello complessivo lagunare l'incidenza dei mezzi marittimi impiegati nei cantieri alle bocche di porto può considerarsi trascurabile.

Effetto locale

Verificata l'incidenza trascurabile, sulle emissioni globali di inquinanti nella laguna di Venezia dovute ai mezzi navali impiegati nei cantieri, resta da valutare eventuali pressioni locali, cioè nelle immediate vicinanze della zona di stazionamento delle navi.

Per effettuare questa analisi occorrono ulteriori ipotesi sulle caratteristiche di emissione delle navi ed impiegare un semplice modello di dispersione che fornisca delle approssimazioni di massima di ricaduta degli inquinanti. Per quanto riguarda le ipotesi sulle caratteristiche dell'emissione si fa riferimento al già citato articolo di Saxe (Saxe H., Larsen T., "Air pollution from ships in three Danish ports", Environmental Assessment Institute, 2003) e Cooper (Cooper D.A., Peterson K., Hydrocarbon, PAH and PCB emissions from ferries: a case study in the Skagerak-Kattegat-Oeresund region", Atmospheric Environment Vol. 30, pp.2463-2473, 1996);

altezza emissione: 15 m

velocità uscita gas dal camino della nave: 30 m/s

temperatura: 350 gradi

flusso di emissione (diesel): 4300 gr/h NOx; 1200 gr/h SOX; 72 gr/h PM10

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

portata effluente: 1.6 m³/h

altezza strato rimescolamento: 500 m (tipica del periodo invernale)

Il flusso di emissione degli inquinanti è stato calcolato sulla base delle tabelle precedenti.

Poiché lo scopo è quello di ottenere delle stime qualitative, prima di procedere eventualmente a valutazioni più dettagliate sia per il termine sorgente che per la dispersione degli inquinanti, si utilizza in prima approssimazione un semplice modello di dispersione gaussiana che considera tutti i possibili scenari meteorologici. Il modello è il CISP (Calcolo Impatto Sorgente Puntuale, Tirabassi T., Water, Soil and Air Pollution, Vol. 47, pp. 19-24 , 1989).

L'uscita del modello, in termini di concentrazioni massime, prevede indicativamente:

situazioni di instabilità atmosferica (classe 2 di Pasquill), velocità del vento circa 1 m/s e distanza dalla sorgente 300 m:

NO_x: 24 µg/m³
SO_x: 10 µg/m³
PM10: 1 µg/m³

Analoghi risultati per situazioni di atmosfera stabile (classe 4 di Pasquill), velocità del vento compresa fra 2 e 7 m/s e distanza dalla sorgente compresa fra 200 e 700 m. In condizioni instabili i fattori di diluizione sono maggiori.

Ripetendo la simulazione con una temperatura in uscita dei fumi più ridotta (200 C) le concentrazioni più critiche si ottengono in condizioni di leggera instabilità atmosferica (classe 3 Pasquill), vento fra 2 e 3 m/s e distanza di 130 metri. In questo scenario le concentrazioni massime risultano:

NO_x: 70 µg/m³
SO_x: 20 µg/m³
PM10: 2 µg/m³

Le distanze considerate sono rappresentative delle abitazioni civili presenti nelle adiacenze del cantiere di Treporti.

Commentando i risultati si evidenzia che l'impatto per le polveri è trascurabile; per le emissioni di SO₂ il confronto viene effettuato con il limite orario di esposizione acuta (applicazione al 1/1/2005 del DM60) pari a 350 µg/m³ e con la media nelle 24 ore di 125 µg/m³ (da non superare più di tre volte per anno); mentre per l'NO₂ la concentrazione massima oraria è di 200 µg/m³.

Non si escludono episodi di breve termine, circa un'ora, nei quali particolari condizioni meteorologiche (strato limite a bassa quota, velocità del vento dell'ordine di 2 m/s) potrebbero determinare un contributo alle concentrazioni orarie di ossidi di azoto significativa per il raggiungimento del limite di esposizione acuta.

Per quanto riguarda le medie annuali la criticità è più ridotta; a titolo di esempio si riporta un valore medio annuale (dati ARPAV, 2003) fra 5 e 10 µg/m³ per SO₂, mentre per l'NO₂ è di circa 40 µg/m³. Considerando una prevalenza di condizioni meteorologiche assimilabili alla classe di stabilità 5 (E) le concentrazioni massime previste dalla simulazione sono inferiori a quelle riportate e quindi il loro contributo potrebbe essere trascurabile; tuttavia si sottolinea che il DM60/02 prevede come soglie

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

per la protezione degli ecosistemi le concentrazioni medie annue di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente per il biossido di zolfo e di azoto.

Il commento conclusivo di queste stime indica che potrebbe esserci una ricaduta di inquinanti, principalmente allo stato gassoso, nelle adiacenze dei mezzi navali utilizzati per il trasporto dei materiali lapidei. Le distanze di deposizione considerate sono rappresentative delle abitazioni a Treporti e delle aree protette a Malamocco; le concentrazioni stimate dalla presente analisi potrebbero essere significative sia per l'esposizione della popolazione, in episodi acuti di breve durata, che per la protezione degli ecosistemi.

Va sottolineato che le stime di concentrazione al suolo sopra riportate sono valori massimi orari che dovrebbero essere mediati sulle frequenze annuali delle diverse condizioni meteorologiche (classi di stabilità, velocità del vento, etc.).

Le recenti comunicazioni inviate dal CVN (20/04/05) indicano che il cargo Slavutich (e si suppone ciò valga anche per gli altri carichi alle bocche di Malamocco e Chioggia), mentre si trova all'ormeggio, ha i motori principali spenti; non è dato conoscere se ci sono motori ausiliari in attività e quale è il loro consumo medio di combustibile. In ogni caso le considerazioni svolte possono essere utilizzate parametrizzando i calcoli già descritti in base al numero di ore e alla quantità di combustibile utilizzato.

Infine una considerazione a parte riguarda i mezzi di cantiere utilizzati (autocarri, pontoni, escavatori, draghe e rimorchiatori). Il SIA (Tab. D6.2.1.2) considera il numero e la tipologia di mezzi presenti nei cantieri e ne stima le emissioni. Si precisa che draga e rimorchiatore, essendo già considerati nel SIA, non sono stati oggetto di indagine nella parte precedente del documento che si è soffermata solo sulla presenza delle navi cargo non contemplate nel SIA. Tuttavia la comunicazione del CVN del 20/04/05 indica anche un consumo giornaliero di combustibile presso il cantiere di Treporti di circa 5000 litri di gasolio. Utilizzando delle stime, anche se molto approssimate, dei fattori di emissioni di NOx dei mezzi diesel (15.8 g/kg categoria "light" e 42,3 g/kg categoria "heavy", CORINAIR, SNAPS 7, B710-15) si possono fare le seguenti considerazioni sulle emissioni di NOx: nello scenario di mezzi solo di tipo "light" (scenario per difetto) si avrebbe una emissione giornaliera di circa 79 kg di NOx che nell'arco delle 8 ore lavorative diviene circa 9.9 kg/h. Tale valore è comparabile a quello considerato in precedenza per la Slavutich e quindi se le stime di consumo di combustibile sono corrette, le considerazioni sopraesposte, per le navi cargo, rimangono valide riferendole però all'area di cantiere.