



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/9**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCE LAGUNARI**

Contratto Thetis-CORILA n. 132000442

Documento **MACROATTIVITÀ: ARIA
SIMULAZIONI MODELLISTICHE
II RAPPORTO DI VALUTAZIONE**

Versione **1.0**

Emissione **15 Maggio 2014**

Redazione

Dott.ssa Elena Elvini

Redazione e Verifica

Dott. Franco Belosi
(CNR-ISAC)

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Oggetto delle simulazioni.....	3
1.2 Obiettivi delle simulazioni	3
1.3 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica	3
2. DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE.....	5
2.1 Strumenti modellistici e loro implementazione	5
2.1.1 Caratterizzazione delle sorgenti emissive	6
2.2 Emissioni da mezzi di cantiere	6
2.2.1 Fattori di emissione - Mezzi di terra	7
2.2.2 Fattori di emissione - Mezzi acquei	8
2.2.3 Stima delle emissioni da mezzi di cantiere.....	9
2.3 Emissioni da risollevarmento	11
2.4 Simulazioni eseguite e risultati	11
2.4.1 Simulazioni per le emissioni dei mezzi di cantiere	11
2.4.2 Simulazioni per le polveri sottili da risollevarmento	12
3. ANALISI DEGLI OUTPUT	13
4. CONCLUSIONI	26
5. APPENDICE	27
BIBLIOGRAFIA.....	32

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere del MOSE alle bocche lagunari (Studio B.6.72 B/9, periodo maggio 2013 - aprile 2014), è stata affidata ad ARPAV, come già per i precedenti Studi B.6.72 B/7 e B/8, la valutazione modellistica relativa alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di cantiere.

1.1 Oggetto delle simulazioni

Le simulazioni modellistiche hanno come oggetto le ricadute delle emissioni associate alle attività di costruzione del MOSE alle tre bocche lagunari di Lido, Malamocco e Chioggia per l'anno 2013.

Le emissioni considerate sono relative all'impiego di macchinari e mezzi sia di terra che di acqua, nonché causate dalla movimentazione e dal risollevarimento di materiale polverulento (risollevarimento meccanico per passaggio di mezzi di lavoro e risollevarimento eolico).

1.2 Obiettivi delle simulazioni

Si ricordano gli obiettivi delle simulazioni descritti nel Disciplinare Tecnico (Studio B6.72 B/9):

- simulazioni annuali di NO_x e NO₂ per ciascuna bocca di porto;
- approfondimenti per le situazioni meteorologiche/emissive critiche;
- simulazioni stagionali di durata trimestrale e annuali per ciascuna bocca di porto del particolato primario PM₁₀.

1.3 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica

Come definito nei rapporti delle precedenti annualità, l'attività modellistica si è sviluppata nelle seguenti fasi:

- a. definizione degli obiettivi e degli strumenti modellistici idonei;
- b. definizione del dominio di indagine;
- c. predisposizione degli input meteorologici e geografici per l'area di indagine (dominio di calcolo);
- d. definizione delle sorgenti di emissione e loro georeferenziazione nel dominio di calcolo;
- e. stima dei ratei emissivi per ciascuna sorgente;
- f. simulazioni con la catena modellistica;
- g. analisi e interpretazione degli output.

Il contenuto di questo periodo di attività riguarda:

- la predisposizione dell'input meteorologico per l'intero anno 2013;
- la stima delle emissioni dovute alle attività di cantiere alle bocche di porto di Chioggia e Malamocco: per l'intero anno 2013 relativamente a Chioggia, e per il periodo gennaio-ottobre 2013 per quanto riguarda Malamocco, ovvero per i periodi nei quali sono stati forniti i dati di

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

cantiere necessari alle simulazioni modellistiche. Per i cantieri della bocca di porto di Lido non sono stati ancora forniti i dati descrittivi delle attività di cantiere necessari alle simulazioni;

- le simulazioni modellistiche relativamente a NO_x, NO₂ e PM₁₀ per l'intero 2013 a Chioggia e per il periodo gennaio-ottobre a Malamocco, nonché, relativamente al PM₁₀, per i trimestri disponibili (tre a Malamocco, quattro a Chioggia).

Oltre a quanto prescritto dal Disciplinare Tecnico, vengono presentate delle sintesi quadrimestrali dei risultati delle simulazioni, secondo quanto richiesto da ISPRA, per un più congruo raffronto con le analisi dei dati dei monitoraggi della matrice aria.

2. DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE

2.1 Strumenti modellistici e loro implementazione

Le simulazioni previste sono condotte utilizzando il modello di dispersione non stazionario a puff CALPUFF (Scire *et al.*, 2001, v. 5.8), in catena col modello meteorologico diagnostico CALMET (Scire *et al.*, 2000, v. 5.8).

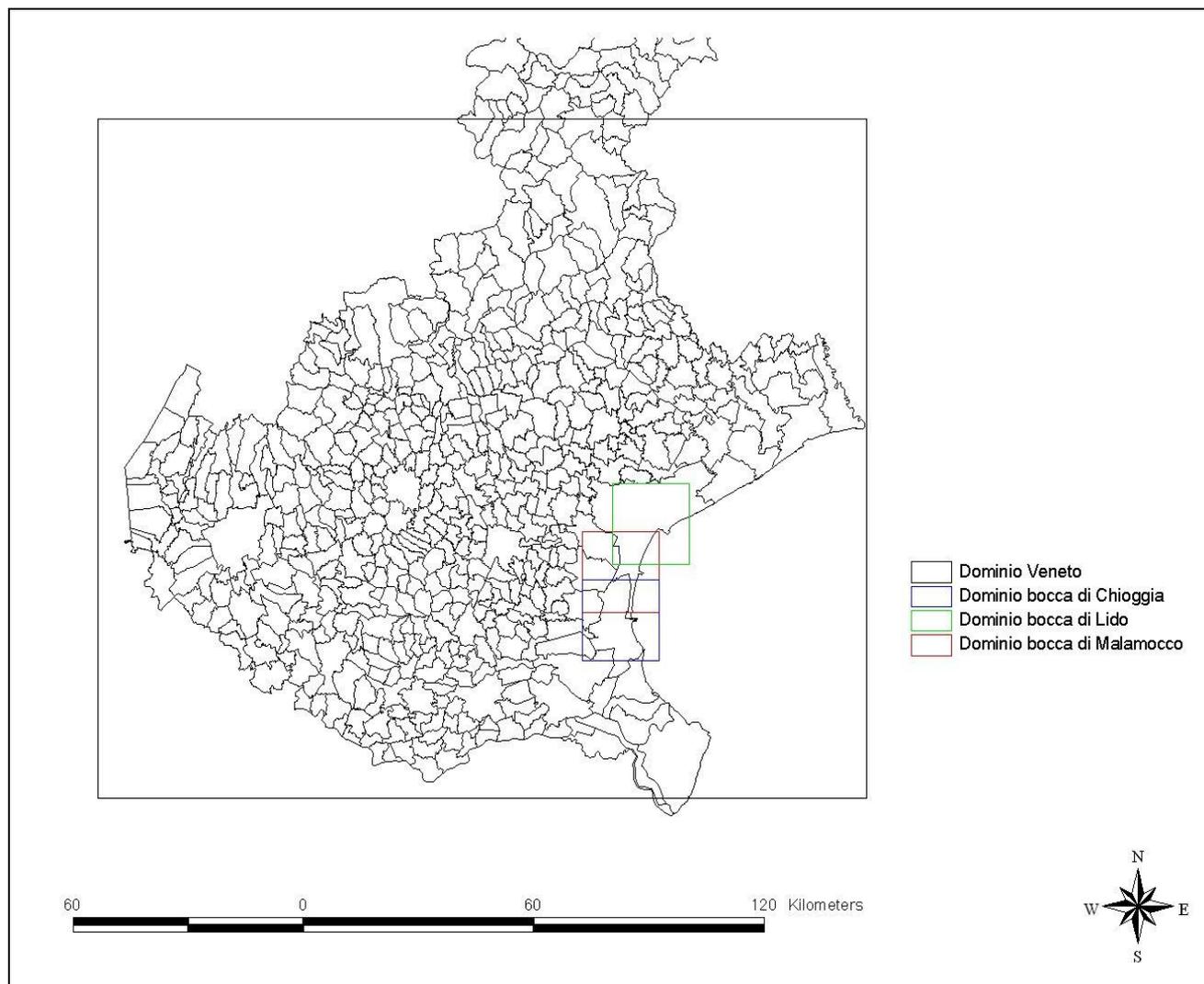


Figura 1 Dominio di calcolo regionale di CALMET e sottodomini relativi alle tre bocche di porto.

L'input meteorologico per CALPUFF è stato calcolato tramite CALMET su tre domini di dimensione 20x20 km², centrati sulle tre bocche di porto, con griglia a risoluzione di 500 m, innestati su un dominio regionale, di 200x168 km², comprendente tutta la pianura veneta e una porzione della zona montana, con risoluzione di calcolo di 4x4 km², come illustrato in Figura 1. Verticalmente CALMET è inizializzato con 10 livelli verticali dalla superficie a 3000 m di altezza. I dati meteorologici relativi al primo livello verticale sono registrati presso 40 stazioni (con anemometro a 10 m in pianura e 5 in zona montuosa) di cui 9 stazioni sinottiche dell'Aeronautica Militare e 30 stazioni della rete del Centro Meteorologico di Teolo; a questi si aggiungono i dati della stazione off-shore gestita dal Comune di Venezia e posizionata sulla piattaforma del CNR al largo della laguna di Venezia e i dati delle stazioni 5 e 23 gentilmente forniti dall'Ente Zona

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

Industriale di Porto Marghera. Per quanto riguarda i livelli verticali superiori, i dati in input a CALMET sono relativi a 3 radiosondaggi (Milano-Linate, Udine-Campoformido e Bologna-San Pietro Capofiume).

Le concentrazioni di inquinanti sono state stimate tramite il modello CALPUFF sugli stessi tre domini di 20x20 km², ma con risoluzione maggiore, pari a 250x250 m².

Per la descrizione più dettagliata degli strumenti modellistici e della loro implementazione si rimanda ai rapporti presentati nel corso della prima annualità in convenzione.

2.1.1 Caratterizzazione delle sorgenti emissive

CALPUFF prevede la possibilità di implementare diverse tipologie di sorgenti emissive (puntuali, lineari, areali, volumetriche), consentendo di scegliere il modo più adeguato al caso in esame per caratterizzare l'input emissivo al modello.

Per le aree dei cantieri del MOSE si sono raggruppate le fonti inquinanti in due categorie: emissioni da combustione (NO_x e PM₁₀) dai mezzi a motore sia terrestri che acquei che operano nei cantieri, e risollevarimento di polveri sottili nelle aree interessate dai cantieri, dovute sia al passaggio di mezzi durante le attività di cantiere, sia all'azione erosiva del vento su superfici di terreno non pavimentato.

Le emissioni da combustione sono introdotte nel modello come sorgenti volumetriche, combinando in un'unica sorgente virtuale le singole sorgenti distribuite in area di cantiere. Per ogni bocca di porto è stata assegnata una sorgente volumetrica per ciascuna zona di cantiere (su terra o su mare), secondo gli stessi raggruppamenti con cui la Direzione Lavori ha fornito i dati relativi all'impiego dei mezzi nei cantieri.

Le emissioni di polveri sottili da risollevarimento sono parametrizzate come sorgenti areali, utilizzate per modellizzare emissioni diffuse a livello del suolo senza spinta verticale, e collocate presso le aree di cantiere a terra.

La collocazione e dimensione delle sorgenti areali e volumetriche sono state ricavate dagli *shape file* dei cantieri forniti dal Consorzio Venezia Nuova; la Figura A1 in Appendice ne fornisce una visualizzazione. I ratei emissivi associati alle sorgenti così caratterizzate sono discussi nei prossimi paragrafi.

2.2 Emissioni da mezzi di cantiere

Per la stima delle emissioni legate alle attività dei cantieri, secondo quanto previsto nel Disciplinare Tecnico, alla Direzione Lavori è stato richiesto di fornire i dati relativi ai mezzi impiegati in ciascun cantiere, suddivisi per zone di lavoro e mesi, in termini di **numero di mezzi per numero di giorni** e percentuali di utilizzo, secondo le seguenti tipologie:

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

MEZZI DI TERRA	MEZZI ACQUEI
dumper, camion	motopontoni
escavatori, miniescavatori	pontoni, chiatte
betoniere	motopontoni con escavatore o gru
carrelli elevatori, merli	pontoni con escavatore o gru
autogru, gru cingolata, gru 50t	motonavi, motobarche
terne, ruspe, pale, rulli, pompe carrate	draghe
mezzi speciali (gru telescopica ...)	spintori, rimorchiatori
altri mezzi (gru a torre, vibratore)	motopontoni con escavatore o gru
	pontoni con escavatore o gru

Già dallo Studio B.6.72 B/7 è disponibile l'informazione sulla potenza media per ciascuna tipologia di mezzi. Come da indicazioni fornite dalla Direzione Lavori, si è assunto inoltre che tutti i mezzi sia acquei che di terra siano dotati di motore diesel.

Per ciascun mese è stato chiesto di quantificare il numero tipico di ore lavorative in un giorno e di precisare i giorni in cui non si sono svolte attività nei cantieri.

2.2.1 *Fattori di emissione - Mezzi di terra*

Le informazioni fornite sono state utilizzate per applicare il livello Tier 3 (di maggior dettaglio, applicabile a scala locale) della metodologia di stima ufficiale europea CORINAIR, presentata nel Guidebook 2009 alla sezione 1.A.4 *Other mobile* (update June 2010).

Secondo tale metodologia la stima delle emissioni viene effettuata secondo la seguente formula:

$$E = N \times HRS \times HP \times LF \times EF$$

dove:

E = emissione per l'intero periodo considerato [g]

N = numero mezzi

HRS = durata di lavoro nel periodo considerato [h]

HP = potenza nominale media [kW]

LF = fattore di carico del motore

EF = fattore di emissione medio [g/kWh]

Per i mezzi *off-road* utilizzati in ambito civile-industriale, la metodologia CORINAIR differenzia i fattori di emissione per potenza nominale del mezzo e per tecnologia di trattamento dei gas di scarico, suddividendoli essenzialmente in mezzi non catalizzati (*uncontrolled*), in mezzi con tecnologia Stage I, II o IIIA.

In assenza di dati precisi relativi al parco mezzi utilizzati nei 3 cantieri delle opere del MOSE, è stata effettuata una ricostruzione della distribuzione dei mezzi per età e livello tecnologico, incrociando le informazioni relative alla ripartizione dell'uso di combustibile per età del veicolo e tecnologia ricavate dalle tabelle 3-3 e 3-7 del Guidebook stesso (a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti). Tale operazione ha permesso di calcolare un fattore di emissione, per *range* di potenza del mezzo, pesato su una "flotta-tipo" di mezzi diesel mediamente utilizzati in ambito civile-industriale a livello europeo.

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

A scopo cautelativo comunque, oltre al “fattore pesato”, che in pratica ricostruisce una flotta con preponderanza di mezzi di categoria tra Stage I e Stage II, le stime emissive sono state condotte anche considerando il parco mezzi attivo nei cantieri come interamente costituito da mezzi “uncontrolled”.

In Tabella 1 sono riassunti i fattori di emissione utilizzati per NOx e PM, quest’ultimo considerato come completamente costituito da PM10.

Tabella 1 Fattori di emissione [g/kWh] utilizzati per i mezzi di terra.

		Power range (kW)							
pollutant	EF	0-20	20-37	37-75	75-130	130-300	300-560	560-1000	> 1000
NOx	composite	14.4	9.8	8.1	7.6	7.6	7.6	14.4	14.4
	uncontrolled	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
PM	composite	2.6	1.3	0.8	0.6	0.5	0.5	1.3	1.3
	uncontrolled	2.6	2.1	1.8	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3

Per quanto riguarda infine i fattori di carico (*load factor*) si è deciso di riferirsi alla documentazione corredata all’inventario US-EPA AP42 (*Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling, EPA420-P-02-014, 2002*), che rappresenta la fonte della metodologia europea per i mezzi *off road* (Tabella 2). Questi fattori rappresentano il rapporto medio tra potenza effettivamente assorbita durante le operazioni di lavoro e la potenza nominale del mezzo impiegato.

Tabella 2 Fattori di carico per i mezzi off-road

MEZZI DI TERRA	LF
dumper, camion	0.21
escavatori, miniescavatori	0.59
betoniere	0.43
carrelli elevatori, merli	0.59
autogru, gru cingolata, gru 50t	0.43
terne, ruspe, pale, rulli, pompe carrate	0.59
mezzi speciali (gru telescopica ...)	0.43
altri mezzi (gru a torre, vibratore)	0.43

2.2.2 Fattori di emissione - Mezzi acquei

Per i mezzi acquei si è applicata la metodologia presentata nella sezione 1.A.3.d - *Navigation (international navigation, national navigation, national fishing)* del Guidebook 2009, sempre per il livello di dettaglio maggiore (Tier 3).

L’equazione per la stima delle emissioni è sostanzialmente analoga al caso precedente: la stima si ottiene moltiplicando i fattori di emissione per la potenza nominale, per le ore di funzionamento e per il fattore di carico del motore. In questo caso però la metodologia di dettaglio differenzia fattori di emissione e di carico per le diverse fasi di attività (crociera, stazionamento e manovra); il calcolo dell’emissione totale è ottenuto come sommatoria di questi tre contributi.

$$E_{\text{trip}} = E_{\text{cruise}} + E_{\text{manoeuvring}} + E_{\text{hotelling}}$$

Inoltre la metodologia differenzia i fattori di carico per motore principale e ausiliario.

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

Nel caso specifico delle emissioni da mezzi acquei di cantiere si è ritenuto di trascurare la fase di crociera (che in pratica è consistita nel raggiungimento delle zone di lavoro) e di stazionamento, e di considerare tutta l'attività svolta come fase di manovra. Inoltre, data la stazza ridotta delle imbarcazioni, non è stato possibile differenziare tra motore principale e ausiliario, e si è quindi utilizzato cautelativamente il fattore di carico di 0.5¹.

A partire da questa considerazione e in riferimento alle indicazioni ottenute dalla Direzione Lavori relative all'utilizzo praticamente esclusivo del combustibile MDO (marine diesel oil), i fattori di emissione utilizzati nella presente stima sono quelli riportati nella successiva Tabella 3, estratti dalla tabella 3-10 (*Tier Emission Factors for NO_x, NMVOC, PM and Specific Fuel Consumption for different engine types/fuel combinations and vessel trip phases cruising, hotelling, manoeuvring in g/kWh*) del Guidebook 2009.²

Tabella 3 Fattori di emissione utilizzati per i mezzi acquei.

Pollutant	Emission Factor [g/kWh]
NO _x	10.2
PM	0.9

2.2.3 *Stima delle emissioni da mezzi di cantiere*

A partire dallo Studio B.6.72 B/8, i cantieri hanno fornito, oltre ai dati relativi al numero di mezzi impiegati per numero di giorni e percentuali di utilizzo, per ciascun mese dell'anno e per ciascuna tipologia di mezzi, anche i dati relativi all'orario lavorativo giornaliero (riportati in Tabella 4) e i giorni, mese per mese, in cui i cantieri hanno svolto attività. Al momento sono disponibili dati dai cantieri di Malamocco e di Chioggia.

Tabella 4 Orario lavorativo giornaliero indicato dai cantieri per l'anno 2013.

Bocca di Porto	Cantiere o Ditta	Ore lavorative al giorno	Orario lavorativo
Malamocco	Mantovani (*)	8 oppure 9	7:30-12:00 13:00-16:30 7:00-12:00 13:00-17:00
	GLF	8	7:30-12:00 13:00-16:30
	Cidonio (*)	8 oppure 9	7:30-12:00 13:00-16:30 7:00-12:00 13:00-17:00
Chioggia	Chioggia	8	7:00-12:00 13:00-16:00

(*) I cantieri hanno dettagliato mese per mese l'orario lavorativo, qui si riporta solo una sintesi.

L'ammontare mensile delle emissioni dei mezzi di cantiere per zona di lavoro per ciascun inquinante è stato stimato utilizzando i dati mensili sui mezzi in attività e i fattori di emissione descritti nel paragrafo precedente. Per i mezzi di terra sono stati usati fattori di emissione ricavati per un parco-mezzi con una parziale presenza di mezzi catalitici, così come descritti dalla tipologia *composite*.

¹ Il Guidebook prevederebbe in fase di manovra fattore di carico 0.2 per il motore principale e 0.5 per i motori ausiliari.

² Il Guidebook differenzia ulteriormente i fattori di emissione in "high, medium e slow speed engine". Di queste tre categorie, considerando che i motori diesel a bassa velocità sono tipicamente utilizzati nelle grandi navi, si è deciso di scegliere i fattori di emissione della categoria intermedia, medium speed diesel.

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

In Tabella 5 sono riportate le stime emissive di NOx e PM10 dei mezzi di cantiere per i periodi più lunghi per i quali attualmente sono disponibili i dati di attività dei cantieri, ossia per l'intero anno 2013 per la bocca di porto di Chioggia e per i dieci mesi da gennaio ad ottobre 2013 per la bocca di porto di Malamocco. Per tali periodi sono state eseguite le simulazioni con il modello di dispersione. Per il PM10 sono riportate in Tabella 6 anche le stime emissive relative alle frazioni di anno, trimestri e quadrimestri, su cui vengono analizzati i risultati modellistici.

Tabella 5 Stima emissioni di NOx e PM10 dei mezzi di cantiere (composite) per l'intero periodo di disponibilità dei dati nell'anno 2013 (intero anno 2013 per Chioggia, 10 mesi gennaio-ottobre per Malamocco), corrispondente alle simulazioni eseguite [Mg].

Bocca di Porto	tipo	NOx	PM10
Malamocco (10 mesi)	mezzi di terra	10.04	0.70
	mezzi acquei	2.86	0.25
	totale	12.90	0.95
Chioggia (12 mesi)	mezzi di terra	8.76	0.64
	mezzi acquei	10.04	0.93
	totale	18.80	1.57

Tabella 6 Stima emissioni di PM10 dei mezzi di cantiere (composite) per frazioni di anno (trimestri e quadrimestri) [Mg].

Bocca di Porto	tipo	PM10 1° quadrim. 2013	PM10 2° quadrim. 2013	PM10 3° quadrim. 2013	PM10 1° trim. 2013	PM10 2° trim. 2013	PM10 3° trim. 2013	PM10 4° trim. 2013
Malamocco	mezzi di terra	0.26	0.28		0.21	0.17	0.22	
	mezzi acquei	0.05	0.12		0.04	0.08	0.09	
	totale	0.32	0.40		0.25	0.25	0.31	
Chioggia	mezzi di terra	0.16	0.25	0.22	0.12	0.18	0.18	0.16
	mezzi acquei	0.22	0.32	0.38	0.16	0.22	0.28	0.27
	totale	0.39	0.58	0.60	0.28	0.40	0.47	0.42

Rispetto all'anno precedente, alla bocca di porto di Chioggia l'attività si è intensificata, portando ad un incremento del 69% nella stima delle emissioni dei mezzi di cantiere (da raffronti dei valori in Tabella 5 con quelli riportati nella corrispondente tabella del Rapporto Finale Studio B.6.72 B/8, riportata in Appendice in Tabella A4); in particolare, per questa bocca di porto nel terzo quadrimestre (periodo da settembre a dicembre 2013) la stima emissiva risulta più che raddoppiata rispetto al corrispondente periodo del precedente anno (valori in Tabella 6 rispetto a quelli nella corrispondente tabella del Rapporto Finale Studio B.6.72 B/8, in Tabella A4).

Alla bocca di porto di Malamocco i dati disponibili, relativi ai primi dieci mesi dell'anno, suggeriscono una riduzione di attività cantieristica, perlomeno nella prima parte dell'anno 2013, come ricavabile dal confronto tra le stime emissive calcolate per il 2013 (Tabella 5 e in Tabella 6) e le corrispondenti stime per il 2012, nel Rapporto Finale Studio B.6.72 B/8 (Tabella A4).

2.3 Emissioni da risolleamento

La stima delle polveri da risolleamento, sia eolico che dovuto alle attività di cantiere che possono essere fonti di polverosità, è stata effettuata applicando il metodo speditivo proposto nell'inventario US-EPA AP42 per "Heavy construction operations". I risultati dell'applicazione di tale approccio sintetico, presentati nei precedenti rapporti, sono riportati per le tre bocche di porto in Tabella 7, suddivisi per risolleamento eolico e da cantiere.

Per stimare l'impatto delle attività di cantiere sul risolleamento di polveri, è stato applicato un fattore di emissione "bulk", ossia di insieme, pari a 0.11 tonn/acro/mese, secondo quanto proposto dall'Agenzia di Protezione dell'Ambiente dello Stato della California (www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf), che tiene in considerazione un'attività cantieristica di 8 ore al giorno.

Per quanto riguarda il risolleamento eolico si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/ha/anno³, pari a 2.695x10⁻⁶ g/m²/s, definito per "exposed areas" in assenza di copertura vegetale.

A partire dall'anno di monitoraggio B/8, il fattore di emissione relativo al risolleamento eolico è stato applicato solo in orario notturno, ed è stato ridotto del 50% per tener conto dell'effetto di mitigazione indotto da un adeguato trattamento di bagnatura del terreno, come peraltro prescritto dal SIA in avvio di lavori. Le emissioni di PM10 stimate per le sorgenti areali relativamente all'intero anno 2013 per Chioggia ed ai mesi de gennaio a ottobre per Malamocco sono riportate in Tabella 7.

Tabella 7 Stima emissioni di PM10 [Mg] per risolleamento per l'intero anno 2013 per Chioggia, per i 10mesi gennaio-ottobre per Malamocco, periodi corrispondenti alle simulazioni eseguite [Mg].

Bocca di Porto	Risolleamento da cantiere	Risolleamento eolico
Malamocco (10 mesi)	18.9	1.6
Chioggia (12 mesi)	9.7	0.8

2.4 Simulazioni eseguite e risultati

Nel corso del secondo periodo di attività dello Studio B.6.72 B/9 sono state eseguite le simulazioni per NO_x, NO₂ e PM10 relativamente ai primi dieci mesi del 2013 per i cantieri della bocca di porto di Malamocco e relativamente all'intero anno 2013 per i cantieri della bocca di porto di Chioggia. Per il PM10 sono state eseguite anche simulazioni trimestrali relativamente ai periodi di disponibilità dei dati (tre trimestri per Malamocco, quattro trimestri per Chioggia).

2.4.1 Simulazioni per le emissioni dei mezzi di cantiere

Nelle simulazioni, le emissioni dei motori dei mezzi di cantiere sono state associate alle aree di lavorazione dei cantieri e descritte nel modello come sorgenti volumetriche. Per calcolare gli input emissivi orari, le emissioni di NO_x e PM10, stimate su base mensile per ogni zona di lavoro dei cantieri, come illustrato nel paragrafo precedente, sono state distribuite sui soli giorni lavorativi secondo la modulazione temporale riportata in Tabella 4.

³ U.S. EPA - AP42, *Compilation of air pollutant emission factors*, volume 1 capitolo 11, quinta edizione, Table 11.9-4.

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

Per permettere il calcolo delle concentrazioni di NO₂, in CALPUFF è stato applicato lo schema chimico RIVAD/ARM3: in input al modello, il quantitativo stimato di ossidi di azoto emessi dai mezzi, identificato come NO_x, è stato separato nei componenti della miscela, secondo la proporzione (in peso) 95% NO - 5% NO₂, tipica delle combustioni. Inoltre sono stati forniti in input al modello i valori di concentrazione oraria di ozono (richiesti dallo schema stesso) misurati nel corso dell'anno 2013 presso le stazioni ARPAV di Chioggia e Venezia Sacca Fisola.

2.4.2 *Simulazioni per le polveri sottili da risolleamento*

Per le simulazioni relative al PM10 da risolleamento, le emissioni sono state parametrizzate in questo caso come sorgenti areali, aventi superficie e frazione sterrata identiche a quelle utilizzate nelle precedenti annualità e illustrate in Tabella 8. Nella stessa tabella sono riportati i fattori di emissione in g/m²/s forniti in input al modello.

Nel caso delle sorgenti areali da risolleamento la modulazione temporale è stata effettuata senza differenziazione settimanale o mensile: si è pertanto applicato il fattore di emissione diurno dalle 8 alle 16, e il fattore di emissione notturno nelle restanti ore.

Tabella 8 Sorgenti areali e fattori di emissione per la simulazione del risolleamento di polveri.

Bocca di Porto e aree di lavorazione	Superficie (m ²)	Frazione sterrata + correzione open-pit (per la tura)	EF diurno (dalle 8 alle 16) [g/m ² /s]	EF notturno [g/m ² /s]
Malamocco				
poligono NORD spalla sud	34414	100%	3.2E-05	1.3E-06
poligono SUD spalla sud	137268	25%	7.9E-06	3.4E-07
Chioggia				
poligono spalla nord (tura)	100116	23%	7.2E-06	3.1E-07
poligono spalla sud	13080	50%	1.6E-05	6.7E-07

3. ANALISI DEGLI OUTPUT

Da Figura 4 a Figura 13 si presentano le mappe delle concentrazioni medie di lungo periodo (su dieci mesi per Malamocco, annuali per Chioggia) di NO₂, NO_x e PM10 prodotti dalle attività di cantiere, dettagliando inoltre il PM10 nelle quote prodotte dalla combustione dai mezzi a motore e dal risollelamento. Per il PM10 sono inoltre presentate mappe delle concentrazioni medie trimestrali. In ciascuna mappa sono anche evidenziate le posizioni dei punti di monitoraggio della qualità dell'aria dei cantieri del MOSE.

I valori di massima ricaduta per la media del periodo analizzato, ottenuti per i vari inquinanti alle bocche di porto di Malamocco e Chioggia, sono ricapitolati in Tabella 9. Mentre nelle mappe di concentrazione sono rappresentati i valori ottenuti per tutti i punti di griglia del dominio di calcolo, in Tabella 9 sono stati esclusi i punti ricadenti all'interno delle aree descritte come sorgenti emissive.

Per quanto riguarda il PM10, si precisa che il valore massimo di dominio associato alle emissioni dei mezzi e quello dovuto al risollelamento si verificano in punti diversi del dominio, in quanto le due diverse sorgenti emissive di polveri sono localizzate diversamente all'interno delle aree di cantiere e trattate nel modello in maniera diversa (le une come sorgenti volumetriche, le altre come sorgenti areali). Per questo motivo il massimo della somma delle due componenti (ultima colonna in Tabella 9) risulta diverso dalla somma dei massimi di ciascuna (le due precedenti colonne della medesima tabella).

Tabella 9 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali per Chioggia, delle medie sui primi dieci mesi del 2013 per Malamocco.

Bocca di porto	NO ₂	NO _x	PM10		
			emiss. mezzi	risollelamento	emiss. mezzi +risollelamento
Malamocco (10 mesi)	3.8	7.2	0.5	30.5	30.5
Chioggia (12 mesi)	7.1	15.9	1.3	10.5	11.6

In Tabella 10 sono riportati i valori di massima ricaduta per le medie quadrimestrali per i vari inquinanti. Il dettaglio su periodi di quattro mesi nell'analisi dei risultati delle simulazioni è stato introdotto per rispettare la periodicità dell'analisi dei dati di monitoraggio, e consentire quindi dei raffronti riferiti ai medesimi periodi.

Tabella 10 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie quadrimestrali di PM10.

Bocca di porto	1° quadrimestre 2013			2° quadrimestre 2013			3° quadrimestre 2013		
	NO ₂	NO _x	PM10	NO ₂	NO _x	PM10	NO ₂	NO _x	PM10
Malamocco(**)	3.2	6.9	29.6	4.4	6.5	31.4			
Chioggia	6.4	18.2	12.3	11.4	17.6	14.8	6.5	15.8	8.0

(**) Per Malamocco i risultati del terzo quadrimestre non sono presentati in quanto la simulazione eseguita riguarda i primi dieci mesi dell'anno.

In riferimento alla bocca di Chioggia, per la quale è disponibile l'intero anno di simulazione, è possibile effettuare un confronto con i risultati ottenuti per il precedente anno 2012, riportati in Appendice in Tabella A5⁴.

Nei grafici di Figura 2 e Figura 3 si confrontano i massimi di dominio (aree di cantiere escluse) delle concentrazioni medie annuali di NO₂, NO_x e PM10 per gli anni 2012-2013.

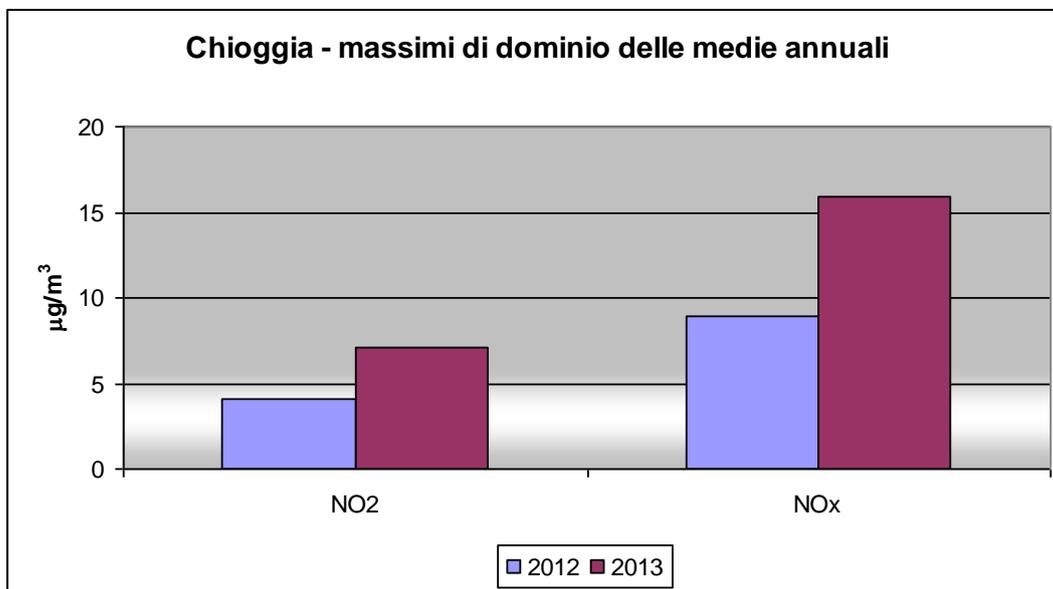


Figura 2 Massimi di dominio (aree di cantiere escluse) delle concentrazioni medie annuali (anni 2012 e 2013) di NO₂ e NO_x.

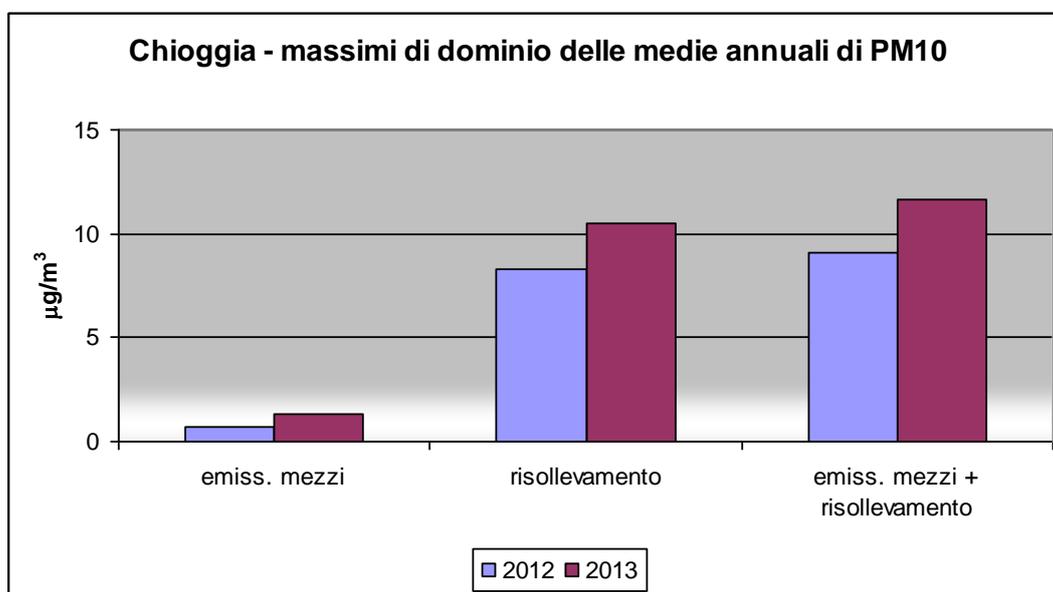


Figura 3 Massimi di dominio (aree di cantiere escluse) delle concentrazioni medie annuali (anni 2012 e 2013) dei diversi contributi al PM10.

⁴ La Tabella A5 in Appendice sostituisce la Tabella 8 del Rapporto Finale Studio B.6.72 B/8 e ne corregge i valori relativi al PM10 da risollevamento e da mezzi+risollevamento alla bocca di Lido e i valori di PM10 da mezzi e da mezzi+risollevamento alla bocca di Chioggia.

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

Per tutti gli inquinanti si evidenzia un incremento dei massimi di dominio. Tale incremento, pari al 75-77% per gli inquinanti provenienti dalla combustione nei mezzi di cantiere (NO₂, NO_x e PM10 da mezzi) è in parte dovuto a una maggiore attività di cantiere, stimata essere, nel 2013 per questa bocca di porto, di circa il 70% in più rispetto al 2012 (come riportato a commento della Tabella 5). Un'ulteriore causa dell'aumento dei massimi è il diverso effetto dispersivo della meteorologia tra un anno e l'altro, come evidenziato dall'aumento del 26% della componente di risollevarimento del PM10, la cui stima emissiva non varia tra le due annualità, essendo dovuta solo all'estensione delle aree sterrate di cantiere.

Relativamente alla bocca di porto di Malamocco, non essendo a disposizione la simulazione per l'intero anno, si rimandano al Rapporto Finale i confronti tra le diverse annualità.

Come nelle annualità precedenti, le concentrazioni più significative si rilevano entro le aree di cantiere, come evidenziato nelle mappe sottostanti, e nei recettori più prossimi ad essa, in particolare alla spalla sud per i cantieri della bocca di Malamocco e in corrispondenza della tura per i cantieri della bocca di Chioggia.

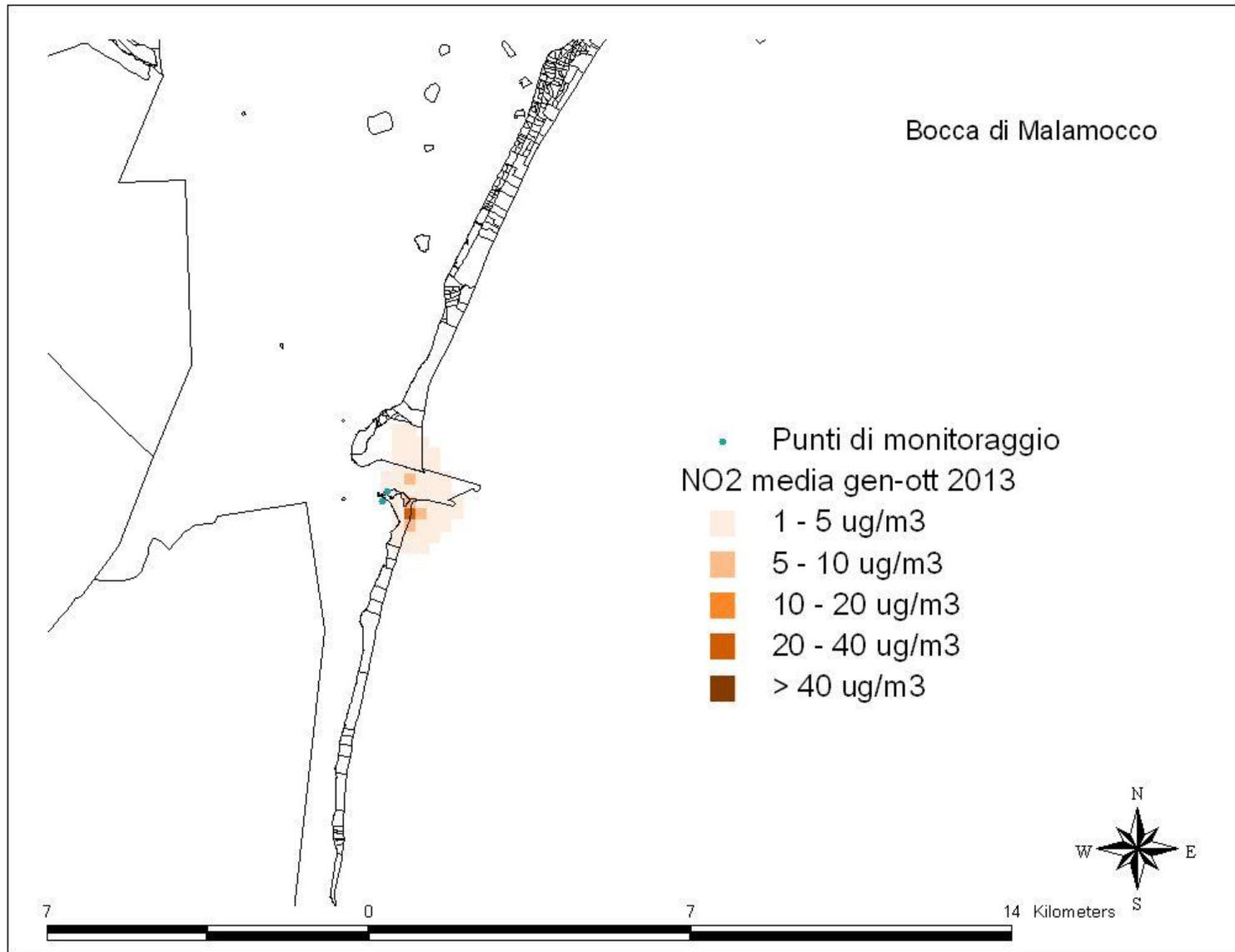


Figura 4 Concentrazione media di NO₂ relativa al periodo gennaio-ottobre 2013 - bocca di Malamocco.

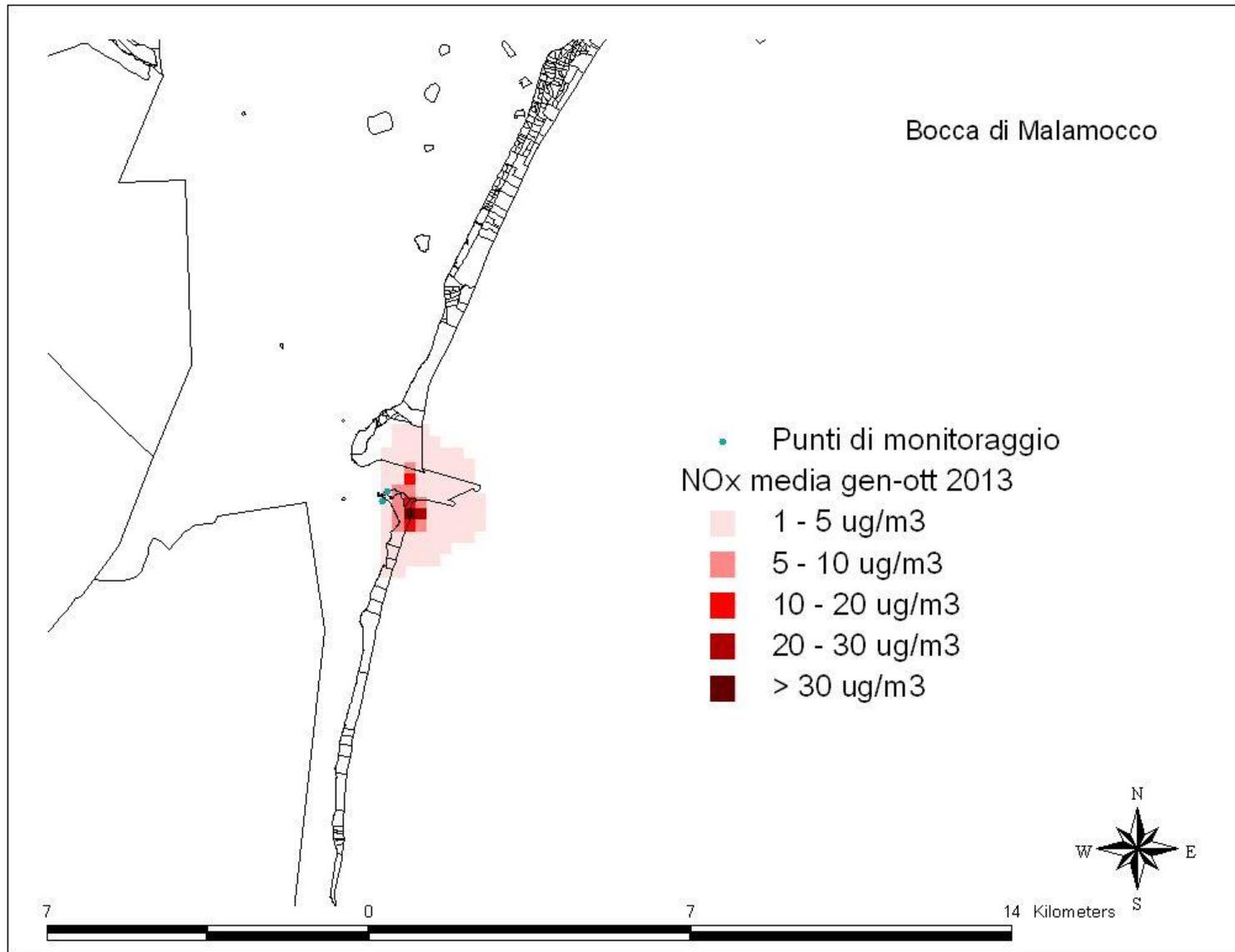


Figura 5 Concentrazione media di NOx relativa al periodo gennaio-ottobre 2013 - bocca di Malamocco.

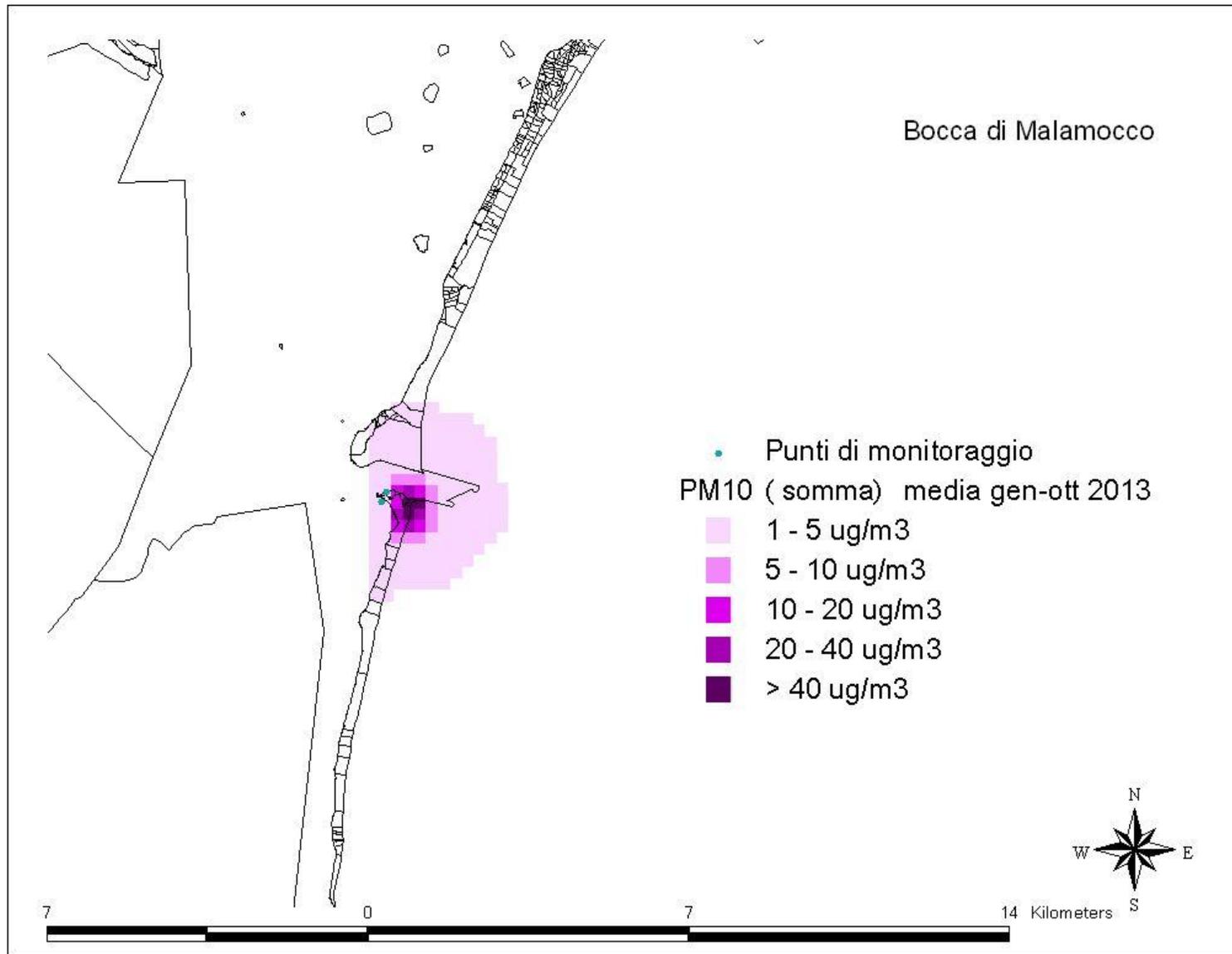


Figura 6 Concentrazione media di PM10 relativa al periodo gennaio-ottobre 2013 - bocca di Malamocco.

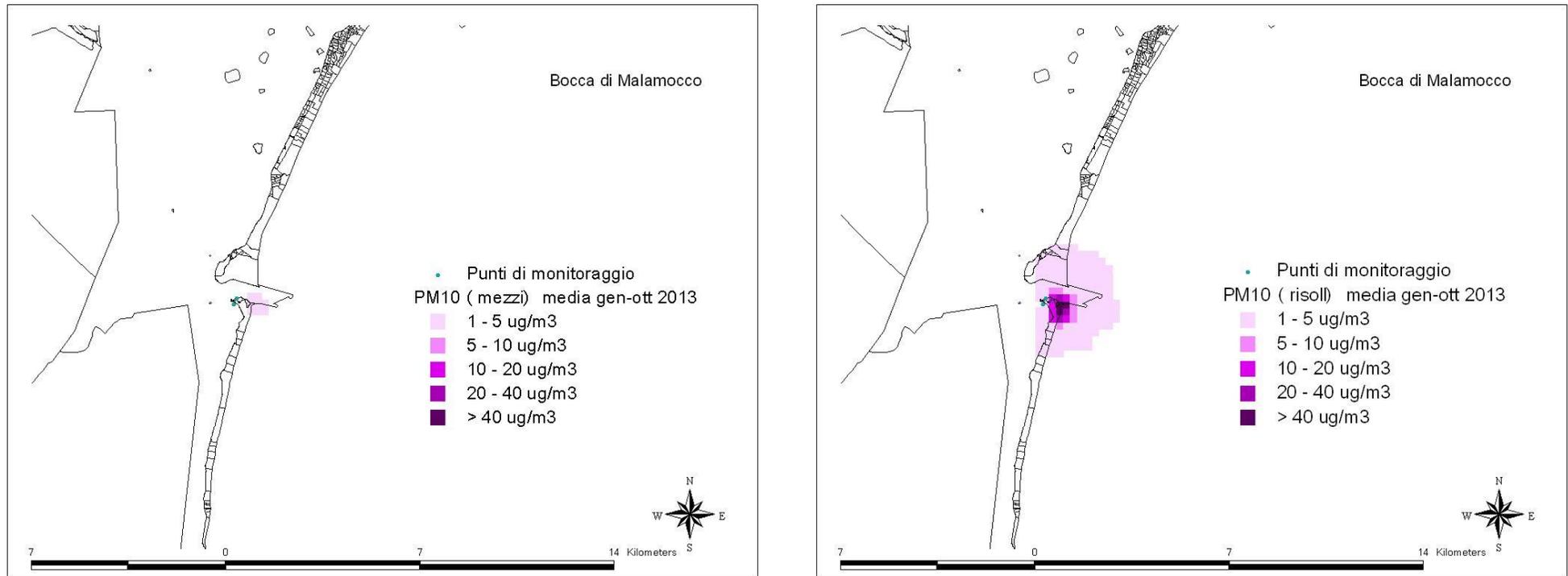


Figura 7 Concentrazione media di PM10 relativa al periodo gennaio-ottobre 2013. A sinistra: emissioni mezzi - a destra: risolleivamento - bocca di Malamocco.

CORILA

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

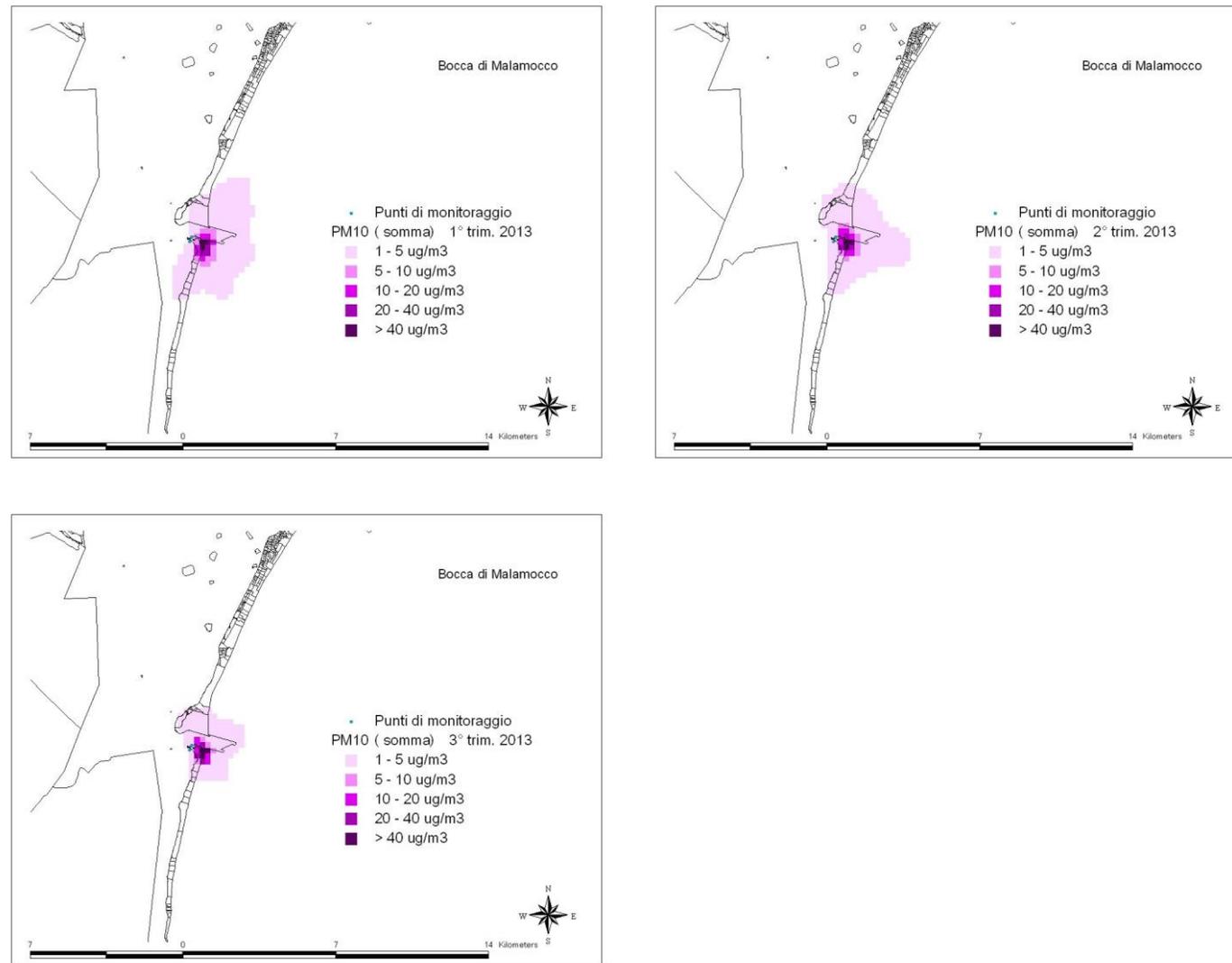
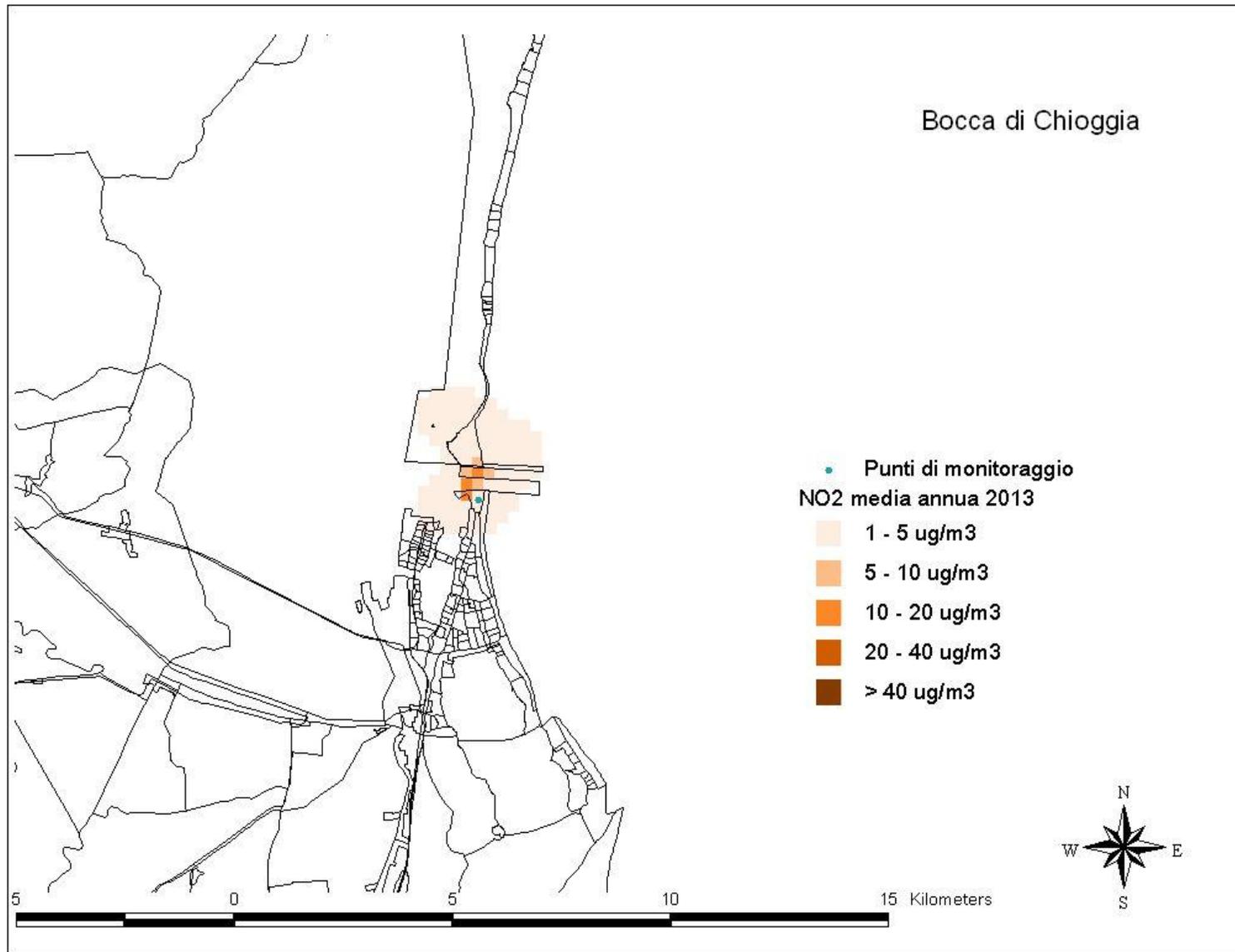


Figura 8 Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) - bocca di Malamocco.

Figura 9 Concentrazione media annuale di NO₂ - bocca di Chioggia.

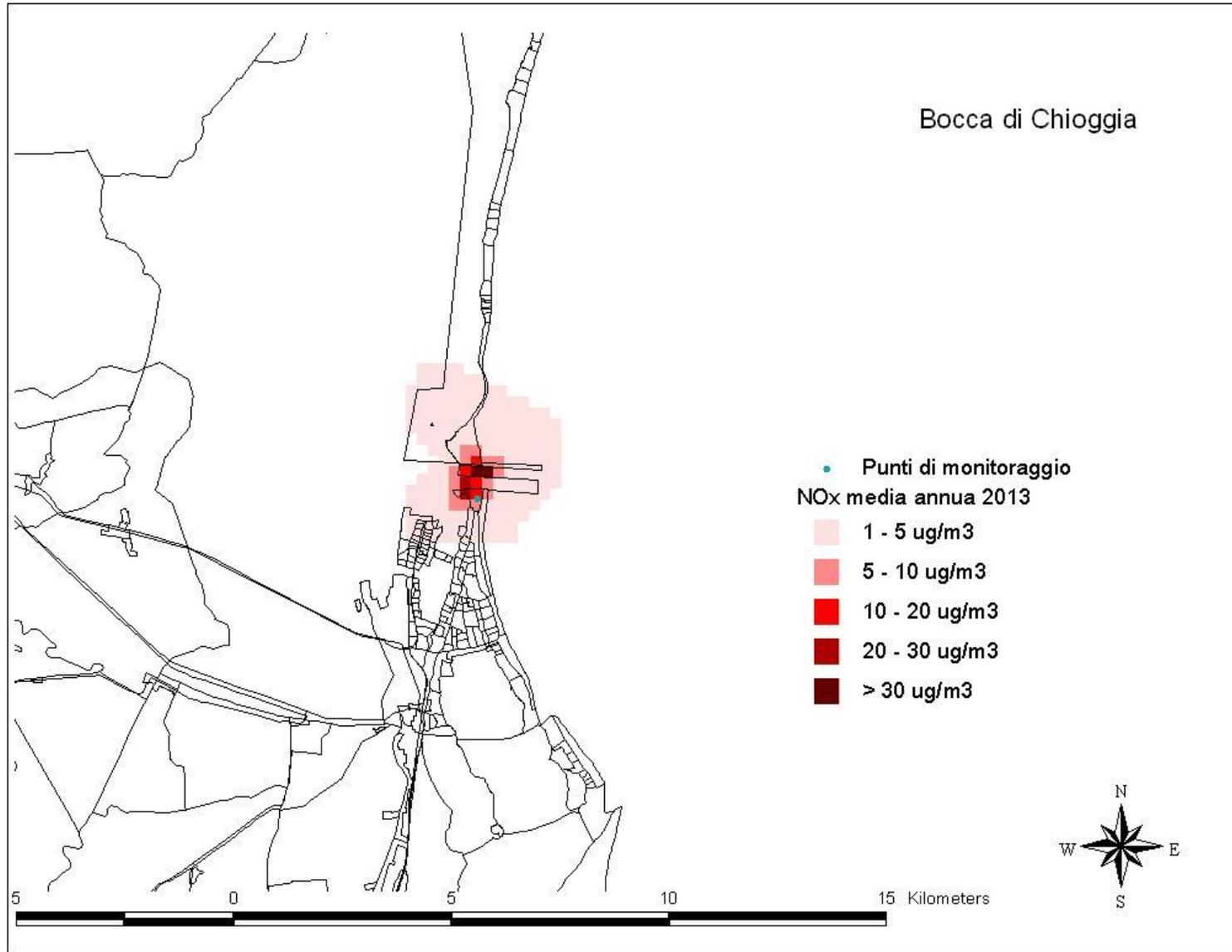


Figura 10 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Chioggia.

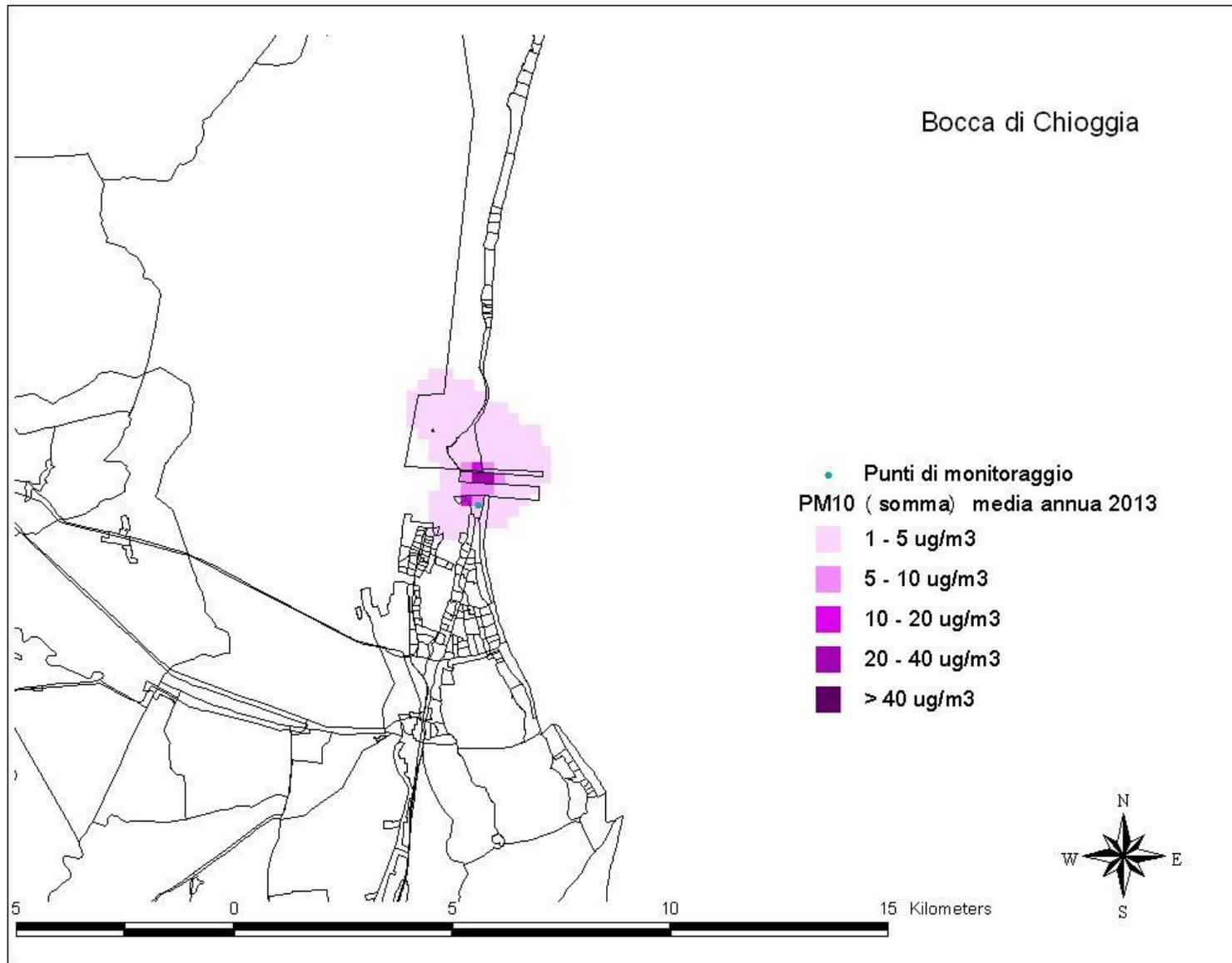


Figura 11 Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risolleivamento) relativa al periodo gennaio-ottobre 2013 - bocca di Chioggia.

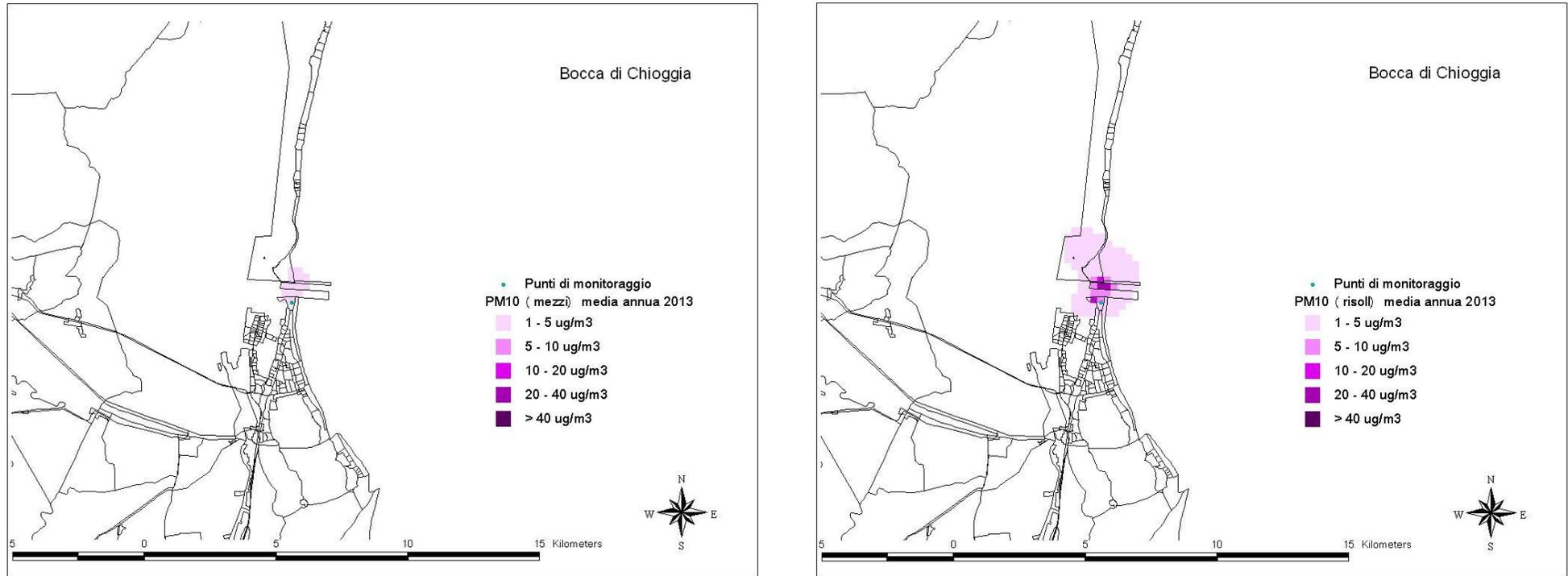


Figura 12 Concentrazione media annuale di PM10 . A sinistra:emissioni mezzi - a destra: risollelamento - bocca di Chioggia.

CORILA

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

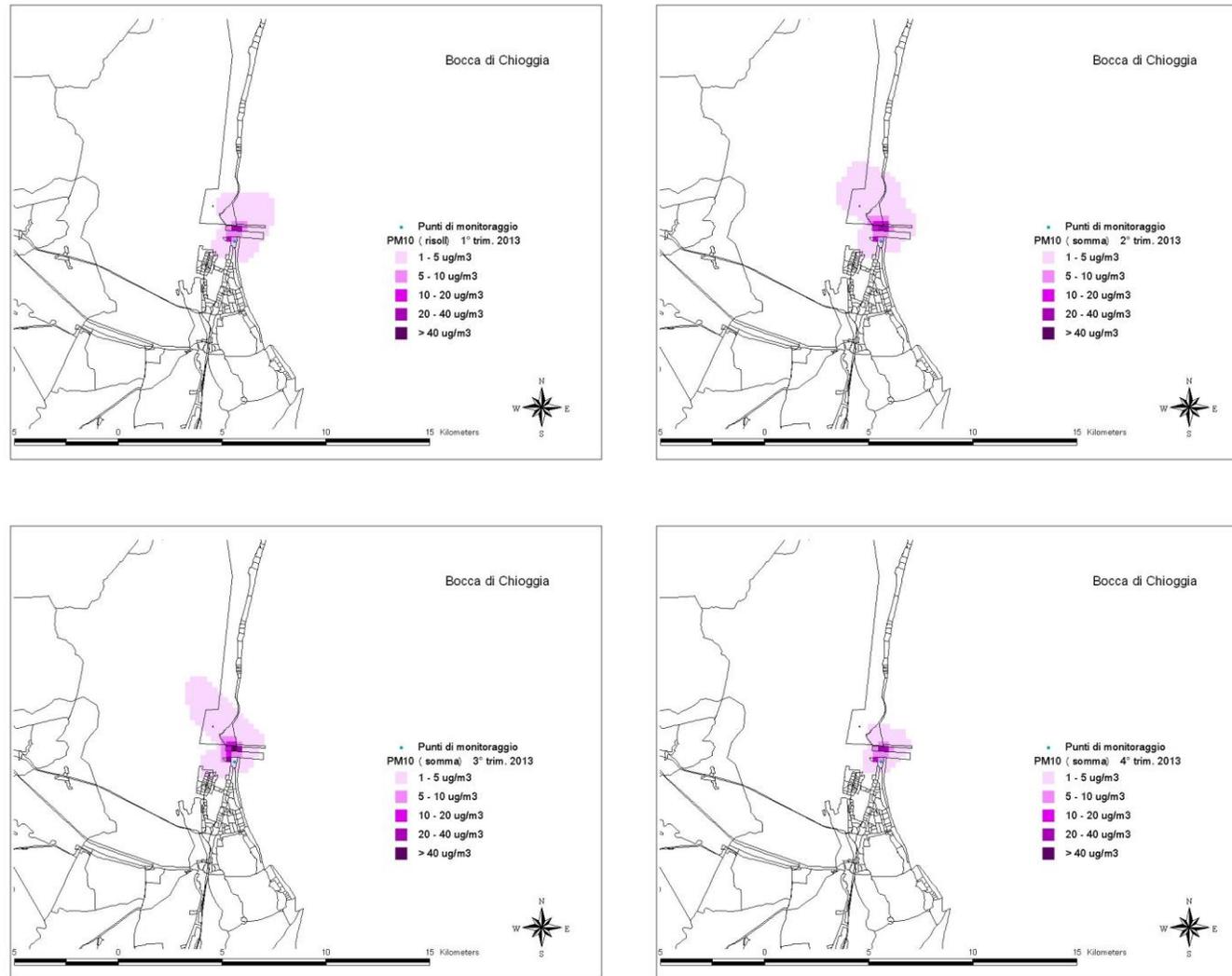


Figura 13 Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Chioggia.

4. CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono presentati i risultati delle simulazioni modellistiche della dispersione in atmosfera degli inquinanti dovuti alle attività dei cantieri del MOSE alle bocche di porto di Malamocco e Chioggia relativamente all'anno 2013. Per la bocca di Malamocco i risultati sono parziali, in quanto mancano i dati della attività di cantiere per i mesi di novembre e dicembre.

Per la bocca di porto di Lido le simulazioni non sono state eseguite in quanto non sono ancora pervenuti i dati descrittivi delle attività di cantiere per il 2013.

I risultati modellistici attualmente disponibili non evidenziano particolari criticità o impatti significativi nei valori medi annuali e stagionali. Approfondimenti sulle situazioni meteorologiche critiche e confronti interannuali sono rinviati al Rapporto Finale.

5. APPENDICE

Tabella A1 Livelli tecnologici per mezzi off-road diesel in ambito civile-industriale (estratto da EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>).

Table 2-3 Overview of EU emission directives relevant for diesel-fuelled non-road machinery											
Stage/engine size [kW]	CO [g/kWh]	VOC	NO _x	VOC+NO _x	PM	Diesel machinery			Tractors		
						Implement. date			EU	Implement.	
						EU Directive	Transient	Constant	Directive	date	
Stage I											
37<=P< 75	6.5	1.3	9.2	-	0.85	97/68	1/4 1999	-	2000/25	1/7 2001	
Stage II											
130<=P< 560	3.5	1	6	-	0.2	97/68	1/1 2002	1/1 2007	2000/25	1/7 2002	
75<=P< 130	5	1	6	-	0.3		1/1 2003	1/1 2007		1/7 2003	
37<=P< 75	5	1.3	7	-	0.4		1/1 2004	1/1 2007		1/1 2004	
18<=P< 37	5.5	1.5	8	-	0.8		1/1 2001	1/1 2007		1/1 2002	
Stage IIIA											
130<=P< 560	3.5	-	-	4	0.2	2004/26	1/1 2006	1/1 2011	2005/13	1/1 2006	
75<=P< 130	5	-	-	4	0.3		1/1 2007	1/1 2011		1/1 2007	
37<=P< 75	5	-	-	4.7	0.4		1/1 2008	1/1 2012		1/1 2008	
19<=P< 37	5.5	-	-	7.5	0.6		1/1 2007	1/1 2011		1/1 2007	
Stage IIIB											
130<=P< 560	3.5	0.19	2	-	0.025	2004/26	1/1 2011	-	2005/13	1/1 2011	
75<=P< 130	5	0.19	3.3	-	0.025		1/1 2012	-		1/1 2012	
56<=P< 75	5	0.19	3.3	-	0.025		1/1 2012	-		1/1 2012	
37<=P< 56	5	-	-	4.7	0.025		1/1 2013	-		1/1 2013	
Stage IV											
130<=P< 560	3.5	0.19	0.4	-	0.025	2004/26	1/1 2014		2005/13	1/1 2014	
56<=P< 130	5	0.19	0.4	-	0.025		1/10 2014			1/10 2014	

CORILA

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

Tabella A2 Bocca di porto di Malamocco - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro.

Bocca di porto	Zona	Mese	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale
MALAMOCCO	SPALLA NORD	gen	0.212	0.000	0.212	0.403	0.000	0.403	0.015	0.000	0.015	0.037	0.000	0.037
	SPALLA NORD	feb	0.203	0.000	0.203	0.386	0.000	0.386	0.014	0.000	0.014	0.035	0.000	0.035
	SPALLA NORD	mar	0.190	0.000	0.190	0.360	0.000	0.360	0.013	0.000	0.013	0.033	0.000	0.033
	SPALLA NORD	apr	0.158	0.000	0.158	0.301	0.000	0.301	0.011	0.000	0.011	0.027	0.000	0.027
	SPALLA NORD	mag	0.149	0.000	0.149	0.283	0.000	0.283	0.010	0.000	0.010	0.026	0.000	0.026
	SPALLA NORD	giu	0.198	0.000	0.198	0.375	0.000	0.375	0.014	0.000	0.014	0.035	0.000	0.035
	SPALLA NORD	lug	0.305	0.000	0.305	0.578	0.000	0.578	0.022	0.000	0.022	0.054	0.000	0.054
	SPALLA NORD	ago	0.173	0.000	0.173	0.329	0.000	0.329	0.012	0.000	0.012	0.030	0.000	0.030
	SPALLA NORD	set	0.081	0.000	0.081	0.154	0.000	0.154	0.006	0.000	0.006	0.014	0.000	0.014
	SPALLA NORD	ott	0.389	0.000	0.389	0.739	0.000	0.739	0.027	0.000	0.027	0.067	0.000	0.067
	SPALLA NORD	nov	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SPALLA NORD	dic	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SPALLA NORD	2013	2.059	0.000	2.059	3.908	0.000	3.908	0.144	0.000	0.144	0.356	0.000	0.356
	SPALLA SUD + CASSONI	gen	0.917	0.154	1.072	1.737	0.154	1.892	0.063	0.014	0.077	0.158	0.014	0.172
	SPALLA SUD + CASSONI	feb	0.789	0.140	0.930	1.493	0.140	1.634	0.055	0.012	0.067	0.137	0.012	0.149
	SPALLA SUD + CASSONI	mar	0.772	0.140	0.912	1.462	0.140	1.602	0.053	0.012	0.066	0.133	0.012	0.145
	SPALLA SUD + CASSONI	apr	0.555	0.130	0.685	1.050	0.130	1.180	0.039	0.011	0.050	0.096	0.011	0.108
	SPALLA SUD + CASSONI	mag	0.630	0.384	1.014	1.192	0.384	1.576	0.044	0.034	0.078	0.109	0.034	0.143
	SPALLA SUD + CASSONI	giu	0.799	0.349	1.148	1.513	0.349	1.862	0.055	0.031	0.086	0.138	0.031	0.169
	SPALLA SUD + CASSONI	lug	1.246	0.401	1.648	2.360	0.401	2.761	0.086	0.035	0.122	0.216	0.035	0.251
	SPALLA SUD + CASSONI	ago	0.532	0.209	0.741	1.008	0.209	1.217	0.037	0.018	0.055	0.092	0.018	0.110
	SPALLA SUD + CASSONI	set	0.767	0.391	1.158	1.451	0.391	1.843	0.054	0.035	0.089	0.134	0.035	0.168
	SPALLA SUD + CASSONI	ott	0.972	0.482	1.454	1.839	0.482	2.321	0.066	0.043	0.109	0.167	0.043	0.210
	SPALLA SUD + CASSONI	nov	0.105	0.000	0.105	0.197	0.000	0.197	0.008	0.000	0.008	0.019	0.000	0.019
	SPALLA SUD + CASSONI	dic	0.102	0.000	0.102	0.191	0.000	0.191	0.008	0.000	0.008	0.018	0.000	0.018
	SPALLA SUD + CASSONI	2013	8.186	2.782	10.969	15.494	2.782	18.277	0.568	0.245	0.814	1.417	0.245	1.663
	BARRIERA	gen	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	feb	0.000	0.012	0.012	0.000	0.012	0.012	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	mar	0.000	0.012	0.012	0.000	0.012	0.012	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	apr	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	mag	0.000	0.008	0.008	0.000	0.008	0.008	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	giu	0.000	0.008	0.008	0.000	0.008	0.008	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	lug	0.000	0.016	0.016	0.000	0.016	0.016	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
BARRIERA	ago	0.000	0.007	0.007	0.000	0.007	0.007	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
BARRIERA	set	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	ott	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	nov	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	dic	0.000	0.005	0.005	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	2013	0.000	0.085	0.085	0.000	0.085	0.085	0.000	0.007	0.007	0.000	0.007	0.007	
TOTALE BOCCA DI MALAMOCCO			10.2	2.9	13.1	19.4	2.9	22.3	0.7	0.3	1.0	1.8	0.3	2.0

CORILA

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

Tabella A3 Bocca di porto di Chioggia - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro.

Bocca di porto	Zona	Mese	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	
CHIOGGIA	SPALLA SUD	gen	0.059	0.170	0.230	0.112	0.170	0.283	0.004	0.016	0.020	0.010	0.016	0.026	
	SPALLA SUD	feb	0.093	0.197	0.290	0.176	0.197	0.373	0.006	0.018	0.024	0.016	0.018	0.034	
	SPALLA SUD	mar	0.107	0.239	0.346	0.203	0.239	0.443	0.007	0.022	0.029	0.018	0.022	0.040	
	SPALLA SUD	apr	0.147	0.335	0.483	0.280	0.335	0.615	0.010	0.031	0.041	0.025	0.031	0.056	
	SPALLA SUD	mag	0.239	0.467	0.705	0.453	0.467	0.920	0.016	0.043	0.060	0.041	0.043	0.084	
	SPALLA SUD	giu	0.352	0.299	0.651	0.668	0.299	0.967	0.024	0.028	0.051	0.060	0.028	0.088	
	SPALLA SUD	lug	0.194	0.313	0.507	0.368	0.313	0.681	0.014	0.029	0.042	0.034	0.029	0.063	
	SPALLA SUD	ago	0.069	0.251	0.320	0.131	0.251	0.382	0.005	0.023	0.028	0.012	0.023	0.035	
	SPALLA SUD	set	0.100	0.287	0.387	0.190	0.287	0.477	0.007	0.027	0.033	0.017	0.027	0.044	
	SPALLA SUD	ott	0.069	0.319	0.388	0.131	0.319	0.451	0.005	0.030	0.034	0.012	0.030	0.041	
	SPALLA SUD	nov	0.043	0.205	0.248	0.081	0.205	0.286	0.003	0.019	0.022	0.007	0.019	0.026	
	SPALLA SUD	dic	0.094	0.199	0.293	0.179	0.199	0.377	0.007	0.018	0.025	0.016	0.018	0.035	
	SPALLA SUD	2013		1.567	3.282	4.848	2.973	3.282	6.255	0.107	0.303	0.410	0.269	0.303	0.572
	BARRIERA	gen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	feb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	mar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	apr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	mag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	giu	0.000	0.036	0.036	0.000	0.036	0.036	0.036	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003
	BARRIERA	lug	0.000	0.265	0.265	0.000	0.265	0.265	0.265	0.000	0.024	0.024	0.000	0.024	0.024
	BARRIERA	ago	0.000	0.365	0.365	0.000	0.365	0.365	0.365	0.000	0.034	0.034	0.000	0.034	0.034
	BARRIERA	set	0.000	0.658	0.658	0.000	0.658	0.658	0.658	0.000	0.061	0.061	0.000	0.061	0.061
	BARRIERA	ott	0.000	0.593	0.593	0.000	0.593	0.593	0.593	0.000	0.055	0.055	0.000	0.055	0.055
	BARRIERA	nov	0.000	0.504	0.504	0.000	0.504	0.504	0.504	0.000	0.047	0.047	0.000	0.047	0.047
	BARRIERA	dic	0.000	0.322	0.322	0.000	0.322	0.322	0.322	0.000	0.030	0.030	0.000	0.030	0.030
	BARRIERA	2013		0.000	2.743	2.743	0.000	2.743	2.743	0.000	0.253	0.253	0.000	0.253	0.253
	SPALLA NORD	gen	0.413	0.270	0.682	0.784	0.270	1.053	0.030	0.025	0.055	0.073	0.025	0.098	
	SPALLA NORD	feb	0.463	0.384	0.847	0.879	0.384	1.263	0.033	0.035	0.069	0.081	0.035	0.117	
	SPALLA NORD	mar	0.541	0.465	1.006	1.027	0.465	1.492	0.038	0.043	0.081	0.094	0.043	0.137	
	SPALLA NORD	apr	0.485	0.371	0.856	0.920	0.371	1.291	0.035	0.034	0.069	0.085	0.034	0.119	
	SPALLA NORD	mag	0.597	0.479	1.076	1.133	0.479	1.611	0.043	0.044	0.087	0.105	0.044	0.149	
	SPALLA NORD	giu	0.733	0.371	1.104	1.391	0.371	1.762	0.055	0.034	0.089	0.131	0.034	0.165	
	SPALLA NORD	lug	0.834	0.348	1.181	1.582	0.348	1.930	0.064	0.032	0.096	0.151	0.032	0.183	
SPALLA NORD	ago	0.460	0.297	0.756	0.872	0.297	1.169	0.035	0.027	0.062	0.083	0.027	0.110		
SPALLA NORD	set	0.765	0.299	1.064	1.452	0.299	1.751	0.059	0.028	0.086	0.139	0.028	0.166		
SPALLA NORD	ott	0.867	0.319	1.186	1.646	0.319	1.965	0.066	0.029	0.095	0.156	0.029	0.185		
SPALLA NORD	nov	0.567	0.217	0.784	1.076	0.217	1.293	0.043	0.020	0.063	0.102	0.020	0.122		
SPALLA NORD	dic	0.468	0.197	0.666	0.888	0.197	1.086	0.035	0.018	0.053	0.084	0.018	0.102		
SPALLA NORD	2013		7.192	4.016	11.208	13.650	4.016	17.666	0.535	0.371	0.906	1.282	0.371	1.653	
TOTALE BOCCA DI CHIOGGIA			8.8	10.0	18.8	16.6	10.0	26.7	0.6	0.9	1.6	1.6	0.9	2.5	

CORILA

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

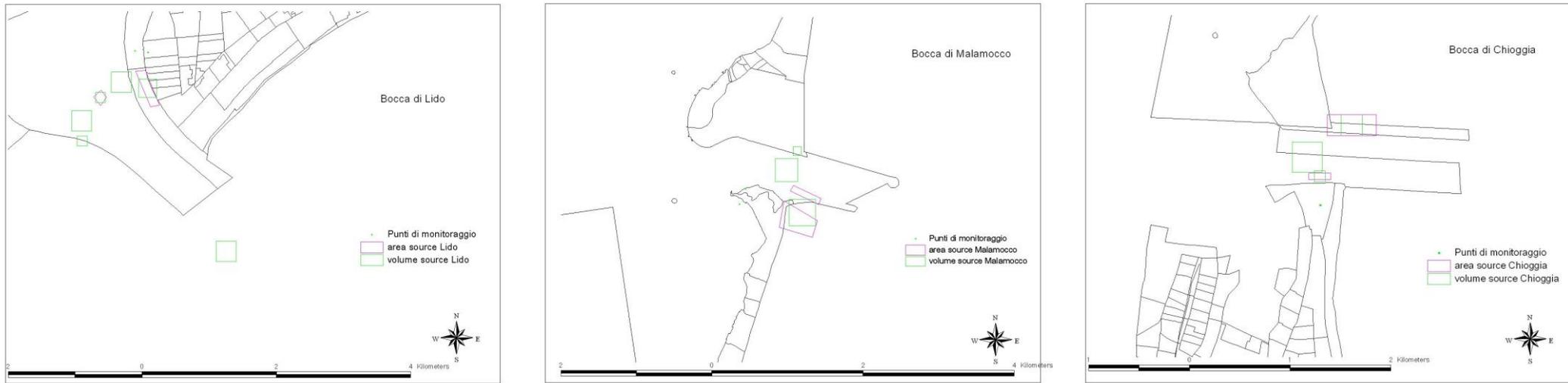


Figura A1 Collocazione presso le tre bocche di porto delle sorgenti areali e volumetriche per gli input emissivi a CALPUFF.

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

Tabella A4 Stima emissioni dei mezzi di cantiere (composite) per bocca di porto per l'intero anno 2012 e per i periodi delle simulazioni eseguite [Mg].

Bocca di Porto	tipo	NOx intero anno 2012	PM intero anno 2012	PM 1° quadrim. 2012	PM 2° quadrim. 2012	PM 3° quadrim. 2012
Lido	mezzi di terra	55.34	4.88	0.55	0.18	0.12
	mezzi acquei	12.10	0.86	1.42	2.15	1.31
	totale	67.44	5.74	1.97	2.34	1.43
Malamocco	mezzi di terra	12.03	0.84	0.29	0.30	0.25
	mezzi acquei	4.55	0.40	0.12	0.14	0.14
	totale	16.58	1.24	0.41	0.43	0.40
Chioggia	mezzi di terra	5.13	0.38	0.10	0.14	0.14
	mezzi acquei	5.99	0.55	0.21	0.21	0.14
	totale	11.12	0.93	0.31	0.34	0.28

Tabella A5 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali per l'anno 2012. *ERRATA CORRIGE DELLA TABELLA 8 DEL RAPPORTO FINALE STUDIO B.6.72 B/8.*

Bocca di porto	NO ₂	NOx	PM10		
			emiss. mezzi	risollevamento	emiss. mezzi +risollevamento
Lido	12.6	35.3	3.1	14.8	16.6
Malamocco	2.9	6.2	0.5	14.3	14.7
Chioggia	4.0	8.9	0.7	8.3	9.0

BIBLIOGRAFIA

- Applied Environmental Consultants, 2010. Rosemont Copper Company - CALPUFF Modeling Report to Assess, Rosemont Copper Project, Southeastern Arizona (<http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf>).
- Arizona Department of Environmental Quality, 2014. Air Dispersion Modeling Guidelines for Arizona Air Quality Permits (<http://www.azdeq.gov/environ/air/download/modeling.pdf>).
- California Environmental Protection Agency Emissions Inventory, 2002. Sec. 7.7 Building Construction Dust (<http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf>).
- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping) - sec.1.A.3.d Navigation (update March 2011) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation.pdf>).
- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - Non-road mobile sources and machinery (land-based emissions) - sec. 1.A.4 Other Mobile (update June 2010) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-other-mobile-tfeip-endorsed-draft.pdf>).
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012. Studio B.6.72 B/7. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2013. Studio B.6.72 B/8. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- North Carolina Division of Air Quality, 2009. Guidelines for evaluating the air quality impacts of toxic pollutants in North Carolina (<http://daq.state.nc.us/permits/mets/Guidance.pdf>).
- Pernigotti, D., M. Sansone and M. Ferrario, 2005. Validation of one-year LAMI model Re-Analysis on the Po-Valley, Northern Italy. Comparison to CALMET model output on the sub-area of Veneto Region. 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Crete 17-20 October.
- Sansone, M., D. Pernigotti and M. Ferrario, 2005. Application of CALMET model to the Veneto region, with particular attention to the shoreline, using offshore data for initialization. 1st International Conference on Harbours & Air Quality, Genova (Italy), 15 - 17 June.
- Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E. and Yamartino R.J., 2000. A User's Guide for the CALMET Meteorological Model. Earth Tech, Inc., Concord, MA.
- Scire J.S., Strimaitis D.G. and Yamartino R.J., 2001. A user's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Earth Tech, Concord, MA.
- US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 11: Mineral Products Industry - 11.9 Western Surface Coal Mining, 1998 (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s09.pdf>).

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

US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources - 13.2.2 Unpaved Roads, 2006
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf>).

US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources - 13.2.3 Heavy Construction Operations, 1995
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-3.pdf>).

US Environmental Protection Agency AP42, 2002. Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling, EPA420-P-02-014
(<http://www.epa.gov/otaq/models/nonrdmdl/p02014.pdf>).