



Dipartimento Provinciale di Venezia

Via Lissa, 6
30171 Venezia Mestre Italy
Tel. +39 041 5445511
Fax +39 041 5445500
e-mail: dapve@arpa.veneto.it

Le emissioni da attività portuale

Febbraio 2007

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Venezia

dr. R. Biancotto (direttore)

Unità Operativa Sistemi Ambientali

dott.ssa M. Rosa (dirigente responsabile)

dott.ssa S. Pistollato (elaborazioni)

dott.ssa C. Zemello (elaborazioni)

Redatto da:

dott.ssa M. Rosa, dott.ssa S. Pistollato; dott.ssa Consuelo Zemello

Si ringrazia:

l' Autorità Portuale di Venezia,
per i dati resi disponibili.

Tutti i diritti riservati.

*È vietata la riproduzione anche parziale
non espressamente autorizzata*

<i>Le emissioni da attività portuale</i>	1
1 Navigazione e inventari delle emissioni	4
2 Emissioni in porto - introduzione al problema.....	5
2.1 Metodologia semplificata per la stima delle emissioni da navi	6
2.2 Metodologia dettagliata per la stima delle emissioni da navi	8
3 Stima APAT-2000 delle emissioni	10
4 Stima bottom up delle emissioni da traffico portuale in Provincia di Venezia.....	13
4.1 Analisi del problema	14
4.2 Raccolta dei dati.....	15
4.3 Elaborazione dei dati raccolti e calcolo del risultato	17
4.3.1 Il problema dei rimorchiatori	24
4.3.2 Il calcolo del CO	26
4.4 Risultato finale	27
4.4.1 Analisi della stagionalità dei flussi di traffico	28
4.4.2 Contributo emissivo delle navi da carico rispetto alle navi passeggeri	28
4.4.3 Contributo emissivo delle navi in stazionamento rispetto alle navi in manovra	29

BIBLIOGRAFIA

1 Navigazione e inventari delle emissioni

Per quanto riguarda le **attività** responsabili della produzione di emissioni, la nomenclatura utilizzata a livello europeo per codificare la loro varietà e numerosità è quella **EMEP-CORINAIR**: le attività vengono così classificate in 11 macrosettori, 56 settori e 260 categorie (o attività).

All'interno di questa classificazione, le 7 attività responsabili delle emissioni da navigazione vengono così suddivise:

0803 Navigazione interna

080301 Barche a vela con motori ausiliari

080302 Barche a motore / chiatte

080303 Imbarcazioni private

080304 Navi da trasporto interno merci

0804 Trasporto marittimo

080402 Traffico marittimo

080403 Attività di pesca nazionale

080404 Traffico marittimo internazionale

2 Emissioni in porto - introduzione al problema

Le emissioni prodotte nell'area portuale normalmente derivano dalla combustione dei motori delle navi, ma possono anche essere associate ad evaporazione dei prodotti trasportati (emissione evaporative). Tali emissioni sono normalmente distinte in emissioni con effetti su scala globale (CO₂ ed altri gas ad effetto serra) ed emissioni con effetti su scala locale e regionale (CO, NO_x, COV, SO₂ e PM₁₀).

All'interno dell'*Atmospheric Emission Inventory Guidebook* dell'EEA^[5], nel capitolo dedicato alla navigazione, sono riportate alcune utili osservazioni sul contributo emissivo dovuto alle attività connesse al traffico marittimo.

Su scala europea, le emissioni di NO_x e di SO₂ attribuibili al traffico nazionale possono raggiungere valori importanti rispetto al totale delle emissioni nazionali (vedi **Tabella A**) e si noti che le emissioni dovute al traffico nazionale, generalmente, rappresentano solo una piccola percentuale delle emissioni derivanti dal traffico marittimo internazionale.

Su scala mondiale, si stima che la navigazione sia responsabile di circa il 5 – 12% e di circa il 3 – 4% delle emissioni antropogeniche, rispettivamente, di NO_x ed SO₂ (vedi *Lloyd's Register 1995*). Si stima, ad esempio, che le emissioni totali di NO_x derivanti dalle attività di navigazione nell'Atlantico nord-orientale siano in prima approssimazione equivalenti alle emissioni totali di Francia e Danimarca, e leggermente superiori alle emissioni attribuite al traffico stradale in Germania nel 1990. Per quanto riguarda l'SO₂, le emissioni navali sono stimate equivalenti alle emissioni totali della Francia.

La tabella che segue schematizza, per diversi inquinanti, l'incidenza del traffico navale in Europa.

	Traffico navale: contributo % alle emissioni nazionali
SO₂	0 – 80
NO_x	0 – 30
NMVOC	0 – 5
CH₄	0 – 2
CO	0 – 18
CO₂	0 – 40
N₂O	0 - 1

0: le emissioni sono calcolate, ma il loro contributo è inferiore allo 0.1%

Tabella A – Range europeo di variabilità della percentuale delle emissioni navali sul totale nazionale di ogni singolo Paese (Inventario CORINAIR-94).

La **metodologia MEET (Methodology for Estimate air pollutant Emissions from Transport)**, sviluppata da Carlo Trozzi e Rita Vaccaro^[3] nell'ambito di un progetto finanziato dalla Commissione Europea, fornisce utili suggerimenti per stimare le emissioni prodotte dal traffico navale nell'area circoscritta del porto, definendo la struttura dei dati da raccogliere per descrivere il traffico marittimo e fornendo una metodologia organica per stimare le emissioni di inquinanti prodotti dalle navi.

A seconda delle informazioni disponibili, vengono proposte due metodologie:

- **METODOLOGIA SEMPLIFICATA**, ideale per descrivere le realtà nelle quali non sia possibile disporre di informazioni sulle attività portuali o nelle quali il traffico navale sia costituito per lo più da navi che 'attraversano' il porto, senza ormeggiare e stazionare
- **METODOLOGIA DETTAGLIATA**, ideale per descrivere le realtà in cui sia possibile, per ognuna delle navi che transitano nel porto, distinguere le diverse fasi in cui le emissioni si possono generare:
 - approccio e ormeggio nei porti¹
 - stazionamento in porto²
 - partenza dal porto
 - navigazione³

2.1 Metodologia semplificata per la stima delle emissioni da navi

Per poter applicare la metodologia semplificata è necessario conoscere il tipo di nave (vedi **Tabella C**), il numero di giorni di navigazione, il tipo di motore (vedi **Tabella D**) ed infine il tipo di combustibile utilizzato (vedi **Tabella B**).

CODICE	NOME
BFO	Bunker Fuel Oil
MDO	Marine Diesel Oil
MGO	Marine Gas Oil
GF	Gasoline Fuel

Tabella B – Classificazione combustibili.

¹ Nel caso specifico del Porto di Venezia, l'approccio e l'ormeggio avvengono in laguna.

² In questa fase è infatti necessario produrre una certa potenza per garantire l'illuminazione della nave, le attività connesse alla refrigerazione, alla ventilazione, etc...

³ Sempre con riferimento al caso specifico di Venezia, per navigazione si intende la fase di navigazione in mare aperto, fuori dalle bocche di porto che delimitano la laguna.

CODICE	NOME
SB	Solid Bulk
LB	Liquid Bulk
GC	General Cargo
CO	Container
PC	Passenger/Ro-Ro/Cargo
PA	Passenger
HS	High Speed Ferries
IC	Inland Cargo
SS	Sail Ships
TU	Tugs
FI	Fishing
OT	Other

Tabella C – Classificazione tipi di nave.

CODICE	NOME
SE	Steam turbines
HS	High speed motor engines
MS	Medium speed motor engines
SS	Slow speed motor engines
IP	Inboard engines – pleasure craft (solo per la metodologia dettagliata)
OP	Outboards engines (solo per la metodologia dettagliata)
TO	Tanker loading and offloading (solo per la metodologia dettagliata)

Tabella D – Classificazione motori.

Note queste informazioni, l'emissione totale sarà data da:

$$E_i = \sum_{jkl} E_{ijkl}$$

con

$$E_{ijkl} = S_{jk}(GT) \cdot t_{jkl} \cdot F_{ijl}$$

dove:

i = tipo di inquinante

j = tipo di combustibile

k = tipo di nave

l = tipo di motore

E_i = emissione totale per l'inquinante i -esimo

E_{ijkl} = emissione totale per l'inquinante i -esimo dovuta all'uso del combustibile j , su una nave di tipo k e con un motore di tipo l

$S_{jk}(GT)$ = consumo giornaliero del combustibile j per la nave di tipo k

t_{jkl} = giorni di navigazione della nave di tipo k con motore di tipo l e combustibile di tipo j

F_{ijl} = fattore di emissione medio dell'inquinante i -esimo nei motori di tipo l con combustibile di tipo j

Un'importante fonte per reperire i fattori di emissione è costituita dal **Lloyd's Register**. Si ricorda, a tal proposito, l'esistenza del **LMIS (Lloyd's Maritime Information Service)**: un database che contiene tutte le informazioni relative ai movimenti delle navi nel mondo. Il database comprende informazioni sulla dimensione delle navi, sulle destinazioni, sui tempi previsti di arrivo e partenza, sul tipo e sul numero dei motori, etc... I dati, disponibili in formato elettronico, si riferiscono a tutte le navi con tonnellaggio maggiore di 250-500 tonnellate; i traghetti tipicamente non sono inclusi.

Un altro importante strumento per ottenere i fattori di emissione è stato realizzato in Italia da **APAT**: si tratta del *database dei fattori nazionali di emissione* (<http://www.inventaria.sinanet.apat.it> - [2]).

Nel caso in cui si sappia che le navi non solo attraversano il porto, ma compiono delle manovre di attracco seguite da brevi stazionamenti, si può assumere che, durante le fasi di ormeggio e stazionamento, il consumo giornaliero di combustibile sia circa la metà di quello caratteristico della fase di navigazione: in questo caso, t_{jkl} sarà dato dalla somma dei giorni di navigazione e della metà dei giorni di manovra e stazionamento^[3].

2.2 Metodologia dettagliata per la stima delle emissioni da navi

Per applicare la metodologia dettagliata è necessario conoscere il numero di giorni che una data nave trascorre in una ben determinata fase (vedi **Tabella E**):

CODICE	NOME
C	Cruising
M	Maneuvering
H	Hotelling
T	Tanker offloading
A	Auxiliary generators

Tabella E – Classificazione fasi di emissione.

L'emissione totale sarà data da:

$$E_i = \sum_{jklm} E_{ijklm}$$

con

$$E_{ijklm} = S_{jkm} (GT) \cdot t_{jklm} \cdot F_{ijlm}$$

dove:

- i = tipo di inquinante
- j = tipo di combustibile
- k = tipo di nave
- l = tipo di motore
- m = tipo di fase

E_i = emissione totale per l'inquinante i-esimo

E_{ijklm} = emissione totale per l'inquinante i-esimo dovuta all'uso del combustibile j, su una nave di tipo k, con un motore di tipo l e nella fase m

S_{jkm} (GT) = consumo giornaliero del combustibile j per la nave di tipo k nella fase m

t_{jklm} = giorni di navigazione della nave di tipo k con motore di tipo l e combustibile di tipo j nella fase m

F_{ijlm} = fattore di emissione medio dell'inquinante i-esimo nei motori di tipo l con combustibile di tipo j durante la fase m

3 Stima APAT-2000 delle emissioni

L'A.P.A.T. ha provveduto a compilare, per gli anni 1990, 1995 e 2000, l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera^[12] (www.sinanet.apat.it/aree/atmosfera/emissioni) e ha poi effettuato la **disaggregazione a livello provinciale** delle stime di emissione. La metodologia utilizzata è quella *top down*: lo scopo è stimare l'entità delle emissioni locali partendo dalla conoscenza delle emissioni su un'area più vasta, individuando le tipologie di sorgenti così come sono definite nell'inventario più ampio e che ricadono all'interno del territorio più circoscritto.

Nell'ipotesi che $E_{k,j}$ sia l'emissione nazionale per l'attività k e per l'anno j , $S_{k,i,j}$ sia il valore assunto dalla **variabile proxy** associata all'attività k per l'anno j e per la provincia i -esima e $S_{k,j}$ il suo valore assunto su scala nazionale per lo stesso anno, è possibile stimare l'emissione provinciale $E_{k,i,j}$ con la seguente:

$$E_{k,i,j} = E_{k,j} \cdot S_{k,i,j} / S_{k,j}$$

ponendo $S_{k,j} = \sum_i S_{k,j,i}$, con i da 1 a N (N = numero di provincie).

Le emissioni di una provincia relative ad un macrosettore vengono poi ottenute come somma delle emissioni per quella provincia derivanti da tutte le attività appartenenti a quel macrosettore.

Tornando al caso specifico delle emissioni da navigazione, nell'inventario APAT sono state prese in considerazione le quattro attività del settore 080300 e le tre attività del settore 080400 (vedi punto 1).

Gli indicatori di attività per la stima delle emissioni e le variabili proxy utilizzate per la disaggregazione spaziale sono indicati nella tabella seguente:

	INDICATORE ATTIVITA'	VARIABILE PROXY
emissioni provinciali da navigazione interna e nazionale	consumo di combustibile utilizzato nella navigazione delle acque interne	- traffico lacustre e lagunare: percorrenza in natanti/km - trasporto merci lungo le strutture idroviarie: percorrenza in tonnellate di merce/km
emissioni provinciali da traffico marittimo nazionale ed internazionale	consumo di combustibile o percorrenze marittime in miglia/anno (per i porti: numero totale di navi attraccate)	variabili diverse a seconda delle informazioni disponibili per ogni sottovoce studiata
emissioni provinciale da attività di pesca	consumo di combustibile	consistenza del naviglio da pesca a motore per compartimento marittimo litorale

Tabella F – Attività connesse alla navigazione. Indicatori di attività e variabili proxy nell'inventario APAT.

In **Tabella G** sono riportate le emissioni per la provincia di Venezia da attività portuali e non (Macrosettore 8 – somma delle attività 80300 navigazione interna, 80402 traffico marittimo nazionale e 80403 attività di pesca nazionale) censite da APAT nel 2000 e le emissioni provinciali da navigazione interna (attività 80300).

In analogia con quanto assunto nel *Piano di Azione Comunale di Venezia per il Risanamento dell'Atmosfera*, **si può plausibilmente ipotizzare, in prima approssimazione, che le stime provinciali siano totalmente imputabili al territorio del Comune di Venezia**. La stima APAT è effettuata a partire dai dati di consumo di combustibile o dalle percorrenze marittime. La variabile proxy di disaggregazione provinciale è il numero complessivo di navi attraccate rispettivamente per merci e passeggeri. Non sono stimate a livello provinciale le emissioni da traffico internazionale di crociera con percorrenze sopra le mille miglia.

	Emissioni provinciali da navigazione attività 80300 + 80402 + 80403	Emissioni provinciali da navigazione interna – attività 80300
NOx	1387.8	472.8
SOx	953.1	6.3
COV	4866.9	52.5
PM₁₀	111.9	49.8
Benzene	51.1	1.0
Ammoniaca	0.28	0.07
Arsenico	16.9	5.6
Cadmio	1.0	0.3
Cromo	6.8	2.2
Nichel	1015.2	333.5
Piombo	402.7	2.2
Rame	17.0	5.6
Selenio	13.7	4.4
Zinco	30.7	10.0

Tabella G - Inventario APAT 2000 - Emissioni per la provincia di Venezia delle attività 80300, 80402 e 80403, ton/anno per NOx, SOx, COV, Ammoniaca, PM₁₀ e Benzene, kg/anno per gli altri inquinanti.

A proposito del *Piano di Azione Comunale di Venezia per il Risanamento dell'Atmosfera* ^[6], al suo interno si trovano alcune importanti informazioni relative al trasporto marittimo ed alle attività portuali presenti nel nostro territorio, finalizzate sia al trasporto passeggeri che al trasporto merci. Per le prime, nel 2003 il Porto di Venezia ha registrato il passaggio di 4883 navi, di cui 3372 commerciali e le restanti adibite al trasporto passeggeri. Per le attività di trasporto acqueo locale, recenti studi del *Consorzio Venezia Ricerche* hanno portato a valutare in circa 33.500 le imbarcazioni che a vario titolo graviterebbero sulla laguna di Venezia. Il totale stimato della flotta è ripartito secondo quanto riportato in **Tabella H**:

Tipo di natanti	Stima numerica dei natanti per categoria
ACTV	150
Mototaxi ed assimilati	450
Mototopi conto proprio e conto terzi	1500
Diporto e privati <10 m	26000
Diporto e privati >10 m	4000
Lancioni granturismo	150
Battelli da lavoro specializzati	1200
TOTALE STIMATO	33500 circa

Tabella H - Stima della flotta natanti che graviterebbe nella laguna di Venezia.

Ove si rendessero disponibili maggiori informazioni sui movimenti che caratterizzano questa flotta, sarebbe possibile procedere anche al calcolo bottom up delle emissioni prodotte dalle attività di trasporto acqueo locale nella laguna di Venezia.

4 Stima bottom up delle emissioni da traffico portuale in Provincia di Venezia

L'importanza della compilazione di un inventario delle emissioni è da considerarsi indispensabile per la conoscenza del territorio: una stima dell'evoluzione temporale delle emissioni inquinanti diventa funzionale e propedeutica agli interventi di pianificazione territoriale.

Per questo motivo, in accordo con l'Amministrazione Comunale e all'interno di un progetto molto vasto che prevede lo studio della caratterizzazione delle emissioni presenti nella nostra provincia, il Dipartimento Provinciale di Venezia di ARPAV ha condotto uno studio che ha portato a stimare, con approccio bottom up, le emissioni da traffico portuale presenti in provincia di Venezia nell'anno 2005.

In particolare, con riferimento alla classificazione SNAP delle attività così come definite da **EMEP-CORINAIR**, il calcolo ha riguardato le attività **080402 – Traffico marittimo nazionale** e **080404 – Traffico marittimo internazionale**. Non è stato per il momento possibile stimare il contributo dovuto alla navigazione interna di cui all'attività 080300 (vedi punto 4).

La realizzazione dell'inventario bottom up delle emissioni portuali ha previsto varie fasi:

- analisi del problema
- raccolta dei dati
- elaborazione dei dati raccolti e calcolo del risultato
- risultato finale

Per ognuna, segue una descrizione dettagliata.

4.1 Analisi del problema

Per effettuare il calcolo delle emissioni portuali seguendo l'approccio bottom up si è scelto di seguire la metodologia dettagliata di cui al paragrafo 2.2.

Definiti il riferimento temporale (**anno 2005**) e l'area geografica di interesse (area interna ai confini della **Provincia di Venezia**), in prima approssimazione si è scelto di considerare solamente il contributo del Porto di Venezia, trascurando la presenza degli altri porti in provincia (Jesolo, Caorle, Chioggia,...) data la natura esigua del traffico che caratterizza tali porti, per lo più attribuibile a movimenti di imbarcazioni private da diporto e ad attività di pesca, quest'ultima classificata in un'attività SNAP distinta (080300).

La soluzione del problema prevede, preliminarmente, di raccogliere informazioni sui tipi di navi circolanti, sul consumo di combustibile di queste imbarcazioni, sul traffico in termini di numero di movimenti e di durata delle varie fasi (manovra, stazionamento in porto,..) e sui fattori di emissione associati ai vari inquinanti (vedi punto 4.2).

A questo punto è necessario realizzare un'applicazione che permetta di inserire i dati raccolti, elaborarli e ottenere le informazioni previste. A tale scopo, è stato predisposto un database Access e, mediante il popolamento di tabelle e l'esecuzione di opportune query, è stato possibile giungere al risultato e disporre di una struttura sufficientemente flessibile che negli anni potrà venire aggiornata in base alle esigenze (aggiornamento con i dati di traffico anno per anno, inserimento di nuovi tipi di movimento, calcolo per più inquinanti,...).

4.2 Raccolta dei dati

La raccolta dei dati necessari per la compilazione dell'inventario rappresenta la fase più complessa ed onerosa, per la numerosità e varietà sia delle informazioni richieste che dei soggetti detentori delle informazioni. Inoltre le informazioni, laddove disponibili, sono spesso riferite ad ambiti territoriali ben più ampi di quelli di interesse per gli inventari locali.

Un altro problema che si incontra è legato alla difficoltà di trovare informazioni riferite ad un medesimo anno, impedendo così un confronto tra i contributi emissivi dai vari settori. Ulteriori complicazioni possono derivare dalla disomogeneità di formato tra informazioni sulla stessa variabile forniti dai diversi enti: per esempio nel caso del traffico i conteggi di veicoli sono classificati in alcuni casi in base alla lunghezza del veicolo, in altri per portata, per tipologie (auto, merci, bus), ecc.

Nel caso specifico si è instaurata una preziosa collaborazione fra il Dipartimento Provinciale di Venezia dell'ARPAV e l'Autorità Portuale di Venezia, collaborazione che ha permesso di ottenere dati completi nella quasi totalità delle occasioni.

In particolare, in seguito ad una nostra richiesta, è stato possibile disporre di molte informazioni, tra cui:

- file con i dati di traffico relativi al 2005 (arrivi e partenze dettagliate per data e ora – nome della nave – tipo di nave – stazza lorda – provenienza o destinazione – ormeggio - ...)
- informazioni relative all'utilizzo dei rimorchiatori nella zona del porto per le operazioni di manovra nei canali navigabili
- informazioni sui tempi di percorrenza dei canali navigabili
- **tabella con i fattori di emissione per i principali inquinanti in funzione del tipo di nave e della fase in cui si trova (indipendentemente dal tipo di motore e dal combustibile utilizzato)**⁴

Proprio questo ultimo punto ci ha permesso di introdurre una semplificazione nella formula per il calcolo delle emissioni di cui al punto 2.2 perché non è necessario dettagliare per tipo di motore e combustibile e la formula diventa

$$E_i = \sum_{k m} E_{i k m}$$

con

$$E_{i k m} = S_{k m} (GT) \cdot t_{k m} \cdot F_{i k m}$$

dove:

i = tipo di inquinante

k = tipo di nave

m = tipo di fase

E_i = emissione totale per l'inquinante i-esimo

$E_{i k m}$ = emissione totale per l'inquinante i-esimo su una nave di tipo k e nella fase m

$S_{k m} (GT)$ = consumo giornaliero di combustibile per la nave di tipo k nella fase m

⁴ FONTE: European Commission – *Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community (summary and chapter 1, 2), Final Report* – Luglio 2002

t_{km} = giorni di 'navigazione' della nave di tipo k nella fase m

F_{ikm} = fattore di emissione medio dell'inquinante i-esimo nelle navi di tipo k durante la fase m

Per calcolare il consumo di una nave di un certo tipo in una determinata fase sono stati utilizzati particolari 'coefficienti di regressione' definiti nella metodologia MEET di Trozzi – Vaccaro ^[3]. Aggiungendo ai dati forniti dall'Autorità Portuale di Venezia (giorni di navigazione desumibili dai dati di traffico e fattori di emissione) i dati sul consumo di combustibile è quindi possibile procedere al calcolo delle emissioni.

La tabella che segue schematizza l'insieme dei dati utilizzati e le relative fonti.

DATI	FONTE
Tipi di nave esistenti	Dati Autorità Portuale – Arrivi e partenze 2005
Fasi possibili della nave	Metodologia dettagliata MEET – Trozzi, Vaccaro
Consumo giornaliero delle navi	Metodologia dettagliata MEET – Trozzi, Vaccaro
Giorni di permanenza delle navi in una determinata fase	Dati Autorità Portuale veneziana – Arrivi e partenze 2005
Fattori di emissione per inquinante, in funzione del tipo di nave e della fase in cui si trova	European Commission – <i>Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community (summary and chapter 1, 2), Final Report</i> – Luglio 2002

Tabella I: Elenco dei dati raccolti per la compilazione dell'inventario e relativa fonte.

4.3 Elaborazione dei dati raccolti e calcolo del risultato

I dati raccolti sono stati organizzati in una struttura che permettesse aggiornamenti e/o modifiche successive.

Nel seguito sono esplicitate nel dettaglio le scelte e le approssimazioni adottate e le associazioni tra i dati.

□ DEFINIZIONE DEGLI INQUINANTI CONSIDERATI:

Gli inquinanti considerati sono in tutto **cinque**: quelli per i quali nel report della Commissione Europea ‘Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community (chapter 2)’^[7] si definiscono i fattori di emissione per tipo di nave e fase:

DESCRIZIONE
NOx
SO2
CO2
HC
PM

Tabella J – Elenco degli inquinanti considerati.

□ DEFINIZIONE DELLE FASI IN CUI SI PUO’ TROVARE LA NAVE:

Le diverse fasi in cui si può trovare una nave sono in tutto **tre** e sono quelle definite nella metodologia MEET di Trozzi, Vaccaro (coincidenti anche con quelle definite nel report della Commissione Europea^[7]):

DESCRIZIONE
MANOVRA
NAVIGAZIONE
STAZIONAMENTO

Tabella K – Elenco delle varie fasi in cui si può trovare una nave.

La fase di navigazione in realtà è stata soltanto definita, ma non viene poi considerata nel calcolo delle emissioni provinciali. Questo poiché le bocche di Lido e di Malamocco segnano i confini della Provincia di Venezia e all’interno delle bocche di porto le navi si trovano o in fase di manovra o in fase di stazionamento.

□ DEFINIZIONE DEI TIPI DI NAVE ESISTENTI:

I tipi possibili di nave considerati sono in tutto **venticinque**, determinati in base ai dati di traffico del 2005 forniti dall’Autorità Portuale di Venezia:

DESCRIZIONE
ALISCAFI
ALTRE NAVI
CHIATTE
CHIMICHIERA
CISTERNE
CISTERNE GASSOSE
DA DIPORTO
DRAGHE
GASIERA
LINEA TRAGHETTO
PASSEGGERI
PETROLCHIMICA
PETROLIERA (GREGGIO)
PETROLIERA (RAFFINATO)
PONTONE
PORTACONTENITORI
PORTARINFUSE SOLIDE
RICERCA
RIMORCHIATORI
ROLL-ON ROLL-OFF
SBT (CISTERNE)
TRADIZIONALI
TRAGHETTO
VINACCIERA

Tabella L – Elenco dei tipi di nave.

□ ASSOCIAZIONE DEI FATTORI DI EMISSIONE AI TIPI DI NAVE APPENA DEFINITI:

Nel report della Commissione Europea^[7], scelta una determinata fase, ad ogni tipo di nave e ad ogni inquinante corrisponde un fattore di emissione espresso in **kg/(t di combustibile)**.

IN PORT	in g/kWh					in kg/tonne fuel					
	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM	sfc	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM
A11 Liquefied Gas	7.5	13.4	884	0.9	2.1	278	33	49	3179	3.7	7.8
A12 Chemical	13.3	12.1	710	1.5	2.2	223	60	54	3179	6.7	9.7
A13 Oil	12.1	12.8	754	1.4	2.2	237	55	54	3179	6.3	9.8
A14 Other liquid	13.3	12.0	707	1.5	2.2	222	60	54	3179	7.0	10.0
A21 Bulk dry	13.8	12.0	706	1.0	1.5	222	62	54	3179	4.5	8.8
A22 Bulk dry/oil	13.4	11.9	715	0.9	1.4	225	60	53	3179	4.3	8.5
A23 Self-discharging bulk dry	13.1	12.3	727	0.5	1.0	229	58	54	3179	2.4	4.4
A24 Other bulk dry	13.8	12.0	709	1.0	1.5	223	61	54	3179	4.6	8.9

Figura 1 – Esempio di una delle tabelle presenti nel report della Commissione Europea da cui sono stati tratti i fattori di emissione.

Dato che i tipi di nave presenti nel report (liquefied gas, chemical, ...) non corrispondono con i tipi di nave appena definiti, è stato necessario creare preliminarmente un'associazione fra i due elenchi di tipi di nave e questo si è reso possibile grazie alla collaborazione con l'Autorità Portuale: degli addetti hanno verificato la correttezza e validità delle associazioni. E' stato quindi possibile creare l'associazione seguente:

inquinante
fase → fattore di emissione
tipo di nave

In totale sono stati inseriti nel database **375 fattori di emissione**:

5 inquinanti * 3 fasi * 25 tipi di nave = 375 fattori di emissione.

□ DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA SINGOLA NAVE:

Ad ogni singola nave sono stati associati:

- un nome
- un tipo ⁵
- una stazza lorda ⁶
- un consumo (t/giorno) in fase di navigazione
- un consumo (t/giorno) in fase di manovra
- un consumo (t/giorno) in fase di stazionamento

Ad esempio:

NOME_NAVE	ID_TIPO_NAVE	STAZZA_LORDA	CONSUMO_MARE	CONSUMO_MANOVRA	CONSUMO_STAZIONAM
###	17	39836	31.7645	15.8822	7.9411
###	17	4963	18.0942	9.0471	4.5235
###	22	10022	19.3209	9.6604	4.8302
###	22	10022	19.3209	9.6604	4.8302
###	4	4798	14.7803	7.3901	3.695
###	3	20.78	7.7852	3.8926	1.9463
###	2	516.92	8.1463	4.0731	2.0365
###	3	516.93	8.1464	4.0732	2.0366
###	14	24997	27.5461	13.773	6.8865
###	24	1825	12.9014	6.4507	3.2253
###	22	2446	10.6539	5.3269	2.6634
###	22	16257	26.4537	13.2268	6.6134
###	16	3020	12.1217	6.0608	3.0304
###	22	1521	9.5957	4.7978	2.3989
###	11	4490	20.6353	10.3176	5.1588
###	21	16899	22.4281	11.214	5.607
###	17	1836	16.8685	8.4342	4.2171

Tabella M – Esempio della tabella che contiene le caratteristiche di ogni singola nave.

Sono state individuate in tutto **1310 navi**.

⁵ Nei dati di traffico che ci sono stati consegnati alcune navi risultavano a volte di un tipo a volte di un altro. Si è deciso di apportare delle modifiche ai dati in nostro possesso , al fine di trasformare l'associazione **nave – tipo di nave** in un'**associazione biunivoca**. Le modifiche sono state dettate nella maggior parte dei casi dal buon senso (es: se su 49 arrivi, la nave ADRIABLU è definita 43 volte come PORTACONTENITORI e 6 volte come TRADIZIONALE, si è scelto di associare alla nave ADRIABLU il tipo PORTACONTENITORI). Altre volte, non potendo appellarsi al buon senso, si è fatta la scelta più cautelativa, associando alla nave il tipo cui corrisponde il fattore di emissione maggiore.

⁶ Anche per quanto riguarda le stazze, ma comunque in rarissimi casi, nel file con i dati di traffico l'associazione con la nave non risultava biunivoca: in questi casi si è scelto di associare alla nave la stazza maggiore.

Mentre nome, tipo e stazza sono presi dai dati di traffico del 2005, i consumi nelle tre fasi sono stati calcolati, secondo una metodologia indicata da Trozzi - Vaccaro in [3], a partire dalla stazza lorda e dal tipo di nave: moltiplicando la stazza lorda di una nave per due coefficienti che dipendono dal tipo della nave stessa si ottiene il consumo medio giornaliero di combustibile (t/giorno) al 100% della potenza (vedi **Tabella N**).

Ship types	Average consumption (t/day)	Consumption at full power (t/day) as function of gross tonnage (GT) (°)
Solid bulk	33.80	$C_{jk} = 20.186 + .00049 * GT$
Liquid bulk	41.15	$C_{jk} = 14.685 + .00079 * GT$
General Cargo	21.27	$C_{jk} = 9.8197 + .00143 * GT$
Container	65.88	$C_{jk} = 8.0552 + .00235 * GT$
Passenger/Ro-Ro/Cargo	32.28	$C_{jk} = 12.834 + .00156 * GT$
Passenger	70.23	$C_{jk} = 16.904 + .00198 * GT$
High speed ferry	80.42	$C_{jk} = 39.483 + .00972 * GT$
Inland cargo	21.27	$C_{jk} = 9.8197 + .00143 * GT$
Sail ships	3.38	$C_{jk} = .42682 + .00100 * GT$
Tugs	14.35	$C_{jk} = 5.6511 + .01048 * GT$
Fishing	5.51	$C_{jk} = 1.9387 + .00448 * GT$
Other ships	26.40	$C_{jk} = 9.7126 + .00091 * GT$
All ships	32.78	$C_{jk} = 16.263 + 0.001 * GT$

(°) j, fuel; k, ship class

Tabella N – Consumo giornaliero medio al 100% della potenza e coefficienti di regressione lineare per il calcolo del consumo giornaliero in funzione della stazza lorda.

Per calcolare poi il consumo nelle tre fasi, ad ogni fase è associato un coefficiente moltiplicativo p_m minore di 1 (0.80 per la fase di navigazione, 0.40 per quella di manovra e 0.20 per quella di stazionamento) che tiene conto del fatto che il motore di una nave non si trova mai nelle condizioni di massima potenza:

$$S_{km}(GT) = C_{km}(GT) * p_m$$

dove:

GT = stazza lorda

$S_{km}(GT)$ = consumo giornaliero di combustibile per la nave di tipo k nella fase m

$C_{km}(GT)$ = consumo giornaliero di combustibile per la nave di tipo k al 100% della potenza (come funzione della stazza lorda) – in tabella indicato con C_{jk}

p_m = frazione del consumo di combustibile nella fase m

Anche per questa operazione è stato necessario associare preliminarmente i tipi di nave definiti in tabella (solid bulk, liquid bulk, ...) ai venticinque definiti all'inizio e, come nel caso dei fattori di emissione, l'associazione è stata proposta e verificata dagli addetti ai lavori.

□ RAPPRESENTAZIONE DEL TRAFFICO PORTUALE:

I dati di traffico che ci sono stati consegnati dall’Autorità Portuale raccoglievano separatamente gli arrivi e le partenze. Valutato il problema e l’esigenza, ad esempio, di conoscere i tempi di stazionamento della singola nave in porto, si è scelto di elaborare i dati a nostra disposizione rappresentando il traffico in termini di movimenti (arrivo + partenza) della singola nave⁷, descritti da:

- nome della nave: una stessa nave compare tante volte quanti sono gli arrivi (e le partenze) che ha effettuato nel corso del 2005
- data e ora di arrivo
- data e ora di partenza
- differenza fra la partenza e l’arrivo (ore o giorni di stazionamento)
- nazionalità del tragitto
- percorso effettuato dall’ingresso nel porto all’ormeggio e viceversa

Ad esempio:

NOME_NAVE	DATA_ARRIVO	DATA_PARTENZA	P-A_ORE	ID_NAZ_TRAGITTO	ID_PERCORSO_MANOVRA	P-A_GIORNI
###	26/03/2005 11:25	29/03/2005 19:00	79.58	2	3	3.3158
###	04/07/2005 6:10	06/07/2005 17:45	59.58	2	3	2.4825
###	10/01/2005 7:15	13/01/2005 17:15	81.99	2	3	3.4162
###	19/02/2005 7:30	25/02/2005 18:15	154.74	2	3	6.4475
###	31/03/2005 11:25	04/04/2005 18:45	103.33	2	3	4.3054
###	06/12/2005 13:00	07/12/2005 9:50	20.83	2	3	0.8679
###	07/02/2005 21:10	08/02/2005 22:30	25.33	1	3	1.0554
###	14/10/2005 23:30	17/10/2005 13:30	62	1	3	2.5833
###	07/11/2005 4:00	07/11/2005 17:15	13.25	1	3	0.552
###	26/01/2005 21:40	29/01/2005 12:00	62.33	1	3	2.597
###	27/07/2005 4:00	28/07/2005 15:30	35.5	1	3	1.4791
###	22/01/2005 7:10	23/01/2005 11:30	28.33	1	3	1.1804
###	09/02/2005 10:45	11/02/2005 11:10	48.41	1	3	2.017
###	19/04/2005 16:30	21/04/2005 10:35	42.08	1	3	1.7533
###	11/05/2005 11:10	12/05/2005 16:00	28.83	1	3	1.2012
###	05/06/2005 10:20	06/06/2005 14:06	27.76	1	3	1.1566
###	16/06/2005 15:20	17/06/2005 20:25	29.08	1	3	1.2116
###	23/06/2005 10:40	24/06/2005 15:50	29.16	1	3	1.215
###	22/07/2005 13:35	23/07/2005 18:45	29.16	1	3	1.215

Tabella O – Esempio della tabella che rappresenta il traffico del Porto di Venezia nel 2005.

In totale sono stati individuati **5450 movimenti**.

E’ importante sottolineare la presenza del campo relativo alla nazionalità del tragitto e di quello relativo al percorso effettuato in porto.

Per quanto riguarda il primo, specificare il carattere nazionale o internazionale del tragitto associato ad un dato movimento è fondamentale, in quanto permette di separare nel risultato finale le emissioni dovute al traffico nazionale (attività 80402) da quelle dovute al traffico internazionale (attività 80404). Per inserire ogni singolo movimento nel traffico nazionale piuttosto che in quello internazionale si è fatto riferimento a quanto contenuto nella *Emission Inventory Guidebook* dell’EEA^[5]: in modo piuttosto schematico, i traffici internazionali sono quelli in cui i porti di arrivo e partenza si trovano in due nazioni distinte, a meno che nel tragitto la nave non faccia scalo in una delle due nazioni per scaricare e caricare merci o

⁷ A tal proposito, si fa presente che i dati di partenza sono stati elaborati in modo tale che ad ogni arrivo corrisponda una partenza, eliminando così dall’insieme iniziale quei casi in cui una nave risultava essere soltanto arrivata o soltanto partita dal porto (il caso tipico è quello delle navi arrivate gli ultimi giorni dell’anno o partite i primi giorni di gennaio 2005). **Complessivamente sono stati eliminati 15 arrivi (su 5485) e 34 partenze (su 5466).**

passaggeri; in questo caso il traffico si compone di due segmenti, uno nazionale e uno internazionale. Nella guida dell'EEA si sottolinea però che, in mancanza di informazioni sufficienti per applicare tale distinzione, nel realizzare l'inventario è possibile definire una convenzione differente, con l'unica raccomandazione di esplicitarla. Nel nostro caso specifico la convenzione scelta è la seguente:

- entrambi i porti di provenienza e di destinazione sono in Italia → traffico nazionale
- almeno uno fra i due porti di provenienza e di destinazione si trova all'estero → movimento internazionale

In questo modo, dei 5450 movimenti complessivi, 1173 risultano di traffico nazionale (il 21.5% circa del totale), i restanti 4277 di traffico internazionale.

Per quanto riguarda il percorso effettuato nel porto durante le fasi di manovra e ormeggio, questa informazione risulta fondamentale per il calcolo dei **tempi di manovra** associati alla singola nave. Con riferimento ai dati ottenuti dall'Autorità Portuale, nel Porto di Venezia le navi passeggeri entrano dalla bocca di Lido e, dopo aver attraversato il Canale della Giudecca, ormeggiano presso la Stazione Marittima; le navi da carico entrano dalla bocca di Malamocco e ormeggiano nei Canali Industriali di Marghera. I percorsi possibili per ogni singola nave sono tre e, in base ai dati raccolti, si è assunto quanto segue:

- percorso 1: entrata e uscita dalla bocca di Lido → tempo di percorrenza pari a 3 ore
- percorso 2: entrata da una bocca e uscita dall'altra → tempo di percorrenza pari a 3.75 ore
- percorso 3: entrata e uscita dalla bocca di Malamocco → tempo di percorrenza pari a 4.5 ore

□ CALCOLO DEI GIORNI DI STAZIONAMENTO E DI MANOVRA:

Per ogni nave sono stati calcolati i giorni di stazionamento semplicemente sommando, per tutti i movimenti avvenuti nel 2005, i giorni di stazionamento che hanno caratterizzato il singolo movimento (questi ultimi ottenuti come differenza fra la data della partenza e la data dell'arrivo).

Si è inoltre mantenuta la distinzione fra movimenti di traffico nazionale ed internazionale.

NOME_NAVI	ID_NAZ_TRAGITTO	GIORNI_STAZ
###	2	3.3158
###	2	2.4825
###	2	9.8637
###	2	4.3054
###	2	0.8679
###	1	4.1907
###	1	2.597
###	1	1.4791
###	1	19.6746
###	2	3.1962
###	2	0.4887

Tabella P – Esempio della tabella che associa ad ogni nave il totale dei giorni di stazionamento (mantenendo la distinzione fra traffico nazionale e traffico internazionale).

Per quanto riguarda invece i giorni di manovra, per ogni nave il valore è dato dalla somma, per tutti i movimenti avvenuti nel 2005, dei tempi di percorrenza associati al percorso ingresso – uscita dal porto del singolo movimento.

Anche in questo caso i movimenti di traffico nazionale sono distinti da quelli di traffico internazionale.

NOME_NAVI	ID_NAZ_TRAGITTO	GIORNI_MAN
###	2	0.1875
###	2	0.1875
###	2	0.375
###	2	0.1875
###	2	0.1875
###	1	0.5625
###	1	0.1875
###	1	0.1875
###	1	2.4375
###	2	0.375
###	2	0.1875
###	2	0.1875
###	2	0.1875

Tabella Q - Esempio della tabella che associa ad ogni nave il totale dei giorni di manovra (mantenendo la distinzione fra traffico nazionale e traffico internazionale).

□ CALCOLO DELLE EMISSIONI:

A questo punto, per ogni nave in stazionamento o in manovra all'interno del porto, si conoscono tutti i fattori moltiplicativi che compaiono nella formula per il calcolo delle emissioni; è quindi possibile procedere al calcolo secondo la:

$$E_{ikm} = S_{km} (GT) \cdot t_{km} \cdot F_{ikm}$$

Data una nave, fissati la fase e l'inquinante, l'emissione si ottiene moltiplicando fra loro:

- il consumo giornaliero caratteristico di quella nave in quella fase;
- il numero complessivo di giorni in cui, nel corso del 2005, la nave si è trovata in quella determinata fase (distinti fra traffico nazionale e traffico internazionale);
- il fattore di emissione corrispondente.

NOME_NAVE	ID_TIPO_NAVE	ID_NAZ_TRAGITTO	ID_FASE	ID_INQUINANTE	EMISSIONE
###	17	2	1	1	196.5422
###	17	2	1	2	160.8072
###	17	2	1	3	9466.7838
###	17	2	1	4	23.2277
###	17	2	1	5	31.5658
###	17	2	3	1	1632.5281
###	17	2	3	2	1421.8793
###	17	2	3	3	83706.5649
###	17	2	3	4	118.4899
###	17	2	3	5	179.0514
###	17	2	1	1	111.9578
###	17	2	1	2	91.6018
###	17	2	1	3	5392.637
###	17	2	1	4	13.2313
###	17	2	1	5	17.9811
###	17	2	3	1	696.2345
###	17	2	3	2	606.3977
###	17	2	3	3	35698.8626
###	17	2	3	4	50.5331
###	17	2	3	5	76.3612

Tabella R – Esempio della tabella che associa ad ogni nave, fissati fase ed inquinante, l'emissione.

Come evidenziato più volte, i dati sono stati raggruppati in modo tale che sia possibile calcolare separatamente le emissioni da traffico nazionale e quelle da traffico internazionale.

La **Tabella R**, per come è organizzata, permette di calcolare le emissioni complessive per inquinante, per tipo di tragitto (nazionale o internazionale), per tipo di nave, ecc... I risultati sono riportati nella sezione 4.4.

4.3.1 Il problema dei rimorchiatori

Nell'area portuale operano i cosiddetti 'rimorchiatori' che affiancano le navi in fase di manovra per permettere loro di attraversare i canali navigabili e giungere o partire dall'ormeggio.

Poiché la maggior parte delle navi che transitano nel porto richiede la presenza di almeno un rimorchiatore, non si può pensare di trascurare tale contributo al totale emissivo.

Purtroppo i dati fornitici dall'Autorità Portuale in proposito non potevano essere altrettanto dettagliati di quelli relativi al traffico navale vero e proprio; in ogni caso, grazie a degli schemi realizzati dalla Capitaneria di Porto e alla lettura della normativa di riferimento^[11], è stato possibile azzardare delle approssimazioni e giungere ad un risultato numerico.

Per il calcolo del contributo emissivo dovuto ai soli rimorchiatori bisogna conoscere, **per la sola fase di manovra**:

- il numero di movimenti (in giorni) di tutti i rimorchiatori all'interno dell'area portuale
- il consumo giornaliero medio di un rimorchiatore
- il fattore di emissione di un rimorchiatore

→ Per quanto riguarda il primo punto, per conoscere il **numero di movimenti dei rimorchiatori nell'area portuale** bisognerebbe sapere quali navi, fra tutte quelle transitanti nel porto nel 2005 (circa 1300), necessitano di almeno un rimorchiatore e, se sì, di quanti. Sono state fatte le seguenti assunzioni, non senza approssimazioni:

- è stato associato un rimorchiatore ad ogni nave transitante in ingresso e uscita per la bocca di Lido con stazza lorda superiore alle 2000 tonnellate
- è stato associato un rimorchiatore ad ogni nave transitante in ingresso e uscita per la bocca di Malamocco con stazza lorda superiore alle 1200 tonnellate

Ogni movimento del rimorchiatore è inteso come la somma del percorso di ingresso al porto (tragitto bocca – ormeggio) e del percorso di uscita dal porto (tragitto ormeggio - bocca). I tempi di percorrenza di tali percorsi sono noti ed è quindi possibile calcolare i movimenti dei rimorchiatori in giorni.

Numero di movimenti con rimorchiatore:		movim nazionali	mov internazionali
via Lido	1138	93	1045
via Malamocco	3313	876	2437
TOTALE	4451	969	3482

Giorni di manovra:		naz	internaz
via Lido	142.25	11.625	130.625
via Malamocco	621.1875	164.25	456.9375
TOTALE	763.4375	175.875	587.5625

Tabella S – Giorni di manovra totali dei rimorchiatori.

→ Per quanto riguarda il secondo punto, si è utilizzata la formula per il calcolo del **consumo medio giornaliero** indicata da Trozzi – Vaccaro ^[3] (vedi punto 4.3): dalla tabella delle navi sono state selezionate quelle di tipo ‘rimorchiatore’ ed è stata applicata la funzione media ai record selezionati, ottenendo così il consumo medio giornaliero di un rimorchiatore in fase di manovra.

ID_NAVE	NOME_NAVE	ID_TIPO_NAVE	STAZZA_LORDA	CONSUMO_MANOVRA
102 ###		19	1303	7.7226
103 ###		19	1330	7.8358
136 ###		19	143	2.8598
196 ###		19	339	3.6815
228 ###		19	499.65	4.3549
691 ###		19	265	3.3713
328 ###		19	460	4.1887
436 ###		19	146	2.8724
450 ###		19	196	3.082
563 ###		19	364.05	3.7865
1133 ###		19	277	3.4216
1147 ###		19	139.39	2.8447
1167 ###		19	318	3.5934
valori medi:			444.6223077	4.124246154

Tabella T – Calcolo del consumo giornaliero medio di un rimorchiatore.

→ Per quanto riguarda il **fattore di emissione**, infine, è sufficiente selezionare nella tabella con i 375 fattori di emissione i record in cui la fase è quella di ‘manovra’ ed il tipo di nave è ‘rimorchiatore’: si ottengono così i cinque fattori di emissione (in kg/t di combustibile) distinti per inquinante:

Fattore emissione rimorchiatore (fase = manovra):	
NOx	48
SO2	51
CO2	3179
HC	5.3
PM	9.7

Tabella U – Fattori di emissione dei rimorchiatori.

A questo punto, moltiplicando fattore di emissione, consumo medio giornaliero e giorni di manovra, è possibile procedere al calcolo delle emissioni complessive dovute all'intera flotta dei rimorchiatori.

4.3.2 Il calcolo del CO

Il fattore di emissione relativo al monossido di carbonio non è fornito nel documento utilizzato come fonte ([7]).

Volendo quindi stimare le emissioni anche per questo inquinante, si è pensato di procedere utilizzando i risultati sui consumi: note le tonnellate complessive di combustibile consumate da tutte le navi transitanti nel porto durante l'intero anno 2005, l'emissione è stata calcolata moltiplicando tale consumo per un unico fattore di emissione⁸, indipendente dal tipo di nave.

⁸ Il fattore di emissione in questione è stato scelto fra quelli indicati nella *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook*^[5] ed è citato anche nel database dei fattori di emissione dell'APAT^[2].

4.4 Risultato finale

Nella **Tabella V** sono riportate, in sintesi, le stime bottom up delle emissioni portuali dei sei più rilevanti inquinanti, elaborate nel presente lavoro rispettivamente per il traffico nazionale, internazionale ed il loro totale, evidenziando il contributo delle sole navi e quello complessivo anche dei rimorchiatori.

La tabella illustra anche il confronto della stima bottom up del presente lavoro con quella top down calcolata da APAT.

attività	stima	emissione (t/anno)					
		NOx	SO2	CO2	CO	HC	PM
80402 - nazionale	bottom-up senza rimorchiatori	544.3274	518.6646	30733.9762	71.5418	48.7758	76.6388
	bottom-up con rimorchiatori	579.1443	555.6575	33039.8695	76.9094	52.6201	83.6747
	top-down APAT	803.2105	SOx = 945.2997	93708.4265	10127.3495	COV = 4789.6938	50.2438
80404 - internazionale	bottom-up senza rimorchiatori	2952.4346	2806.4367	166884.1530	388.4689	259.2288	409.5873
	bottom-up con rimorchiatori	3068.7507	2930.0225	174587.6724	406.4010	272.0720	433.0928
	top-down APAT	-	-	-	-	-	-
80402 + 80404	bottom-up senza rimorchiatori	3496.7620	3325.1012	197618.1292	460.0107	308.0046	486.2261
	bottom-up con rimorchiatori	3647.8950	3485.6800	207627.5419	483.3104	324.6922	516.7676
	top-down APAT	-	-	-	-	-	-

Tabella V – Risultato della stima delle emissioni portuali con approccio bottom up e confronto con la stima top down di APAT - 2000.

Poiché la maggior parte delle navi che transitano nel porto richiede la presenza di almeno un rimorchiatore, non si può pensare di trascurare tale contributo al totale delle emissioni.

4.4.1 Analisi della stagionalità dei flussi di traffico

La tabella che segue evidenzia una leggera stagionalità nei flussi di traffico delle navi in porto: il 57% circa del traffico ricade nel semestre estivo (1 aprile - 30 settembre).

STAGIONALITA' ARRIVI E PARTENZE 2005

	arrivi	partenze
gennaio	357	336
febbraio	354	356
marzo	406	400
aprile	404	416
maggio	501	499
giugno	529	517
luglio	580	580
agosto	600	596
settembre	540	543
ottobre	477	484
novembre	378	373
dicembre	359	366
totale	5485	5466
totale estivo	3154	3151
% estivo	57.5	57.6
totale invernale	2331	2315
% invernale	42.5	42.4

Tabella W – Stagionalità dei flussi di traffico delle navi in porto.

4.4.2 Contributo emissivo delle navi da carico rispetto alle navi passeggeri

Più del 60% del traffico navale in porto è costituito da navi da carico, transittanti per l'area di Porto Marghera. Le restanti navi, circa 2000 movimenti nel 2005, sono così ripartite: 30% circa ferry, 70% circa navi passeggeri.

CONTRIBUTO NAVI DA CARICO E NAVI PASSEGGERI IN TERMINI DI FLUSSI

totale movimenti 2005	5450
totale navi passeggeri (Lido)	1924
% navi passeggeri	35.3
totale navi da carico (Malamocco)	3502
% navi da carico	64.3

N.B.: 24 movimenti seguono un percorso misto (ingresso Lido - uscita Malamocco o viceversa)

Tabella X – Contributo delle navi da carico rispetto alle navi passeggeri in termini di flussi.

La **Tabella Y** descrive il contributo emissivo delle navi da carico rispetto a quello delle navi passeggeri.

INQUINANTE	TIPO NAVE	EMISSIONE_TOTALE (t/anno)	EMISSIONE PERCENTUALE
NOx	passeggeri	1038.97	29.71
	percorso misto	10.25	0.29
	carico	2447.54	69.99
SO2	passeggeri	1104.60	33.22
	percorso misto	10.21	0.31
	carico	2210.29	66.47
CO2	passeggeri	66610.89	33.71
	percorso misto	603.80	0.31
	carico	130403.44	65.99
HC	passeggeri	98.50	31.98
	percorso misto	0.90	0.29
	carico	208.61	67.73
PM	passeggeri	169.02	34.76
	percorso misto	1.47	0.30
	carico	315.74	64.94

Tabella Y – Contributo emissivo delle navi da carico rispetto alle navi passeggeri.

4.4.3 Contributo emissivo delle navi in stazionamento rispetto alle navi in manovra

La **Tabella Z** descrive il contributo emissivo delle navi durante la fase di stazionamento rispetto a quello delle navi in manovra.

Come previsto, la fase di stazionamento dà un contributo molto più importante.

INQUINANTE	FASE	EMISSIONE TOTALE (t/anno)	EMISSIONE %
NOx	manovra	632.041	18.08
	stazionamento	2864.721	81.92
SO2	manovra	611.700	18.40
	stazionamento	2713.401	81.60
CO2	manovra	36781.698	18.61
	stazionamento	160836.431	81.39
HC	manovra	75.666	24.57
	stazionamento	232.339	75.43
PM	manovra	114.855	23.62
	stazionamento	371.371	76.38

Tabella Z - Contributo emissivo delle navi in fase di stazionamento rispetto alle navi in fase di manovra.

BIBLIOGRAFIA

- 1 APAT, 2004, *La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni*. www.sinanet.apat.it
- 2 <http://www.inventaria.sinanet.apat.it>, sito web dell'APAT con la guida agli inventari locali.
- 3 Carlo Trozzi - Rita Vaccaro, *TECHNE report MEET RF98, Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships*, agosto 1998.
- 4 Lidia Badalato, A.R.P.A. Liguria, *Approfondimenti sulle emissioni dei porti e sulle emissioni da traffico*, presentazione al workshop sugli inventari locali di emissioni in atmosfera di Venezia del 28-29 ottobre 2004.
- 5 European Environment Agency, *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2005*. <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- 6 Comune di Venezia - Direzione Centrale Ambiente e Sicurezza del Territorio, *Piano di Azione Comunale per il Risanamento dell'Atmosfera*, settembre 2005.
- 7 European Commission - *Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community (summary and chapter 1, 2), Final Report*- luglio 2002.
- 8 Environmental Engineering Department - *Marine Exhaust Emissions Quantification Study - Mediterranean Sea, Final Report* - dicembre 1999.
- 9 Preliminary estimate from EMEP/MSC-W under request of DG Environment - Hilde Fagerli and Leonor Tarrason - *The influence of ship traffic emissions on the air concentrations of particulate matter* - Oslo, november 2001.
- 10 Autorità Portuale di Venezia - Direzione Sicurezza e Ambiente - dati di traffico (arrivi e partenze) anno 2005.
- 11 Capitaneria di Porto di Venezia - Ordinanza n. 28 del 22/08/1979 e Ordinanza n. 60 del 25/06/1987.
- 12 <http://193.206.192.204/aree/atmosfera/emissioni/bdEMI/>, stime emissioni APAT 2000.