



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

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/8**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 122000551

Documento **MACROATTIVITÀ: ARIA
SIMULAZIONI MODELLISTICHE
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2013**

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 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica.....	3
1.3 Obiettivi delle simulazioni	4
2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE	5
2.1 Strumenti modellistici e loro implementazione	5
2.2 Emissioni da mezzi di cantiere	6
2.3 Emissioni da risollevarimento	10
2.4 Simulazioni eseguite e risultati.....	11
2.5 Analisi degli output.....	12
3 CONCLUSIONI.....	62
APPENDICE	64
BIBLIOGRAFIA.....	70
ALLEGATO: REVISIONE RAPPORTO FINALE STUDIO B.6.72 B/7	72
A.1 Premessa.....	72
A.2 Emissioni da mezzi di cantiere	72
A.3 Stima delle emissioni da risollevarimento	73
A.4 Simulazioni eseguite e risultati	74
A.4.1 <i>Simulazioni per le emissioni da combustione</i>	<i>75</i>
A.4.2 <i>Simulazioni per le polveri sottili da risollevarimento.....</i>	<i>75</i>
A.4.3 <i>Analisi degli output</i>	<i>76</i>
A.4.4 <i>Approfondimenti.....</i>	<i>90</i>
A.5 Conclusioni	91
A.6 Appendice.....	92

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/8, periodo maggio 2012 - aprile 2013), è stata affidata ad ARPAV, come già per il precedente Studio B.6.72 B/7, 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 Pellestrina.

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 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica

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 Rapporto riguarda:

- i risultati delle simulazioni modellistiche relativamente al PM10 per l'intero anno 2012 e per i tre quadrimestri gennaio-aprile, maggio-agosto, settembre-dicembre;
- i risultati delle simulazioni modellistiche relativamente a NOx ed NO₂ per l'intero anno 2012;
- l'approfondimento di situazioni critiche dal punto di vista meteorologico;
- il confronto rispetto ai dati di monitoraggio del 2012 per la bocca di porto di Malamocco e di Lido.
- la revisione (in Allegato) del Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/7, volto all'aggiornamento dei risultati modellistici per l'anno 2011 relativi alla bocca di porto di Malamocco.

1.3 Obiettivi delle simulazioni

Si ricordano gli obiettivi delle simulazioni descritti nel Disciplinare Tecnico (Studio B6.72 B/8):

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

Si precisa che, nel corso della presente annualità, l'analisi stagionale delle simulazioni per il PM10 è stata condotta su base quadrimestrale anziché trimestrale, allo scopo di allineare la periodicità con quella delle analisi dei dati di monitoraggio, come suggerito da ISPRA.

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).

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. 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 al Rapporto Finale dello scorso Studio B.6.72 B/7.

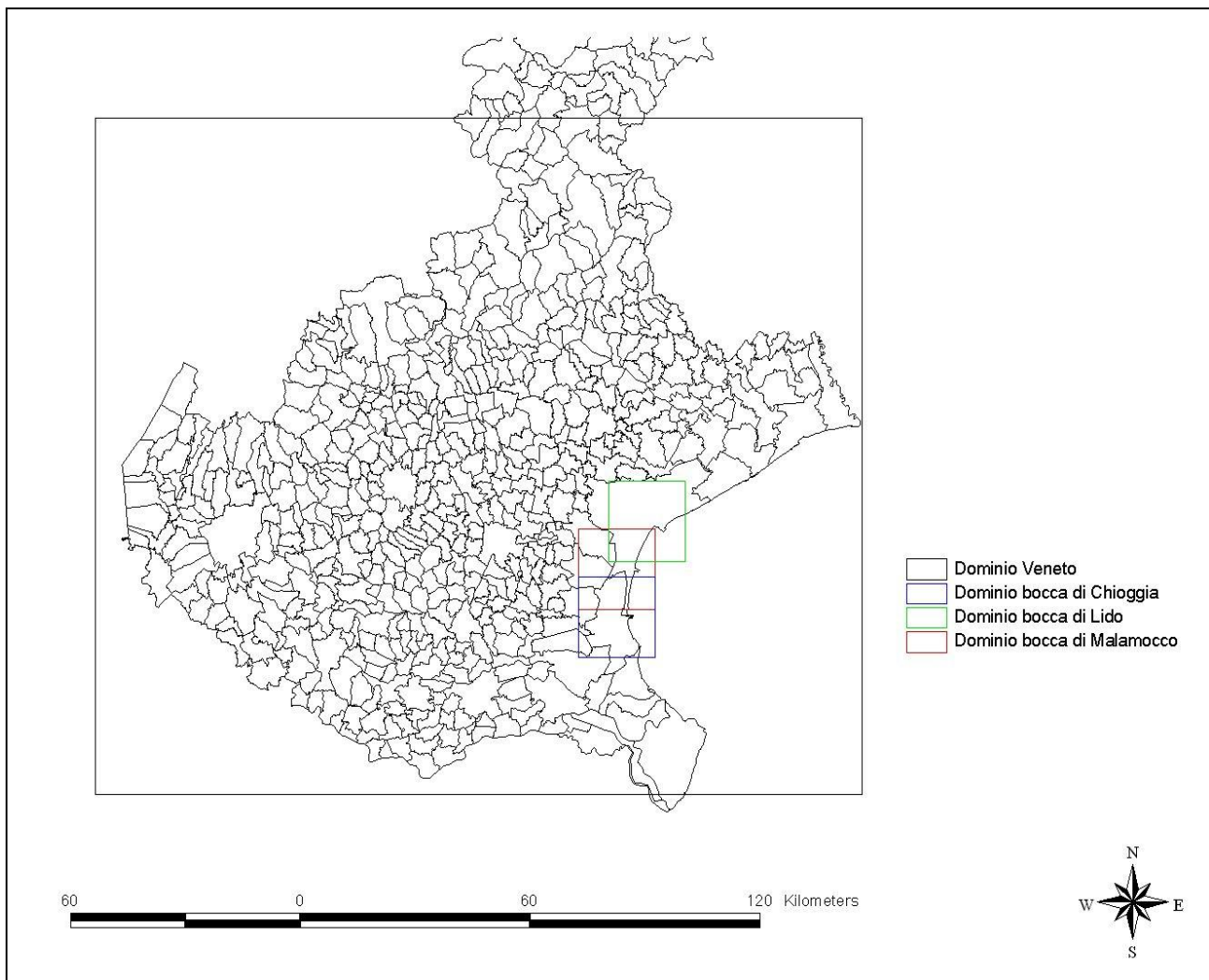


Figura 1. Dominio di calcolo regionale di CALMET e sottodomini relativi alle tre bocche di porto

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 il Consorzio Venezia Nuova 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 ed il 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, al Consorzio Venezia Nuova 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:

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 dalla precedente annualità 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.

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

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:

$$E = N \times \text{HRS} \times \text{HP} \times \text{LF} \times \text{EF}$$

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.

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	<i>composite</i>	14.4	9.8	8.1	7.6	7.6	7.6	14.4	14.4
	<i>uncontrolled</i>	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
PM	<i>composite</i>	2.6	1.3	0.8	0.6	0.5	0.5	1.3	1.3
	<i>uncontrolled</i>	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

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

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	0.59
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.

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 3 Emission Factors for NOx, 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]
NOx	10.2
PM	0.9

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 BOCCHE LAGUNARI

2.2.3 *Stima delle emissioni da mezzi di cantiere*

Nel corso di questa annualità, 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.

Tabella 4. Orario lavorativo giornaliero per l'anno 2012 - cantieri di Malamocco e Chioggia

Bocca di Porto	Cantiere	Ore lavorative al giorno	Orario lavorativo
Chioggia	Chioggia	8	7/12 - 13/16
Malamocco	Mantovani ⁽¹⁾	8	8/12 - 13/17
	GLF e Cidonio	8	7/12 - 13/16
Lido	San Nicolò	8	7/12 - 13/16
	Treporti ⁽²⁾	8	7/12 - 13/16

(1) Il cantiere dichiara che il sabato ci sono mediamente il 20% dei mezzi in attività. Di questo è stato tenuto conto nella modulazione oraria delle emissioni.

(2) Il cantiere ha fornito le date dei giorni lavorativi che, a differenza degli altri cantieri, comprendono anche alcuni sabati e domeniche. Di questo è stato tenuto conto nella modulazione oraria delle emissioni.

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*. In Tabella 5 sono riportate le stime emissive annue per bocca di porto dei due inquinanti considerati, e, per il PM10, anche le stime relative ai quadrimestri, sui quali sono state effettuate le simulazioni stagionali del modello di dispersione.

Tabella 5. 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
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
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
Lido	mezzi di terra	55.34	4.88	1.42	2.15	1.31
	mezzi acquei	12.10	0.86	0.55	0.18	0.12
	totale	67.44	5.74	1.97	2.34	1.43

Rispetto all'anno precedente, nel 2012 si rileva la tendenza al decremento delle emissioni, legata alla diminuzione dell'impiego di alcune tipologie di mezzi di cantiere. Tale decremento è particolarmente rilevante per Chioggia in cui l'emissione annuale diminuisce di circa 2/3 sia per

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

NO_x che per PM da combustione; per questa bocca si rileva infatti un forte calo sia nell'utilizzo dei mezzi acquei sia, tra i mezzi di terra, di betoniere e autogru.

Per Malamocco la variazione delle emissioni da mezzi è più contenuta, circa pari al 10-12%³, in particolare per quanto riguarda l'utilizzo di mezzi terrestri.

Anche per il cantiere di Lido si nota una diminuzione delle emissioni rispetto al 2011: il calo è pari a circa il 30% per gli NO_x e al 25% per il PM₁₀. Nonostante questo calo il cantiere di Lido continua a caratterizzarsi per una più intensa attività, con emissioni da mezzi da 4 a 6 volte maggiori rispetto alle altre due bocche di porto.

2.3 Emissioni da risollevarimento

La stima delle polveri da risollevarimento, 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 6, suddivisi per risollevarimento eolico e da cantiere.

Per stimare l'impatto delle attività di cantiere sul risollevarimento 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 risollevarimento eolico, si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/ha/anno⁴, pari a 2.695×10^{-6} g/m²/s, definito per "exposed areas" in assenza di copertura vegetale.

Nel corso della passata annualità, il fattore di emissione relativo al risollevarimento eolico è stato applicato sia in orario diurno, sommato al fattore di emissione "bulk" legato alle attività di cantiere, sia, da solo, in orario notturno. Nel presente anno di monitoraggio, il fattore di emissione relativo al risollevarimento eolico è stato invece 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 annue di PM₁₀ così stimate per le sorgenti areali sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6. Stima emissioni annue di PM₁₀ [Mg] per risollevarimento per l'anno 2012

Bocca di Porto	Risollevarimento da cantiere	Risollevarimento eolico
Chioggia	9.7	0.8
Malamocco	22.8	2.0
Lido	8.8	0.8

Sebbene rispetto al 2011 la componente di risollevarimento eolico sia diminuita di circa 2/3 per l'introduzione dei fattori correttivi concordati con ISPRA e precedentemente descritti, la stima complessiva delle emissioni da risollevarimento per i cantieri di Malamocco e Chioggia non è significativamente cambiata in quanto rimane pressoché invariata la componente più incidente di

³ Si confronti con le stime relative al 2011 riviste per la bocca di Malamocco.

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

risollevamento meccanico per passaggio mezzi, calcolata con il metodo EPA illustrato al precedente paragrafo.

Nel caso del cantiere di Lido, invece, l'allagamento della tura, avvenuto nell'aprile 2012, ha comportato una consistente diminuzione della superficie sterrata, con conseguente decremento delle emissioni polverulente. Il cantiere di Malamocco, data la maggiore estensione della superficie interessata dal passaggio dei mezzi (area di costruzione dei cassoni), si caratterizza per le emissioni complessive di PM10 da risollevamento più elevate.

2.4 Simulazioni eseguite e risultati

Sono state completate, per i cantieri delle tre bocche di porto, le simulazioni relative all'intero anno 2012 per l'NO_x e per l'NO₂, e, per ciascuna delle due bocche sopra citate, una simulazioni annuale e tre simulazioni quadrimestrali per il PM10.

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.

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 2012 presso le stazioni ARPAV di Chioggia e Venezia Sacca Fisola.

2.4.2 Simulazioni per le polveri sottili da risollevamento

Per le simulazioni relative al PM10 da risollevamento, le emissioni sono state parametrizzate in questo caso come sorgenti areali, aventi superficie e frazione sterrata identiche a quelle utilizzate nell'annualità passata e illustrate in Tabella 7. Nella stessa tabella sono riportati i fattori di emissione in g/m²/s forniti in input al modello.

Nel caso delle sorgenti areali da risollevamento 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.

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

Tabella 7. Sorgenti areali e fattori di emissione per la simulazione del risollevarimento di polveri

Bocca di Porto e aree di lavorazione	Superficie (m ²)	Frazione sterrata + correzione <i>open-pit</i> (per la tura)	EF diurno (dalle 8 alle 16) [g/m ² /s]	EF notturno [g/m ² /s]
Chioggia				
poligono spalla nord (tura)	100116	23%	7.2E-06	3.1E-07
poligono spalla sud	13080	50%	1.6E-05	6.7E-07
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
Lido				
poligono TURA - Treporti	76364	23%	7.2E-06	3.1E-07
poligono isola	22352	100%	3.1E-05	1.3E-06

2.5 Analisi degli output

Nelle Figure da 2 a 22 si presentano le mappe delle concentrazioni medie annuali 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 risollevarimento e per quadrimestre. 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 annuale, ottenuti per i vari inquinanti in ciascuna bocca di porto, sono ricapitolati in Tabella 8. Mentre nelle mappe di concentrazione sono rappresentati i valori ottenuti per tutti i punti di griglia del dominio di calcolo, in Tabella 8 sono stati esclusi i punti ricadenti all'interno delle aree descritte come sorgenti emmissive.

Pur essendo le emissioni dei mezzi di cantiere stimate per la bocca di Chioggia inferiori a quelli di Malamocco (Figura 5), si può notare come i valori di massima ricaduta siano leggermente superiori nel sito Chioggia rispetto a quelli di Malamocco, a causa della diversa conformazione dei cantieri rispetto alla linea di costa e alla direzione prevalente dei venti; in particolare a Chioggia il punto di massima ricaduta viene individuato dal modello subito a nord della tura, mentre per Malamocco la massima ricaduta viene simulata a ovest dell'area di costruzione dei cassoni.

Le più consistenti emissioni da mezzi di Lido, invece, si riflettono in livelli di concentrazione più alti rispetto agli altri cantieri, con concentrazioni di NO_x e NO₂ nel tratto di mare in prossimità dell'isola artificiale circa 4-5 volte i massimi di Chioggia.

Tabella 8. Concentrazioni [µg/m³] – massimi (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali

Bocca di porto	NO ₂	NO _x	PM10		
			emiss. mezzi	risollevarimento	emiss. mezzi + risollevarimento
Chioggia	4.04	8.95	4.04	8.30	12.34
Malamocco	2.94	6.19	0.47	14.31	14.73
Lido	12.60	35.30	3.08	15.50	17.30

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

La concentrazione media annuale di NO₂ per il sito di Malamocco è riportata in Figura 2 in cui è mappato il solo contributo del cantiere, mentre in Figura 3 si riporta la mappa ottenuta dalla sovrapposizione dell'impatto del cantiere con il valore di fondo derivato dai dati della centralina ARPAV di Sacca Fisola, la cui media annuale di NO₂ nel 2012 è pari a 32 µg/m³. Tale valore, registrato nella stazione fissa di background urbano più vicina ai cantieri, potrebbe essere considerato cautelativo in quanto tipico di un'esposizione in area a maggior densità abitativa ed emissiva rispetto alle bocche di porto (*per le quali si potrebbe pensare, in assenza dell'attività cantieristica, ad un'esposizione più simile ad un background rurale*). Il modello evidenzia valori medi annuali superiori ai 10 µg/m³ solo all'interno dell'area di cantiere, mentre le concentrazioni scendono a pochi µg/m³ subito all'esterno della stessa. Considerando anche il background, si evidenzia una sola cella, sempre entro l'area di cantiere in cui il modello individua un rischio di superamento della concentrazione media annuale di 40 µg/m³.

Per quanto riguarda la concentrazione media annuale di NO_x, riportata in Figura 4, la sola presenza delle emissioni di cantiere non comporta contributi all'esterno dell'area di lavoro tali da rilevare un rischio significativo di superamento del limite di protezione della vegetazione di 30 µg/m³. In questo caso per individuare il valore di background non è possibile utilizzare i dati delle centraline fisse ARPAV presenti nell'area veneziana, in quanto nessuna di esse presenta caratteristiche di posizionamento idonee al controllo del rispetto dei valori di protezione della vegetazione. La stazione di background rurale più prossima è Mansuè (che nel 2012 ha registrato un valore medio annuale di NO_x pari a 26 µg/m³) ma per caratteristiche geografiche (pianura interna trevigiana) non può essere presa come riferimento per l'area in esame.

Anche per quanto riguarda il PM₁₀, rappresentato come media annuale in Figura 5, si evidenzia come i contributi più significativi imputati al cantiere (somma delle emissioni da mezzi e da risollevario) siano confinati nell'area direttamente a ridosso del cantiere stesso, con un raggio di maggior incidenza di circa 1-1.5 km centrato su di esso. Dalla sovrapposizione con il valore di fondo (pari a 35 µg/m³ sempre registrato a Sacca Fisola) il superamento del limite di protezione della popolazione di 40 µg/m³ viene stimato dal modello per tutta l'area di cantiere e per i recettori direttamente a ridosso di essa, in un raggio di circa 500 m (Figura 6). Dall'analisi dei due contributi separati (Figura 7, in cui a sinistra sono rappresentate le concentrazioni dovute alle emissioni da mezzi mentre a destra quelle dovute alle emissioni da risollevario), emerge la netta prevalenza dell'impatto da risollevario (meccanico ed eolico), come già evidenziato nella precedente annualità.

Dall'analisi delle ricadute ripartite per quadrimestre (Figura 8) si nota come l'area direttamente interessata dagli impatti di cantiere sia più estesa nel secondo quadrimestre, mentre il terzo quadrimestre è caratterizzato dalle concentrazioni inferiori.

Per quanto riguarda il cantiere di Chioggia, la concentrazione media annuale di NO₂ è rappresentata in Figura 9. Come per il sito di Malamocco, le concentrazioni più significative si rilevano entro l'area di cantiere e nei recettori più prossimi ad essa, in particolare in corrispondenza della tura.

La sovrapposizione con la concentrazione media annua registrata a Sacca Fisola non evidenzia superamenti del valore limite annuale in nessun punto del dominio (Figura 10).

Rispetto al 2011, l'impatto del cantiere è sostanzialmente diminuito in funzione del decremento delle emissioni precedentemente sottolineato.

Analogamente anche per gli NO_x (Figura 11) l'influenza del cantiere sui livelli di concentrazione medi è sostanzialmente diminuita rispetto al precedente anno di lavorazione e non si evidenziano situazioni particolarmente critiche.

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

Il risultato della simulazione annuale per il PM10 è riportato in Figura 12. In questo caso, data la più contenuta variazione delle emissioni tra il 2011 ed il 2012, la mappatura della ricaduta media annuale non differisce sostanzialmente da quella dell'anno precedente. Anche in questo caso la sovrapposizione con il valore di fondo (Figura 13) evidenzia il superamento del valore limite annuale in corrispondenza delle aree di cantiere e per i recettori direttamente a nord della tura, ma in tali aree non si rileva la presenza di siti residenziali.

In Figura 14, infine, si riportano separatamente le ricadute dovute alle emissioni da mezzi e da risollevario eolico e meccanico, che sottolineano nuovamente la prevalenza della componente da risollevario, per altro sempre attiva anche quando i cantieri non sono attivi.

Analogamente al cantiere di Malamocco, la simulazione dell'andamento stagionale (Figura 15) evidenzia come nel periodo estivo si verifichi l'incremento dell'area di maggior impatto, ma al di fuori del cantiere i valori di concentrazione nei tre quadrimestri non subiscono variazioni particolarmente significative.

In riferimento ai cantieri di Lido, la concentrazione media annuale di NO₂ è rappresentata in Figura 16. Data la maggiore entità delle emissioni da mezzi, l'estensione dell'area di impatto potenziale, cioè dell'area in cui il modello stima un incremento della media annuale rispetto ai valori di fondo superiore ad 1 µg/m³, è in questo caso più rilevante e interessa diversi siti residenziali sia direttamente a ridosso del cantiere nel comune di Cavallino-Treporti sia sull'isola di Sant'Erasmus. Le concentrazioni più significative si rilevano sempre a ridosso del cantiere, ma sullo specchio d'acqua tra l'isola artificiale e Treporti.

Anche in questo caso la sovrapposizione con la concentrazione media annua registrata a Sacca Fisola comunque non evidenzia superamenti del valore limite annuale presso siti residenziali (Figura 17).

Rispetto al 2011, l'impatto del cantiere è sostanzialmente diminuito e, a differenza del precedente anno di lavorazione, in cui concentrazioni di NO₂ comprese tra 5 e 10 µg/m³ interessavano buona parte di Sant'Erasmus e una porzione di Punta Sabbioni, nel 2012 sulle aree abitate gli impatti si stimano tra 1 e 5 µg/m³.

Come negli altri siti, anche per gli NO_x (Figura 18) l'influenza del cantiere sui livelli medi di concentrazione è sostanzialmente diminuita rispetto al 2011 e non si evidenziano impatti particolarmente significativi al di fuori delle aree di cantiere.

La media annuale del PM10 è riportata in Figura 19. La variazione rispetto al 2011 è inerente sia la diminuzione delle emissioni da mezzi di circa il 25%, sia la diminuzione dell'area di risollevario per l'allagamento della tura, a partire da aprile 2012. Rispetto al precedente anno, per la bocca di porto di Lido la mappatura della ricaduta media annuale denota una minor estensione e intensità dell'area di maggior impatto. Anche in questo caso la sovrapposizione con il valore di fondo (Figura 20) evidenzia il potenziale superamento del valore limite annuale solo per alcuni recettori in corrispondenza delle aree di cantiere.

In Figura 21 infine si riportano separatamente le ricadute di polveri dovute alle emissioni da mezzi e da risollevario eolico e meccanico. Dato l'allagamento della tura a partire da aprile, la simulazione dell'andamento stagionale (Figura 22) evidenzia maggiori concentrazioni nel primo quadrimestre, nonostante l'emissione da mezzi di cantiere veda il suo massimo nel periodo primaverile-estivo.

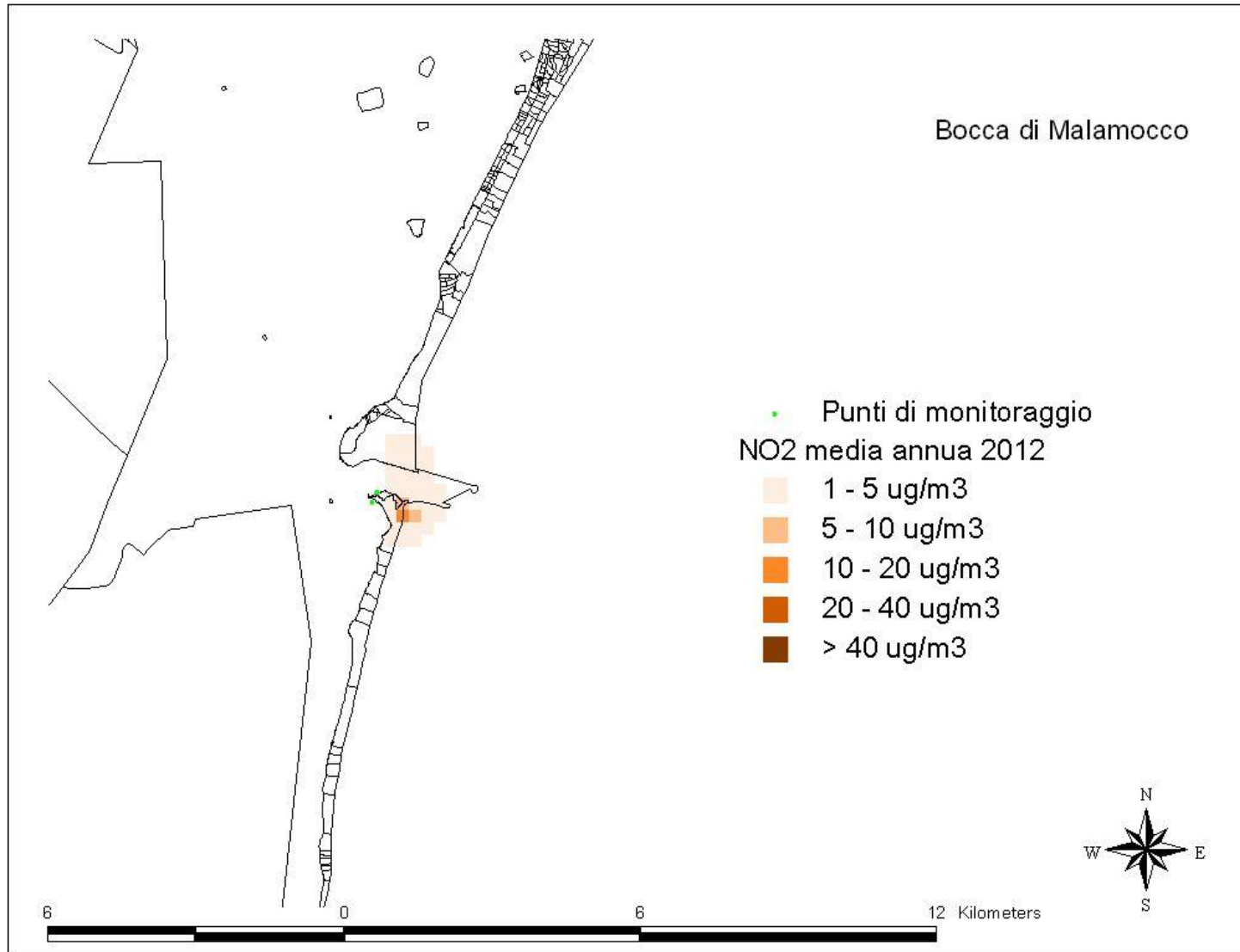


Figura 2. Concentrazione media annuale di NO2 - bocca di Malamocco



Figura 3. Concentrazioni medie annuali di NO2 (attività di cantiere+background) - bocca di Malamocco

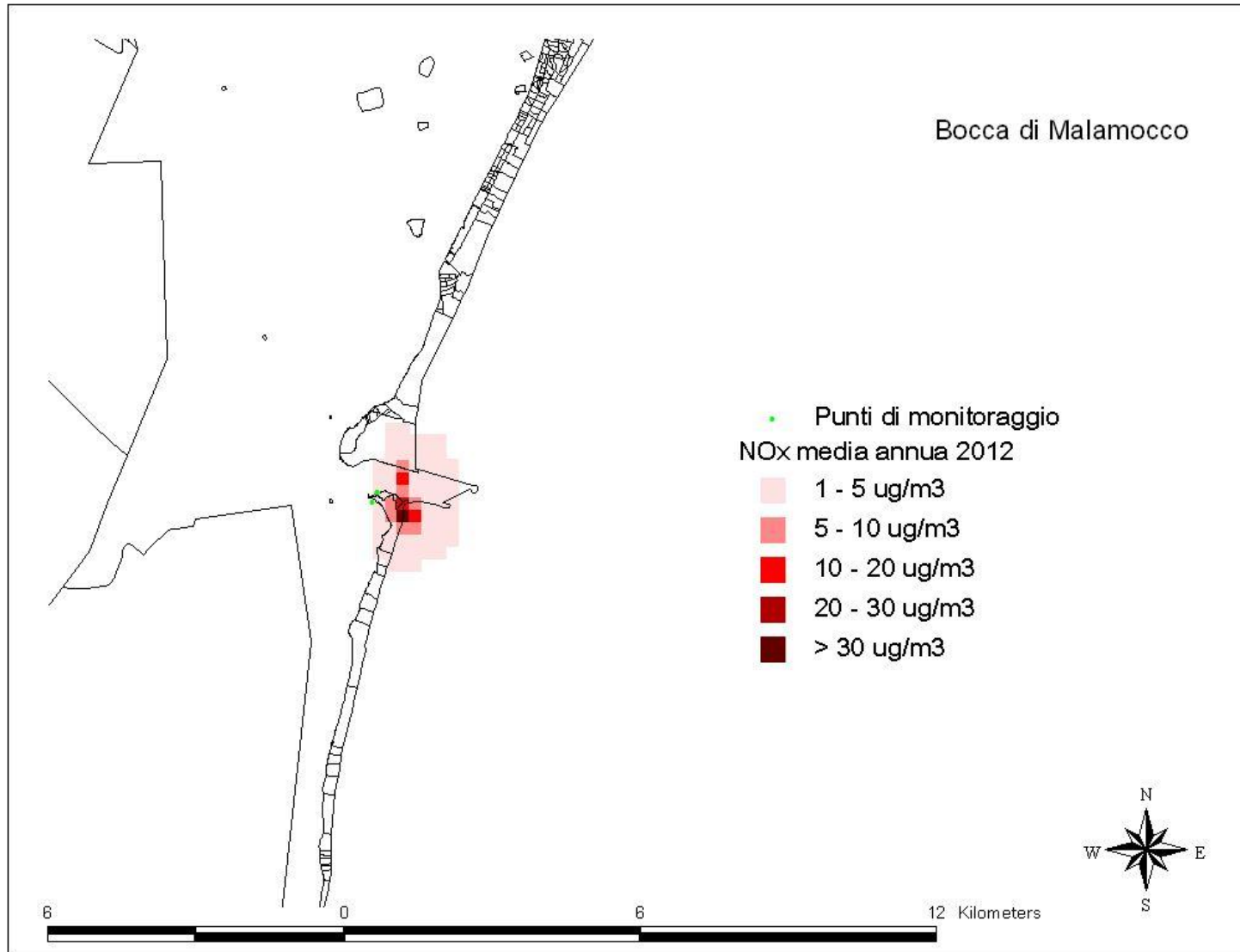


Figura 4. Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Malamocco

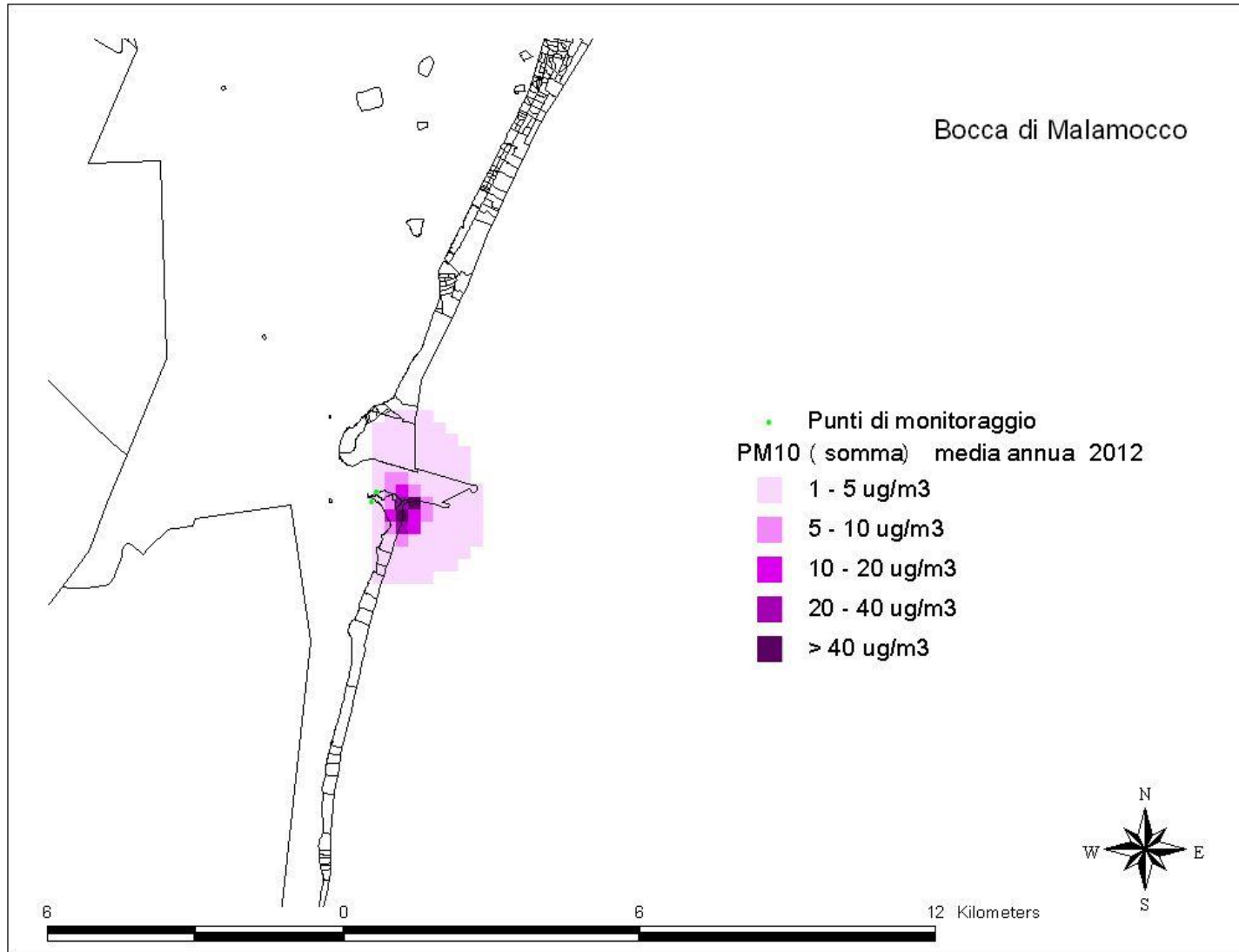


Figura 5. Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risollelamento) - bocca di Malamocco



Figura 6. Concentrazioni medie annuali di PM10 (attività di cantiere+background) - bocca di Malamocco

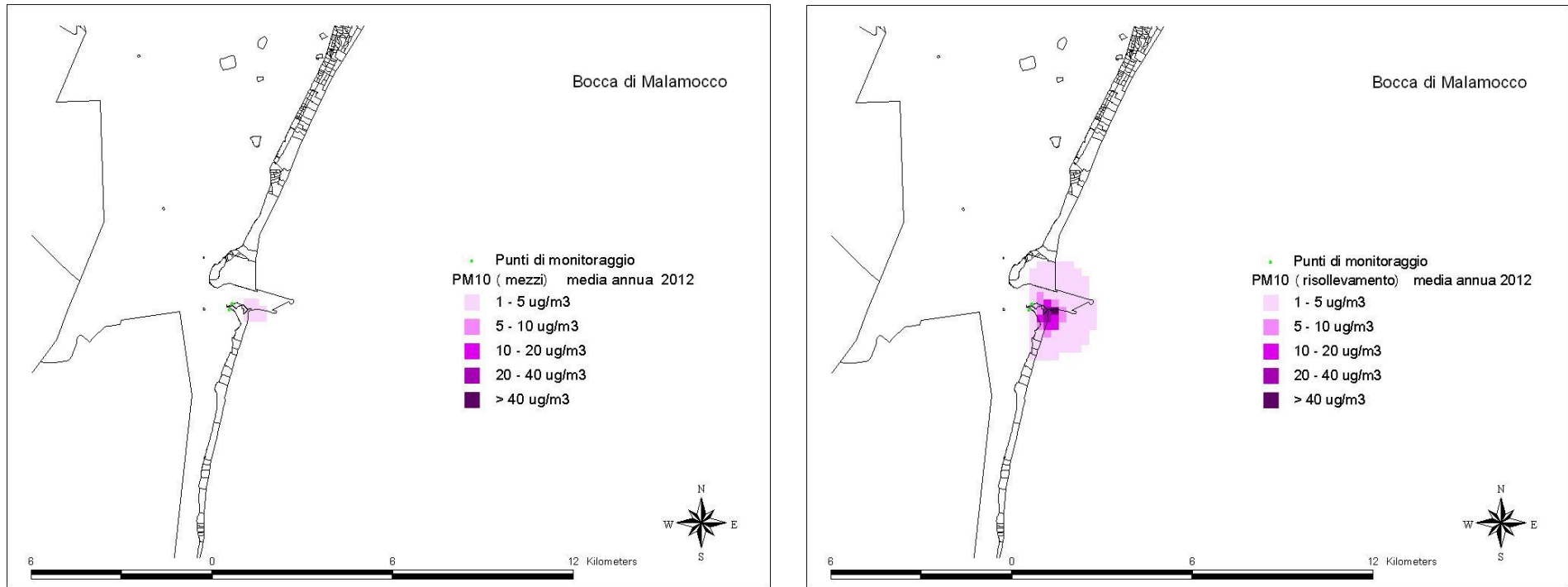


Figura 7. Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risollevamento - bocca di Malamocco

CORILA

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

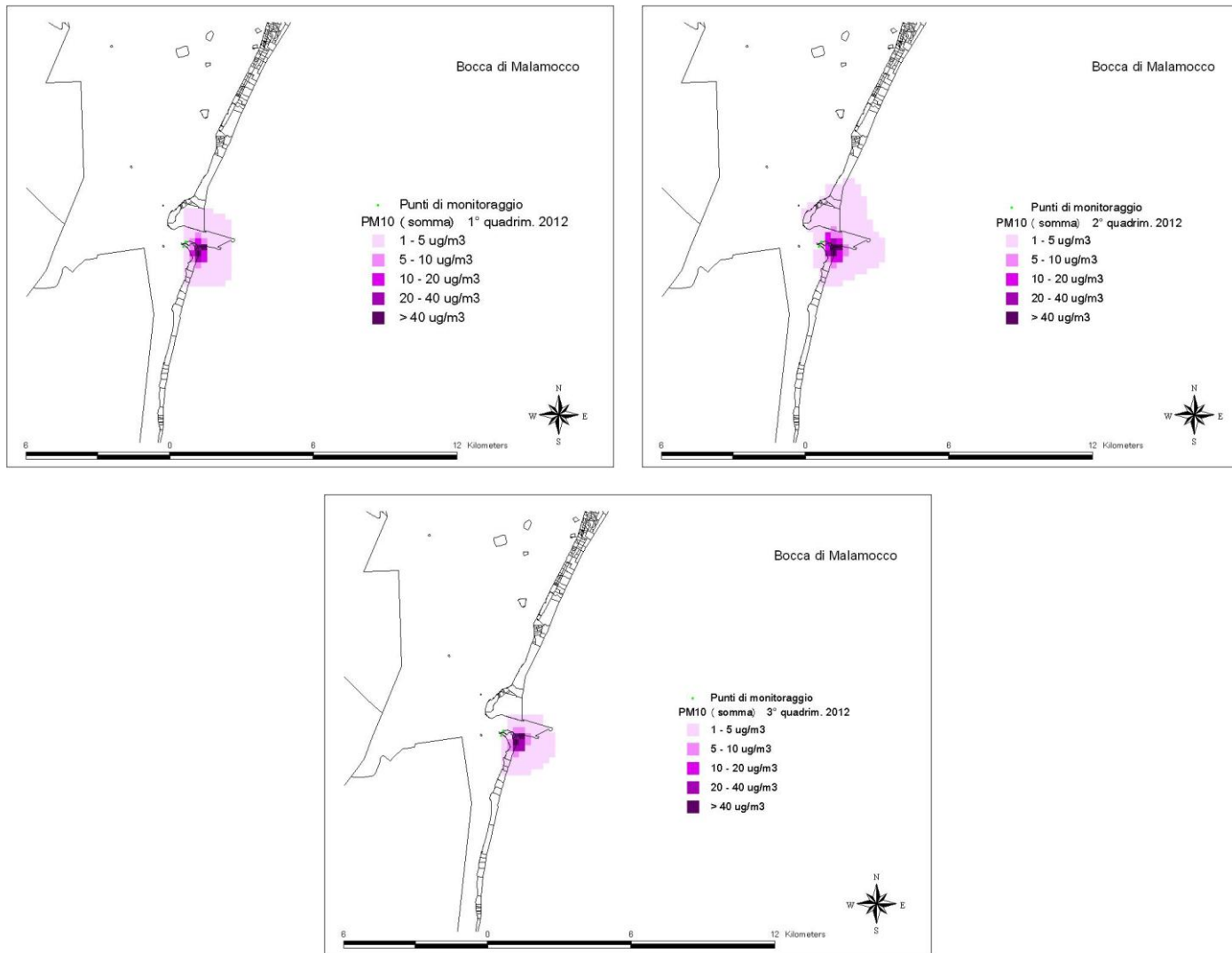


Figura 8. Concentrazioni medie quadrimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Malamocco

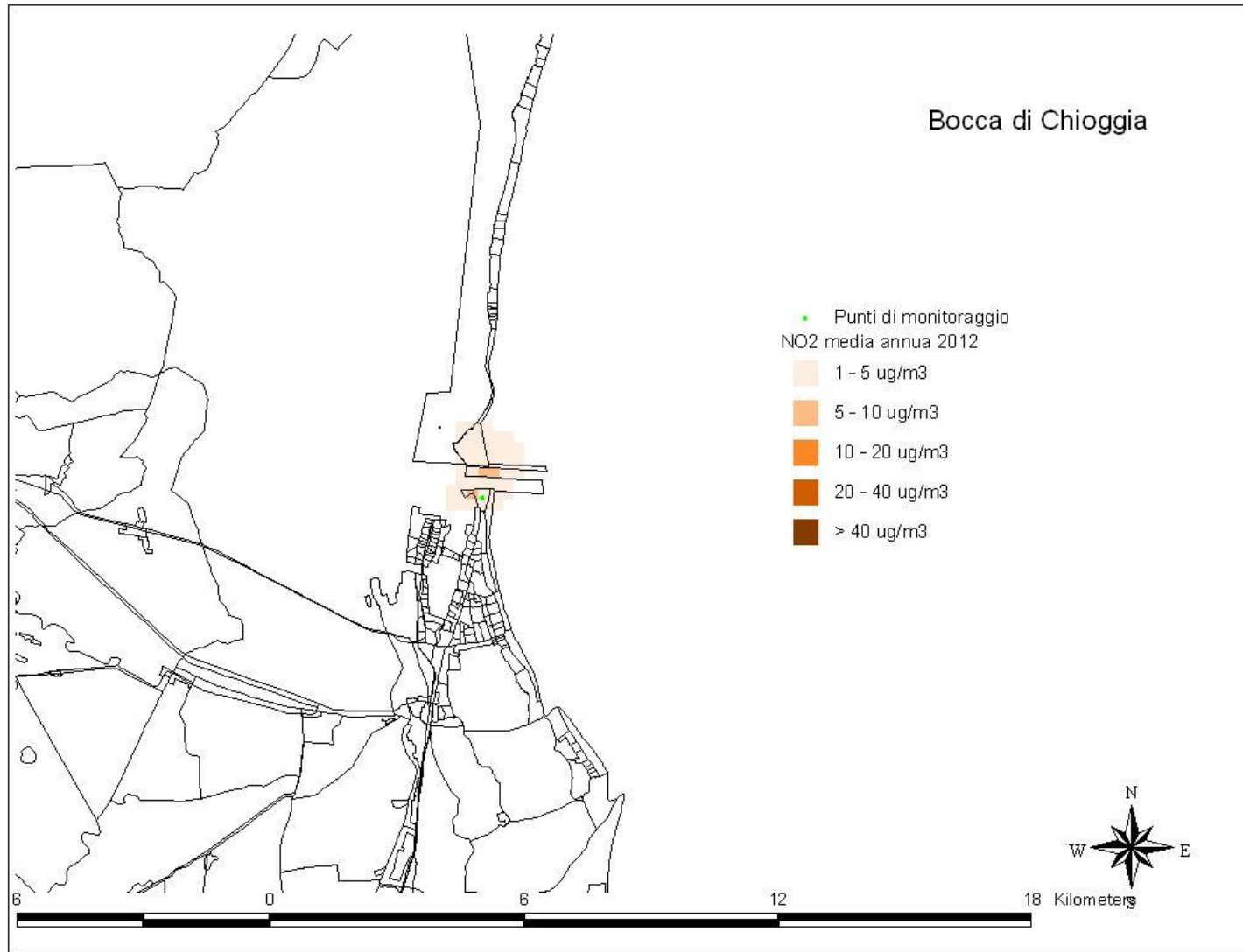


Figura 9. Concentrazione media annuale di NO2 - bocca di Chioggia

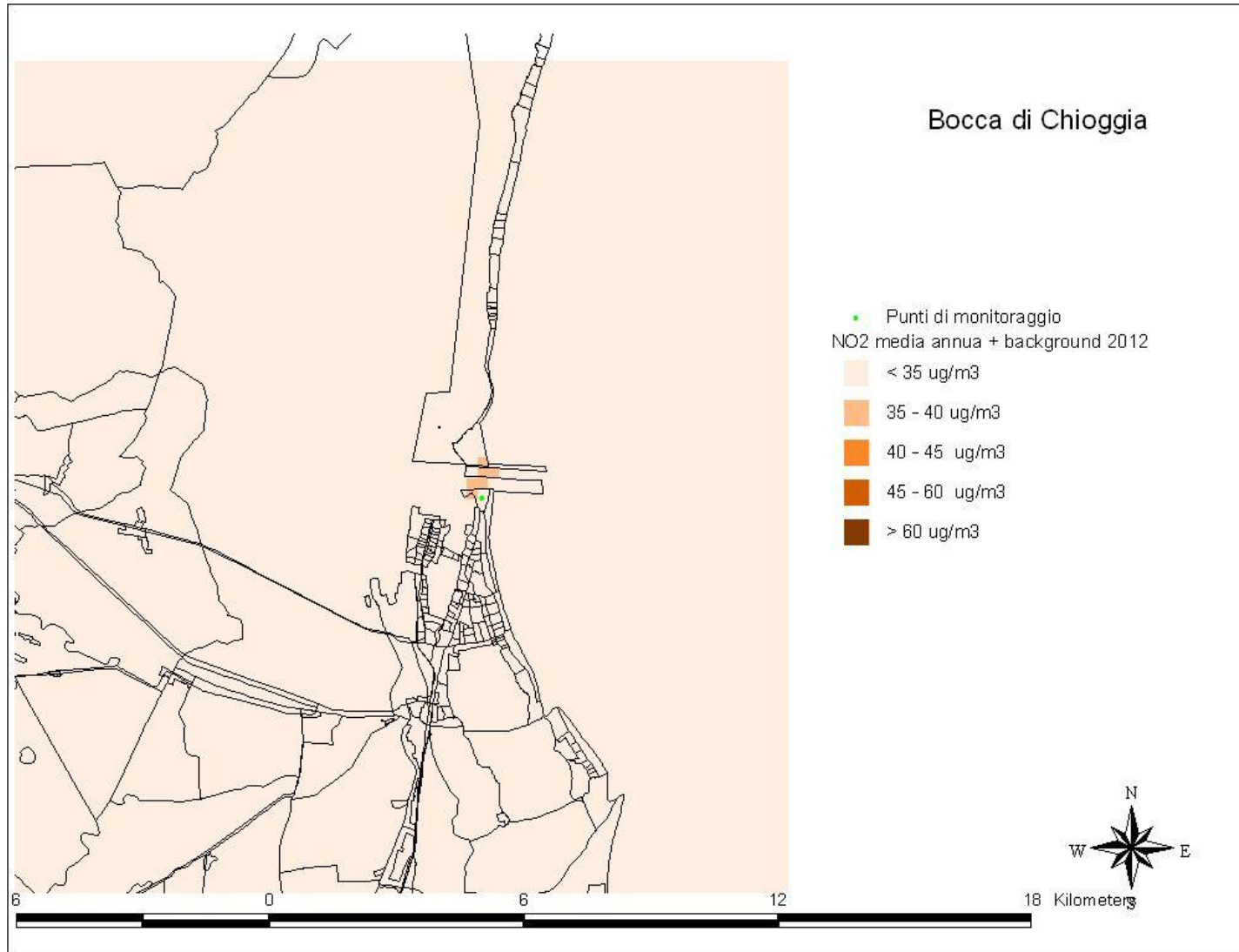


Figura 10. Concentrazioni medie annuali di NO2 (attività di cantiere+background) - bocca di Chioggia

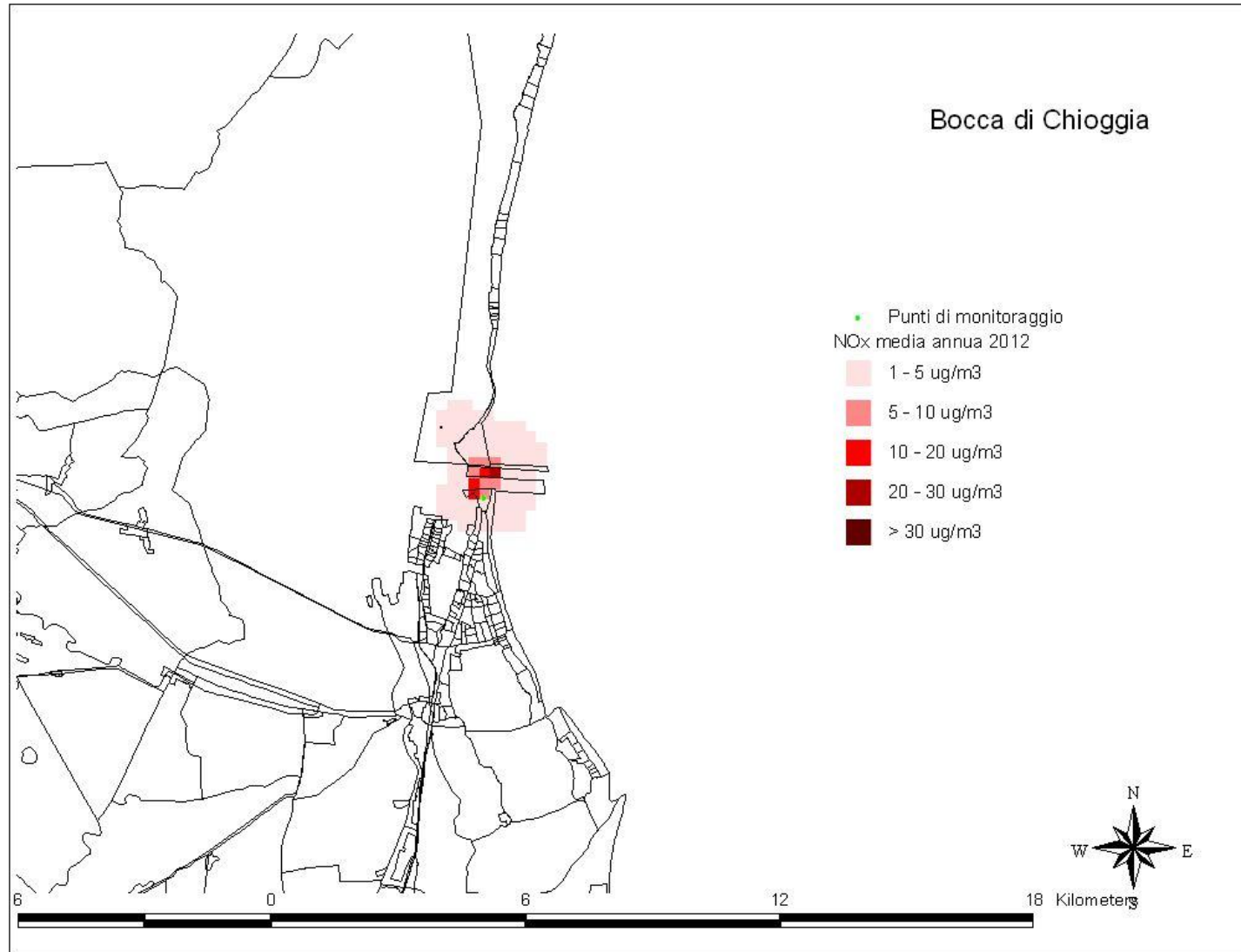


Figura 11. Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Chioggia

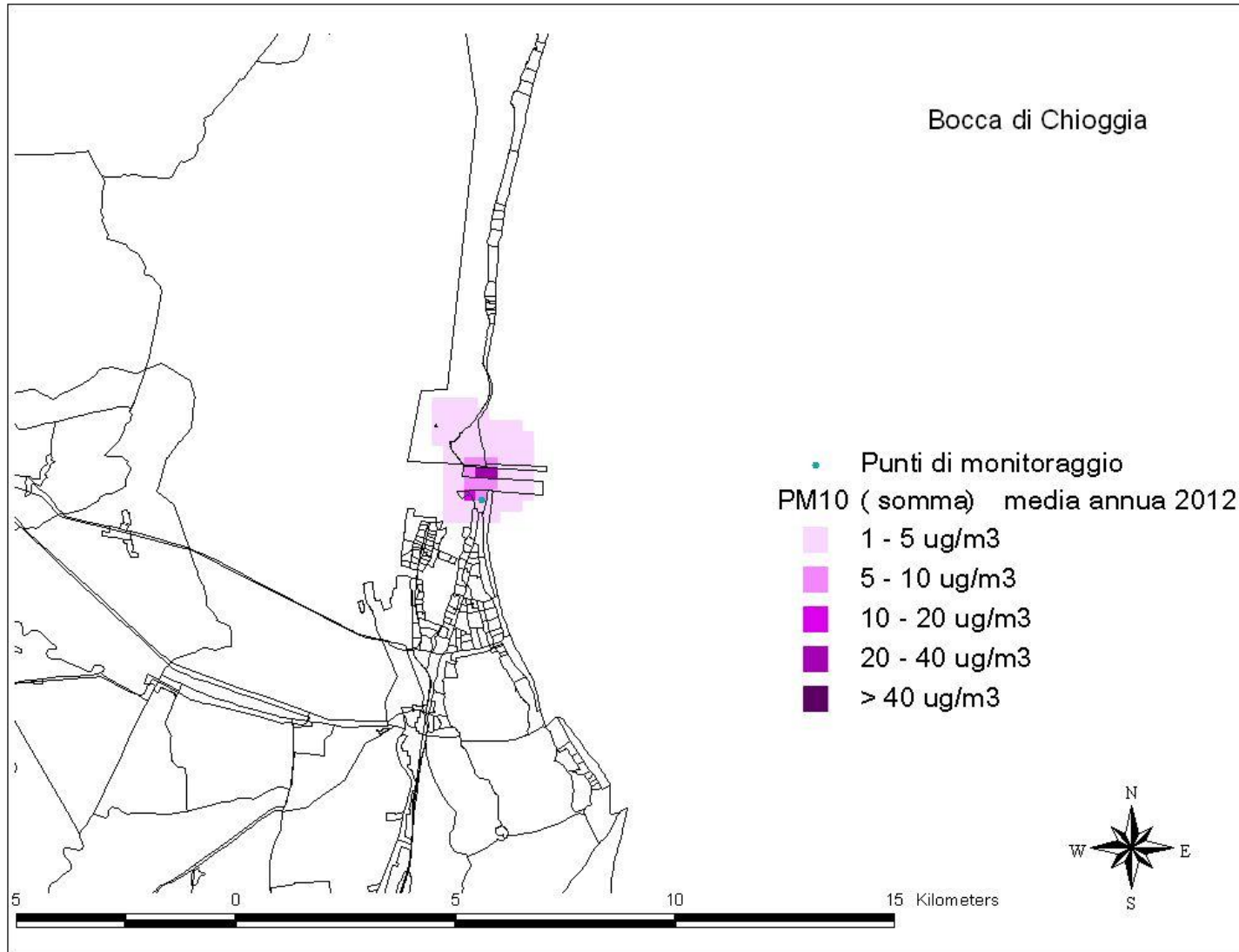


Figura 12. Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risolleivamento) - bocca di Chioggia

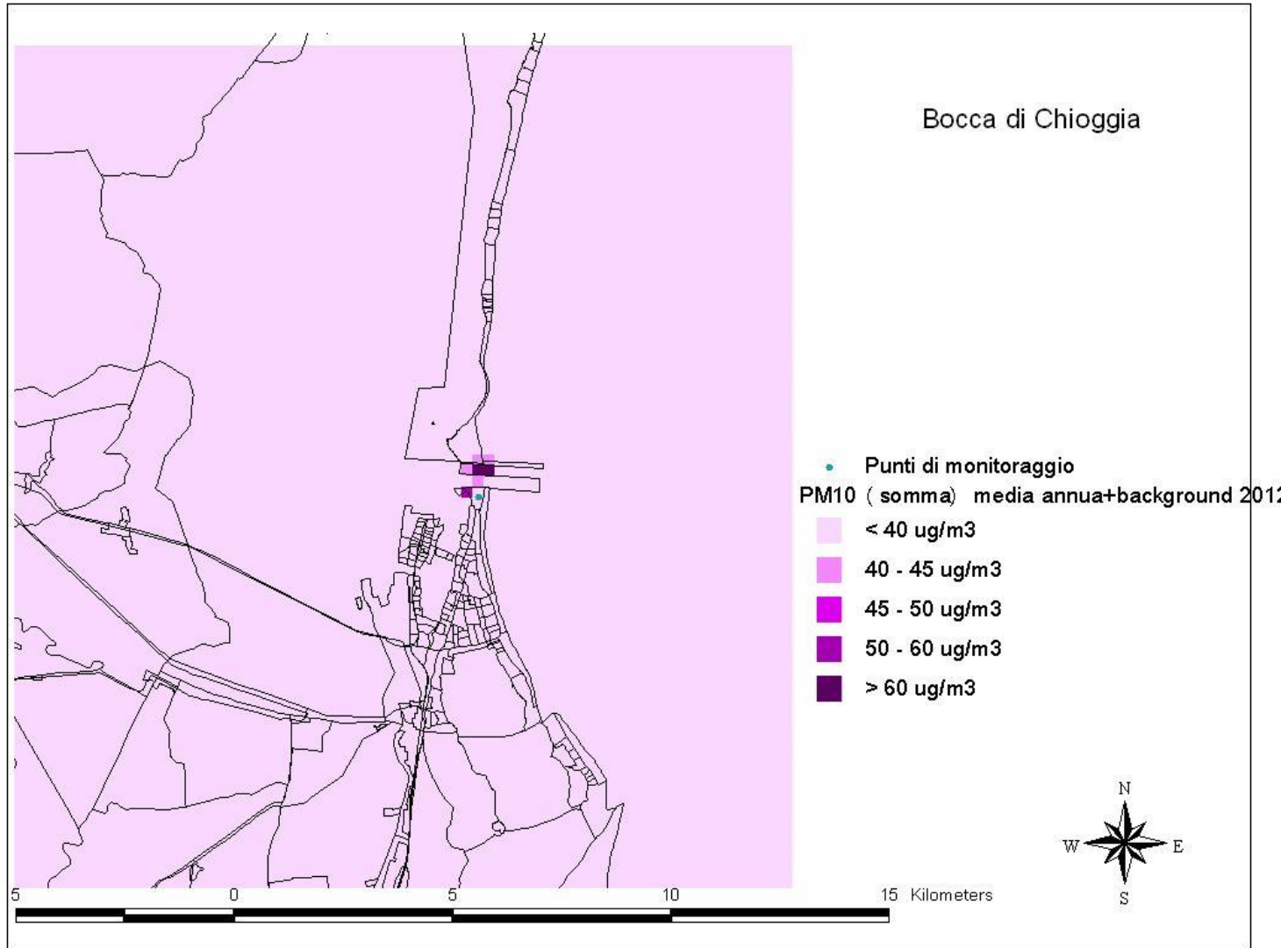


Figura 13. Concentrazioni medie annuali di PM10 (attività di cantiere+background) - bocca di Chioggia

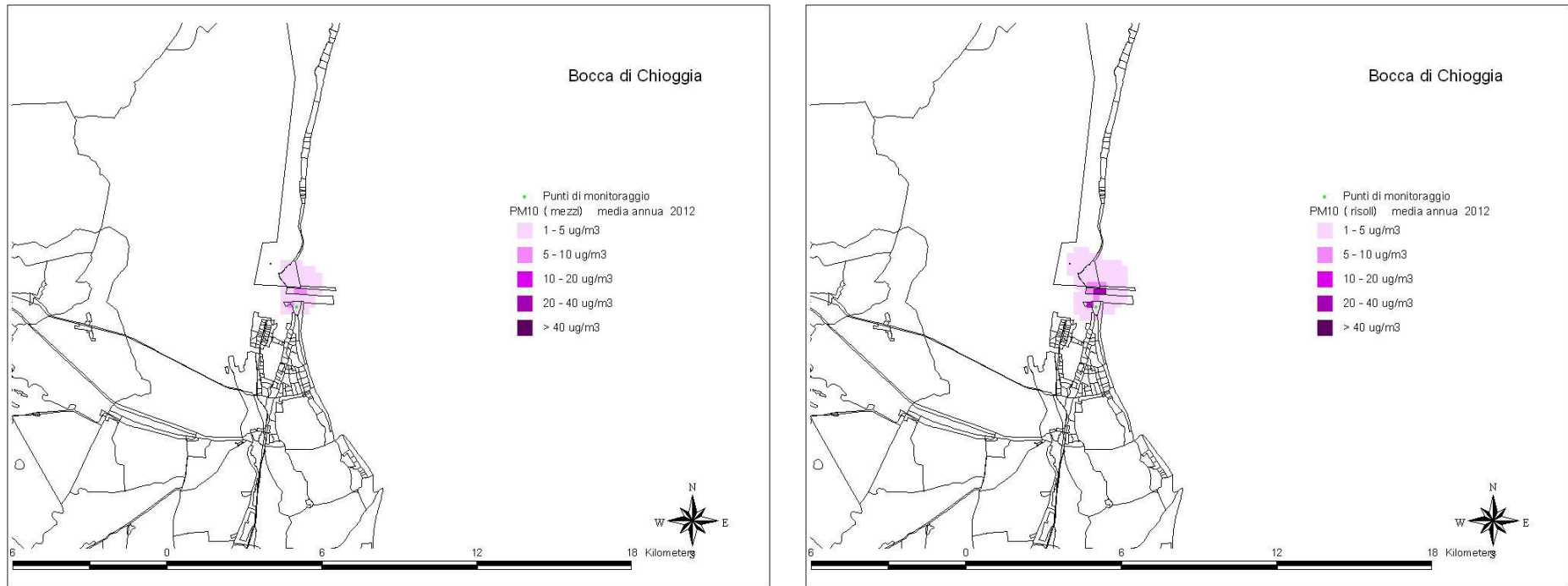


Figura 14. Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risollevarmento - bocca di Chioggia

CORILA

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

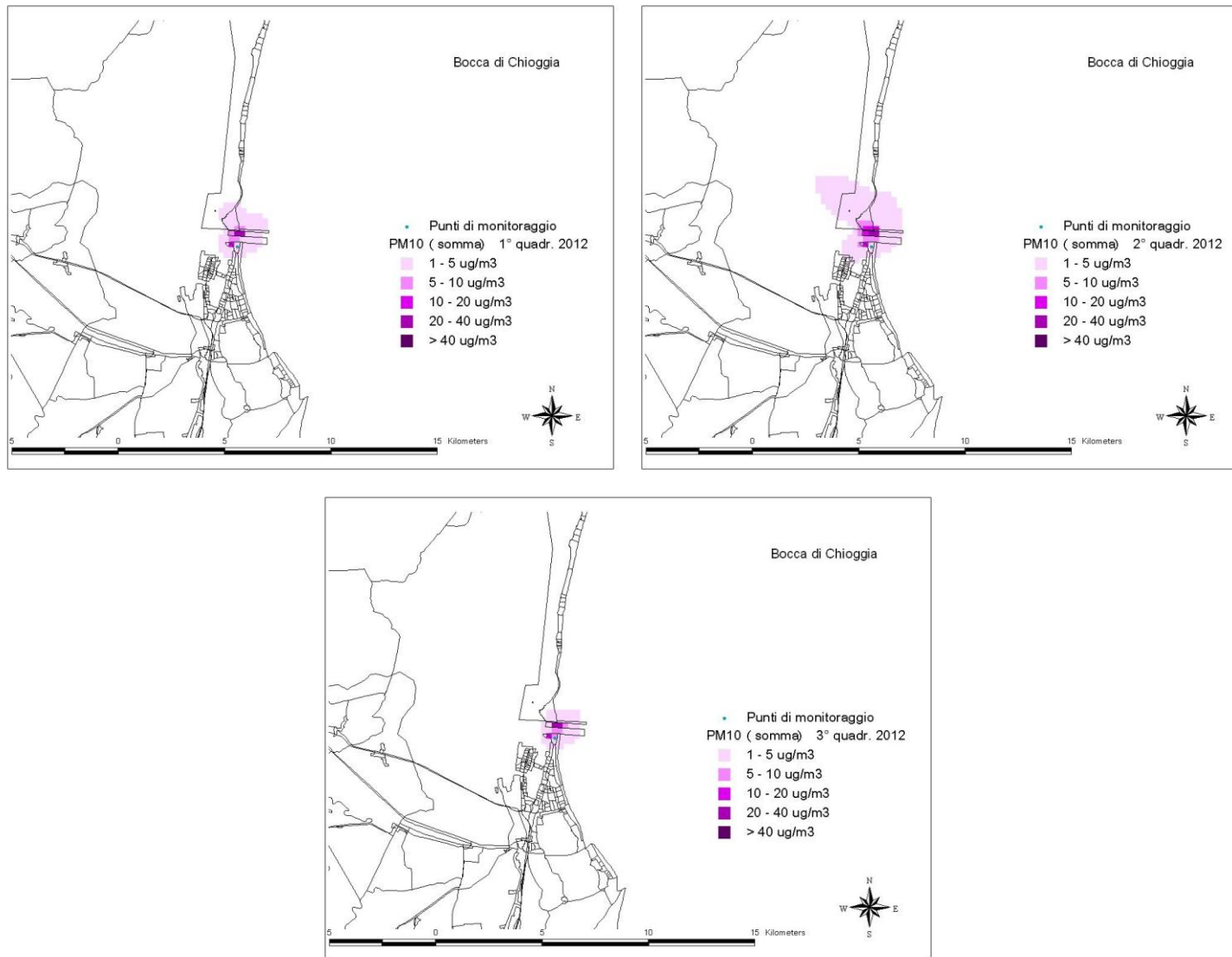
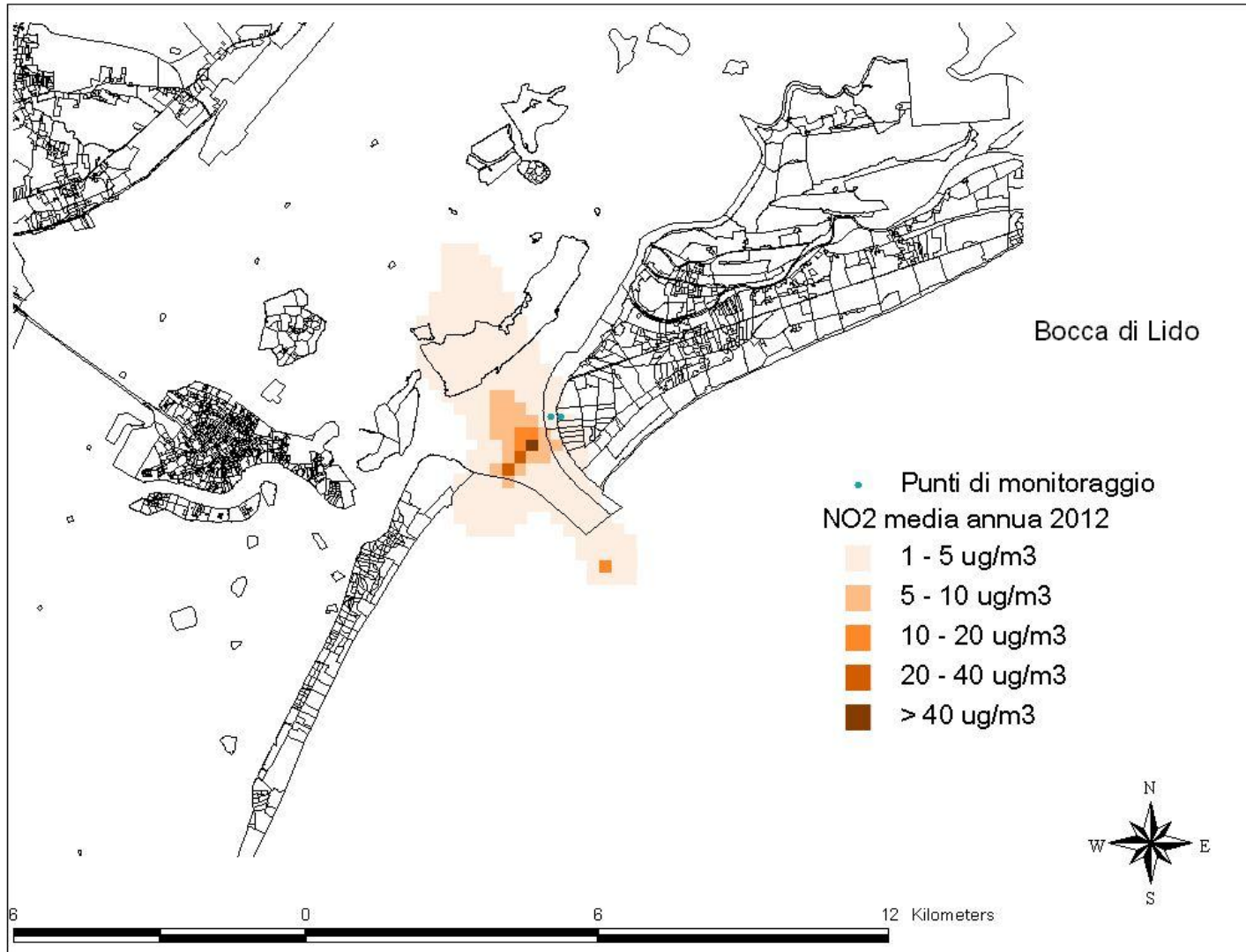
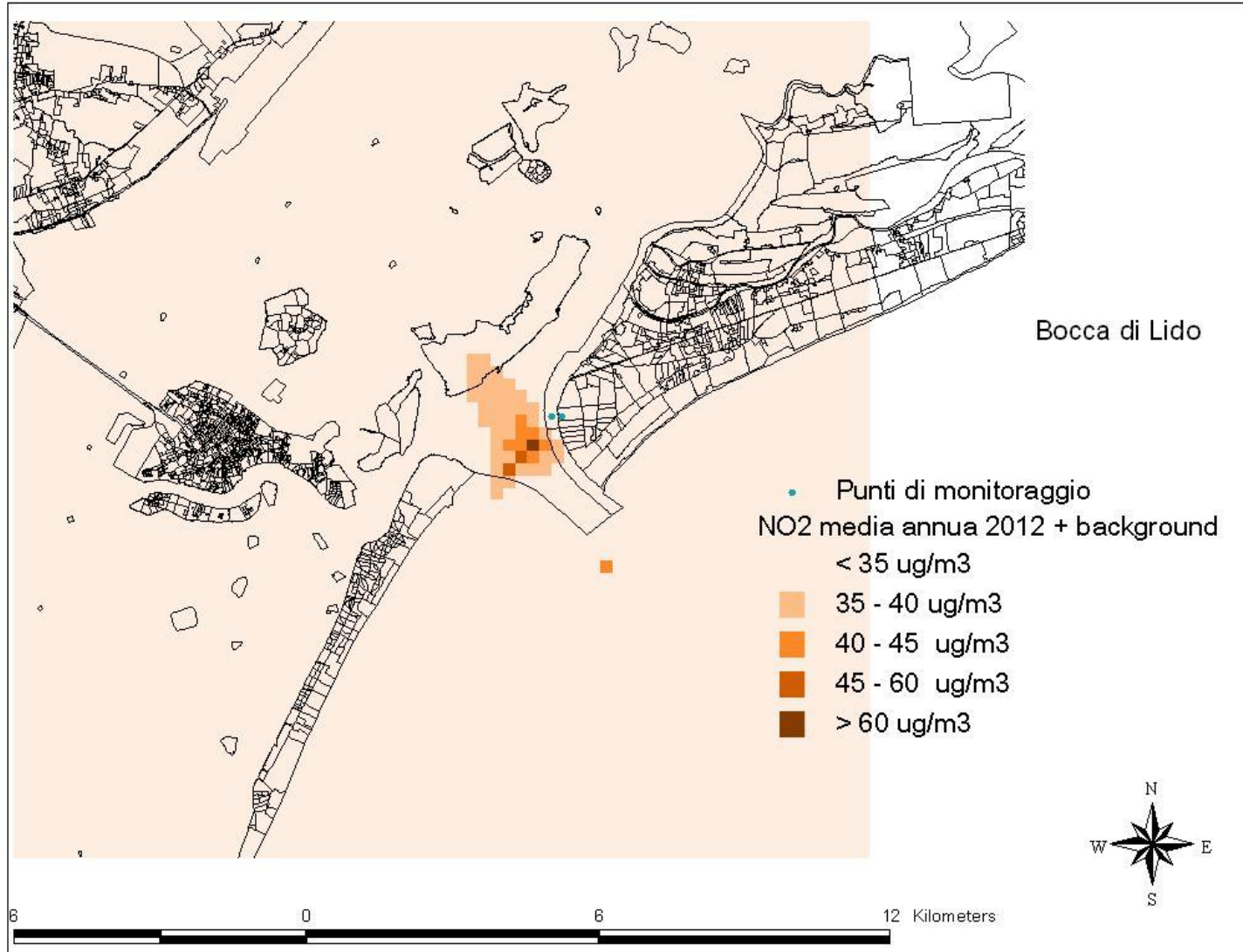


Figura 15. Concentrazioni medie quadrimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Chioggia

Figura 16. Concentrazione media annuale di NO₂ - bocca di Lido

Figura 17. Concentrazioni medie annuali di NO₂ (attività di cantiere+background) - bocca di Lido

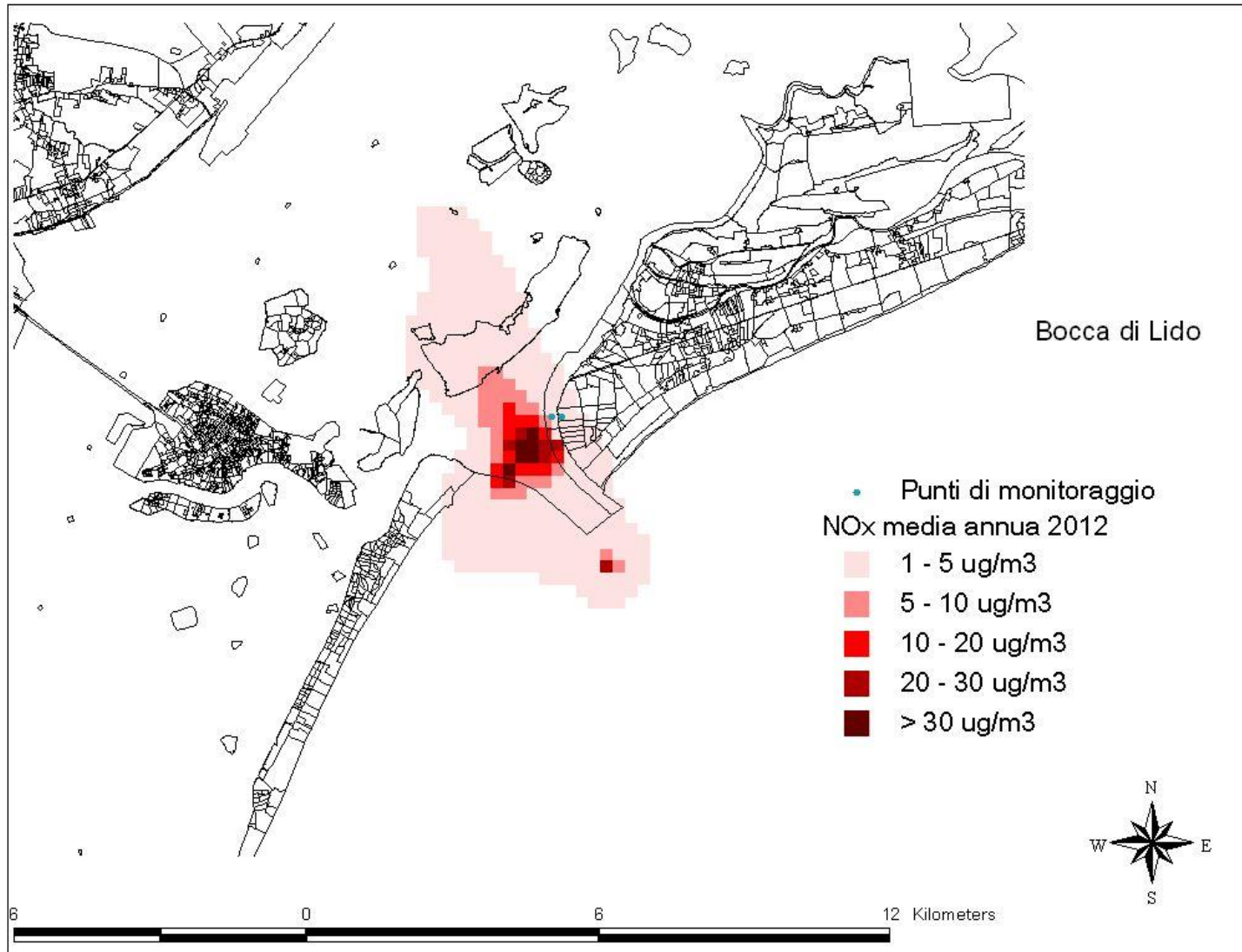


Figura 18. Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Lido

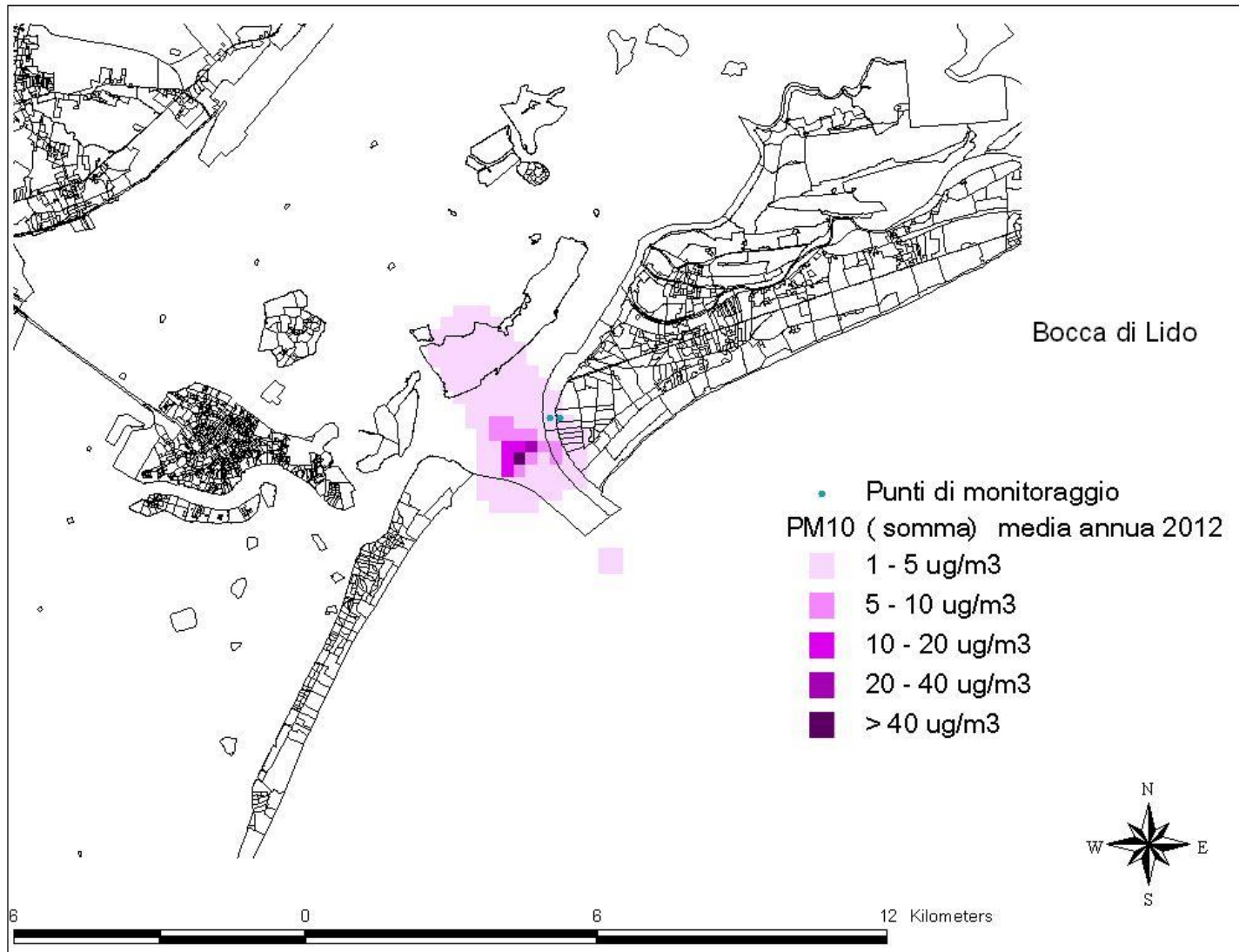


Figura 19. Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risollelamento) - bocca di Lido

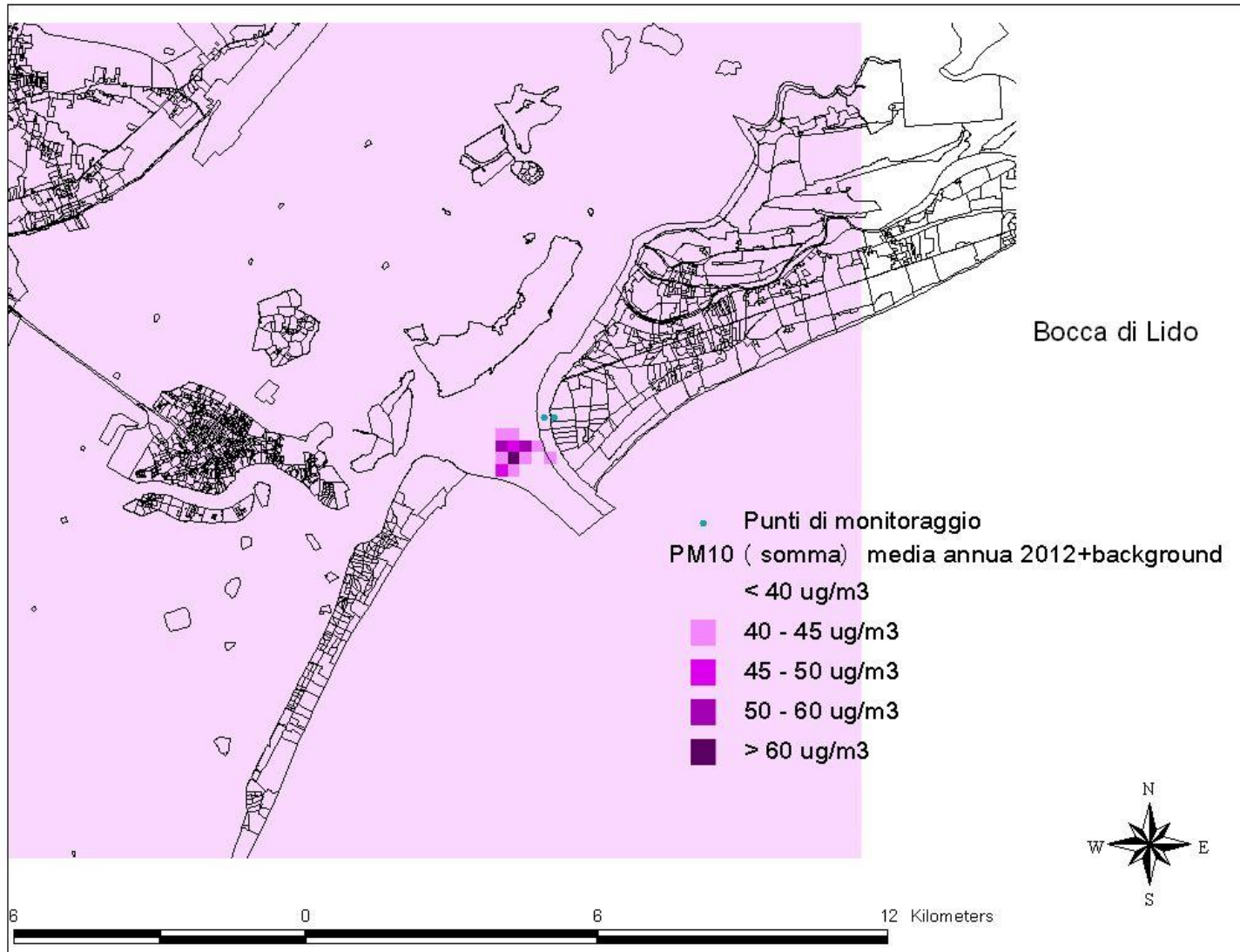


Figura 20. Concentrazioni medie annuali di PM10 (attività di cantiere+background) - bocca di Lido

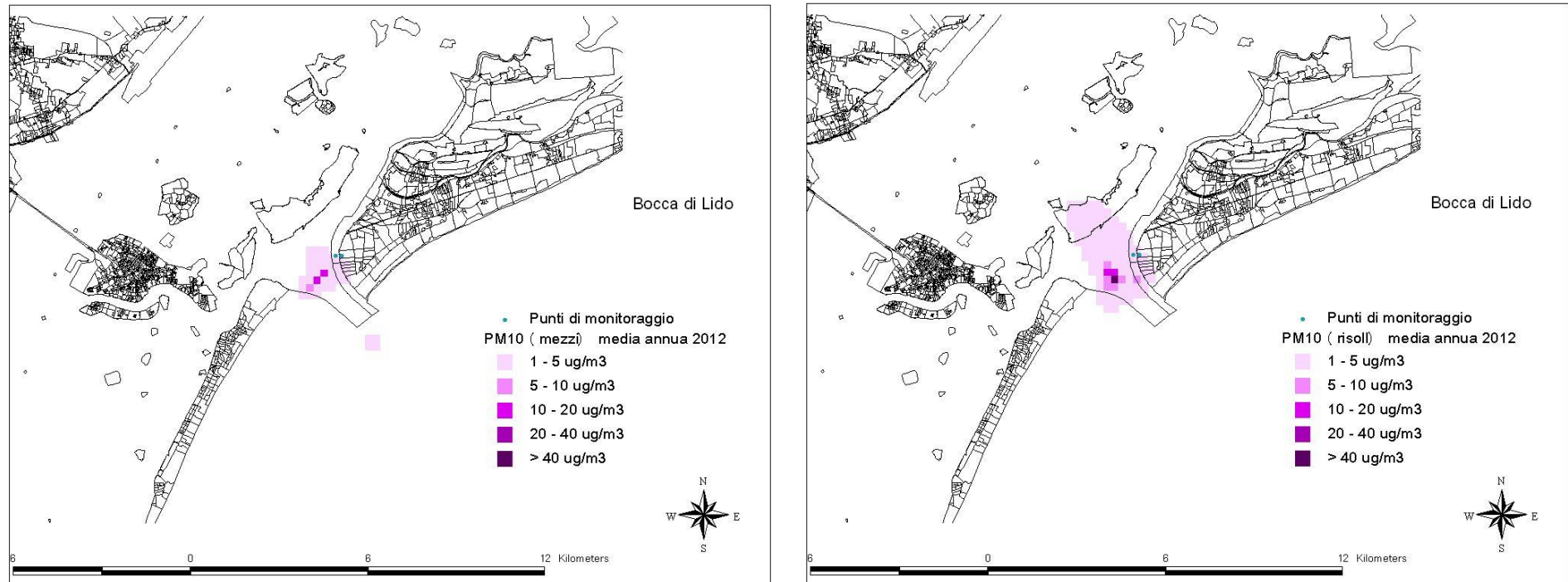


Figura 21. Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risollevamento - bocca di Lido

CORILA

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

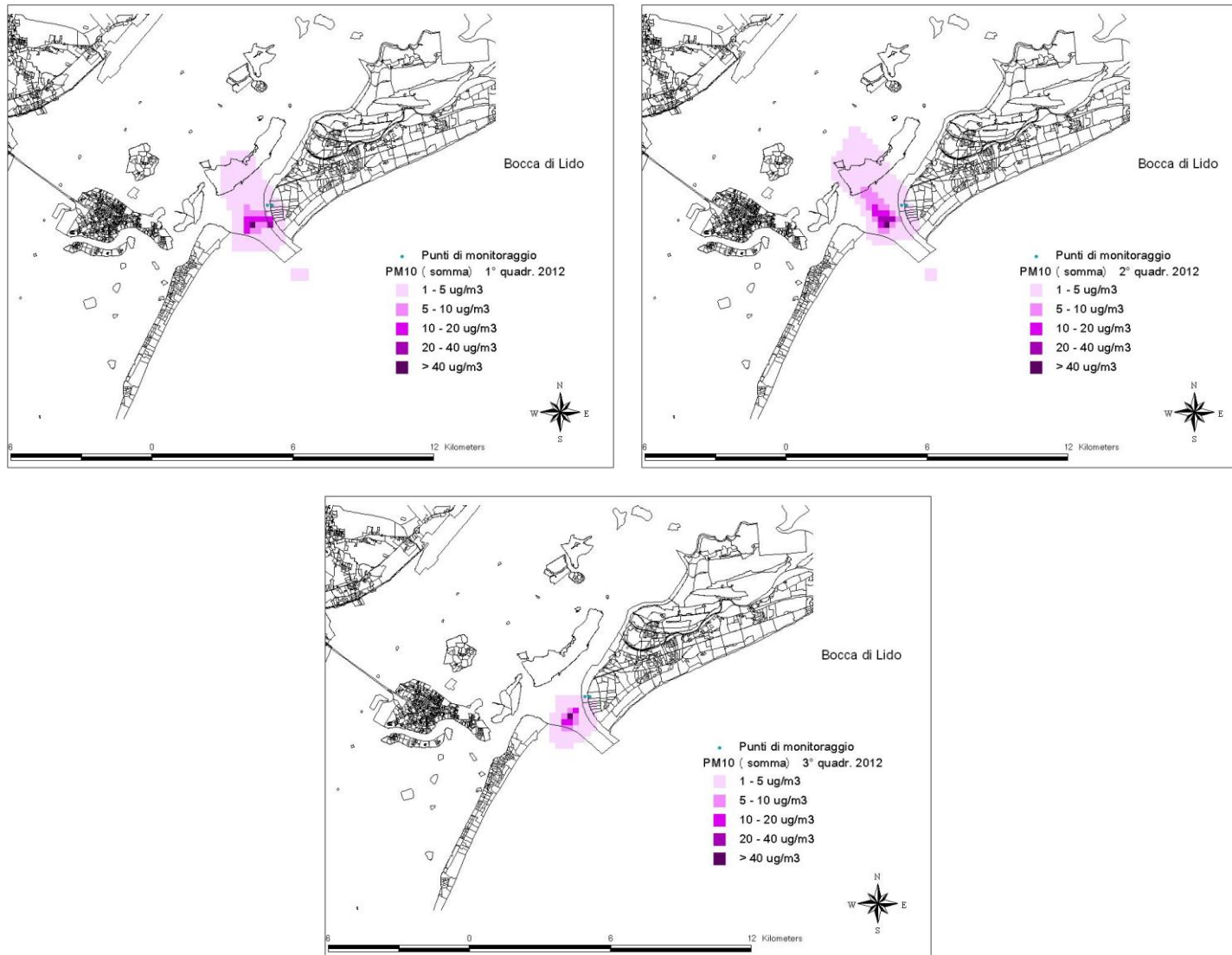


Figura 22. Concentrazioni medie quadrimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Lido




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

Riassumendo, in generale in nessuna bocca di porto si evidenziano particolari criticità, per quanto riguarda i limiti annuali di protezione della popolazione. Per le aree in cui il modello stima le maggiori concentrazioni si è approfondito il rischio di superamento dei valori limite annuali qualora si consideri il valore di concentrazione di fondo, desunto dalla più vicina stazione fissa ARPAV: Venezia-Sacca Fisola.

Poiché tale stazione, pur essendo di background, è comunque inserita in un contesto urbano denso di attività antropiche e a tratti esposta a varie sorgenti (tra cui ad esempio il traffico navale), si ritiene che la verifica sia di tipo cautelativo.

Nelle seguenti figure si presentano dunque gli output modellistici sovrapposti ai valori di background utilizzando come base cartografica l'immagine satellitare di Google Earth.

Nelle figure che seguono le medie annuali di NO₂ e PM₁₀ ottenute con il modello sono rappresentate in tre classi, come descritto nel seguente schema:

Colore	Intervallo di concentrazione	
	da	a
	valore di fondo	valore di fondo + 1 µg/m ³ (contributo minimo significativo)
	valore di fondo + 1 µg/m ³	valore limite di protezione della popolazione (40 µg/m ³ sia per NO ₂ che PM ₁₀)
	valore limite	concentrazione massima

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



Figura 23. Media annuale NO2 - Cantiere di Malamocco



Figura 24 Media annuale PM10 - Cantiere di Malamocco

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



Figura 25 Media annuale NO2 - Cantiere di Chioggia



Figura 26 Media annuale PM10 - Cantiere di Chioggia

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



Figura 27 Media annuale NO2 - Cantiere di Lido: vista completa della bocca (sopra) e zoom sui siti residenziali (sotto)

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



Figura 28 Media annuale PM10 – Cantiere di Lido

2.5.1 Approfondimento situazioni critiche

Dalle mappe sopra presentate, con particolare riferimento ai siti residenziali prossimi alle aree di cantiere, emerge un quadro di impatto di lungo periodo sostanzialmente poco significativo.

L'analisi che segue mira ad individuare in quali situazioni emissive e meteorologiche l'influenza dei cantieri sui recettori limitrofi raggiunge i valori più elevati, in particolare per quanto riguarda PM10 ed NO₂, per i quali sono previsti limiti tutela della popolazione da eventi acuti.

Una prima considerazione da fare nella ricerca delle condizioni critiche riguarda l'individuazione dei periodi di maggior emissione. Nei seguenti grafici di Figura 29 è riportato l'andamento mensile delle emissioni simulate per l'anno 2012 e delle corrispondenti concentrazioni stimate dal modello nei punti di massima ricaduta. Oltre a sottolineare nuovamente che i cantieri di Lido sono particolarmente attivi rispetto agli altri due siti, il grafico evidenzia, per tutte e tre le bocche di porto, un incremento delle emissioni di NO_x nel periodo da marzo a luglio. Tali contributi si sommano ad un background che invece tende a diminuire proprio nei mesi primaverili ed estivi sia per una attenuazione delle emissioni (in particolare si spengono le emissioni da riscaldamento) che per le diverse condizioni meteo-dispersive (l'aumento delle ore di insolazione genera un incremento del rimescolamento verticale e una maggior dispersione delle emissioni inquinanti). Per quanto riguarda il PM10, invece, l'andamento mensile delle emissioni è più omogeneo, con l'eccezione del calo emissivo a Lido da aprile per l'allagamento della tura.

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

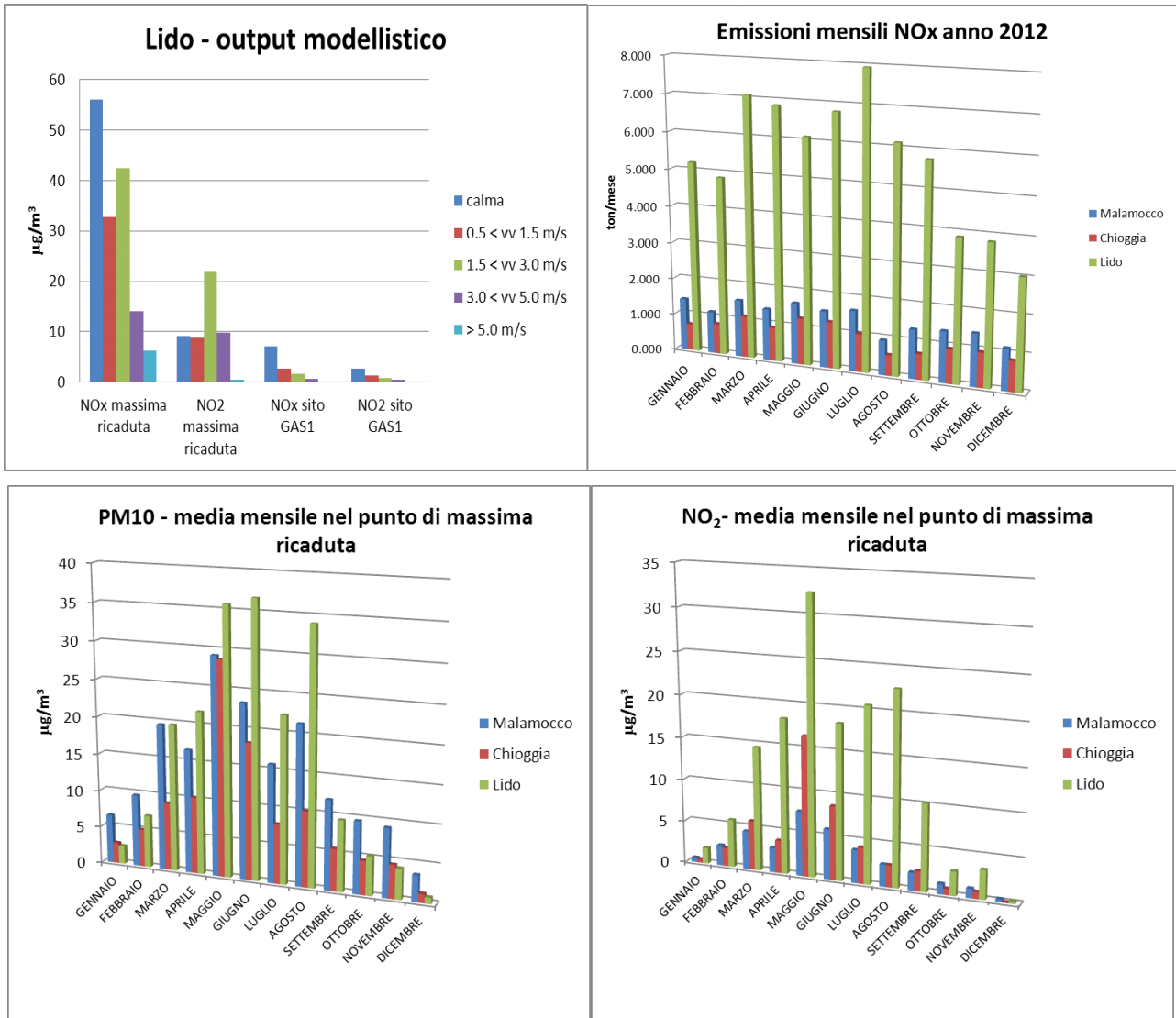


Figura 29 Emissioni e ricadute medie mensili

Dai grafici si nota come l'andamento delle ricadute risente della concomitanza di alcune situazioni meteorologiche che magnificano o smorzano l'effetto di incremento delle concentrazioni dovuto alla crescita dei ratei emissivi medi mensili. Nel sito di Lido, in particolare, la concentrazione media mensile di NO₂ è più elevata a maggio, nonostante le emissioni più alte si registrino a luglio: questo riflette il diverso peso nei due mesi delle condizioni non favorevoli alla dispersione.

Analizzando l'andamento delle ricadute degli ossidi di azoto NO_x ed NO₂ in funzione della variazione delle condizioni meteorologiche, si nota come le concentrazioni maggiori siano associate a condizioni meteorologiche stabili con vento debole. Si tratta in genere di condizioni notturne, ma la presenza del mare, con inerzia termica tale da creare condizioni molto più stabili di quelle sulla terraferma, induce nel modello meteorologico CALMET (preprocessore del modello di dispersione CALPUFF) l'instaurarsi, in alcuni casi, di condizioni molto stabili anche durante il giorno. È proprio in queste condizioni che il modello simula le ricadute maggiori, con particolare riferimento ai casi in cui si verificano contemporaneamente condizioni di calma di vento (trattate con uno specifico algoritmo di dispersione).

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

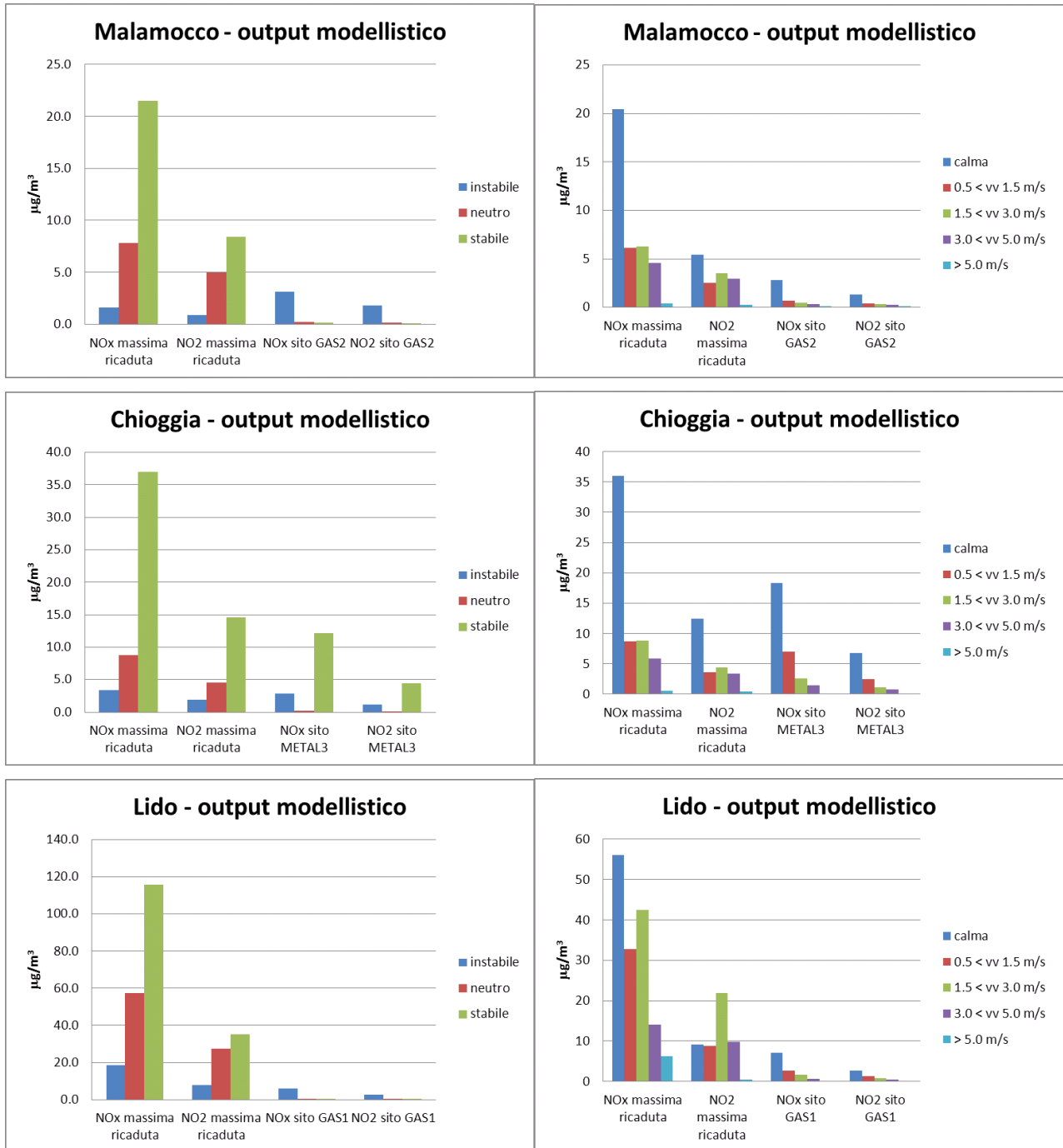


Figura 30 Concentrazione media stimata dal modello per stabilità atmosferica e per range di velocità del vento

Nei grafici di Figura 30 viene riportata la concentrazione media di NO_x ed NO₂ stratificata per condizioni di stabilità e per *range* di velocità del vento. L'atmosfera può essere classificata come instabile quando prevalgono condizioni di rimescolamento termico, stabile quando i moti verticali sono rallentati e l'atmosfera è fortemente stratificata, infine neutra quando prevale il rimescolamento meccanico ad opera dei venti più tesi. Gli istogrammi riportano, per le tre bocche di porto, la concentrazione media stimata dal modello nei punti di massima ricaduta (i punti, al di fuori delle aree di cantiere, in cui il modello stima il massimo valore della media annua) e nei punti recettori che coincidono con i punto di monitoraggio dei cantieri.

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

Sulla terraferma generalmente vi è un'alternanza tra condizioni stabili notturne e instabili diurne: a seconda dell'intensità della radiazione solare e del vento variano le intensità di tali condizioni di stabilità e instabilità. In presenza del mare invece l'azione della massa d'acqua (che trattiene e rilascia calore in modalità diverse rispetto al suolo) tende a mitigare sia l'instabilità diurna che la stabilità notturna. Nelle simulazioni effettuate il modello stima prevalentemente condizioni instabili (circa l'80% dei casi orari per i recettori che cadono in acqua o sulla linea di costa), ma fa registrare anche condizioni stabili diurne (sul totale di circa 15-16% dei casi orari, un 4-5% si verificano tra le ore 10 e le 15). È proprio in queste condizioni che il modello simula le ricadute più elevate. A titolo di esempio si riportano per il sito di Malamocco il giorno tipo delle concentrazioni di NO₂ nel punto di massima ricaduta stratificato per condizioni atmosferiche (Figura 31), mentre per il cantiere del Lido l'andamento mensile delle concentrazioni correlato con la persistenza nel punto di massima ricaduta di condizioni di stabilità atmosferiche diurne (e quindi concomitanti con l'attività di cantiere, Figura 32)

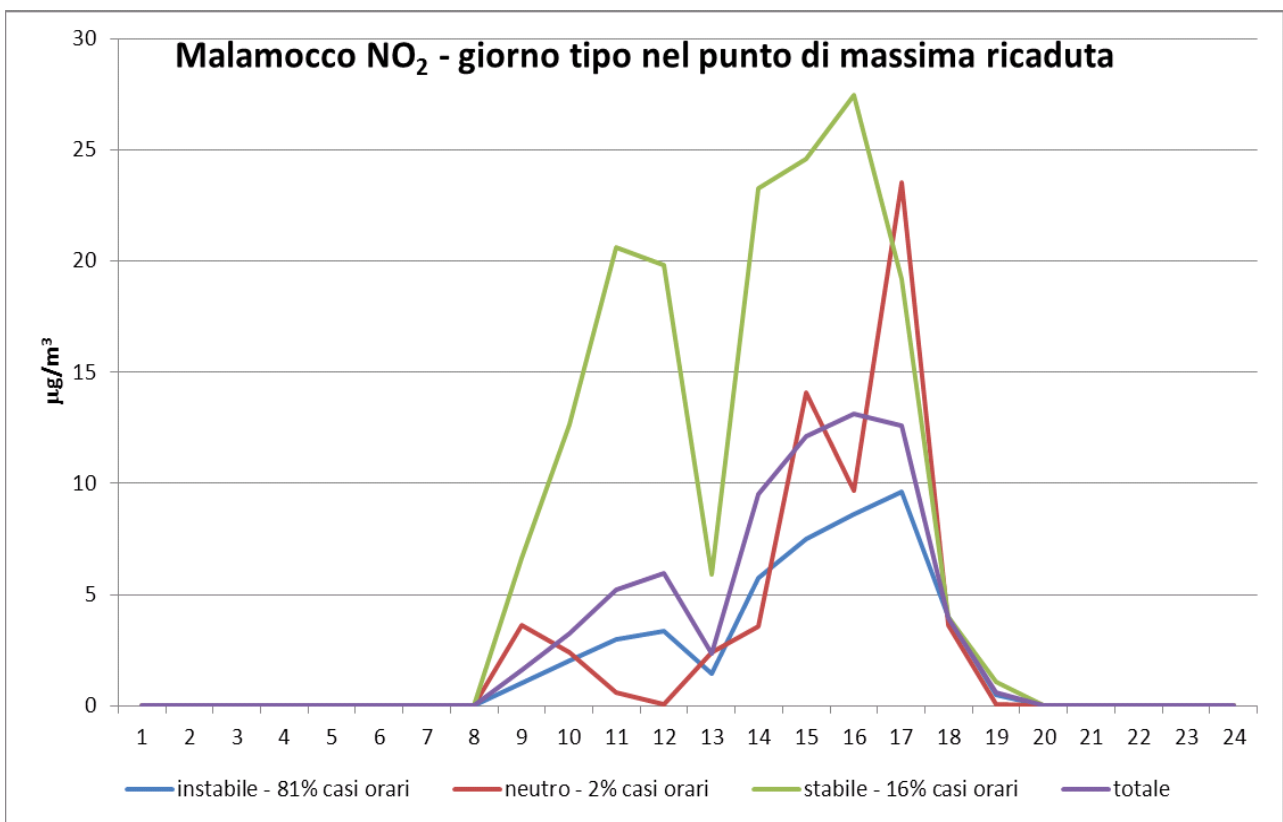


Figura 31 Andamento giornaliero delle ricadute per condizioni di stabilità atmosferica

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

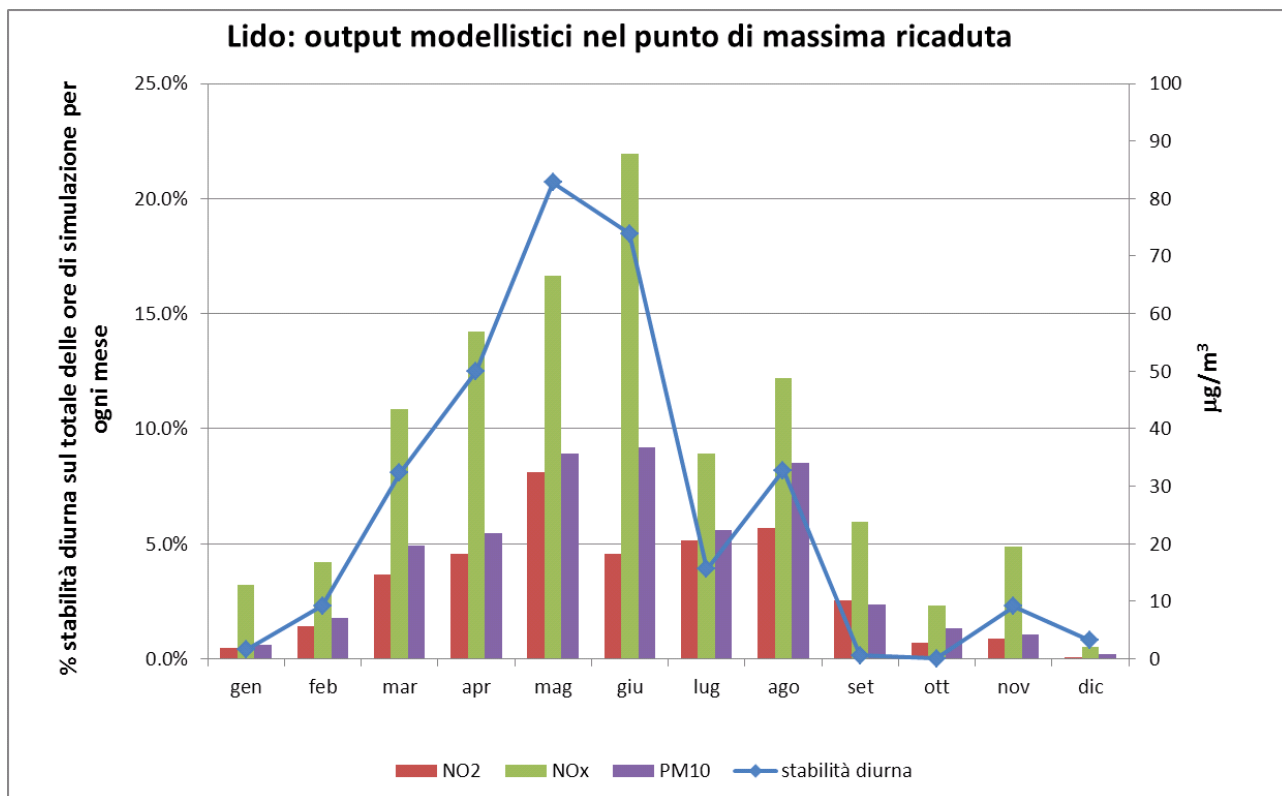


Figura 32 Andamento mensile delle ricadute e persistenza delle condizioni di stabili diurne

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

In riferimento al limite orario dell'NO₂ per la protezione della salute, nelle mappe di

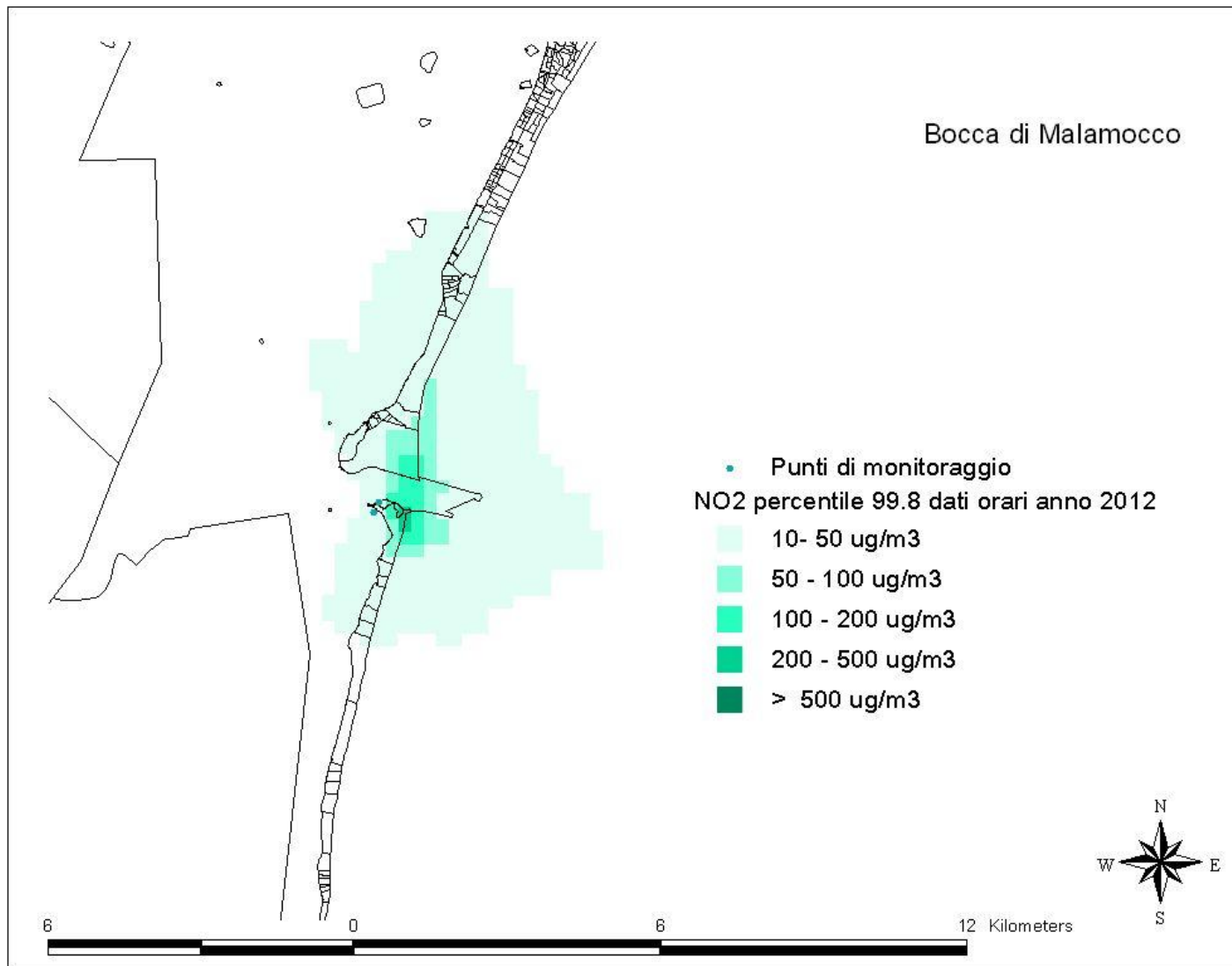


Figura 33, Figura 34 e Figura 35 si riportano per ogni punto del dominio il 99.8^{°5} percentile della serie oraria delle concentrazioni di NO₂ stimate dal modello per le tre bocche di porto. È evidente dalle mappe che la presenza di queste condizioni di stabilità atmosferica comporta picchi di concentrazione tali da evidenziare, per i cantieri di Lido, un rischio di superamento del limite orario, in particolare per alcuni siti residenziali presenti nella parte sud-ovest dell'isola di Sant'Erasmus, fino a lambire il centro urbano. Tenendo conto che al contributo del modello si sommano i contributi relativi a tutte le altre sorgenti emissive presenti nel dominio, il modello indica che, nell'area in esame, sia elevato il rischio di superamento del limite di breve periodo.

⁵ Il 99.8° percentile corrisponde al 19° massimo della serie oraria: tale valore può essere confrontato con il limite orario di 200 µg/m³, che si intende superato se si verificano più di 18 superamenti l'anno (DLgs 155/2010).

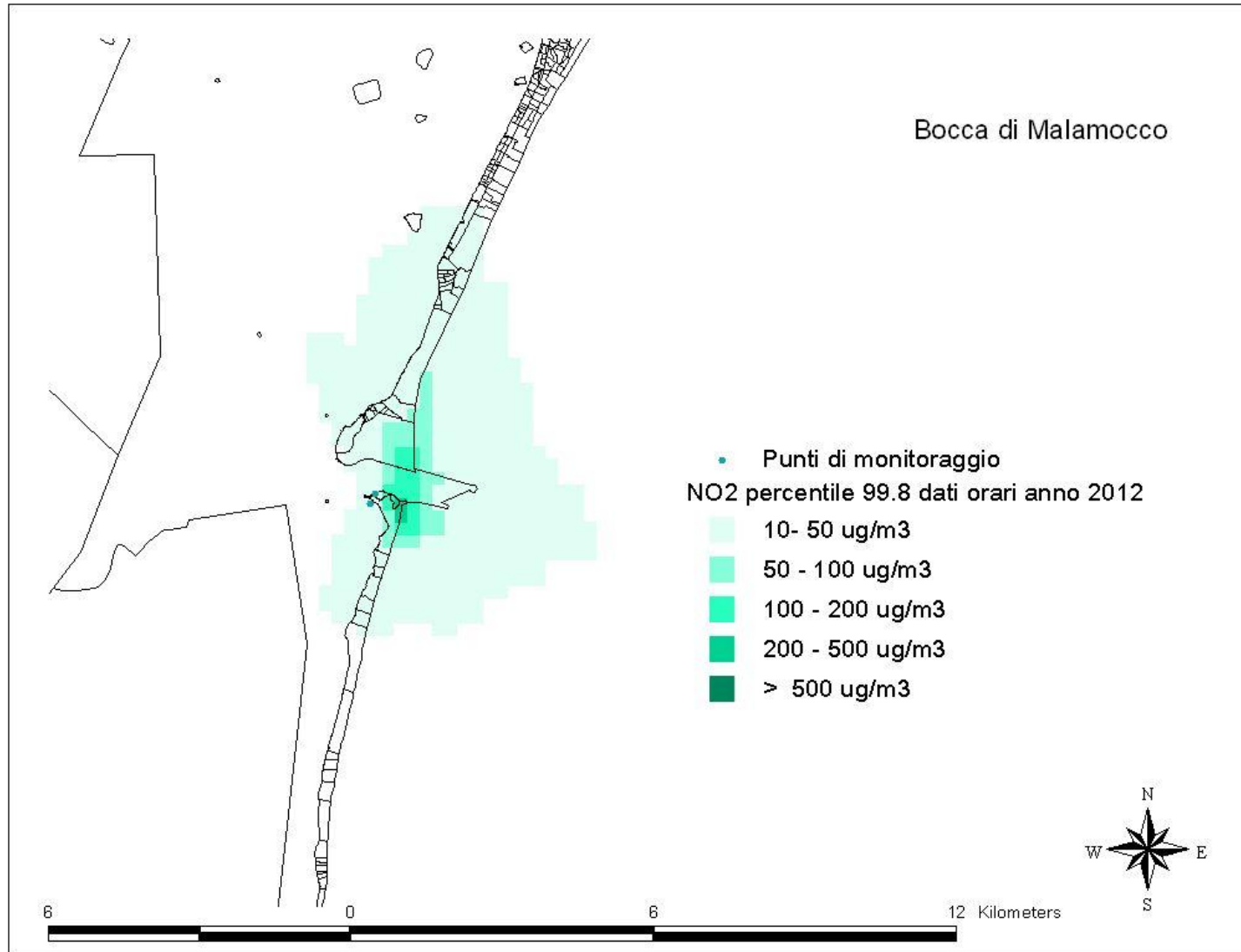
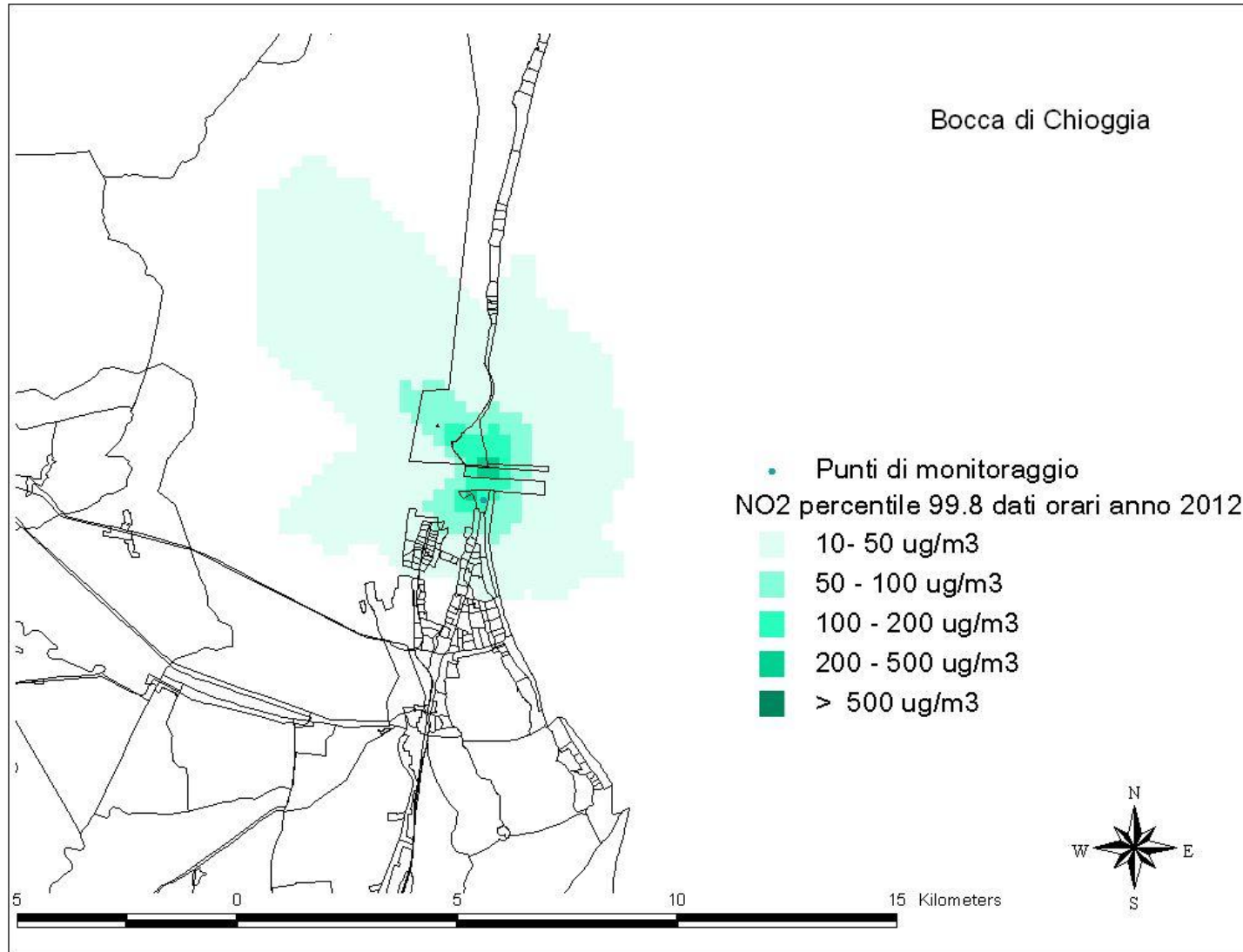


Figura 33 Percentile 99.8° delle concentrazioni di NO2 - bocca di Malamocco

Figura 34 Percentile 99.8° delle concentrazioni di NO₂ - bocca di Chioggia

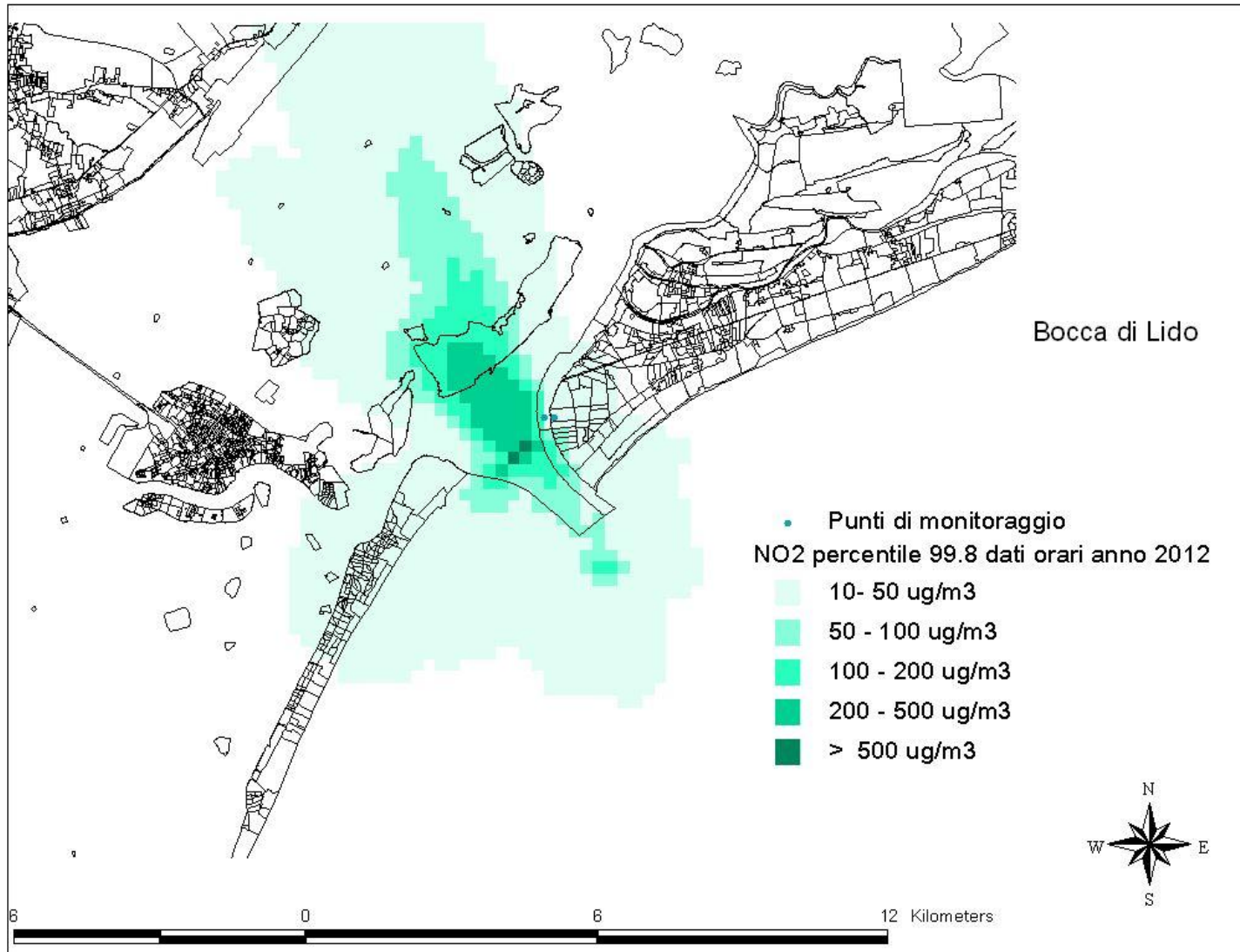


Figura 35 Percentile 99.8° delle concentrazioni di NO2 - bocca di Lido

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

Analizzando invece le concentrazioni giornaliere di PM10, risulta evidente che l'attività di cantiere genera emissioni polverulente particolarmente intense sulle piste di passaggio dei mezzi e nelle zone di lavorazione; tali emissioni tendono a decadere molto velocemente allontanandosi dal luogo di produzione. Nei grafici di

sono riportati, per ogni bocca di porto, gli andamenti giornalieri simulati dal modello nei punti di massima ricaduta e presso i siti di monitoraggio individuati come punti recettori limitrofi ma non interni alle zone di lavoro. In ognuno dei grafici per confronto viene riportato anche l'andamento giornaliero delle polveri registrate presso il sito di misura di Punta Sabbioni.

Le concentrazioni di PM10 primario stimate dal modello all'interno delle aree di cantiere sono superiori ai valori di fondo, rappresentati come migliore approssimazione dalla misura di Punta Sabbioni, e sono dovuti essenzialmente al risollevarimento meccanico per il passaggio di mezzi. Tale "nube" polverulenta interessa comunque principalmente il sito di lavorazione: le concentrazioni stimate per i siti di Santa Maria del Mare per Malamocco (GAS2), del Circolo Vela di Punta Sabbioni per Lido (GAS1) e METAL3 di Chioggia (si veda Rapporto Finale, matrice aria) del 2011, infatti rilevano un contributo limitato a qualche $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al giorno. Le concentrazioni più alte si stimano nel caso di Chioggia in cui il sito recettore è molto prossimo alle aree di cantiere.

Dai grafici sopra presentati emerge che durante le condizioni meteorologiche più critiche, in cui i livelli ambientali di PM10 sono al di sopra del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il contributo del cantiere sui siti recettori (curve in verde nei grafici da

) è poco significativo, mentre i contributi leggermente più alti si stimano nel periodo primaverile ed estivo quando le concentrazioni ambientali sono in netta diminuzione. In Tabella 9 sono riportati sia il 36° massimo giornaliero della serie annuale sia i massimi giornalieri nei 3 quadrimestri, per le stazioni di misura (Punta Sabbioni e la stazione fissa ARPAV di Sacca Fisola) e per le stime modellistiche nei punti di massima ricaduta (a bordo cantiere) e presso i punti recettori.

Tabella 9. Massimi giornalieri di PM10 misura - modello

Massimi giornalieri	Misura		Modello					
	ARPAV Sacca Fisola	MOSE Punta Sabbioni	Malamocco punto max. ricaduta	Malamocco GAS2	Chioggia punto max. ricaduta	Chioggia METAL3	Lido punto max. ricaduta	Lido GAS1
36° massimo giornaliero	64	61	29	2	23	7	41	3
massimo giornaliero nel 1° quadrim.	85	100	23	2	16	6	37	4
massimo giornaliero nel 2° quadrim.	36	26	43	2	39	8	82	2
massimo giornaliero nel 3° quadrim.	62	57	18	1	10	7	16	2

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

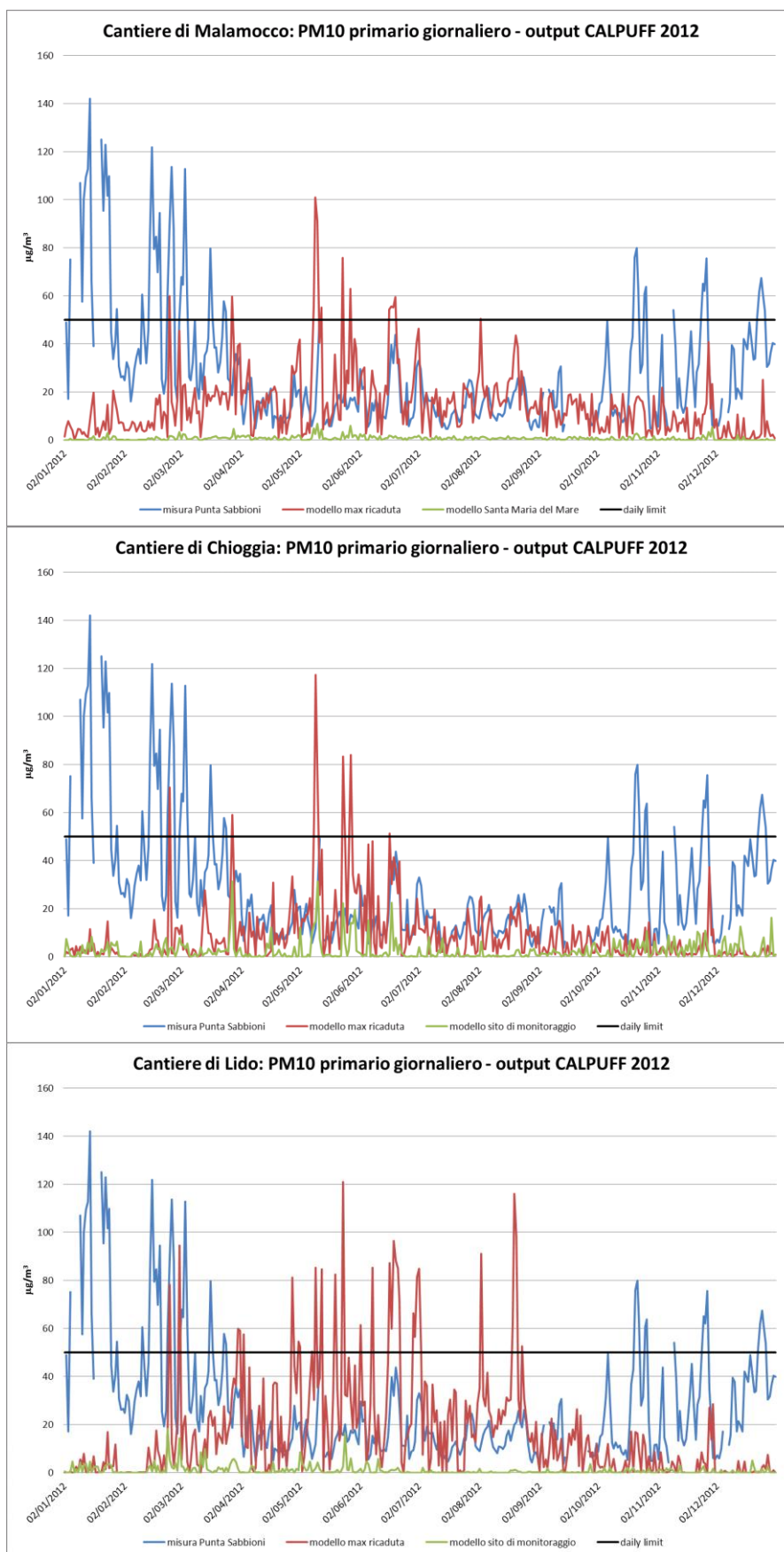


Figura 36 Andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10 e confronto con il limite di protezione della salute

2.5.2 Confronti misure – modello

Le stime modellistiche sono messe a confronto con i dati di monitoraggio disponibili per il 2012.

In particolare per i gas NO_x/NO₂ sono state effettuate 6 campagne di monitoraggio:

- 3 alla bocca di Lido, presso il Circolo Vela a Punta Sabbioni (sito denominato GAS1), nei seguenti periodi: 3-10 giugno, 24 giugno-1 luglio e 16-24 settembre;
- 3 alla bocca di Malamocco, presso la casa di cura di Santa Maria al Mare (sito denominato GAS2), nei seguenti periodi: 20-27 maggio, 30 settembre-8 ottobre e 21-29 ottobre.

Per il PM10 sono disponibili invece le misure effettuate dalla stazione fissa di Punta Sabbioni, che ha registrato le concentrazioni orarie di durante tutto l'anno 2012.

Per la corretta interpretazione degli esiti del confronto misura-modello è importante tenere presente che lo strumento modellistico stima la sola quota di NO_x, NO₂ e PM10 primario direttamente connessa alle attività di lavorazione del cantiere e al risollevarimento. Il dato registrato nei siti di monitoraggio, invece, non solo è integrato per tutte le sorgenti che in misura maggiore o minore influiscono sui livelli ambientali dell'area di indagine, ma è anche comprensivo, per quanto riguarda in particolare il PM10, delle componenti di origine secondaria che si formano in atmosfera a partire dai precursori gassosi.

Preliminarmente al confronto con le stime modellistiche è stata dunque svolta un'analisi esplorativa dei dati di monitoraggio con stratificazione secondo la classificazione di giornate lavorative del cantiere e non lavorative. Le giornate lavorative sono quelle comunicate dalla Direzione Lavori e considerate nella simulazione modellistica con emissioni per le specifiche ore lavorative.

Per quanto riguarda le campagne di monitoraggio di NO₂/NO_x, delle 24 giornate di misura a disposizione, per un totale di 576 misure orarie presso ciascun sito, le giornate non lavorative sono 6 a Malamocco e 4 a Lido (a Lido infatti nel 2012 i cantieri sono rimasti attivi spesso anche di domenica).

In Figura 37 si osserva come per il sito di Santa Maria del Mare a Malamocco la media delle concentrazioni orarie delle giornate lavorative sia maggiore rispetto a quella delle giornate non lavorative, sia per NO_x che per NO₂, mentre per il sito di Punta Sabbioni è la media delle concentrazioni delle giornate non lavorative ad essere maggiore, soprattutto per NO₂ (mentre per NO_x la differenza è minima).

Questa prima osservazione è importante in quanto inquadra da subito la difficoltà a discernere dalle misure il contributo del cantiere, per il corretto confronto con le stime modellistiche.

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

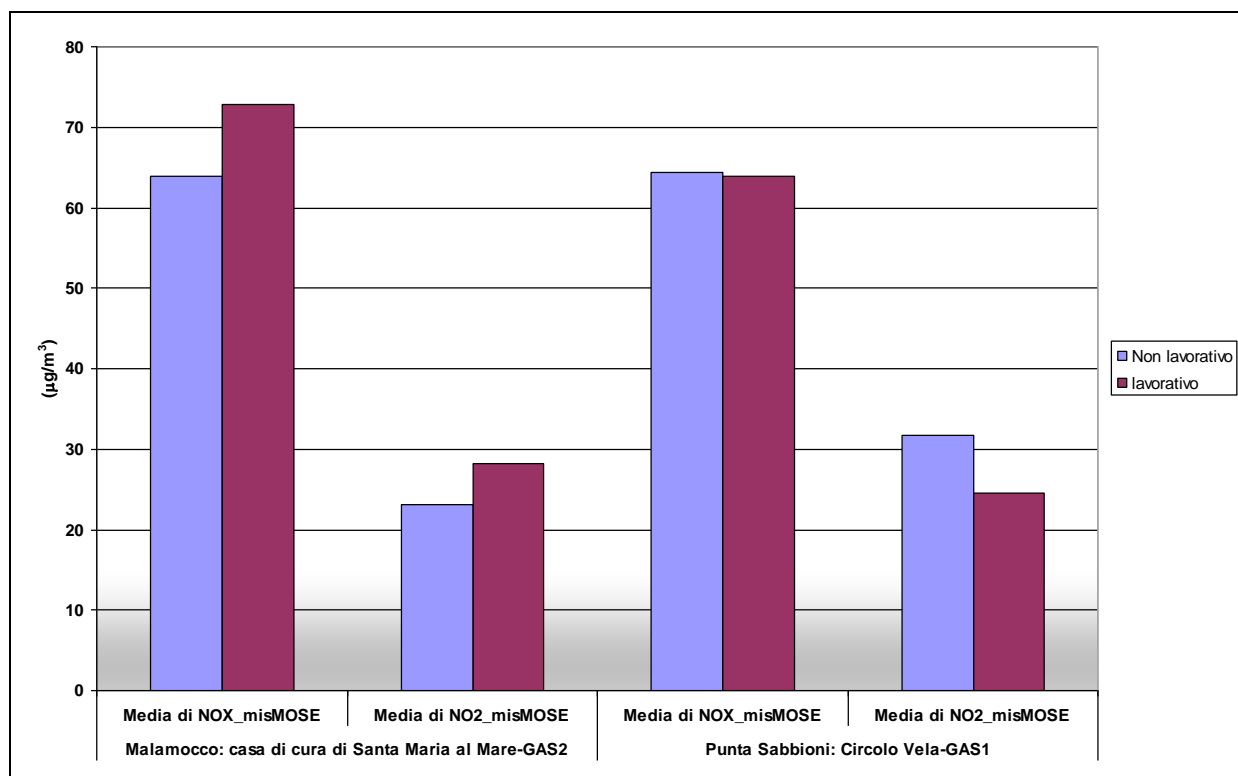


Figura 37 NOx e NO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]: media delle concentrazioni orarie misurate di durante le campagne 2012 a Malamocco e Lido, differenziate tra giorni lavorativi e non lavorativi.

Focalizzando l'analisi sul sito di Malamocco, la Figura 38 riporta le concentrazioni di NOx orarie mediate per ore del giorno (cosiddetto "giorno tipo") relative al periodo delle 3 campagne di monitoraggio. Il grafico affianca la serie delle medie orarie delle misure differenziate per giorno lavorativo e non lavorativo, con gli output modellistici, ovviamente relativi ai soli giorni di attività del cantiere. L'output modellistico è anch'esso differenziato in 2 serie: la serie delle stime in corrispondenza del punto di monitoraggio (punto GAS2) e la serie delle stime nel punto in cui per la bocca di Malamocco è stato indicato dal modello nel punto di massima ricaduta (massimo valore spaziale della media annua).

Le concentrazioni medie orarie di NOx misurate variano nel range 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un andamento a campana con il massimo per i giorni lavorativi a mezzogiorno e anticipato alle ore 10 per i giorni non lavorativi. La massima differenza oraria tra le concentrazioni misurate nei giorni lavorativi rispetto a quelle misurate nei giorni non lavorativi è di 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le medie orarie delle stime modellistiche seguono invece il profilo temporale che è stato imposto alle emissioni considerando l'inizio dei lavori alle 8, la pausa pranzo tra le 12 e le 13, e la chiusura del cantiere al massimo alle 17, come da indicazioni della Direzione Lavori. Il massimo valore medio orario stimato dal modello sul punto di misura è circa 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre sul punto di massima ricaduta il valore massimo orario del giorno tipo stimato dal modello è di circa 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'elaborazione del "giorno tipo" per l'NO₂ sul periodo delle campagne di misura di Malamocco ritrae un andamento simile a quello registrato per gli NOx (Figura 39).

Le concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate variano nel range 14-45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un andamento a campana con il massimo a mezzogiorno. La massima differenza oraria tra le concentrazioni misurate nei giorni lavorativi rispetto a quelle misurate nei giorni non lavorativi è di 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Le medie orarie delle stime modellistiche seguono anche per l'NO₂ il profilo temporale che è stato imposto alle emissioni sopra descritto. Il massimo valore medio orario stimato dal modello sul punto di misura si mantiene al di sotto di 2 μg/m³, mentre sul punto di massima è di circa 22 μg/m³

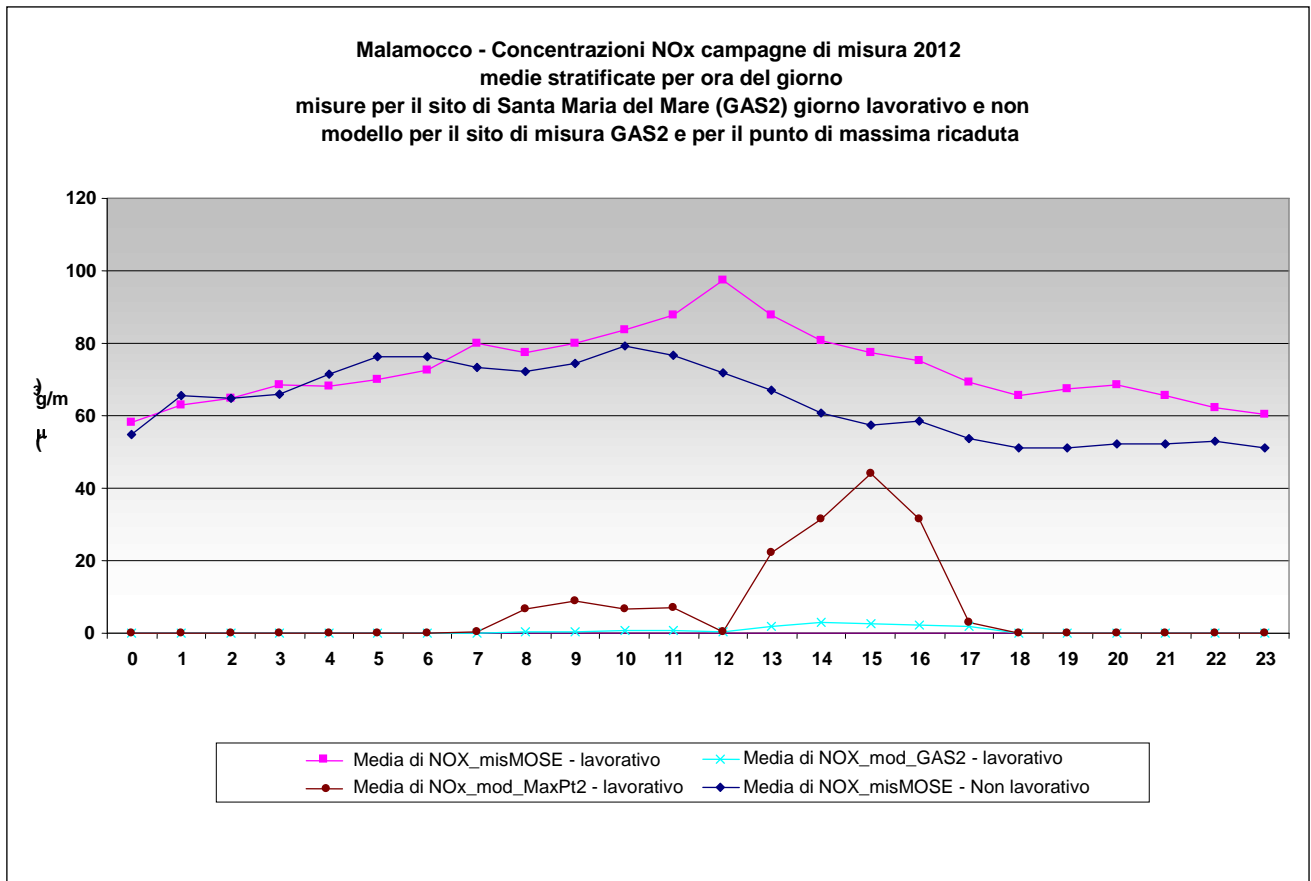


Figura 38 Concentrazioni di NOx [μg/m³]: giorno-tipo delle 3 campagne di misura 2012 a Malamocco

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

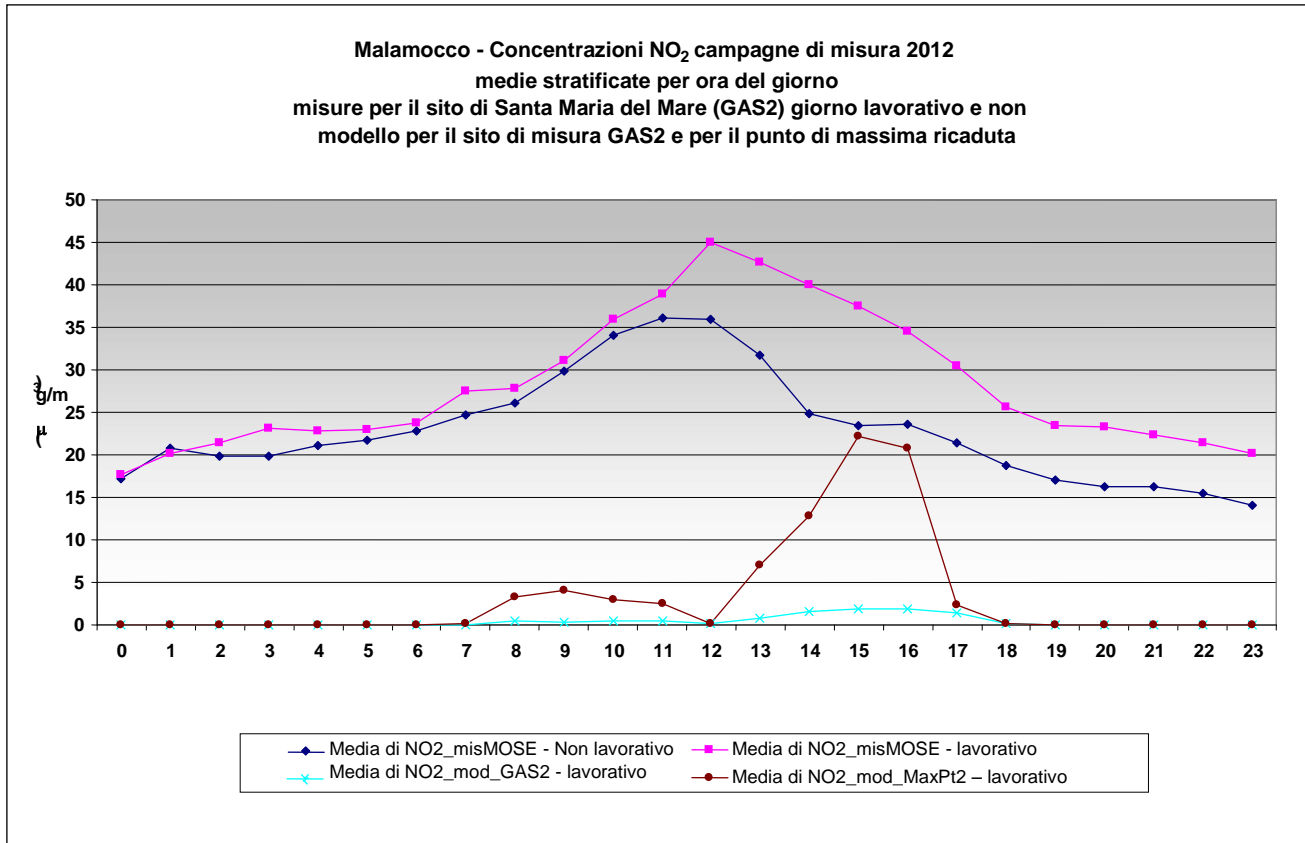


Figura 39 Concentrazioni di NO₂ [µg/m³]: giorno-tipo delle 3 campagne di misura 2012 a Malamocco.

Focalizzando ulteriormente il confronto modello-misura per il solo periodo giornaliero in cui si è considerato attivo il cantiere e per i soli settori di provenienza del vento che vedono appunto il sito GAS2 di Santa Maria del Mare investito dalle emissioni dei cantieri, il riscontro tra stime modellistiche e misure risulta piuttosto buono, come di seguito descritto.

Il diagramma a radar di Figura 40 ritrae le concentrazioni di NO_x stimate dal modello sul punto di misura GAS2 di Santa Maria del Mare per i soli giorni lavorativi del periodo delle campagne di misura 2012 e per la fascia lavorativa giornaliera 8-17. Le concentrazioni sono mediate sui settori di provenienza del vento ricavati dal modello meteorologico CALMET sui punti in esame, a formare appunto la cosiddetta "rosa delle concentrazioni".

Al di là di una piccolissima componente da ENE che si individua nella rosa delle concentrazioni, i risultati modellistici individuano i settori SE e ESE di provenienza del vento come i settori per cui il sito GAS2 viene investito dai *plume* generati dalle emissioni di cantiere, puntando dunque essenzialmente alla zona di cantiere di spalla SUD.

La massima concentrazione media di NO_x è stimata per il settore ESE con poco più di 7 µg/m³, mentre per il settore di provenienza del vento SE la stima modellistica è di poco meno di 6 µg/m³. La media pesata secondo le frequenze di accadimento risulta essere di 6.4 µg/m³.

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

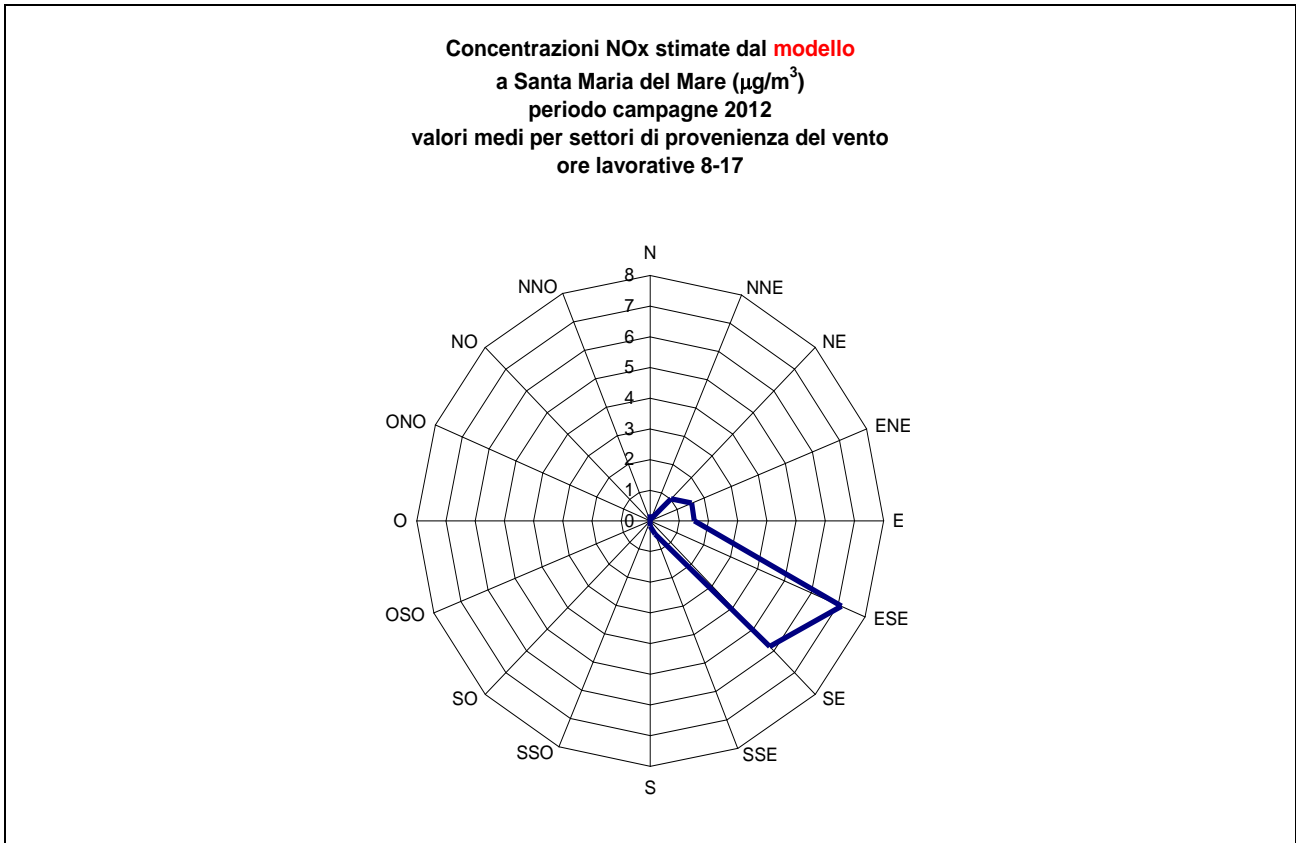


Figura 40 Rosa delle concentrazioni di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] stimate dal modello sul punto di misura GAS2 a Santa Maria del Mare per il periodo delle campagne 2012. Medie sulle sole giornate lavorative, fascia oraria 8-17.

Estraendo dalle misure sul sito GAS2 le concentrazioni di NO_x misurate nella medesima fascia lavorativa 8-17 e stratificando le concentrazioni medie per settori di provenienza del vento sui giorni lavorativi e non lavorativi, si ottiene la rosa delle concentrazioni di Figura 41.

Sui settori ESE e SE individuati dagli output modellistici come quelli che vedono il punto di misura investito dai *plume* di emissione, la differenza di concentrazione di NO_x per le giornate lavorative e non lavorative è di 19 e 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente, con media pesata secondo la frequenza di accadimento di 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Considerando che le concentrazioni misurate, per quanto selezionate sui giorni lavorativi e sulla fascia oraria del cantiere, risentono di tutte le altre sorgenti emissive dell'area non inserite nella modellazione, si ritiene che il confronto tra i 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della stima modellistica e i 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la differenza lavorativo - non lavorativo delle misure dimostri una buona *performance* della catena modellistica.

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

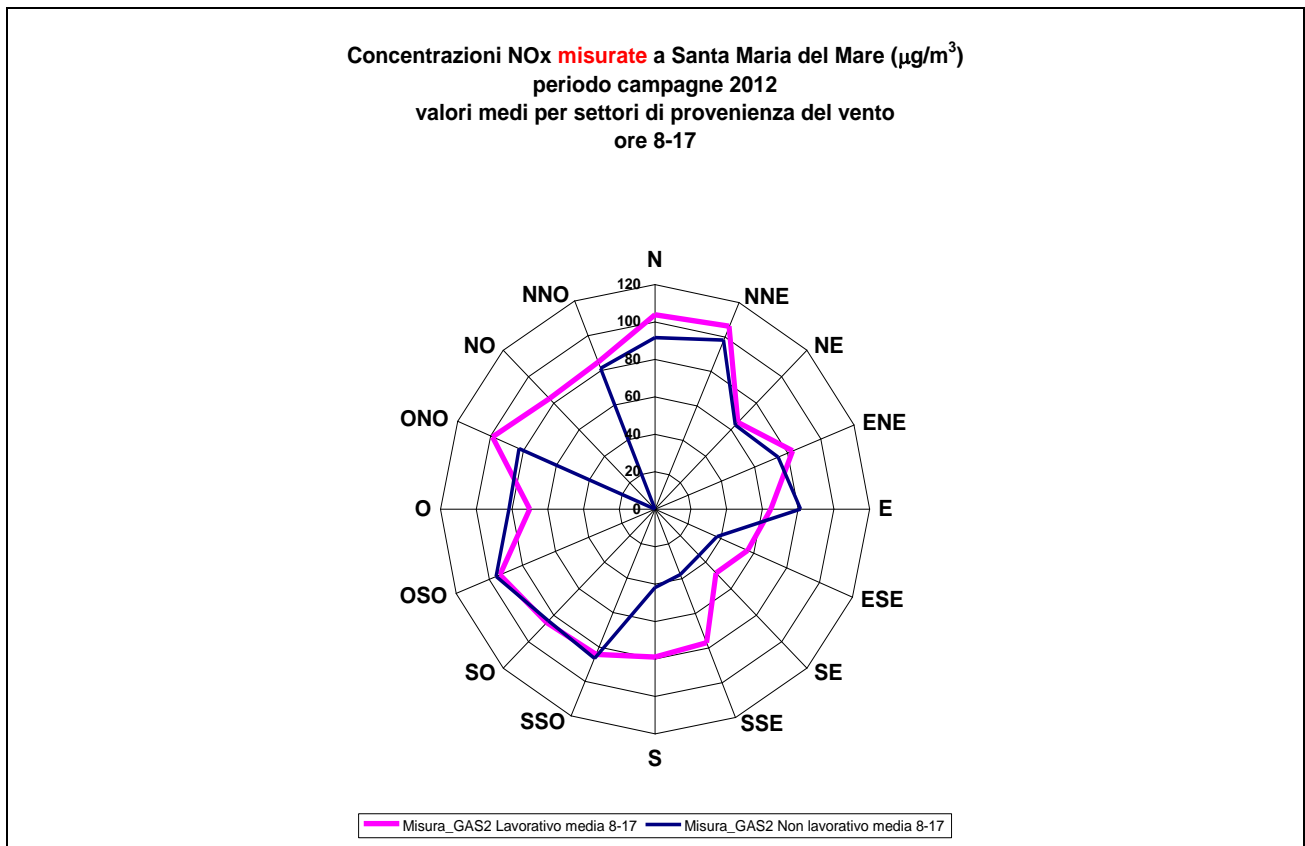


Figura 41 Rosa delle concentrazioni di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] misurate a Santa Maria del Mare per il periodo delle campagne 2012. Medie sulla fascia oraria 8-17.

A Lido il confronto misura - modello è stato svolto per il punto di misura a Punta Sabbioni - Circolo Vela, dove è ubicata la stazione fissa di monitoraggio (sito GAS1).

In Figura 42 è riportato il giorno tipo delle concentrazioni di NO_x relativa al periodo delle 3 campagne di monitoraggio di Lido. Il grafico affianca la serie delle medie orarie delle misure differenziate per giorno lavorativo e non lavorativo e gli output modellistici relativi ai soli giorni di attività del cantiere sul medesimo punto.

Le concentrazioni medie orarie di NO_x misurate variano nel *range* 45-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il massimo valore medio orario stimato dal modello sul medesimo punto di misura è di circa di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La stratificazione delle misure tra giorni lavorativi e giorni lavorativi fa emergere un lieve slittamento nei giorni lavorativi dei massimo orari verso la tarda mattinata e un protrarsi di concentrazioni elevate per più ore. Questo segnale può essere messo in relazione con l'effetto del cantiere, come indicherebbe la concentrazione stimata dal modello.

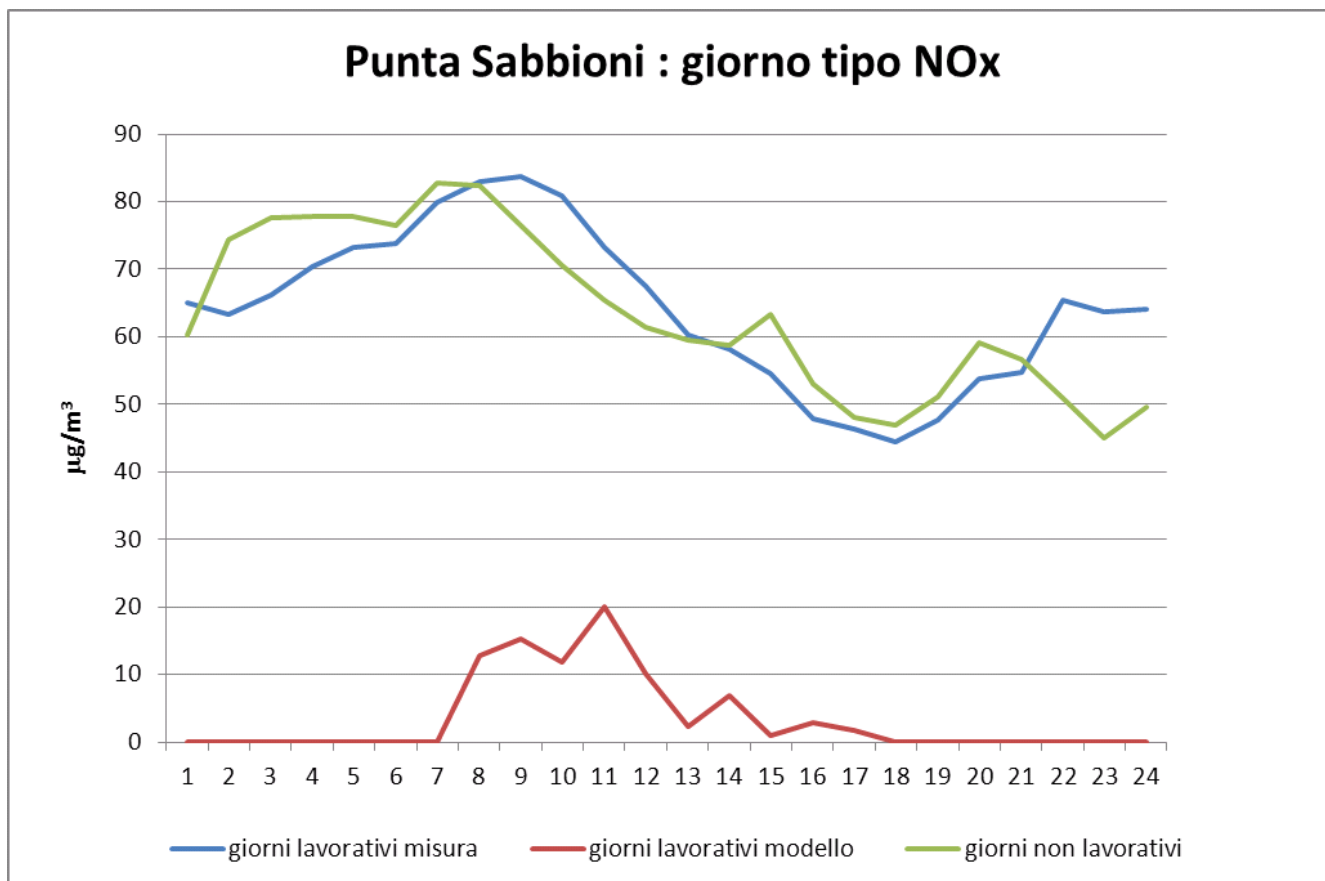


Figura 42 Concentrazioni di NOx [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]: giorno-tipo delle 3 campagne di misura 2012 a Lido (3-10 giugno, 24 giugno-1 luglio e 16-24 settembre). Misure per il sito di Punta Sabbioni - Circolo vela (sito GAS1) differenziate tra giorni lavorativi e non lavorativi e stime modellistiche sul punto di misura GAS1, per i soli giorni lavorativi.

Anche per Lido è stato svolto un approfondimento sulle direzioni di provenienza del vento e sulle corrispondenti concentrazioni misurate e stimate dal modello.

Il diagramma a radar di Figura 43 ritrae le percentuali di provenienza del vento dai vari settori per le misure dell'anemometro posto nella stazione di monitoraggio di Punta Sabbioni e per il vento stimato dal modello meteorologico CALMET sul medesimo punto. Si osserva una buona corrispondenza della ricostruzione modellistica rispetto alle registrazioni dell'anemometro, soprattutto se si considera che le misure non sono disponibili per tutte le ore dell'anno.

Considerando la posizione della stazione di monitoraggio e la posizione dei cantieri, il grafico delle rose dei venti dimostra che il sito è solo raramente sottovento rispetto ai *plume* emissivi provenienti dal cantiere: direzioni OSO, SO e SSO.

Questo aspetto è evidente anche nella "rosa delle concentrazioni" ritratta per le stime modellistiche e per la misura di Figura 44. Nel grafico si osserva infatti che la stima modellistica assume valori non nulli solo per le direzioni di provenienza del vento OSO, SO e SSO. Si precisa che nel grafico, poiché i dati utili del periodo di monitoraggio sono molto pochi, la rosa delle misure si riferisce a tutte le concentrazioni registrate nel periodo di monitoraggio, senza differenziazioni tra cantiere attivo e non.

Se si confrontano dunque i valori stimati dal modello, che variano tra 50 e 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente per le direzioni SO e SO-SSO, e la misure, che vedono sulle medesime direzioni valori tra 60 e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si può considerare che la stima modellistica sia per il caso del sito del Lido

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

anche fin troppo cautelativa. La stazione di monitoraggio, infatti, è plausibilmente investita da quelle direzioni anche dai pennacchi delle navi che transitano attraverso la bocca.

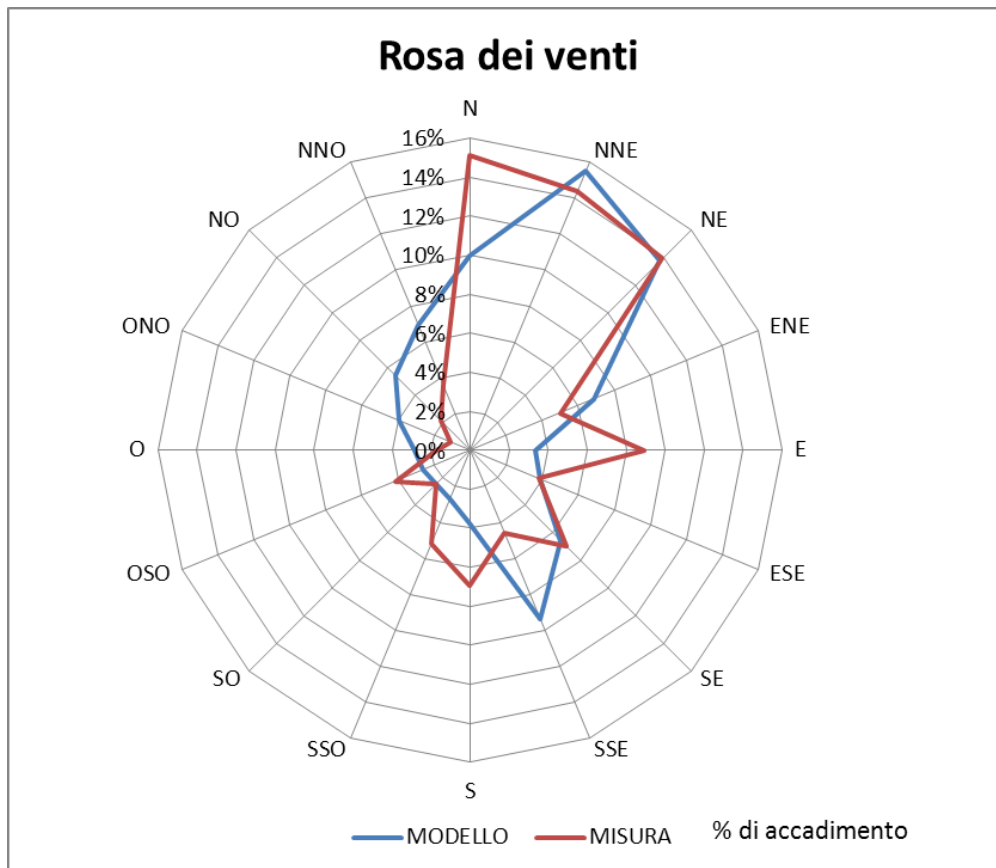


Figura 43 Rosa dei venti misurata e modellizzata presso il sito della stazione di monitoraggio di Lido -Punta Sabbioni- sito GAS1.

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

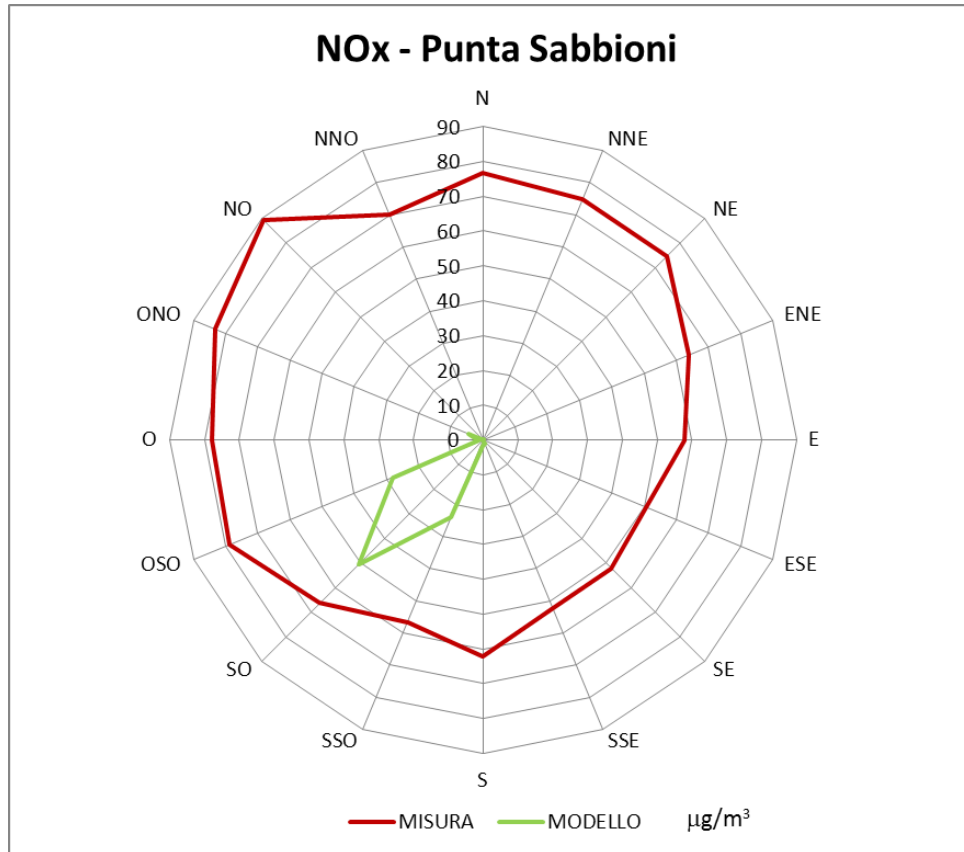


Figura 44 Rosa delle concentrazioni di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Punta Sabbioni per il periodo delle campagne 2012. Misure e stime modellistiche.

In Figura 45 le concentrazioni di PM10 misurate in continuo presso la stazione di Punta Sabbioni vengono poste a confronto con le concentrazioni stimate dal modello (somma di PM10 emesso dai mezzi di cantiere e PM10 da risollelamento), sempre sullo stesso punto. Il grafico ritrae le concentrazioni medie sulle ore del giorno per tutto l'arco annuale ("giorno-tipo").

Le concentrazioni medie orarie delle misure vanno da un minimo di circa 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle ore del primo pomeriggio, quando è massimo il rimescolamento diurno, ad un massimo di oltre 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle prime ore prima dell'alba. Il modello stima invece la concentrazione massima oraria verso le ore 18, al chiudersi della giornata lavorativa che a volte coincide con l'instaurarsi di condizioni stabili, con conseguente innalzamento delle concentrazioni al suolo. Diversamente dal caso dei gas, si precisa inoltre che il modello mantiene l'emissione attiva anche in orario notturno, in quanto viene modellizzato il risollelamento eolico dalle aree sterrate.

In merito al confronto tra l'ordine di grandezza delle misure e quello delle stime modellistiche, si ribadisce quanto già commentato per i gas NOx/NO₂, ovvero che, mentre la stima modellistica si riferisce al solo contributo del cantiere, la misura registra il contributo di tutte le sorgenti emissive dell'area. Nel caso della misura delle polveri, inoltre, è importante ricordare che, mentre il modello simula la sola componenti primaria delle polveri, un'importante quota delle polveri atmosferiche è costituita da particolato secondario, dovuto alla reazione in atmosfera dei gas precursori che si trasformano in ioni o di composti organici volatili che condensano o coagulano.

Nel tentativo ancora una volta di "isolare" il segnale del cantiere anche nelle misure di PM10, si propone il diagramma a radar di Figura 46. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, in cui le misure di PM10 misurate nel corso dell'intero 2012 presso la stazione di Punta Sabbioni sono stratificate per direzione di provenienza del vento.

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

Alla “rosa delle concentrazioni” delle misure è affiancata la “rosa delle concentrazioni” del modello.

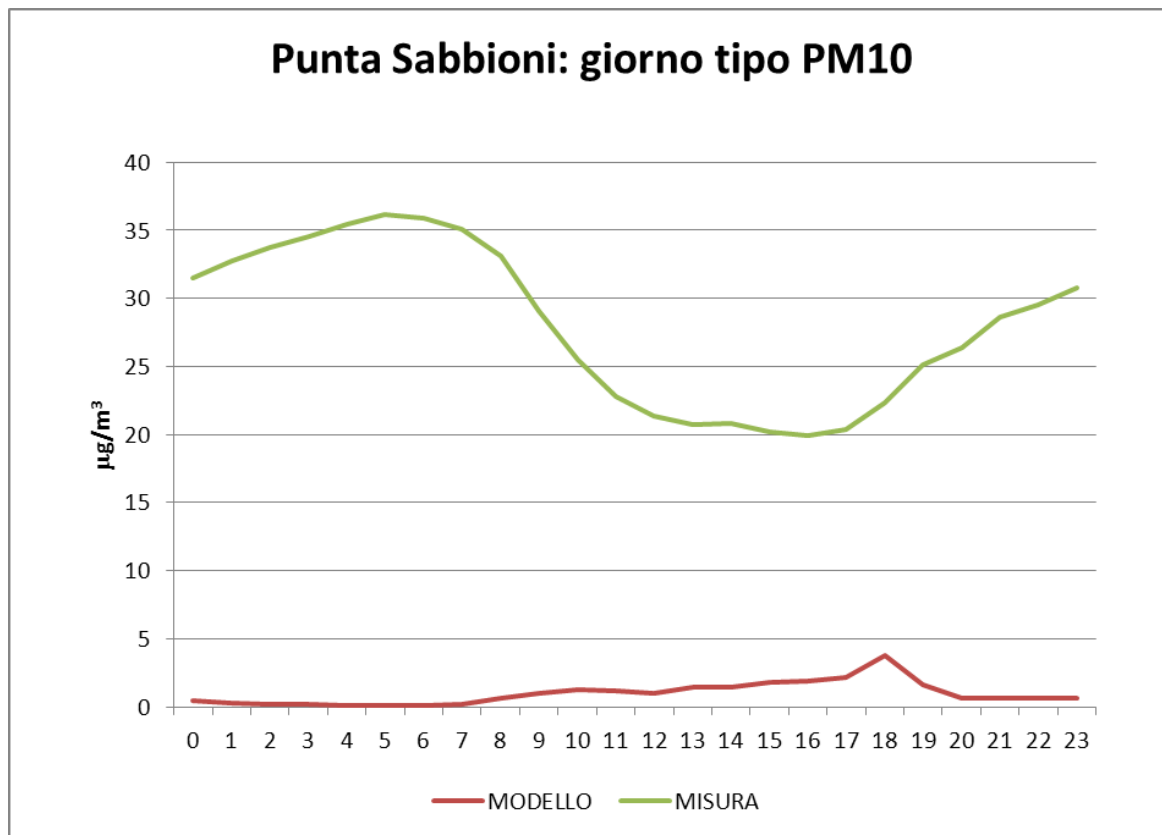


Figura 45 Concentrazioni di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]: giorno-tipo per il sito di Punta Sabbioni- Circolo vela (sito GAS1): misure della stazione fissa di monitoraggio e stime modellistiche sul medesimo punto.

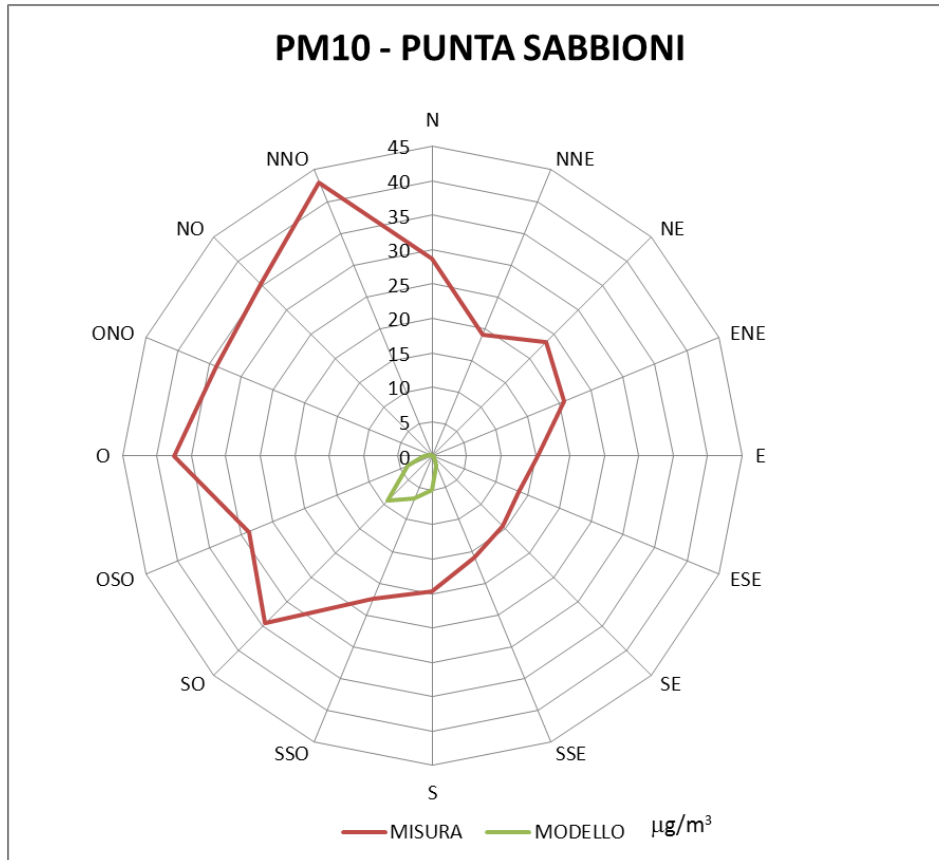


Figura 46 Rosa delle concentrazioni di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Punta Sabbioni per l'anno 2012. Misure e stime modellistiche.

Il modello vede il massimo contributo del cantiere nella direzione SO con un valore medio di settore di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le misure indicano invece che la direzione NNO è quella che investe la stazione di monitoraggio con *plume* maggiormente inquinati (quasi $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la media per questo settore). A questa direzione corrisponde sia la città insulare che l'entroterra urbano. L'effetto di "pulizia" dei venti provenienti dal mare è invece evidente nelle concentrazioni minime registrate per tutti i settori E.

Come segnale che invece proviene dai cantieri potrebbe essere interpretata la componente da SO delle misure che presenta infatti un aumento proprio di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto all'adiacente direzione di OSO.

Se si considera che questa "corrispondenza" tra i $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimati dal modello e i $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della componente delle misure in direzione SO e se si tiene in considerazione che la misura integra l'importante componente secondaria delle polveri PM10 e che al tempo stesso la misura vede tutte le altre sorgenti che possono provenire da quella direzione (in primis il transito delle navi dalla bocca di porto), si ritiene che la stima modellistica svolta possa essere considerata anche per il caso delle polveri PM10 di tipo cautelativo.

3 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono descritti i risultati delle simulazioni modellistiche relative alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di cantiere del MOSE nell'anno 2012.

Le simulazioni modellistiche, svolte con la catena modellistica CALMET-CALPUFF, hanno riguardato le emissioni dovute all'impiego di macchinari e mezzi sia di terra che di acqua, nonché le emissioni polverulente dovute al risollevo e al movimento eolico e meccanico per il passaggio dei mezzi nelle aree dei cantieri.

Gli inquinanti modellati sono i gas NO_x/NO₂ e le polveri PM₁₀ primarie, per i quali sono state simulate le concentrazioni per l'intero anno 2012, con l'approfondimento per le polveri PM₁₀ delle concentrazioni di quadrimestre.

Il rapporto presenta un'analisi specifica delle situazioni meteorologiche critiche a cui si associano le stime di maggiori concentrazioni orarie e giornaliere al suolo, nonché il confronto con i dati di misura disponibili per l'anno in questione.

Per quanto riguarda i gas NO_x/NO₂ le maggiori concentrazioni sono state stimate per la bocca di Lido, dove nel corso dell'anno 2012 si è avuta un'attività cantieristica più consistente.

La massima concentrazione media annua a Lido, escludendo le aree interne ai cantieri, è di circa 13 µg/m³ per NO₂ e di 35 µg/m³ per NO_x, valori stimati sul tratto di mare in prossimità dell'isola artificiale.

A causa delle condizioni meteo e della posizione dei punti recettori rispetto alla linea di costa e ai confini dei cantieri, le concentrazioni medie annue di Chioggia per NO_x e NO₂, rispettivamente di 4 e 9 µg/m³, sono maggiori di quelle stimate a Malamocco, rispettivamente di 3 e 6 µg/m³, nonostante un'emissione calcolata per i mezzi di cantiere maggiore in quest'ultima bocca.

Il punto di massima ricaduta per Chioggia è individuato dal modello subito a nord della tura, mentre per Malamocco a ovest dell'area di costruzione dei cassoni.

Per quanto riguarda l'NO₂, per tutte e tre le bocche di porto si sottolinea comunque che le concentrazioni medie annue stimate scendono rapidamente al di sotto di valori inferiori al 1 µg/m³ non appena ci si allontana dai confini esterni delle aree di cantiere. Per questo motivo, pur considerando un livello di concentrazione di background piuttosto cautelativo come quello misurato dalla stazione ARPAV di Sacca Fisola che va sommato ai valori stimati dal modello, non si segnala alcun rischio di superamento del limite di 40 µg/m³ per la protezione della popolazione.

Anche per gli NO_x, il contributo delle attività cantieristiche stimato dal modello non comporta alcun rischio di superamento del limite di 30 µg/m³ per la protezione della vegetazione. Manca in questo caso però un sito di misura significativo che possa essere utilizzato come valore di background con il quale verificare se il contributo del cantiere più il fondo porti a situazioni critiche.

La concentrazione media annua primaria di PM₁₀ maggiore è stimata per la bocca di Lido (17 µg/m³), seguita da Malamocco (15 µg/m³) e infine Chioggia (12 µg/m³). Anche in questo caso le stime modellistiche non sono proporzionali ai rapporti emissivi che vedono invece maggiori emissioni stimate per la bocca di Malamocco, per il consistente contributo delle emissioni di risollevo dovuto all'estensione dell'area di cantiere.

Prendendo come riferimento per il livello di fondo la concentrazione media annua misurata dalla stazione ARPAV di Sacca Fisola, il rischio di superamento del limite annuo di 40 µg/m³ per la

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

protezione della popolazione verrebbe segnalato in un raggio di 500 metri per il caso di Malamocco, a ridosso del confine nord della tura per Chioggia e alcuni punti in corrispondenza dei confini dei cantieri per il caso del Lido.

In generale dunque in nessuna bocca di porto si evidenziano criticità per quanto riguarda i limiti annuali di protezione della popolazione.

Per quanto riguarda le situazioni meteorologiche a cui si associano le concentrazioni orarie e giornaliere più intense al suolo, le simulazioni modellistiche hanno indicato nelle condizioni stabili diurne una situazione particolarmente critica. Tali condizioni, che il preprocessore meteorologico CALMET individua potendo trattare l'interfaccia terra-mare, se associate ad ore in cui i cantieri sono ancora in esercizio possono determinare concentrazioni orarie di una certa rilevanza.

Nel caso dunque dell' NO_2 è stato segnalato il rischio di superamento del limite orario di protezione della salute di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la zona sud-ovest di Sant'Erasmus.

Per quanto riguarda invece le concentrazioni giornaliere di PM_{10} , la stima modellistica indica che, nonostante l'attività di cantiere possa generare emissioni intense sulle piste di passaggio e nelle zone di lavorazione, le polveri sollevate tendono a ricadere molto velocemente allontanandosi dal luogo di produzione, senza dunque comportare alcun rischio di superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il confronto con i dati di monitoraggio disponibili del 2012 hanno dimostrato una buona corrispondenza tra la stima modellistica e le misure, evidenziando una probabile tendenza alla sovrastima da parte del modello. Le valutazioni fatte sulla criticità delle lavorazioni di cantiere possono dunque essere considerate di tipo cautelativo.

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		
						EU Directive	Implement. date Transient	Constant	EU Directive	Implement. 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 Chioggia - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled			
			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	0.019	0.115	0.134	0.037	0.115	0.151	0.001	0.011	0.012	0.003	0.011	0.014	
	SPALLA SUD	feb	0.034	0.212	0.246	0.065	0.212	0.276	0.002	0.020	0.022	0.006	0.020	0.026	
	SPALLA SUD	mar	0.148	0.228	0.376	0.280	0.228	0.509	0.010	0.021	0.031	0.025	0.021	0.046	
	SPALLA SUD	apr	0.041	0.192	0.233	0.078	0.192	0.270	0.003	0.018	0.020	0.007	0.018	0.025	
	SPALLA SUD	mag	0.147	0.241	0.388	0.279	0.241	0.520	0.010	0.022	0.032	0.025	0.022	0.047	
	SPALLA SUD	giu	0.086	0.308	0.395	0.164	0.308	0.472	0.006	0.028	0.034	0.015	0.028	0.043	
	SPALLA SUD	lug	0.059	0.165	0.224	0.111	0.165	0.276	0.004	0.015	0.019	0.010	0.015	0.025	
	SPALLA SUD	ago	0.041	0.123	0.164	0.078	0.123	0.201	0.003	0.011	0.014	0.007	0.011	0.018	
	SPALLA SUD	set	0.044	0.153	0.197	0.084	0.153	0.237	0.003	0.014	0.017	0.008	0.014	0.022	
	SPALLA SUD	ott	0.047	0.191	0.238	0.089	0.191	0.280	0.003	0.018	0.021	0.008	0.018	0.026	
	SPALLA SUD	nov	0.064	0.162	0.226	0.122	0.162	0.283	0.004	0.015	0.019	0.011	0.015	0.026	
	SPALLA SUD	dic	0.091	0.128	0.219	0.173	0.128	0.301	0.006	0.012	0.018	0.015	0.012	0.027	
	SPALLA SUD	2012		0.822	2.218	3.040	1.560	2.218	3.778	0.055	0.204	0.259	0.140	0.204	0.344
	BARRIERA	gen	0.000	0.279	0.279	0.000	0.279	0.279	0.000	0.026	0.026	0.000	0.026	0.026	
	BARRIERA	feb	0.000	0.143	0.143	0.000	0.143	0.143	0.000	0.013	0.013	0.000	0.013	0.013	
	BARRIERA	mar	0.000	0.045	0.045	0.000	0.045	0.045	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	
	BARRIERA	apr	0.000	0.045	0.045	0.000	0.045	0.045	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	
	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	
	BARRIERA	giu	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	lug	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	ago	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	set	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	ott	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	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	
	BARRIERA	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	
	BARRIERA	2012		0.000	0.512	0.512	0.000	0.512	0.512	0.000	0.047	0.047	0.000	0.047	0.047
	SPALLA NORD	gen	0.196	0.115	0.310	0.371	0.115	0.486	0.015	0.011	0.026	0.036	0.011	0.046	
	SPALLA NORD	feb	0.180	0.249	0.429	0.342	0.249	0.591	0.013	0.023	0.036	0.032	0.023	0.055	
	SPALLA NORD	mar	0.290	0.421	0.710	0.550	0.421	0.971	0.022	0.039	0.061	0.052	0.039	0.091	
	SPALLA NORD	apr	0.391	0.243	0.635	0.743	0.243	0.986	0.029	0.022	0.052	0.070	0.022	0.092	
	SPALLA NORD	mag	0.402	0.471	0.873	0.763	0.471	1.234	0.030	0.043	0.073	0.072	0.043	0.115	
	SPALLA NORD	giu	0.468	0.399	0.867	0.889	0.399	1.288	0.034	0.037	0.071	0.083	0.037	0.120	
	SPALLA NORD	lug	0.467	0.347	0.814	0.886	0.347	1.233	0.035	0.032	0.067	0.083	0.032	0.115	
SPALLA NORD	ago	0.219	0.177	0.396	0.416	0.177	0.593	0.016	0.016	0.032	0.039	0.016	0.055		
SPALLA NORD	set	0.306	0.197	0.503	0.581	0.197	0.778	0.023	0.018	0.041	0.055	0.018	0.073		
SPALLA NORD	ott	0.454	0.242	0.696	0.861	0.242	1.104	0.033	0.022	0.056	0.080	0.022	0.103		
SPALLA NORD	nov	0.523	0.197	0.721	0.993	0.197	1.191	0.039	0.018	0.057	0.093	0.018	0.111		
SPALLA NORD	dic	0.408	0.205	0.613	0.774	0.205	0.979	0.030	0.019	0.049	0.072	0.019	0.091		
SPALLA NORD	2012		4.304	3.262	7.566	8.169	3.262	11.431	0.320	0.301	0.621	0.767	0.301	1.068	
TOTALE BOCCA DI CHIOGGIA			5.1	6.0	11.1	9.7	6.0	15.7	0.4	0.6	0.9	0.9	0.6	1.5	

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI
 Tabella A3. Bocca di porto di Malamocco - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled		
			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	0.351	0.000	0.351	0.665	0.000	0.665	0.025	0.000	0.025	0.062	0.000	0.062
	SPALLA NORD	feb	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	mar	0.301	0.000	0.301	0.571	0.000	0.571	0.022	0.000	0.022	0.053	0.000	0.053
	SPALLA NORD	apr	0.270	0.000	0.270	0.512	0.000	0.512	0.020	0.000	0.020	0.048	0.000	0.048
	SPALLA NORD	mag	0.275	0.000	0.275	0.523	0.000	0.523	0.019	0.000	0.019	0.048	0.000	0.048
	SPALLA NORD	giu	0.236	0.000	0.236	0.449	0.000	0.449	0.017	0.000	0.017	0.041	0.000	0.041
	SPALLA NORD	lug	0.210	0.000	0.210	0.398	0.000	0.398	0.015	0.000	0.015	0.037	0.000	0.037
	SPALLA NORD	ago	0.134	0.000	0.134	0.255	0.000	0.255	0.009	0.000	0.009	0.023	0.000	0.023
	SPALLA NORD	set	0.185	0.000	0.185	0.351	0.000	0.351	0.013	0.000	0.013	0.032	0.000	0.032
	SPALLA NORD	ott	0.267	0.000	0.267	0.506	0.000	0.506	0.019	0.000	0.019	0.046	0.000	0.046
	SPALLA NORD	nov	0.205	0.000	0.205	0.390	0.000	0.390	0.015	0.000	0.015	0.036	0.000	0.036
	SPALLA NORD	dic	0.206	0.000	0.206	0.392	0.000	0.392	0.015	0.000	0.015	0.036	0.000	0.036
	SPALLA NORD	2012	2.814	0.000	2.814	5.340	0.000	5.340	0.201	0.000	0.201	0.492	0.000	0.492
	SPALLA SUD + CASSONI	gen	0.830	0.236	1.066	1.571	0.236	1.806	0.058	0.021	0.079	0.145	0.021	0.165
	SPALLA SUD + CASSONI	feb	0.614	0.353	0.967	1.160	0.353	1.514	0.043	0.031	0.074	0.106	0.031	0.138
	SPALLA SUD + CASSONI	mar	0.860	0.393	1.253	1.627	0.393	2.019	0.060	0.035	0.095	0.149	0.035	0.184
	SPALLA SUD + CASSONI	apr	0.704	0.432	1.136	1.331	0.432	1.763	0.049	0.038	0.087	0.122	0.038	0.161
	SPALLA SUD + CASSONI	mag	0.952	0.432	1.384	1.801	0.432	2.233	0.066	0.038	0.104	0.165	0.038	0.203
	SPALLA SUD + CASSONI	giu	0.871	0.432	1.303	1.648	0.432	2.080	0.060	0.038	0.098	0.150	0.038	0.188
	SPALLA SUD + CASSONI	lug	1.006	0.432	1.438	1.904	0.432	2.336	0.069	0.038	0.107	0.173	0.038	0.211
	SPALLA SUD + CASSONI	ago	0.568	0.236	0.803	1.072	0.236	1.307	0.040	0.021	0.061	0.099	0.021	0.120
	SPALLA SUD + CASSONI	set	0.753	0.393	1.146	1.424	0.393	1.817	0.052	0.035	0.087	0.130	0.035	0.165
	SPALLA SUD + CASSONI	ott	0.686	0.421	1.107	1.300	0.421	1.721	0.047	0.037	0.084	0.118	0.037	0.155
	SPALLA SUD + CASSONI	nov	0.774	0.421	1.195	1.465	0.421	1.886	0.054	0.037	0.091	0.134	0.037	0.171
	SPALLA SUD + CASSONI	dic	0.597	0.314	0.911	1.129	0.314	1.443	0.042	0.028	0.069	0.104	0.028	0.131
	SPALLA SUD + CASSONI	2012	9.214	4.494	13.708	17.431	4.494	21.925	0.639	0.396	1.036	1.595	0.396	1.992
	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
	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
	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
	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
	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
	BARRIERA	giu	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	lug	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	ago	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	set	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	ott	0.000	0.013	0.013	0.000	0.013	0.013	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
BARRIERA	nov	0.000	0.027	0.027	0.000	0.027	0.027	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	
BARRIERA	dic	0.000	0.014	0.014	0.000	0.014	0.014	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
BARRIERA	2012	0.000	0.055	0.055	0.000	0.055	0.055	0.000	0.005	0.005	0.000	0.005	0.005	
TOTALE BOCCA DI MALAMOCCO			12.0	4.5	16.6	22.8	4.5	27.3	0.8	0.4	1.2	2.1	0.4	2.5

CORILA

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

Tabella A4. Bocca di porto di Lido, zona di lavoro in mare - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled			
			Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	
LIDO - ACQUA	CANALE	gen	0.356	0.310	0.666	0.676	0.310	0.986	0.029	0.027	0.057	0.067	0.027	0.094	
	CANALE	feb	0.563	0.415	0.978	1.068	0.415	1.483	0.044	0.037	0.081	0.103	0.037	0.140	
	CANALE	mar	0.009	1.214	1.223	0.017	1.214	1.231	0.001	0.107	0.108	0.002	0.107	0.109	
	CANALE	apr	0.000	2.135	2.135	0.000	2.135	2.135	0.000	0.188	0.188	0.000	0.188	0.188	
	CANALE	mag	0.004	1.854	1.858	0.008	1.854	1.862	0.000	0.164	0.164	0.001	0.164	0.164	
	CANALE	giu	0.000	3.383	3.383	0.000	3.383	3.383	0.000	0.299	0.299	0.000	0.299	0.299	
	CANALE	lug	0.002	3.903	3.905	0.004	3.903	3.907	0.000	0.344	0.345	0.000	0.344	0.345	
	CANALE	ago	0.002	3.760	3.762	0.004	3.760	3.764	0.000	0.332	0.332	0.000	0.332	0.332	
	CANALE	set	0.000	2.357	2.357	0.000	2.357	2.357	0.000	0.208	0.208	0.000	0.208	0.208	
	CANALE	ott	0.011	0.769	0.781	0.021	0.769	0.791	0.001	0.068	0.069	0.002	0.068	0.070	
	CANALE	nov	0.046	1.188	1.234	0.087	1.188	1.275	0.003	0.105	0.108	0.008	0.105	0.113	
	CANALE	dic	0.025	1.300	1.325	0.047	1.300	1.348	0.002	0.115	0.117	0.005	0.115	0.119	
	CANALE	2012		1.019	22.589	23.607	1.933	22.589	24.522	0.081	1.993	2.075	0.188	1.993	2.181
	BARRIERA	gen	0.000	1.129	1.129	0.000	1.129	1.129	0.000	0.100	0.100	0.000	0.100	0.100	
	BARRIERA	feb	0.000	1.364	1.364	0.000	1.364	1.364	0.000	0.120	0.120	0.000	0.120	0.120	
	BARRIERA	mar	0.000	1.523	1.523	0.000	1.523	1.523	0.000	0.134	0.134	0.000	0.134	0.134	
	BARRIERA	apr	0.000	1.367	1.367	0.000	1.367	1.367	0.000	0.121	0.121	0.000	0.121	0.121	
	BARRIERA	mag	0.000	1.842	1.842	0.000	1.842	1.842	0.000	0.163	0.163	0.000	0.163	0.163	
	BARRIERA	giu	0.000	1.560	1.560	0.000	1.560	1.560	0.000	0.138	0.138	0.000	0.138	0.138	
	BARRIERA	lug	0.000	1.548	1.548	0.000	1.548	1.548	0.000	0.137	0.137	0.000	0.137	0.137	
	BARRIERA	ago	0.000	0.997	0.997	0.000	0.997	0.997	0.000	0.088	0.088	0.000	0.088	0.088	
	BARRIERA	set	0.000	1.944	1.944	0.000	1.944	1.944	0.000	0.171	0.171	0.000	0.171	0.171	
	BARRIERA	ott	0.000	1.761	1.761	0.000	1.761	1.761	0.000	0.155	0.155	0.000	0.155	0.155	
	BARRIERA	nov	0.000	1.458	1.458	0.000	1.458	1.458	0.000	0.129	0.129	0.000	0.129	0.129	
	BARRIERA	dic	0.000	0.936	0.936	0.000	0.936	0.936	0.000	0.083	0.083	0.000	0.083	0.083	
	BARRIERA	2012		0.000	17.428	17.428	0.000	17.428	17.428	0.000	1.538	1.538	0.000	1.538	1.538
	LUNATA	gen	0.335	0.243	0.578	0.636	0.243	0.879	0.022	0.021	0.044	0.057	0.021	0.078	
	LUNATA	feb	0.220	0.300	0.520	0.417	0.300	0.717	0.015	0.026	0.041	0.037	0.026	0.064	
	LUNATA	mar	0.649	0.600	1.249	1.233	0.600	1.832	0.043	0.053	0.096	0.110	0.053	0.163	
	LUNATA	apr	0.629	0.571	1.200	1.193	0.571	1.764	0.042	0.050	0.092	0.106	0.050	0.157	
	LUNATA	mag	0.566	0.443	1.008	1.074	0.443	1.516	0.037	0.039	0.077	0.096	0.039	0.135	
	LUNATA	giu	0.450	0.386	0.836	0.855	0.386	1.240	0.030	0.034	0.064	0.076	0.034	0.110	
	LUNATA	lug	0.230	0.214	0.445	0.437	0.214	0.652	0.015	0.019	0.034	0.039	0.019	0.058	
LUNATA	ago	0.126	0.071	0.197	0.239	0.071	0.310	0.008	0.006	0.015	0.021	0.006	0.028		
LUNATA	set	0.210	0.286	0.495	0.398	0.286	0.683	0.014	0.025	0.039	0.035	0.025	0.061		
LUNATA	ott	0.126	0.171	0.297	0.239	0.171	0.410	0.008	0.015	0.023	0.021	0.015	0.036		
LUNATA	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		
LUNATA	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		
LUNATA	2012		3.541	3.284	6.825	6.720	3.284	10.004	0.235	0.290	0.524	0.599	0.290	0.889	
TOTALE BOCCA DI LIDO - ACQUA			4.6	43.3	47.9	8.7	43.3	52.0	0.3	3.8	4.1	0.8	3.8	4.6	

CORILA

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

Tabella A5. Bocca di porto di Lido, zona di lavoro su terra - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled			
			Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	
LIDO - TERRA	SPALLA NORD + TURA	gen	0.764	0.233	0.996	1.449	0.233	1.682	0.052	0.021	0.072	0.131	0.021	0.151	
	SPALLA NORD + TURA	feb	0.836	0.043	0.879	1.587	0.043	1.630	0.057	0.004	0.061	0.143	0.004	0.147	
	SPALLA NORD + TURA	mar	0.451	0.264	0.715	0.855	0.264	1.119	0.030	0.023	0.054	0.077	0.023	0.100	
	SPALLA NORD + TURA	apr	0.258	0.579	0.837	0.490	0.579	1.069	0.017	0.051	0.068	0.044	0.051	0.095	
	SPALLA NORD + TURA	mag	0.135	0.393	0.527	0.256	0.393	0.648	0.010	0.035	0.045	0.024	0.035	0.059	
	SPALLA NORD + TURA	giu	0.096	0.206	0.302	0.182	0.206	0.388	0.007	0.018	0.025	0.017	0.018	0.035	
	SPALLA NORD + TURA	lug	0.133	0.684	0.817	0.252	0.684	0.936	0.010	0.060	0.070	0.024	0.060	0.084	
	SPALLA NORD + TURA	ago	0.134	0.678	0.812	0.255	0.678	0.933	0.010	0.060	0.070	0.024	0.060	0.083	
	SPALLA NORD + TURA	set	0.204	0.000	0.204	0.387	0.000	0.387	0.015	0.000	0.015	0.036	0.000	0.036	
	SPALLA NORD + TURA	ott	0.143	0.000	0.143	0.272	0.000	0.272	0.011	0.000	0.011	0.026	0.000	0.026	
	SPALLA NORD + TURA	nov	0.110	0.000	0.110	0.209	0.000	0.209	0.009	0.000	0.009	0.020	0.000	0.020	
	SPALLA NORD + TURA	dic	0.082	0.000	0.082	0.156	0.000	0.156	0.006	0.000	0.006	0.015	0.000	0.015	
	SPALLA NORD + TURA	2012		3.345	3.079	6.425	6.349	3.079	9.428	0.235	0.272	0.506	0.580	0.272	0.852
	ISOLA	gen	0.720	1.067	1.787	1.366	1.067	2.433	0.051	0.094	0.145	0.125	0.094	0.219	
	ISOLA	feb	0.591	0.371	0.963	1.122	0.371	1.494	0.041	0.033	0.074	0.102	0.033	0.135	
	ISOLA	mar	0.620	1.392	2.012	1.176	1.392	2.568	0.046	0.123	0.168	0.110	0.123	0.233	
	ISOLA	apr	0.223	1.000	1.222	0.423	1.000	1.422	0.019	0.088	0.107	0.042	0.088	0.130	
	ISOLA	mag	0.201	0.650	0.851	0.382	0.650	1.031	0.017	0.057	0.074	0.038	0.057	0.095	
	ISOLA	giu	0.143	0.550	0.693	0.271	0.550	0.821	0.012	0.049	0.061	0.027	0.049	0.076	
	ISOLA	lug	0.183	1.000	1.183	0.347	1.000	1.347	0.015	0.088	0.104	0.035	0.088	0.123	
	ISOLA	ago	0.067	0.278	0.346	0.128	0.278	0.406	0.006	0.025	0.030	0.013	0.025	0.037	
	ISOLA	set	0.069	0.665	0.734	0.131	0.665	0.796	0.006	0.059	0.064	0.013	0.059	0.072	
	ISOLA	ott	0.090	0.750	0.839	0.170	0.750	0.920	0.007	0.066	0.073	0.016	0.066	0.082	
	ISOLA	nov	0.293	0.727	1.020	0.556	0.727	1.284	0.021	0.064	0.085	0.051	0.064	0.115	
	ISOLA	dic	0.169	0.510	0.678	0.320	0.510	0.830	0.012	0.045	0.057	0.030	0.045	0.075	
	ISOLA	2012		3.368	8.960	12.328	6.392	8.960	15.352	0.252	0.791	1.043	0.602	0.791	1.393
	SPALLA SUD	gen	0.046	0.000	0.046	0.088	0.000	0.088	0.003	0.000	0.003	0.008	0.000	0.008	
	SPALLA SUD	feb	0.149	0.000	0.149	0.282	0.000	0.282	0.010	0.000	0.010	0.025	0.000	0.025	
	SPALLA SUD	mar	0.359	0.000	0.359	0.681	0.000	0.681	0.024	0.000	0.024	0.061	0.000	0.061	
	SPALLA SUD	apr	0.096	0.000	0.096	0.181	0.000	0.181	0.006	0.000	0.006	0.016	0.000	0.016	
	SPALLA SUD	mag	0.017	0.000	0.017	0.033	0.000	0.033	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000	0.003	
	SPALLA SUD	giu	0.023	0.000	0.023	0.043	0.000	0.043	0.001	0.000	0.001	0.004	0.000	0.004	
	SPALLA SUD	lug	0.045	0.000	0.045	0.085	0.000	0.085	0.003	0.000	0.003	0.008	0.000	0.008	
SPALLA SUD	ago	0.013	0.000	0.013	0.024	0.000	0.024	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002		
SPALLA SUD	set	0.028	0.000	0.028	0.053	0.000	0.053	0.002	0.000	0.002	0.005	0.000	0.005		
SPALLA SUD	ott	0.051	0.000	0.051	0.096	0.000	0.096	0.003	0.000	0.003	0.009	0.000	0.009		
SPALLA SUD	nov	0.005	0.000	0.005	0.009	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001		
SPALLA SUD	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 SUD	2012		0.831	0.000	0.831	1.576	0.000	1.576	0.055	0.000	0.055	0.140	0.000	0.140	
TOTALE BOCCA DI LIDO - TERRA			7.5	12.0	19.6	14.3	12.0	26.4	0.5	1.1	1.6	1.3	1.1	2.4	

CORILA

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

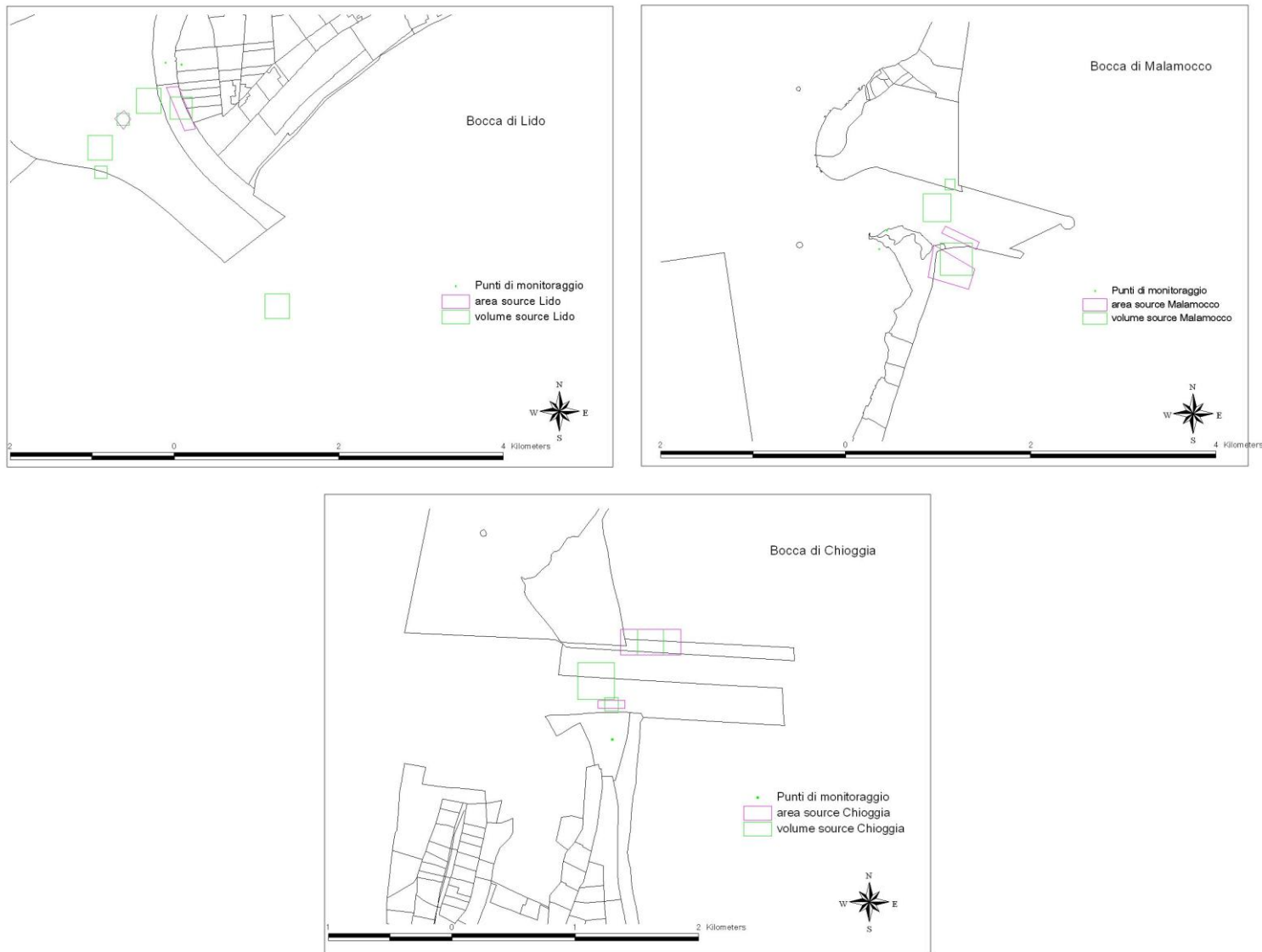


Figura A1 Collocazione presso le tre bocche di porto delle sorgenti areali e volumetriche per gli input emissivi a CALPUFF

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>)

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>)

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>)

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

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>)

ALLEGATO: REVISIONE RAPPORTO FINALE STUDIO B.6.72 B/7

A.1 Premessa

Il presente allegato consiste nella revisione del Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/7, volto all'aggiornamento dei risultati modellistici relativi alla bocca di porto di Malamocco.

Essendo stato riscontrato un vizio nei dati relativi all'impiego dei mezzi dei cantieri Mantovani di Malamocco, indicati in termini di ore anziché, come negli altri cantieri, in giorni, è stata corretta la stima delle emissioni da mezzi di cantiere per la bocca di Malamocco, ed eseguite le relative simulazioni col modello di dispersione.

Vengono presentate le stime emissive e i risultati complessivi per tutte le bocche, compresi quelli che non hanno riportato correzioni, mentre per tutte le considerazioni relative alle metodologie di stima delle emissioni, al modello e alla sua implementazione si rimanda al Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/7, datato luglio 2012.

A.2 Emissioni da mezzi di cantiere

Il risultato della stima delle emissioni per l'intero anno 2011 è presentato nella seguente Tabella 10, dettagliata per bocca di porto.

Le stime, come ovvio, riflettono la diversa intensità dell'attività cantieristica nelle tre bocche, con valori decisamente più contenuti per Chioggia e Malamocco rispetto a Lido. Anche il livello tecnologico considerato per il parco di mezzi terrestri attivi pesa significativamente sulle emissioni. Si ritiene che il calcolo ottenuto considerando tutti i mezzi come "uncontrolled" sia cautelativo. Infine è interessante notare come, mentre per le bocche di Chioggia e Lido i contributi dei mezzi acquei e terrestri siano paragonabili, per la bocca di Malamocco le operazioni a terra, soprattutto relative alla spalla sud e alla costruzione dei cassoni, sono preponderanti rispetto al resto delle attività.

Le emissioni riassunte in Tabella 10 sono comunque state calcolate a livello di dettaglio mensile e per zona di lavoro, come riportato nelle tabelle in Appendice (Tabelle da A2 a A5). Per la bocca di porto di Lido sono state mantenute separate le zone di lavoro in mare e su terra.

Da questi input di dettaglio sono stati calcolati i ratei emissivi per le sorgenti volumetriche simulate con CALPUFF.

Tabella 10. Emissioni totali 2011 per bocca di porto [Mg]

Bocca di Porto	tipo	NOx	NOX uncontr.	PM	PM uncontr.
Chioggia	mezzi di terra	12.1	23.0	0.9	2.1
	mezzi acquei		20.1		1.8
	totale	32.2	43.0	2.7	4.0
Malamocco	mezzi di terra	12.9	24.4	0.9	2.2
	mezzi acquei		5.9		0.5
	totale	18.8	30.3	1.4	2.7
Lido	mezzi di terra	48.4	91.9	3.4	8.4
	mezzi acquei		49.8		4.4
	totale	98.2	141.7	7.8	12.8

A.3 Stima delle emissioni da risollevarimento

La stima delle polveri da risollevarimento, 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, già presentato nei precedenti rapporti, sono riportati per le tre bocche di porto in Tabella 6, suddivisi per risollevarimento eolico e da cantiere.

Rispetto alla precedente stima, è stata ridotta l'area esposta di ogni cantiere, considerando che la presenza dei cassoni e degli edifici tecnici di fatto riducono l'area esposta al risollevarimento ed è stata introdotta una correzione "open-pit"⁶, che stima che il 9% delle polveri emesse sia trattenuto all'interno delle ture collocate sotto il livello del suolo.

Tabella 11. Stima emissioni di PM10 [Mg/anno] per risollevarimento

Bocca	risollevarimento da cantiere	Risollevarimento eolico
Chioggia	9.6	2.5
Malamocco	22.4	5.8
Lido	13.0	3.4

Come indicato nel primo rapporto periodico, il fattore di emissione applicato per stimare l'impatto delle attività di cantiere è di 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.

Tale metodologia speditiva è stata utilizzata in alternativa al metodo di calcolo dettagliato, previsto sempre per l'inventario US-EPA AP42, specifico per il risollevarimento dovuto al passaggio dei mezzi su superfici non pavimentate e illustrato nella seguente equazione.

$$EF_i (kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

dove:

EF_i = fattore di emissione per la i-esima frazione granulometrica

s = frazione di silt nel terreno [%]

W = peso dei mezzi circolanti [Mg]

k_i, a_i, b_i = coefficienti indicati nella sottostante Tabella 12.

Tabella 12. Valori dei coefficienti empirici per frazione granulometrica di particolato

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM10	0.423	0.9	0.45
PM2.5	0.0423	0.9	0.45

⁶ In una miniera aperta (*open pit*) situata sotto il livello del suolo, una parte delle polveri emesse rimane intrappolata all'interno per la scarsità della ventilazione. In Rosemont Copper Company - "CALPUFF Modeling Report to Assess" - <http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf> si stima nel 9% la frazione di polveri trattenute.

Per applicare il metodo di dettaglio è richiesta la quantificazione (approssimata) del numero di passaggi e quindi di chilometri percorsi dai mezzi operanti sulle superfici sterrate del cantiere, eventualmente desumibile dai volumi di materiale movimentato all'interno dei cantieri.

Nonostante la mancanza di dati per la stima dei chilometri percorsi nei singoli cantieri, si è tentata l'applicazione di questo approccio più specifico a partire dai dati forniti dalla Direzione Lavori per la bocca di Malamocco, fissando alcune ipotesi:

- a. i mezzi totali considerati circolanti sono dati dalla sommatoria delle seguenti categorie: dumper e camion, scavatori e miniescavatori, betoniere, carrelli elevatori, terne, ruspe, pale e pompe carrate;
- b. tutti i mezzi percorrono al giorno circa 4 km (ottenuti mediante GIS a partire dallo shape file fornito da Consorzio Venezia Nuova, sommando tutti i percorsi liberi tra i cassoni);
- c. la percentuale di silt è pari al 5% (ricavata dalla Carta dei Suoli del Veneto, per l'unità tipologica di suolo ALO1);
- d. si è assunto un peso medio per veicolo a medio carico di 30 tonnellate (ricavato da ricerche bibliografiche per dumper di potenze di circa 250-300 kW).

Tali ipotesi, particolarmente stringenti sia per il percorso medio che per il peso dei veicoli, portano comunque ad una stima di 28.9 tonnellate di PM10, confrontabili con le 22.4 ottenute con il metodo speditivo. Si ritiene quindi che in mancanza di ulteriori informazioni, di più complesso recepimento, la stima con il metodo speditivo possa considerarsi esaustiva.

Per quanto riguarda il risollevarimento eolico si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/ha/anno⁷, pari a 2.695×10^{-6} g/m²/s, definito per "unpaved road" in assenza di copertura vegetale.

Il sollevamento eolico è stato ipotizzato sempre presente; durante le ore di attività diurna tale fattore si associa al risollevarimento dovuto al passaggio di mezzi.

A.4 Simulazioni eseguite e risultati

Per ogni bocca di porto si è proceduto alla definizione del dominio di calcolo per la predisposizione dell'input meteorologico ad alta risoluzione. In tutti i casi, il modello meteorologico CALMET è stato applicato a domini di ampiezza pari a 20 km x 20 km, con risoluzione di 500 m, all'incirca centrati su ciascuna bocca di porto, utilizzando come *first guess*⁸ del campo meteorologico una simulazione di CALMET su un dominio a scala regionale con risoluzione di 4 km.

È stato in questo modo predisposto un input meteorologico per l'intero anno 2011 per ciascuna bocca di porto.

Il dominio di calcolo di CALPUFF coincide, per ciascuna bocca, con il corrispondente dominio di CALMET innestato sulla singola bocca di porto ed ha una risoluzione pari a 250 m. Il modello calcola il valore orario di concentrazione dei diversi inquinanti non solo su tutti i punti della griglia regolare di 250 m all'interno del dominio di calcolo, ma anche su addizionali recettori discreti coincidenti con le posizioni dei siti di monitoraggio del MOSE, per permettere un confronto dell'output modellistico con le misure di qualità dell'aria dello Studio B.6.72 B/7.

⁷ U.S. EPA – AP42, *Compilation of air pollutant emission factors*, volume 1 capitolo 11, quinta edizione.

⁸ Condizione del campo meteorologico ipotizzata in fase iniziale. Su di essa vengono effettuati affinamenti successivi per ottenere il campo meteorologico richiesto.

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

Con la configurazione descritta sono state eseguite separatamente le simulazioni per le emissioni da combustione e per le polveri sottili da risolleamento.

A.4.1 Simulazioni per le emissioni da combustione

Nelle simulazioni, le emissioni da combustione sono state caratterizzate come sorgenti volumetriche. Per calcolare gli input emissivi orari per il modello, le emissioni di NO_x e PM₁₀, stimate su base mensile per ogni zona di lavoro dei cantieri, sono state distribuite sulle sole ore lavorative, ipotizzando che i cantieri siano in attività dalle 8 alle 18 dei giorni feriali.

Per permettere il calcolo delle concentrazioni di NO₂, in CALPUFF è stato applicato lo schema chimico RIVAD/ARM3: il quantitativo totale stimato di ossidi di azoto emessi, 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 2011 presso le stazioni ARPAV di Chioggia e Venezia Sacca Fisola.

Per ogni bocca di porto sono state eseguite simulazioni annuali per l'NO_x, l'NO₂ e il PM₁₀; i risultati relativi a quest'ultimo inquinante sono stati poi sommati a quelli calcolati nelle simulazioni, descritte qui di seguito, relative alle polveri da risolleamento. I risultati relativi al PM₁₀ totale (da combustione e da risolleamento) sono inoltre stati elaborati su base stagionale (trimestri gennaio-marzo, aprile-giugno, luglio-settembre, ottobre-dicembre).

A.4.2 Simulazioni per le polveri sottili da risolleamento

Per le simulazioni relative al PM₁₀ da risolleamento, le emissioni sono state parametrizzate come sorgenti areali costituite da poligoni (quadrilateri) tracciati in corrispondenza delle aree interessate dai cantieri. Le superfici di ciascun poligono sono riportate nella sottostante Tabella 13 e la loro collocazione è visualizzata in Figura A1 in Appendice.

Come argomentato nel precedente paragrafo, si è ritenuto adeguato l'utilizzo di un fattore di emissione di 0.11 tonn/acro/mese per il risolleamento di polveri per le attività dei mezzi di cantiere, applicato per 10 ore al giorno in orario lavorativo⁹, e di 0.85 tonn/ha/anno relativamente al risolleamento eolico. Tali fattori di emissione sono stati rapportati alla porzione sterrata stimata per ciascuna area di cantiere, ricavandone un fattore di emissione "efficace" diurno (attività di cantiere + risolleamento eolico) e uno notturno (risolleamento eolico), inseriti in input al modello.

⁹ Senza distinzione tra giorni feriali e lavorativi, in quanto nel caso delle sorgenti areali non è stato possibile per ora applicare una più sofisticata modulazione temporale, come invece fatto per le sorgenti volumetriche.

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

Tabella 13. Sorgenti areali per la simulazione del risollelamento di polveri

	Superficie (m ²)	Frazione sterrata + correzione <i>open-pit</i>	EF diurno (dalle 8 alle 18) [g/m ² /s]	EF notturno [g/m ² /s]
Chioggia				
poligono spalla nord (tura)	100116	0.23	6.33894E-06	6.13188E-07
poligono spalla sud (piarda)	13080	0.50	1.39317E-05	1.34767E-06
Malamocco				
poligono nord spalla sud	34414	1.00	2.78635E-05	2.69533E-06
spalla sud-costruz. cassoni	137268	0.25	6.96587E-06	6.73833E-07
Lido				
poligono tura - Treporti	76364	0.23	6.33894E-06	6.13188E-07
poligono isola	22352	1.00	2.78635E-05	2.69533E-06

A.4.3 Analisi degli output

Nelle Figure da 47 a 58 si presentano, per ciascuna bocca di porto, le mappe delle concentrazioni medie annuali di NO₂, NO_x e PM₁₀ prodotti dalle attività di cantiere, dettagliando inoltre il PM₁₀ nelle quote prodotte dalla combustione nei mezzi a motore e dal risollelamento. In ciascuna mappa sono anche evidenziate le posizioni dei punti di monitoraggio della qualità dell'aria dei cantieri del MOSE.

I valori dei massimi di dominio per la media annuale, ottenuti per i vari inquinanti in ciascuna bocca di porto, sono ricapitolati in Tabella 14. Per la ricerca dei massimi di dominio sono stati esclusi i punti ricadenti all'interno delle aree descritte come sorgenti emissive.

Tabella 14. Concentrazioni [µg/m³] - massimi di dominio (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali

	NO ₂	NO _x	PM ₁₀		
			emiss. mezzi	risollelamento	emiss. mezzi + risollelamento
Chioggia	14.1	25.1	2.1	10.9	12.7
Malamocco	10.1	17.8	1.4	20.2	20.8
Lido	31.2	66.3	5.3	15.8	21.1

La bocca di porto per la quale risultano concentrazioni medie annuali più elevate per tutti gli inquinanti prodotti dai mezzi di cantiere è quella di Lido, nella quale infatti, in base alla documentazione fornita dalla Direzione Lavori, risulta un'attività di cantiere più intensa in termini di numero di mezzi impiegati, mentre per il PM₁₀ da risollelamento si riscontrano le maggiori concentrazioni a Malamocco, rispecchiando una maggiore estensione dell'area di potenziale risollelamento di polveri PM₁₀.

Per quanto riguarda la bocca di porto di Lido, il valore medio annuale di NO₂ dalle attività di cantiere rimane al di sotto del valore limite di legge di 40 µg/m³ (valore limite annuale per la protezione della salute umana di cui al D.Lgs. 155/2010) in tutto il dominio di calcolo, fatta eccezione per i punti ricadenti all'interno dell'area di cantiere, che si trovano in corrispondenza dello specchio d'acqua compreso tra i due moli foranei. Si segnala come l'abitato di Punta Sabbioni ricada nella porzione di dominio dove il contributo del cantiere alla concentrazione media annua di NO₂ è inferiore a 5 µg/m³, e solo nella sua propaggine più prossima al cantiere ricada nell'intervallo 20-40 µg/m³.

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

Presso la bocca di porto di Lido, il contributo del cantiere alle concentrazioni medie annuali di NO_x comporta il superamento del valore limite di 30 µg/m³ (livello critico annuale per la protezione della vegetazione, rif. D.Lgs. 155/2010), ma ciò avviene in un'area che non presenta siti sensibili a tale forma di inquinamento.

Infine, in merito al contributo dei cantieri alle concentrazioni di PM₁₀, si può osservare, in modo simile a quanto visto per l'NO₂, come l'abitato di Punta Sabbioni sia solo marginalmente interessato dal cantiere.

Nel caso del Lido l'impatto del cantiere sui livelli di concentrazione dei tre inquinanti in esame non mostra elementi di criticità, né sotto l'aspetto della protezione della salute umana né della tutela della vegetazione.

Alla bocca di porto di Malamocco, il modello stima concentrazioni medie annuali di NO₂ che non superano il valori limite per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Per questa bocca di porto il recettore sensibile più significativo è stato individuato, anche in termini di monitoraggio della qualità dell'aria, nella casa di cura di Santa Maria al Mare, ed in questo punto il modello stima una concentrazione media annua inferiore a 5 µg/m³ per il solo effetto del cantiere, così come nel vicino abitato di San Pietro in Volta.

Per quanto riguarda l'NO_x, alla bocca di porto di Malamocco viene superato il livello critico annuale di 30 µg/m³ per la protezione della vegetazione solo nei pressi del cantiere.

Anche per il PM₁₀, in corrispondenza del sito di monitoraggio presso la casa di cura di Santa Maria al Mare il modello stima valori di concentrazione media annuale tra 1 e 5 µg/m³, ampiamente al di sotto del limite di legge di 40 µg/m³ (rif. D.Lgs. 155/2010). Nella totalità del dominio di calcolo, la media annuale del PM₁₀ stimata per le attività di cantiere supera il limite di legge solo nei punti ricadenti all'interno del cantiere stesso, mentre l'abitato di San Pietro in Volta, posizionato a circa 1 km di distanza, vede un contributo inferiore ai 5 µg/m³.

Si può dunque concludere che le simulazioni modellistiche su Malamocco non mostrino particolari criticità.

I risultati delle simulazioni modellistiche relative alla bocca di Chioggia rispecchiano un'attività di cantiere meno intensa rispetto alle due precedenti.

Per quanto riguarda l'NO₂ e il PM₁₀, i rispettivi valori limite per la protezione della salute umana non sono superati nemmeno nelle aree di cantiere, mentre l'NO_x raggiunge e supera il livello critico annuale di 30 µg/m³ per la protezione della vegetazione solo all'interno delle aree di cantiere, nello specchio acqueo tra i due moli foranei.

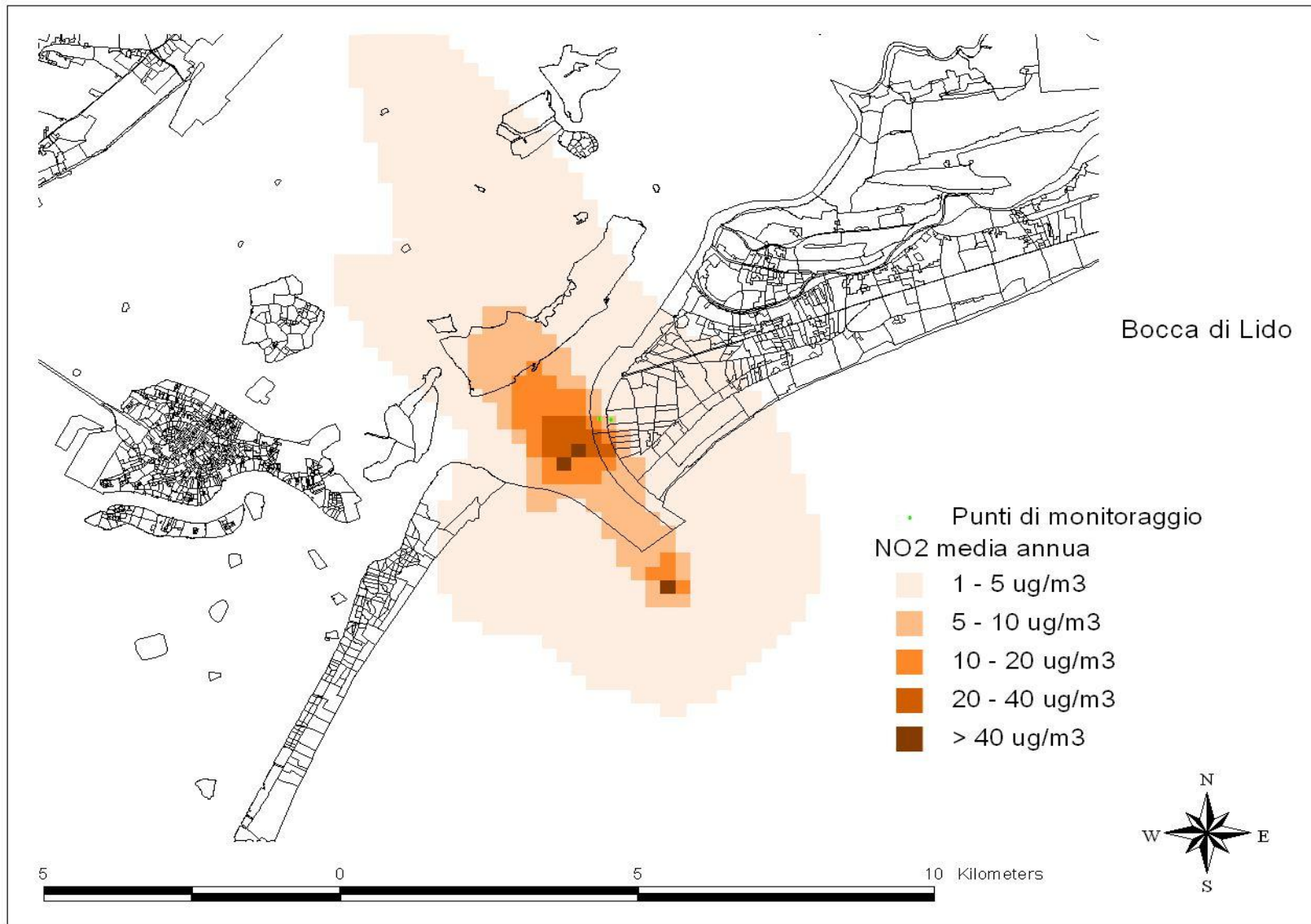
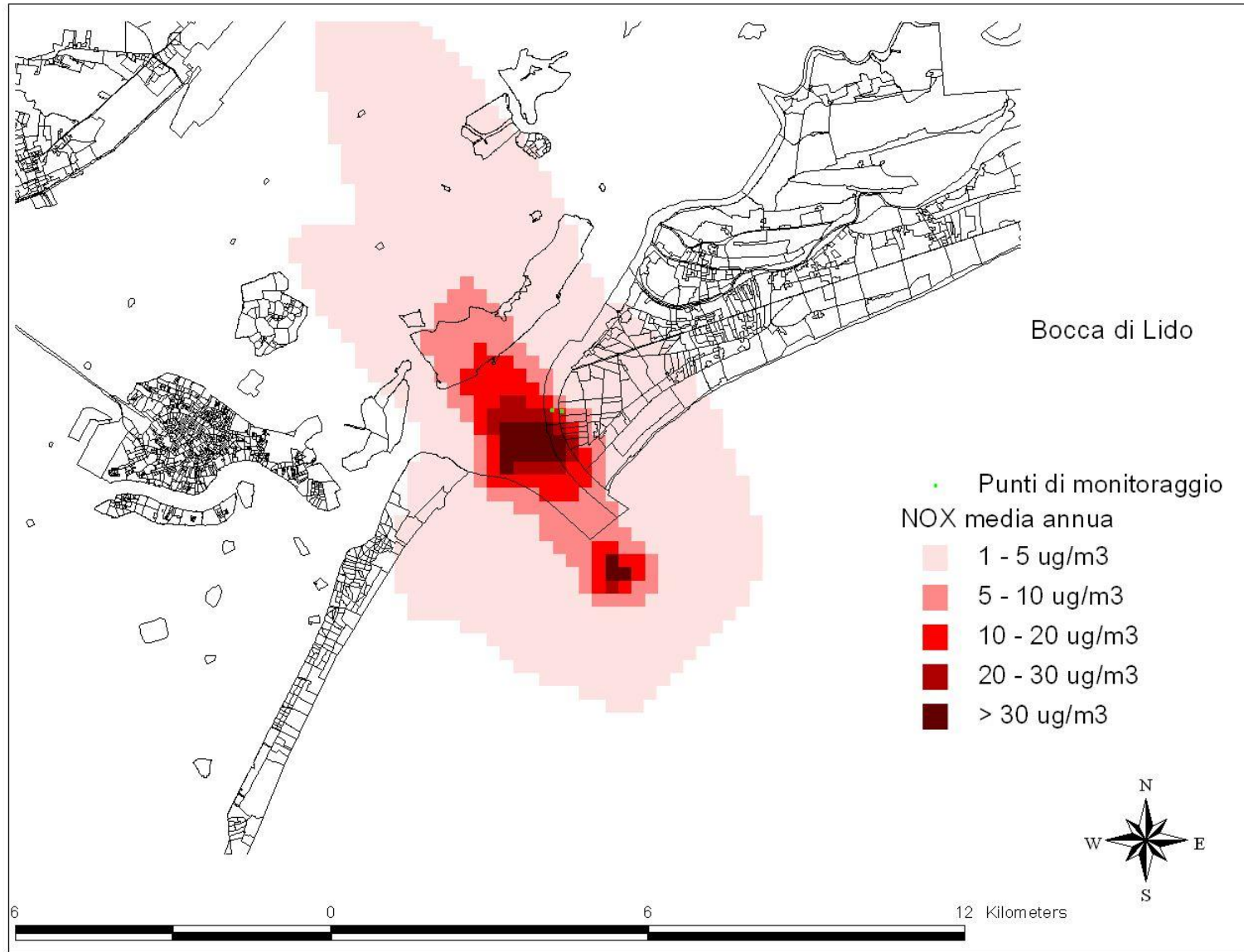


Figura 47 Concentrazione media annuale di NO2 - bocca di Lido

Figura 48 Concentrazione media annuale di NO_x - bocca di Lido

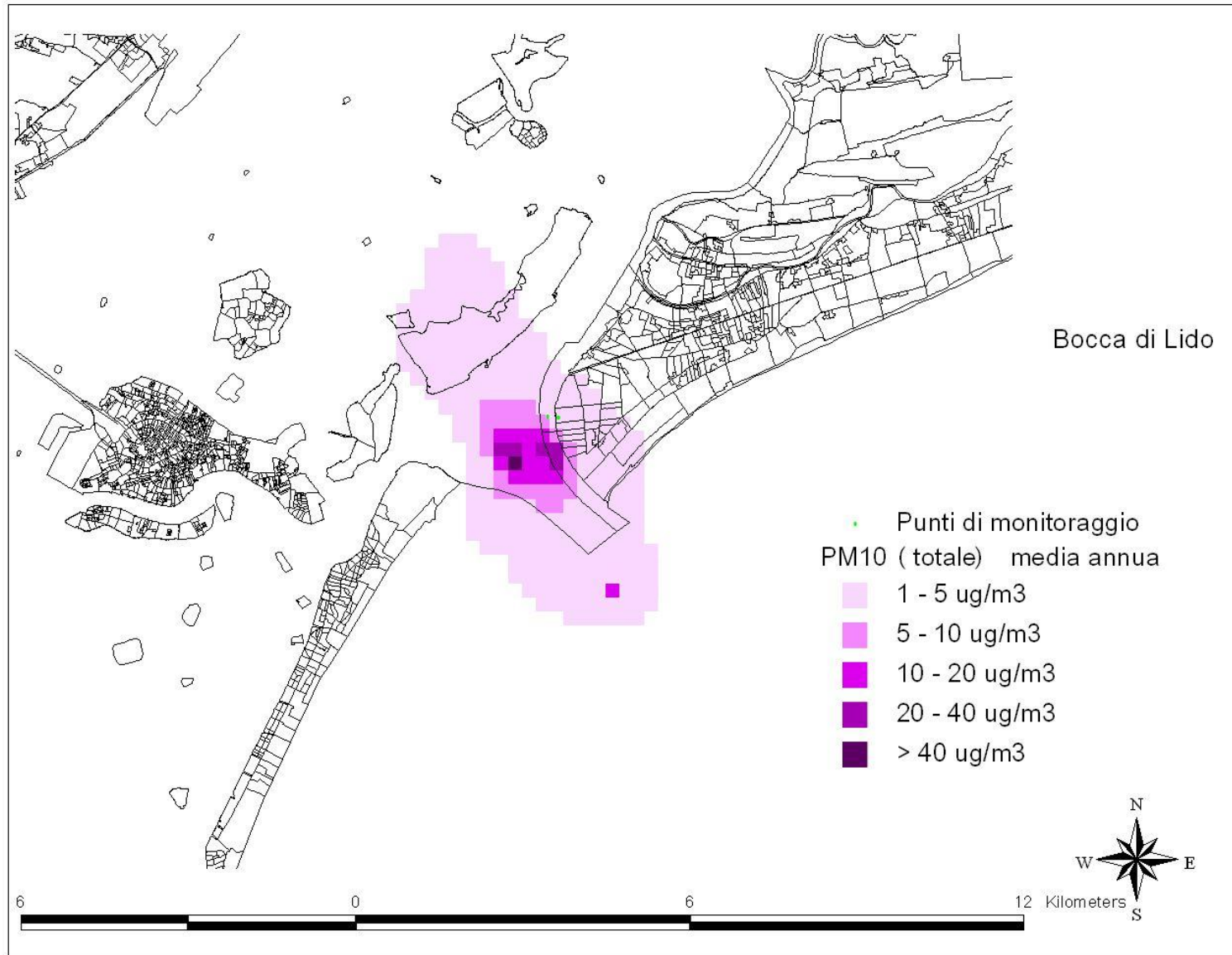


Figura 49 Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risollelamento) - bocca di Lido

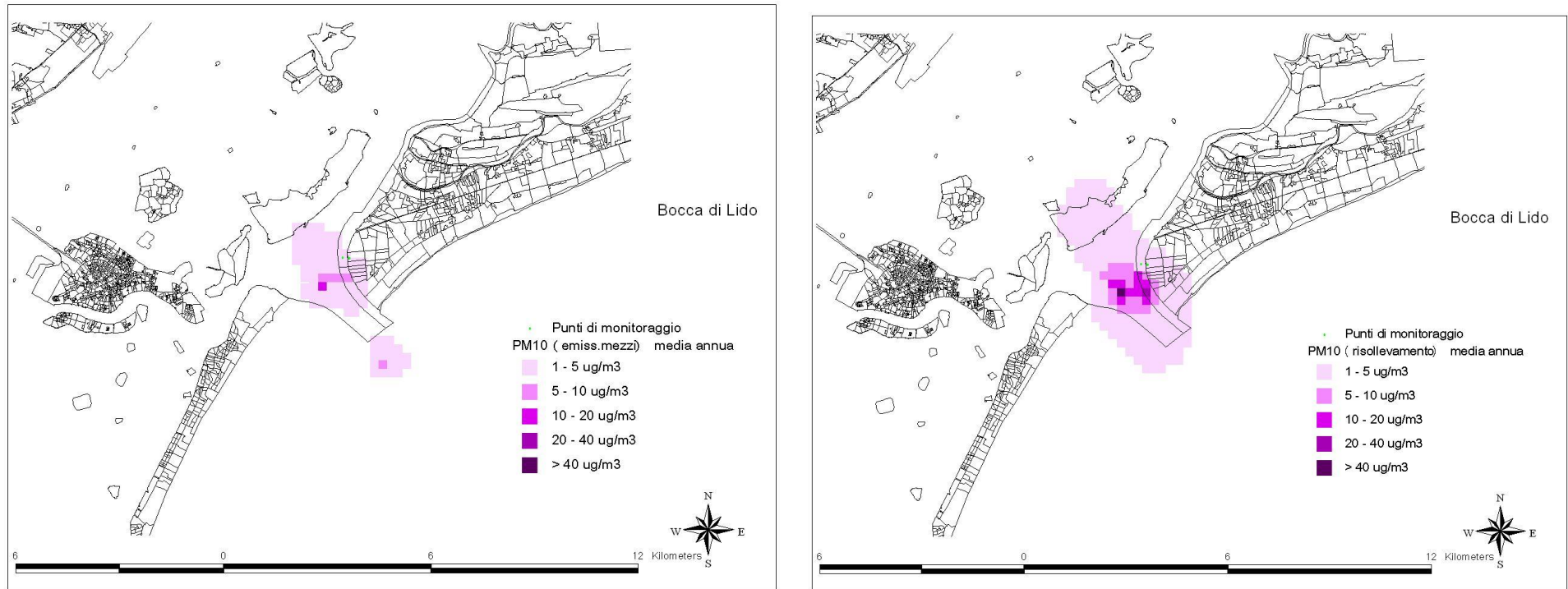
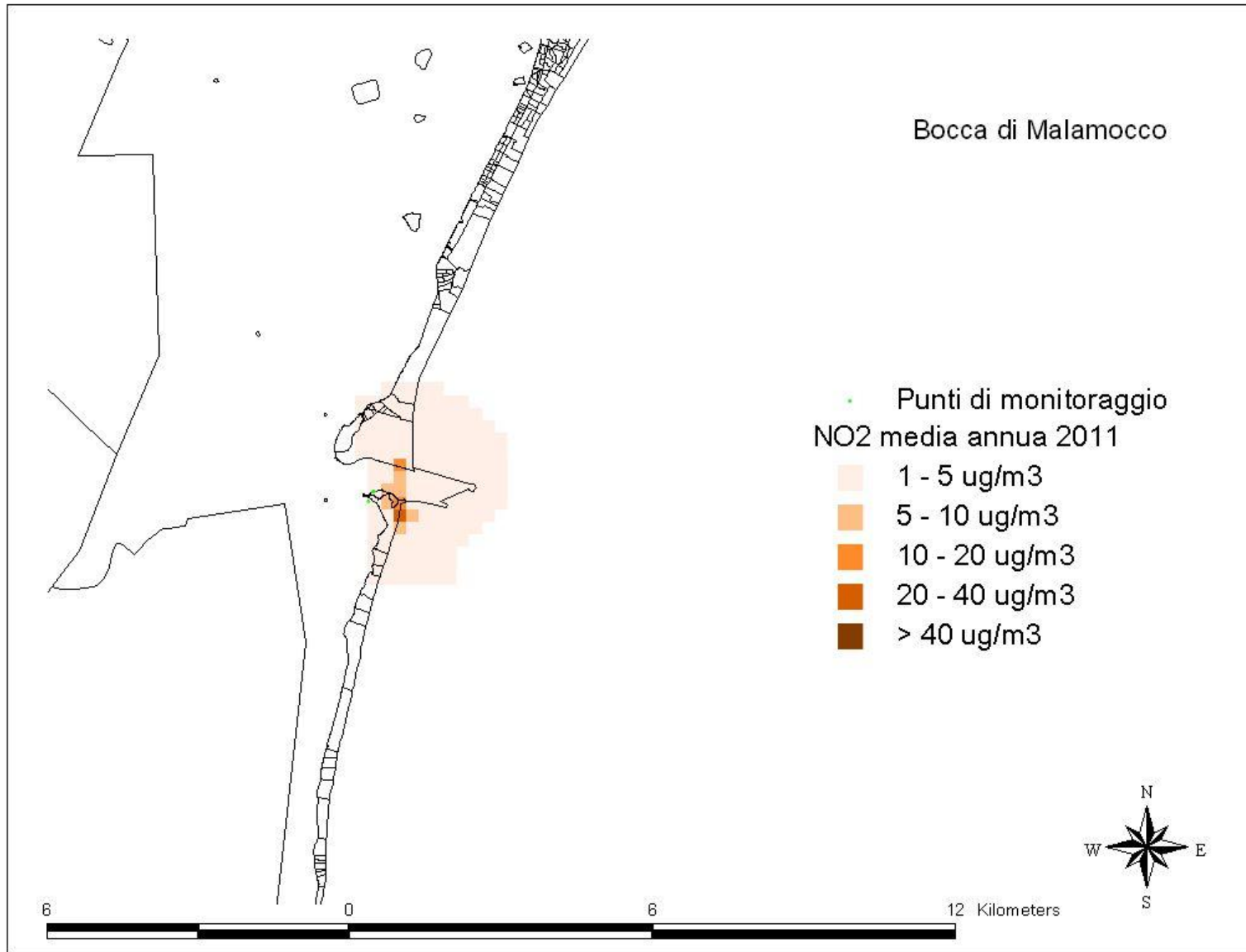


Figura 50 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi – a destra: risollevamento - bocca di Lido

Figura 51 Concentrazione media annuale di NO₂ - bocca di Malamocco

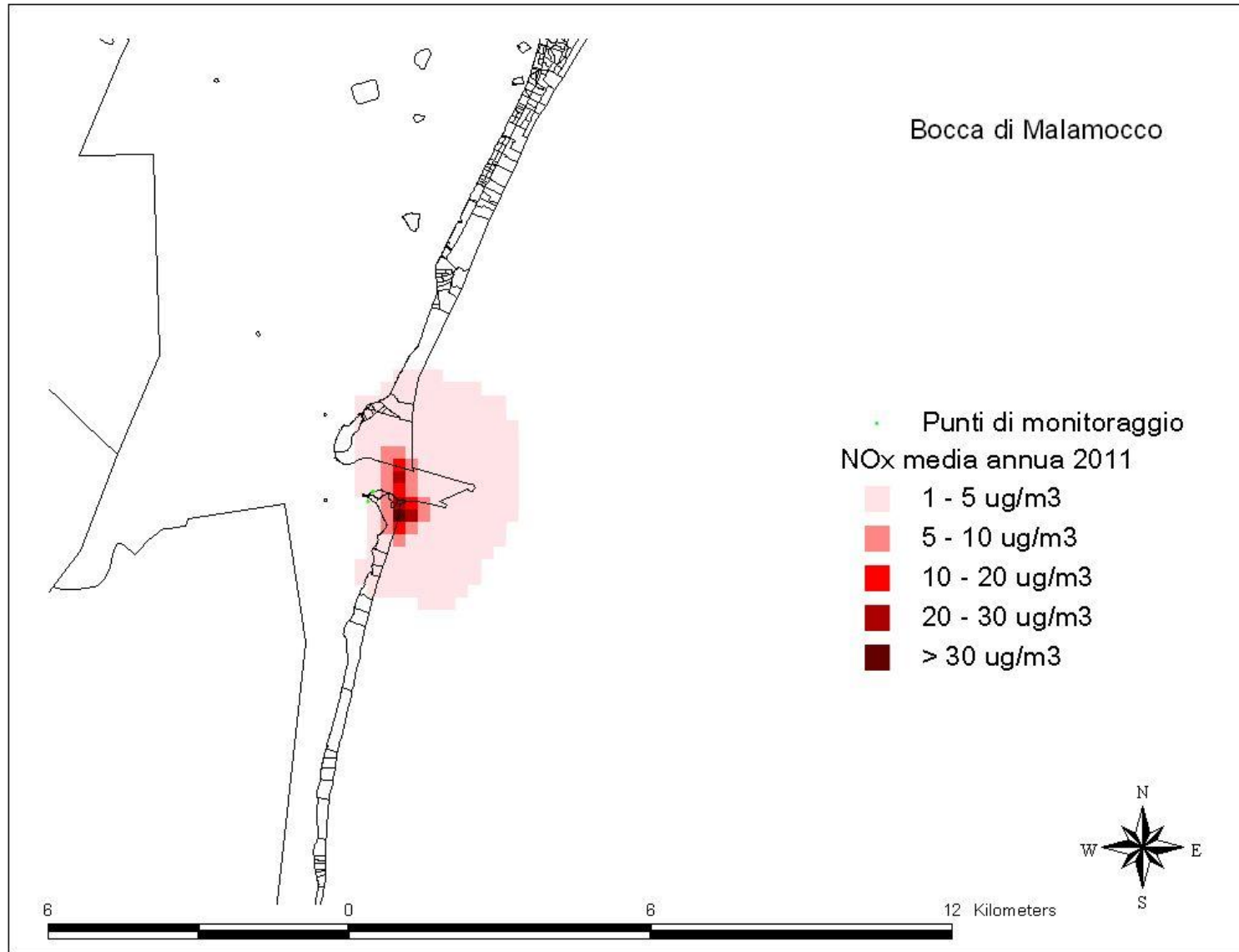


Figura 52 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Malamocco

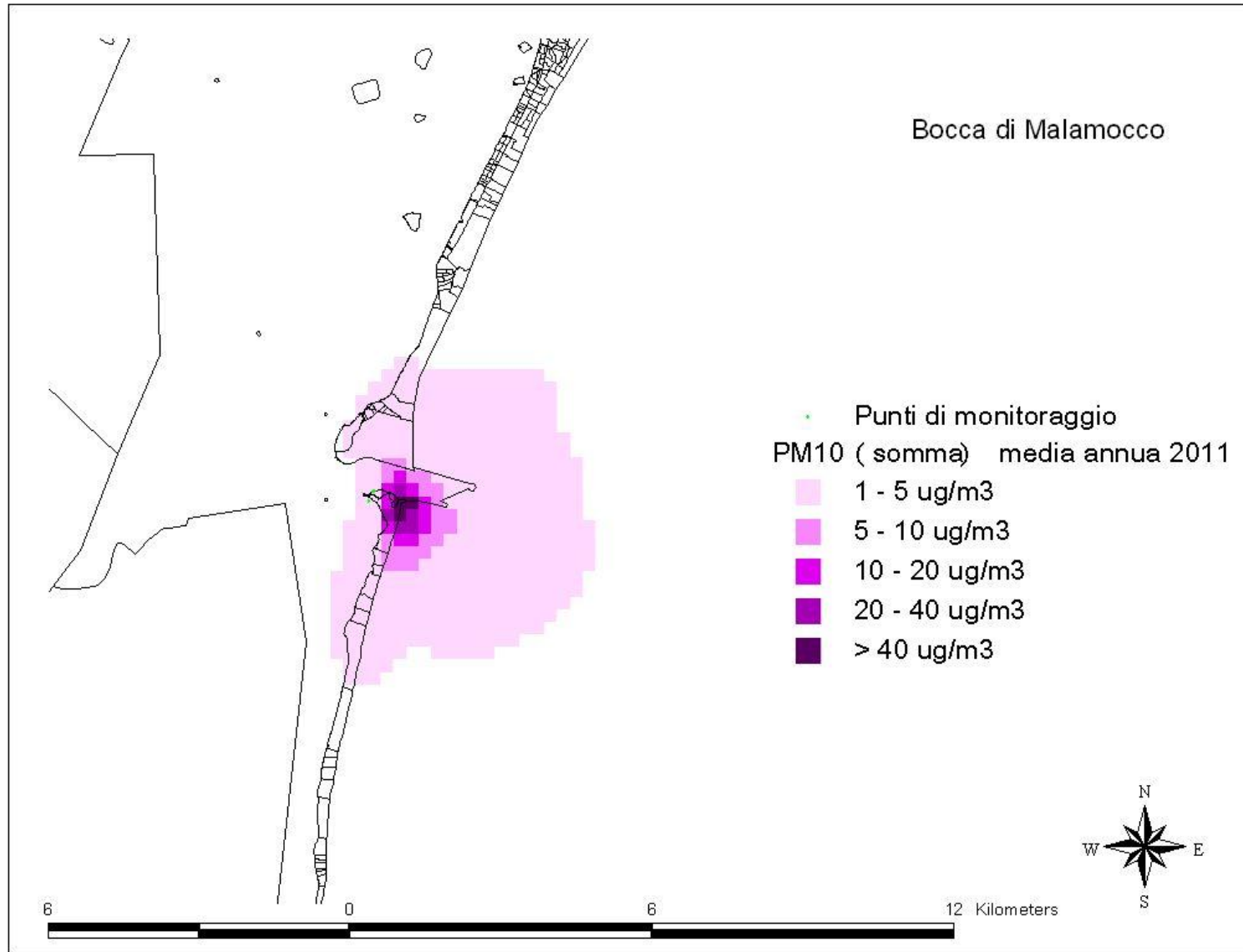


Figura 53 Concentrazione media annuale di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Malamocco

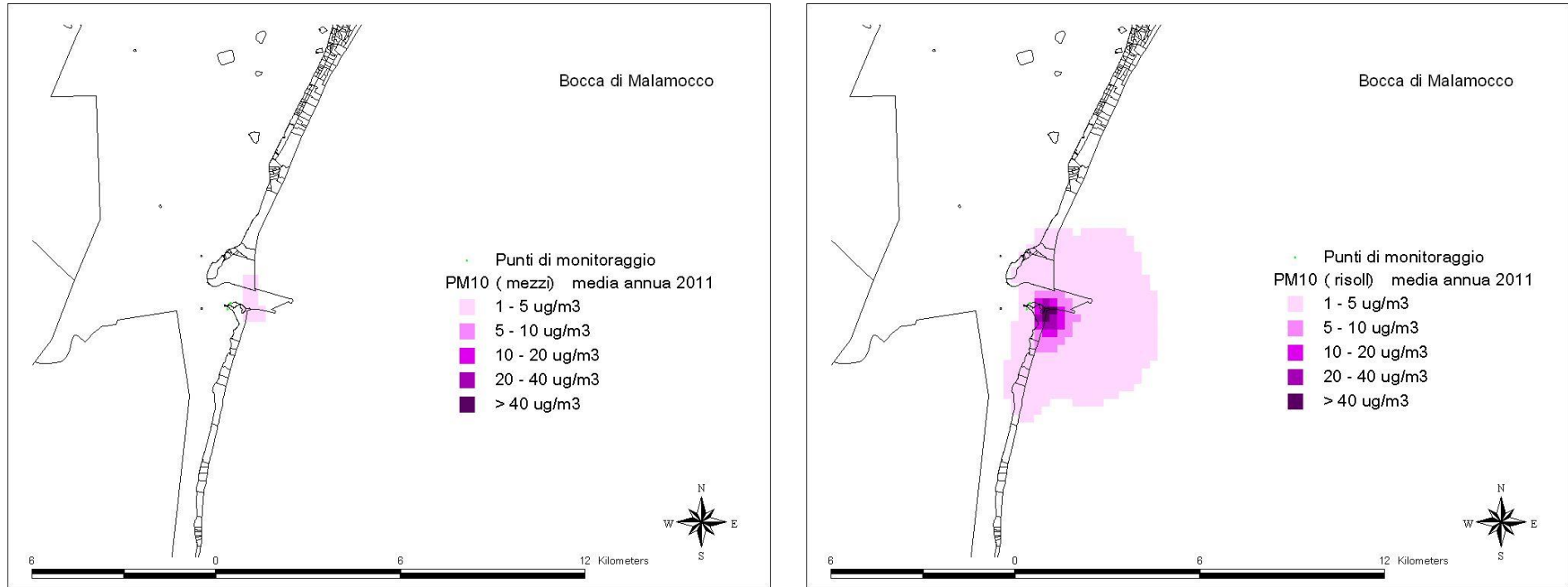
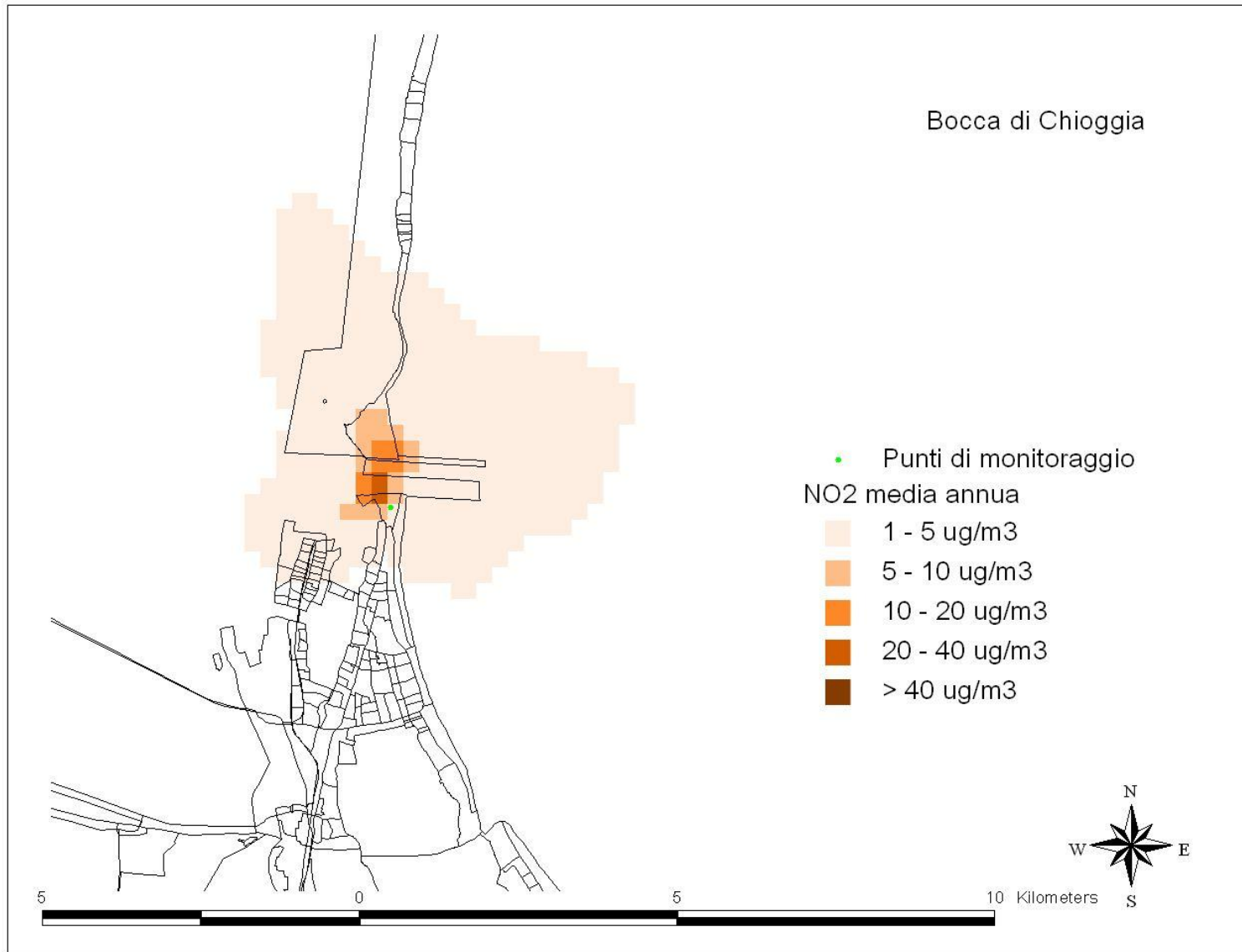


Figura 54 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risollevamento - bocca di Malamocco

Figura 55 Concentrazione media annuale di NO₂ - bocca di Chioggia

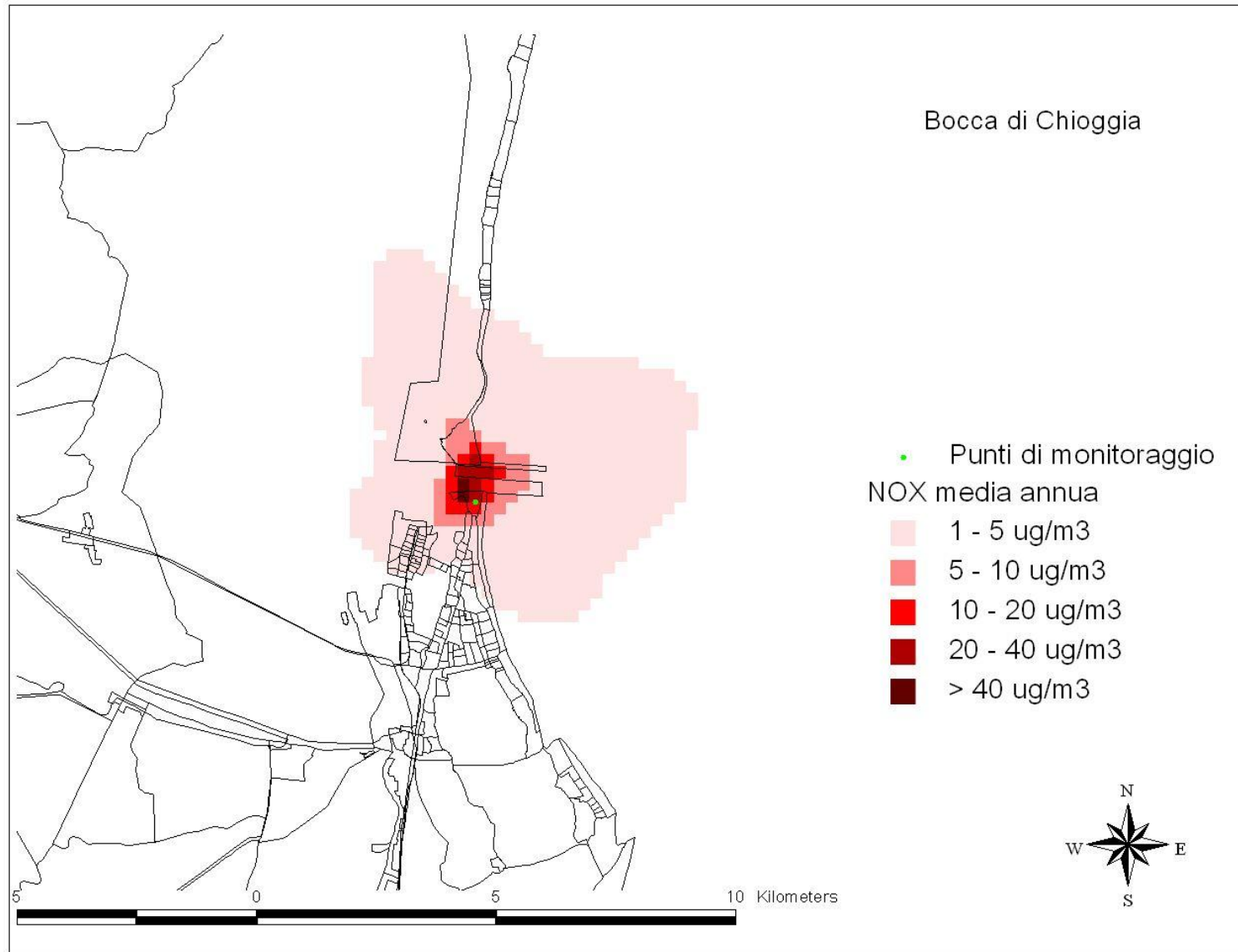


Figura 56 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Chioggia

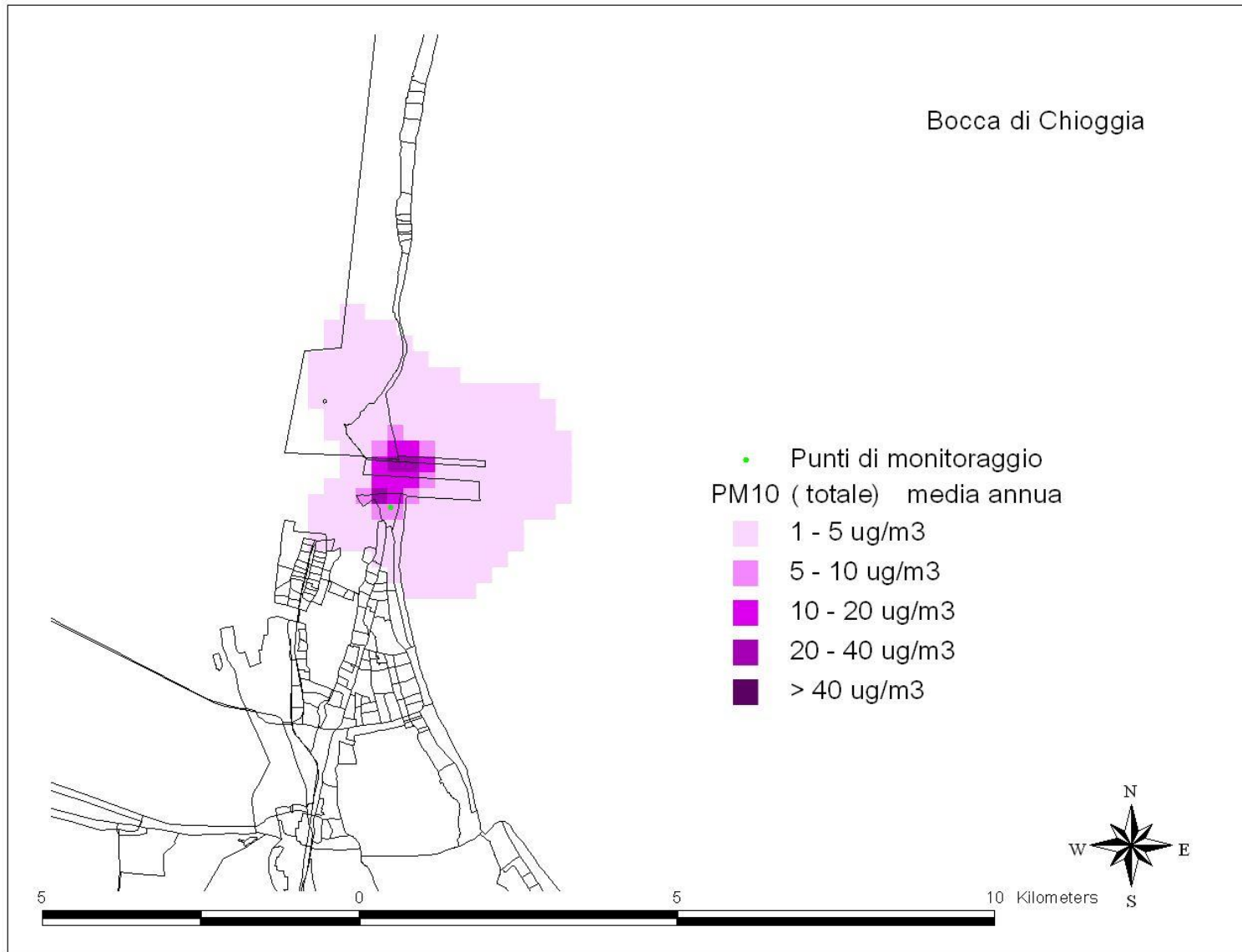


Figura 57 Concentrazione media annuale di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Chioggia

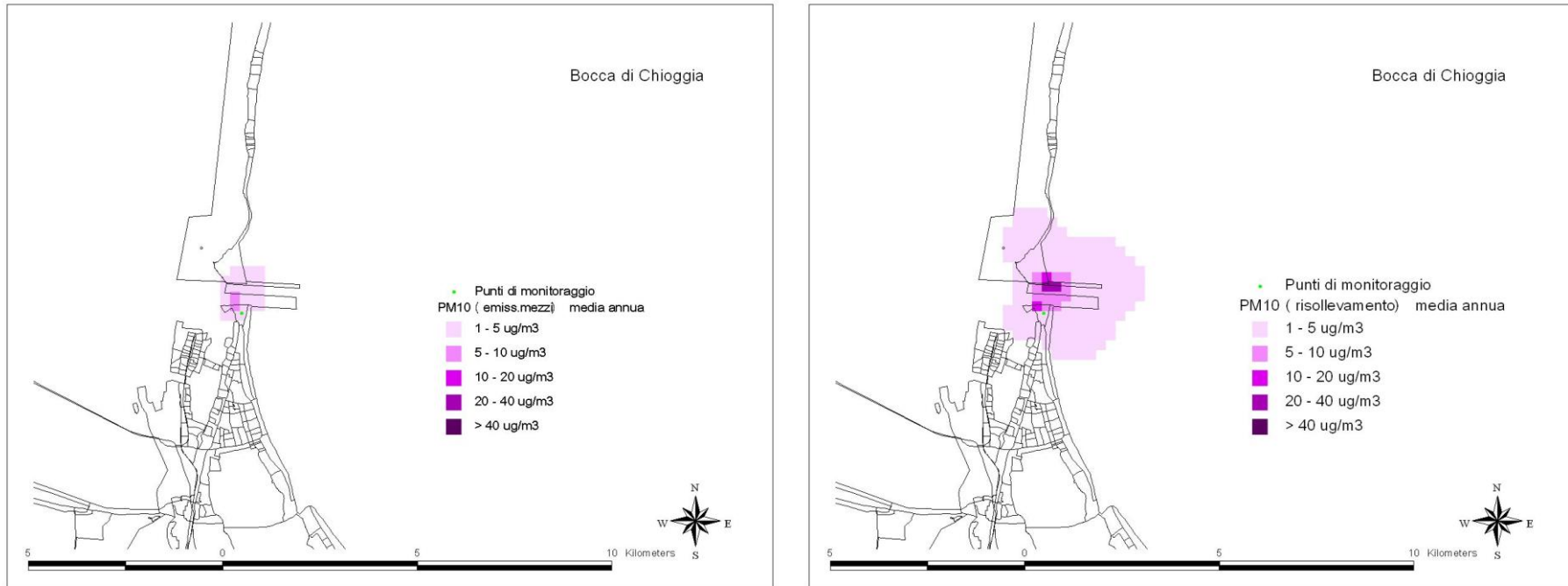


Figura 58 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risolleamento - bocca di Chioggia

A.4.4 Approfondimenti

Per il PM10 sono state effettuate anche simulazioni stagionali. Per ciascuna bocca di porto, si riportano in Appendice (Figure da A2 ad A4) le mappe delle medie trimestrali del PM10 totale (emissione da combustione dei mezzi di cantiere e da risollevarmento). Per tutte e tre le bocche di porto, la stagione in cui il modello stima un contributo più rilevante da parte dei cantieri del MOSE sulla concentrazione di PM10 è il trimestre ottobre-dicembre. In Figura 59 si riporta l'andamento delle medie giornaliere stimate dal modello in corrispondenza del punto di misura di Punta Sabbioni, in cui si evidenzia come il contributo del cantiere sia più consistente nell'ultima parte dell'anno. In tale figura è stato anche riportato l'andamento annuale del PM10 misurato presso la stazione di background urbano più prossima ai cantieri, rappresentata dalla stazione ARPAV di Sacca Fisola.

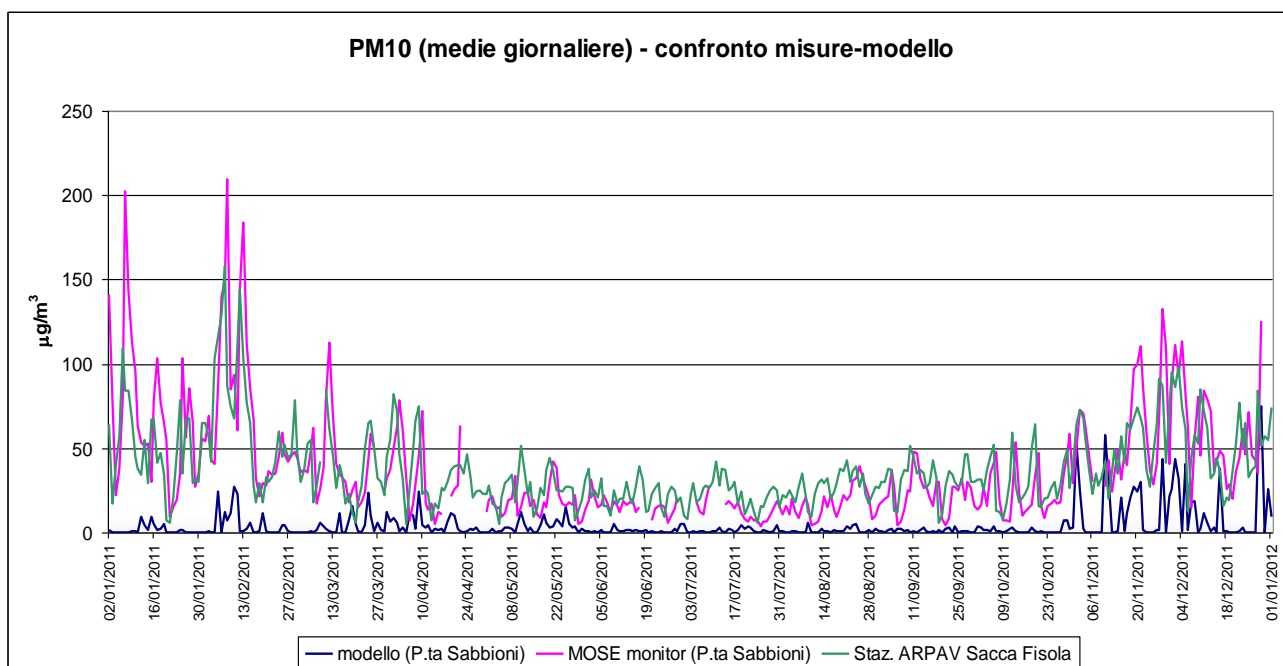


Figura 59 Serie annuali di PM10 (medie giornaliere). Confronto misure-modello

All'interno di tale trimestre, si è selezionato un periodo di quattro giorni (dal 26 al 29 dicembre 2011) nel quale il modello stima, in corrispondenza dei siti di monitoraggio presso le tre bocche di porto, i livelli di PM10 orario più elevati.

Questo approfondimento ha portato all'elaborazione di una serie di mappe di concentrazioni medie giornaliere nei quattro giorni in esame per le tre bocche, riportate in Appendice (Figure da A5 a A7).

Nelle mappe si possono notare zone di superamento del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del PM10 nelle due bocche di porto di Lido e Malamocco. Tali valori si verificano in punti molto prossimi alle aree di cantiere stesse, arrivando nella giornata del 27-28 dicembre al Lido e del 26-28-29 dicembre a Malamocco, ad interessare, seppur marginalmente, gli abitati di Punta Sabbioni e San Pietro in Volta rispettivamente.

Per effettuare una valutazione degli effetti acuti dell'impatto delle attività di cantiere nelle tre bocche di porto, nel periodo più critico, il trimestre ottobre-dicembre 2011, si è voluto calcolare l'occorrenza del superamento per l' NO_2 del valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare più di 18 volte nell'anno civile. Da un punto di vista statistico, su base annua il 19° massimo orario è

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

rappresentato dal 99.8° percentile della serie dei dati. Nel trimestre in esame il 99.8° percentile è stato dunque mappato per le tre bocche di porto (Figure da A8 ad A10).

La stessa statistica è stata inoltre applicata sia alle serie di dati orari misurati nel corso delle campagne di misura presso i due cantieri di Lido e Malamocco, sia agli output modellistici calcolati sui medesimi siti nelle medesime ore ed è riportata in Tabella 15.

Tabella 15. Calcolo del 99.8° percentile degli insiemi delle misure delle campagne e dei concomitanti output modellistici

	misura	modello	numerosità degli insiemi
GAS1 (bocca di Lido)	85.5	213.5	574
GAS2 (bocca di Malamocco)	94.3	31.6	1720

La statistica del 99.8° percentile, relativa al quarto trimestre, mostra superamenti del valore limite orario per l'NO₂ di 200 µg/m³ per tutte e tre le bocche di porto. Tale impatto, per quanto rilevante, può considerarsi cautelativo in quanto corrisponde ad una cautelativa ricostruzione dell'andamento orario delle emissioni, con l'attività lavorativa protratta anche in inverno fino alle ore 18 comprese.

Proprio nelle ore serali, dopo il tramonto, nelle condizioni atmosferiche particolarmente stabili, il modello simula i massimi di concentrazione che probabilmente sono sovrastimati, come sembra evidenziarsi in particolare per il caso del Lido nel confronto misura - modello di Tabella 15.

A.5 Conclusioni

Il presente documento costituisce il rapporto conclusivo di descrizione delle attività svolte per la simulazione delle ricadute di inquinanti generate dalle attività di cantiere del MOSE presso le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

Sono qui presentate le attività svolte nell'intero periodo di convenzione relativamente alle tre bocche di porto:

- stima delle emissioni nell'anno 2011 di gas (NO_x ed NO₂) e polveri (PM₁₀) da mezzi di cantiere;
- stima speditiva del risollevarimento di polveri fini PM₁₀ e confronto con metodi più raffinati (basati su alcune assunzioni cautelative);
- simulazione della dispersione dei prodotti della combustione dei mezzi di cantiere (NO₂, NO_x e PM₁₀) e del PM₁₀ da risollevarimento per l'intero anno 2011;
- simulazione del PM₁₀ da combustione e da risollevarimento su base stagionale (trimestrale);
- approfondimenti in termini di:
 1. analisi di dettaglio, su base giornaliera, di un episodio con elevate concentrazioni di PM₁₀ (superiori a 50 µg/m³);
 2. calcolo statistico e mappe dei percentili per la valutazione del superamento del valore limite orario dell'NO₂ (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte/anno) su base trimestrale.

Rimanendo al di fuori delle aree di lavorazione, il contributo delle attività dei cantieri del MOSE, sia rispetto all'NO₂ che al PM₁₀, non presentano elementi di criticità nelle tre bocche di porto in

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

termini di superamento dei rispettivi valori limite annuali per la protezione della salute umana, di cui al D.Lgs. 155/2010.

Per quanto riguarda situazioni di inquinamento acuto, gli impatti più alti in termini di concentrazioni medie giornaliere di PM10 possono verificarsi non solo in diretta prossimità delle aree di cantiere, ma anche a ridosso degli abitati di Punta Sabbioni e di San Pietro in Volta.

In riferimento al verificarsi di episodi acuti di inquinamento da NO₂ su base oraria, che conseguono a valutazioni comunque da ritenersi cautelative sia in termini di condizioni meteorologiche che emissive, essi investono in parte anche le zone abitate di Punta Sabbioni, San Pietro in Volta e Chioggia.

A.6 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 Directive	EU Directive	Implement. date	
						EU Directive	Transient				Constant
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 BOCHE LAGUNARI
 Tabella A2. Bocca di porto di Chioggia - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled			
			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	0.014	0.623	0.636	0.026	0.623	0.649	0.001	0.057	0.058	0.003	0.057	0.059	
	SPALLA SUD	feb	0.019	0.940	0.960	0.037	0.940	0.977	0.002	0.087	0.088	0.004	0.087	0.090	
	SPALLA SUD	mar	0.025	0.712	0.737	0.047	0.712	0.759	0.002	0.065	0.067	0.005	0.065	0.070	
	SPALLA SUD	apr	0.037	0.954	0.991	0.070	0.954	1.024	0.003	0.087	0.090	0.007	0.087	0.094	
	SPALLA SUD	mag	0.438	0.776	1.214	0.832	0.776	1.608	0.034	0.071	0.106	0.080	0.071	0.151	
	SPALLA SUD	giu	0.641	0.848	1.489	1.216	0.848	2.064	0.048	0.077	0.125	0.114	0.077	0.192	
	SPALLA SUD	lug	0.664	0.659	1.323	1.260	0.659	1.919	0.049	0.060	0.109	0.118	0.060	0.178	
	SPALLA SUD	ago	0.451	0.377	0.828	0.856	0.377	1.233	0.035	0.034	0.069	0.082	0.034	0.116	
	SPALLA SUD	set	0.362	0.726	1.087	0.686	0.726	1.412	0.030	0.067	0.096	0.067	0.067	0.134	
	SPALLA SUD	ott	0.338	0.496	0.833	0.641	0.496	1.137	0.028	0.045	0.073	0.063	0.045	0.108	
	SPALLA SUD	nov	0.738	0.781	1.519	1.400	0.781	2.181	0.054	0.071	0.125	0.131	0.071	0.202	
	SPALLA SUD	dic	0.602	0.435	1.037	1.142	0.435	1.577	0.045	0.039	0.085	0.108	0.039	0.147	
	SPALLA SUD	2011		4.327	8.326	12.653	8.212	8.326	16.539	0.331	0.761	1.092	0.782	0.761	1.542
	BARRIERA	gen	0.000	1.224	1.224	0.000	1.224	1.224	0.000	0.113	0.113	0.000	0.113	0.113	
	BARRIERA	feb	0.000	1.157	1.157	0.000	1.157	1.157	0.000	0.107	0.107	0.000	0.107	0.107	
	BARRIERA	mar	0.000	0.975	0.975	0.000	0.975	0.975	0.000	0.090	0.090	0.000	0.090	0.090	
	BARRIERA	apr	0.000	1.014	1.014	0.000	1.014	1.014	0.000	0.093	0.093	0.000	0.093	0.093	
	BARRIERA	mag	0.000	0.796	0.796	0.000	0.796	0.796	0.000	0.073	0.073	0.000	0.073	0.073	
	BARRIERA	giu	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	lug	0.000	0.377	0.377	0.000	0.377	0.377	0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035	
	BARRIERA	ago	0.000	0.147	0.147	0.000	0.147	0.147	0.000	0.014	0.014	0.000	0.014	0.014	
	BARRIERA	set	0.728	0.426	1.154	1.381	0.426	1.807	0.048	0.039	0.088	0.123	0.039	0.162	
	BARRIERA	ott	0.000	0.381	0.381	0.000	0.381	0.381	0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035	
	BARRIERA	nov	0.000	0.247	0.247	0.000	0.247	0.247	0.000	0.023	0.023	0.000	0.023	0.023	
	BARRIERA	dic	0.000	0.247	0.247	0.000	0.247	0.247	0.000	0.023	0.023	0.000	0.023	0.023	
	BARRIERA	2011		0.728	6.991	7.718	1.381	6.991	8.372	0.048	0.645	0.693	0.123	0.645	0.768
	SPALLA NORD	gen	0.548	0.379	0.927	1.040	0.379	1.419	0.040	0.035	0.075	0.097	0.035	0.131	
	SPALLA NORD	feb	0.613	0.327	0.940	1.164	0.327	1.491	0.044	0.030	0.074	0.108	0.030	0.138	
	SPALLA NORD	mar	0.766	0.118	0.884	1.454	0.118	1.572	0.054	0.011	0.064	0.133	0.011	0.144	
	SPALLA NORD	apr	0.743	0.445	1.188	1.410	0.445	1.855	0.053	0.041	0.094	0.130	0.041	0.171	
	SPALLA NORD	mag	0.803	0.453	1.256	1.524	0.453	1.977	0.057	0.042	0.099	0.140	0.042	0.182	
	SPALLA NORD	giu	0.614	0.452	1.066	1.166	0.452	1.617	0.044	0.041	0.085	0.107	0.041	0.148	
	SPALLA NORD	lug	0.757	0.488	1.245	1.437	0.488	1.925	0.054	0.045	0.099	0.132	0.045	0.177	
SPALLA NORD	ago	0.266	0.253	0.519	0.505	0.253	0.758	0.020	0.023	0.043	0.047	0.023	0.070		
SPALLA NORD	set	0.600	0.168	0.768	1.138	0.168	1.306	0.043	0.015	0.059	0.105	0.015	0.121		
SPALLA NORD	ott	0.421	0.605	1.025	0.798	0.605	1.403	0.031	0.055	0.086	0.075	0.055	0.130		
SPALLA NORD	nov	0.556	0.672	1.228	1.055	0.672	1.727	0.040	0.061	0.101	0.097	0.061	0.158		
SPALLA NORD	dic	0.369	0.387	0.757	0.701	0.387	1.089	0.027	0.035	0.062	0.065	0.035	0.100		
SPALLA NORD	2011		7.056	4.746	11.802	13.392	4.746	18.138	0.506	0.434	0.939	1.236	0.434	1.670	
TOTALE BOCCA DI CHIOGGIA			12.1	20.1	32.2	23.0	20.1	43.0	0.9	1.8	2.7	2.1	1.8	4.0	

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI
 Tabella A3. Bocca di porto di Malamocco - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled			
			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	0.000	0.224	0.224	0.000	0.224	0.224	0.000	0.020	0.020	0.000	0.020	0.020	
	SPALLA NORD	feb	0.440	0.421	0.861	0.835	0.421	1.256	0.031	0.037	0.068	0.077	0.037	0.114	
	SPALLA NORD	mar	0.519	0.337	0.856	0.986	0.337	1.322	0.037	0.030	0.066	0.090	0.030	0.120	
	SPALLA NORD	apr	0.343	0.281	0.624	0.652	0.281	0.932	0.024	0.025	0.049	0.059	0.025	0.084	
	SPALLA NORD	mag	0.224	0.084	0.308	0.425	0.084	0.510	0.017	0.007	0.024	0.040	0.007	0.048	
	SPALLA NORD	giu	0.356	0.219	0.575	0.675	0.219	0.894	0.026	0.019	0.046	0.063	0.019	0.083	
	SPALLA NORD	lug	0.323	0.196	0.519	0.613	0.196	0.809	0.024	0.017	0.041	0.057	0.017	0.075	
	SPALLA NORD	ago	0.226	0.137	0.363	0.428	0.137	0.566	0.017	0.012	0.029	0.040	0.012	0.052	
	SPALLA NORD	set	0.324	0.160	0.484	0.615	0.160	0.775	0.024	0.014	0.038	0.057	0.014	0.072	
	SPALLA NORD	ott	0.341	0.205	0.546	0.647	0.205	0.852	0.025	0.018	0.043	0.061	0.018	0.079	
	SPALLA NORD	nov	0.330	0.140	0.470	0.626	0.140	0.766	0.025	0.012	0.037	0.059	0.012	0.071	
	SPALLA NORD	dic	0.209	0.084	0.293	0.396	0.084	0.481	0.015	0.007	0.023	0.037	0.007	0.045	
	SPALLA NORD	2011		3.635	2.488	6.123	6.898	2.488	9.386	0.265	0.220	0.484	0.642	0.220	0.861
	SPALLA SUD + CASSONI	gen		0.775	0.332	1.107	1.470	0.332	1.802	0.053	0.029	0.082	0.133	0.029	0.162
	SPALLA SUD + CASSONI	feb		0.773	0.352	1.125	1.466	0.352	1.818	0.052	0.031	0.083	0.132	0.031	0.163
	SPALLA SUD + CASSONI	mar		0.744	0.061	0.805	1.410	0.061	1.471	0.051	0.005	0.056	0.128	0.005	0.133
	SPALLA SUD + CASSONI	apr		0.795	0.077	0.872	1.508	0.077	1.585	0.054	0.007	0.061	0.136	0.007	0.143
	SPALLA SUD + CASSONI	mag		0.796	0.306	1.102	1.509	0.306	1.815	0.055	0.027	0.082	0.137	0.027	0.164
	SPALLA SUD + CASSONI	giu		0.943	0.377	1.321	1.789	0.377	2.167	0.065	0.033	0.098	0.162	0.033	0.195
	SPALLA SUD + CASSONI	lug		0.862	0.334	1.196	1.634	0.334	1.968	0.059	0.029	0.088	0.148	0.029	0.177
	SPALLA SUD + CASSONI	ago		0.601	0.235	0.836	1.139	0.235	1.374	0.041	0.021	0.062	0.103	0.021	0.124
	SPALLA SUD + CASSONI	set		0.923	0.334	1.257	1.751	0.334	2.085	0.063	0.029	0.092	0.158	0.029	0.188
	SPALLA SUD + CASSONI	ott		0.770	0.311	1.081	1.461	0.311	1.772	0.053	0.027	0.080	0.132	0.027	0.160
	SPALLA SUD + CASSONI	nov		0.748	0.305	1.052	1.418	0.305	1.723	0.051	0.027	0.078	0.128	0.027	0.155
	SPALLA SUD + CASSONI	dic		0.501	0.291	0.792	0.951	0.291	1.241	0.034	0.026	0.060	0.086	0.026	0.112
	SPALLA SUD + CASSONI	2011		9.230	3.315	12.545	17.506	3.315	20.821	0.631	0.293	0.923	1.583	0.293	1.876
	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
	BARRIERA	feb		0.000	0.006	0.006	0.000	0.006	0.006	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	mar		0.000	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	apr		0.000	0.024	0.024	0.000	0.024	0.024	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002
	BARRIERA	mag		0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003
	BARRIERA	giu		0.000	0.014	0.014	0.000	0.014	0.014	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	lug		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	ago		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	set		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	ott		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	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	
BARRIERA	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	
BARRIERA	2011		0.000	0.095	0.095	0.000	0.095	0.095	0.000	0.008	0.008	0.000	0.008	0.008	
TOTALE BOCCA DI MALAMOCCO			12.9	5.9	18.8	24.4	5.9	30.3	0.9	0.5	1.4	2.2	0.5	2.7	

CORILA

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

Tabella A4. Bocca di porto di Lido, zona di lavoro in mare - 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	
LIDO - ACQUA	CANALE	gen	0.365	0.567	0.932	0.693	0.567	1.260	0.024	0.050	0.074	0.062	0.050	0.112	
	CANALE	feb	0.551	0.861	1.412	1.046	0.861	1.907	0.037	0.076	0.113	0.093	0.076	0.169	
	CANALE	mar	0.547	0.918	1.465	1.037	0.918	1.955	0.036	0.081	0.117	0.093	0.081	0.174	
	CANALE	apr	0.408	0.657	1.065	0.775	0.657	1.432	0.027	0.058	0.085	0.069	0.058	0.127	
	CANALE	mag	0.193	0.730	0.924	0.367	0.730	1.097	0.013	0.064	0.077	0.033	0.064	0.097	
	CANALE	giu	0.279	0.938	1.218	0.530	0.938	1.469	0.019	0.083	0.101	0.047	0.083	0.130	
	CANALE	lug	0.264	0.559	0.823	0.502	0.559	1.061	0.018	0.049	0.067	0.045	0.049	0.095	
	CANALE	ago	0.142	0.224	0.366	0.269	0.224	0.494	0.009	0.020	0.029	0.024	0.020	0.044	
	CANALE	set	0.340	0.530	0.871	0.646	0.530	1.176	0.023	0.047	0.069	0.058	0.047	0.104	
	CANALE	ott	0.410	0.612	1.022	0.779	0.612	1.391	0.028	0.054	0.082	0.070	0.054	0.124	
	CANALE	nov	0.263	0.330	0.594	0.500	0.330	0.830	0.018	0.029	0.047	0.045	0.029	0.074	
	CANALE	dic	0.120	0.129	0.249	0.228	0.129	0.357	0.008	0.011	0.020	0.021	0.011	0.032	
	CANALE	2011		3.885	7.056	10.941	7.372	7.056	14.429	0.260	0.623	0.882	0.659	0.623	1.282
	BARRIERA	gen		0.038	0.227	0.264	0.071	0.227	0.298	0.003	0.020	0.023	0.007	0.020	0.027
	BARRIERA	feb		0.042	0.252	0.294	0.080	0.252	0.332	0.004	0.022	0.026	0.008	0.022	0.030
	BARRIERA	mar		0.062	0.242	0.304	0.118	0.242	0.360	0.005	0.021	0.027	0.012	0.021	0.033
	BARRIERA	apr		0.030	0.311	0.341	0.056	0.311	0.368	0.003	0.027	0.030	0.006	0.027	0.033
	BARRIERA	mag		0.042	0.610	0.652	0.080	0.610	0.690	0.004	0.054	0.057	0.008	0.054	0.062
	BARRIERA	giu		0.052	0.349	0.401	0.099	0.349	0.448	0.004	0.031	0.035	0.010	0.031	0.041
	BARRIERA	lug		0.049	0.436	0.485	0.094	0.436	0.530	0.004	0.038	0.043	0.009	0.038	0.048
	BARRIERA	ago		0.018	0.124	0.142	0.034	0.124	0.158	0.001	0.011	0.012	0.003	0.011	0.014
	BARRIERA	set		0.038	0.362	0.400	0.072	0.362	0.434	0.003	0.032	0.035	0.007	0.032	0.039
	BARRIERA	ott		0.040	0.297	0.336	0.076	0.297	0.372	0.003	0.026	0.030	0.008	0.026	0.034
	BARRIERA	nov		0.025	0.675	0.700	0.048	0.675	0.723	0.002	0.060	0.062	0.005	0.060	0.064
	BARRIERA	dic		0.020	0.484	0.504	0.038	0.484	0.522	0.002	0.043	0.044	0.004	0.043	0.046
	BARRIERA	2011		0.456	4.369	4.824	0.865	4.369	5.233	0.038	0.385	0.424	0.086	0.385	0.472
	LUNATA	gen		1.160	3.041	4.201	2.202	3.041	5.243	0.077	0.268	0.345	0.196	0.268	0.465
	LUNATA	feb		0.967	2.647	3.614	1.835	2.647	4.482	0.064	0.234	0.298	0.164	0.234	0.397
	LUNATA	mar		1.354	4.384	5.738	2.569	4.384	6.953	0.090	0.387	0.477	0.229	0.387	0.616
	LUNATA	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
	LUNATA	mag		1.031	1.925	2.956	1.957	1.925	3.882	0.068	0.170	0.238	0.174	0.170	0.344
	LUNATA	giu		1.289	1.630	2.919	2.447	1.630	4.077	0.085	0.144	0.229	0.218	0.144	0.362
	LUNATA	lug		1.170	0.767	1.937	2.221	0.767	2.988	0.078	0.068	0.145	0.198	0.068	0.266
LUNATA	ago		0.691	0.593	1.284	1.312	0.593	1.905	0.046	0.052	0.098	0.117	0.052	0.169	
LUNATA	set		1.223	1.203	2.427	2.321	1.203	3.525	0.081	0.106	0.187	0.207	0.106	0.313	
LUNATA	ott		1.064	1.047	2.110	2.019	1.047	3.065	0.070	0.092	0.163	0.180	0.092	0.272	
LUNATA	nov		0.846	0.977	1.823	1.606	0.977	2.582	0.056	0.086	0.142	0.143	0.086	0.229	
LUNATA	dic		0.556	0.698	1.254	1.055	0.698	1.753	0.037	0.062	0.098	0.094	0.062	0.156	
LUNATA	2011		11.352	18.911	30.263	21.544	18.911	40.456	0.752	1.669	2.421	1.920	1.669	3.588	
TOTALE BOCCA DI LIDO - ACQUA			15.7	30.3	46.0	29.8	30.3	60.1	1.1	2.7	3.7	2.7	2.7	5.3	

CORILA

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

Tabella A5. Bocca di porto di Lido, zona di lavoro su terra - 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	
LIDO - TERRA	SPALLA NORD + TURA	gen	1.055	0.272	1.328	2.003	0.272	2.275	0.082	0.024	0.106	0.192	0.024	0.216	
	SPALLA NORD + TURA	feb	1.488	0.956	2.444	2.825	0.956	3.781	0.114	0.084	0.199	0.269	0.084	0.354	
	SPALLA NORD + TURA	mar	1.603	0.320	1.923	3.042	0.320	3.362	0.120	0.028	0.149	0.287	0.028	0.315	
	SPALLA NORD + TURA	apr	1.984	0.212	2.196	3.766	0.212	3.978	0.146	0.019	0.164	0.352	0.019	0.370	
	SPALLA NORD + TURA	mag	1.431	0.212	1.643	2.715	0.212	2.927	0.110	0.019	0.128	0.259	0.019	0.277	
	SPALLA NORD + TURA	giu	1.116	0.163	1.279	2.118	0.163	2.281	0.084	0.014	0.098	0.200	0.014	0.214	
	SPALLA NORD + TURA	lug	1.369	0.441	1.809	2.597	0.441	3.038	0.103	0.039	0.142	0.245	0.039	0.284	
	SPALLA NORD + TURA	ago	1.318	0.212	1.530	2.501	0.212	2.713	0.095	0.019	0.114	0.231	0.019	0.250	
	SPALLA NORD + TURA	set	1.610	0.372	1.981	3.055	0.372	3.427	0.116	0.033	0.148	0.282	0.033	0.315	
	SPALLA NORD + TURA	ott	1.399	0.438	1.837	2.655	0.438	3.093	0.100	0.039	0.138	0.244	0.039	0.283	
	SPALLA NORD + TURA	nov	1.746	0.496	2.242	3.314	0.496	3.810	0.123	0.044	0.167	0.304	0.044	0.347	
	SPALLA NORD + TURA	dic	2.090	0.082	2.172	3.967	0.082	4.049	0.155	0.007	0.162	0.372	0.007	0.379	
	SPALLA NORD + TURA	2011		18.209	4.176	22.384	34.558	4.176	38.733	1.346	0.368	1.714	3.236	0.368	3.605
	ISOLA	gen	0.960	0.961	1.921	1.822	0.961	2.783	0.066	0.085	0.151	0.165	0.085	0.250	
	ISOLA	feb	1.899	1.493	3.393	3.605	1.493	5.098	0.129	0.132	0.261	0.325	0.132	0.457	
	ISOLA	mar	1.797	1.240	3.037	3.411	1.240	4.650	0.123	0.109	0.233	0.309	0.109	0.418	
	ISOLA	apr	1.691	0.982	2.673	3.209	0.982	4.191	0.116	0.087	0.202	0.290	0.087	0.377	
	ISOLA	mag	1.478	1.642	3.121	2.806	1.642	4.448	0.102	0.145	0.247	0.255	0.145	0.399	
	ISOLA	giu	0.629	1.878	2.507	1.193	1.878	3.071	0.043	0.166	0.209	0.108	0.166	0.274	
	ISOLA	lug	0.661	1.742	2.403	1.254	1.742	2.996	0.048	0.154	0.202	0.117	0.154	0.271	
	ISOLA	ago	0.448	1.603	2.051	0.850	1.603	2.453	0.032	0.141	0.173	0.078	0.141	0.220	
	ISOLA	set	0.873	1.945	2.818	1.657	1.945	3.602	0.063	0.172	0.235	0.153	0.172	0.325	
	ISOLA	ott	0.441	0.906	1.347	0.837	0.906	1.743	0.032	0.080	0.112	0.078	0.080	0.158	
	ISOLA	nov	0.437	0.571	1.008	0.829	0.571	1.400	0.031	0.050	0.082	0.077	0.050	0.127	
	ISOLA	dic	0.244	0.357	0.601	0.464	0.357	0.821	0.018	0.032	0.049	0.043	0.032	0.074	
	ISOLA	2011		11.558	15.321	26.880	21.936	15.321	37.257	0.804	1.352	2.156	1.997	1.352	3.349
	SPALLA SUD	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
	SPALLA SUD	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
	SPALLA SUD	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
	SPALLA SUD	apr	0.505	0.000	0.505	0.958	0.000	0.958	0.034	0.000	0.034	0.086	0.000	0.086	
	SPALLA SUD	mag	0.834	0.000	0.834	1.584	0.000	1.584	0.056	0.000	0.056	0.142	0.000	0.142	
	SPALLA SUD	giu	0.020	0.000	0.020	0.039	0.000	0.039	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000	0.003	
	SPALLA SUD	lug	0.025	0.000	0.025	0.048	0.000	0.048	0.002	0.000	0.002	0.004	0.000	0.004	
SPALLA SUD	ago	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 SUD	set	0.353	0.000	0.353	0.669	0.000	0.669	0.023	0.000	0.023	0.060	0.000	0.060		
SPALLA SUD	ott	0.657	0.000	0.657	1.246	0.000	1.246	0.044	0.000	0.044	0.111	0.000	0.111		
SPALLA SUD	nov	0.475	0.000	0.475	0.902	0.000	0.902	0.031	0.000	0.031	0.080	0.000	0.080		
SPALLA SUD	dic	0.074	0.000	0.074	0.140	0.000	0.140	0.005	0.000	0.005	0.012	0.000	0.012		
SPALLA SUD	2011		2.943	0.000	2.943	5.586	0.000	5.586	0.196	0.000	0.196	0.499	0.000	0.499	
TOTALE BOCCA DI LIDO - TERRA			32.7	19.5	52.2	62.1	19.5	81.6	2.3	1.7	4.1	5.7	1.7	7.5	

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

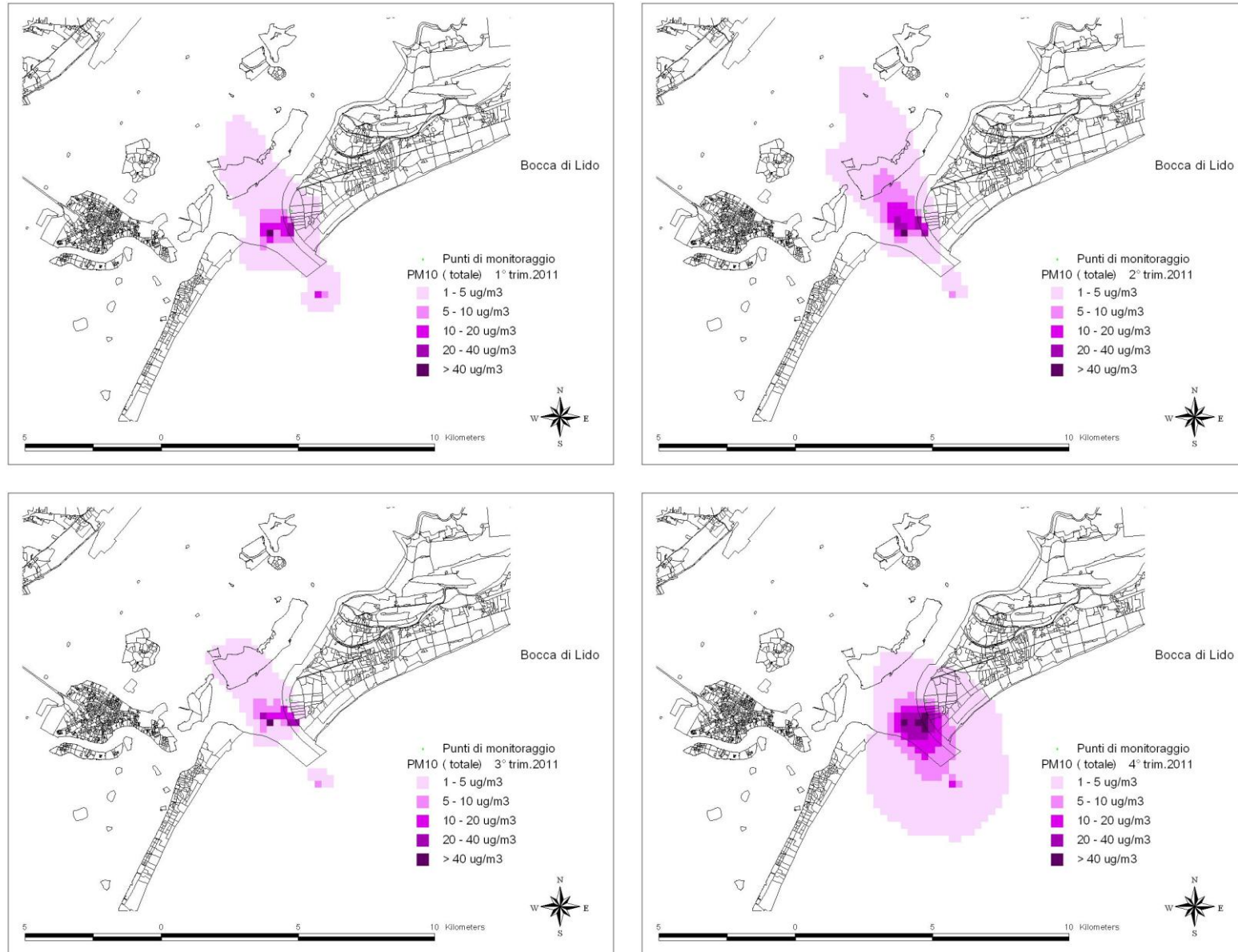


Figura A2. Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Lido

CORILA

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

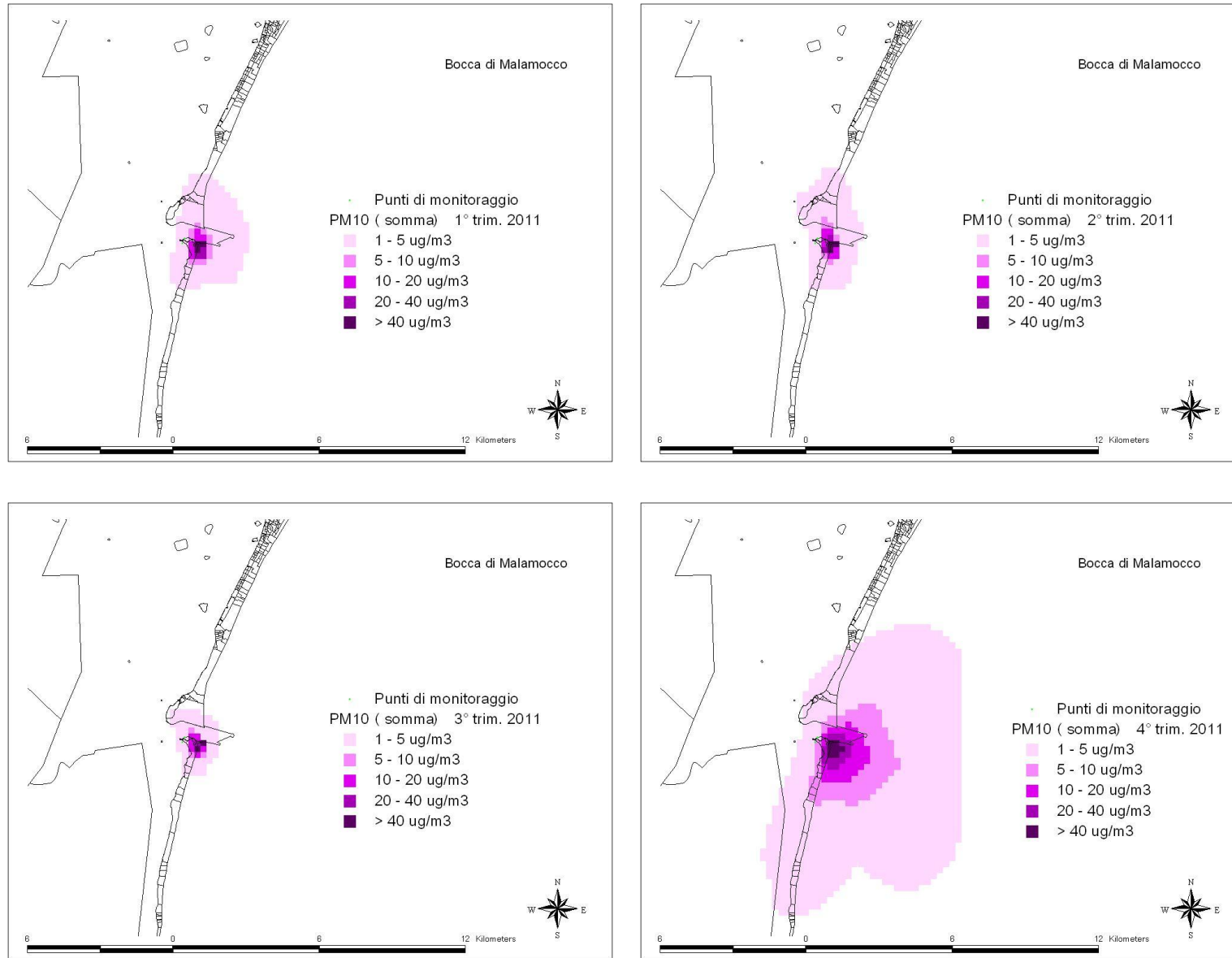


Figura A3. Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollevarimento) - bocca di Malamocco

CORILA

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

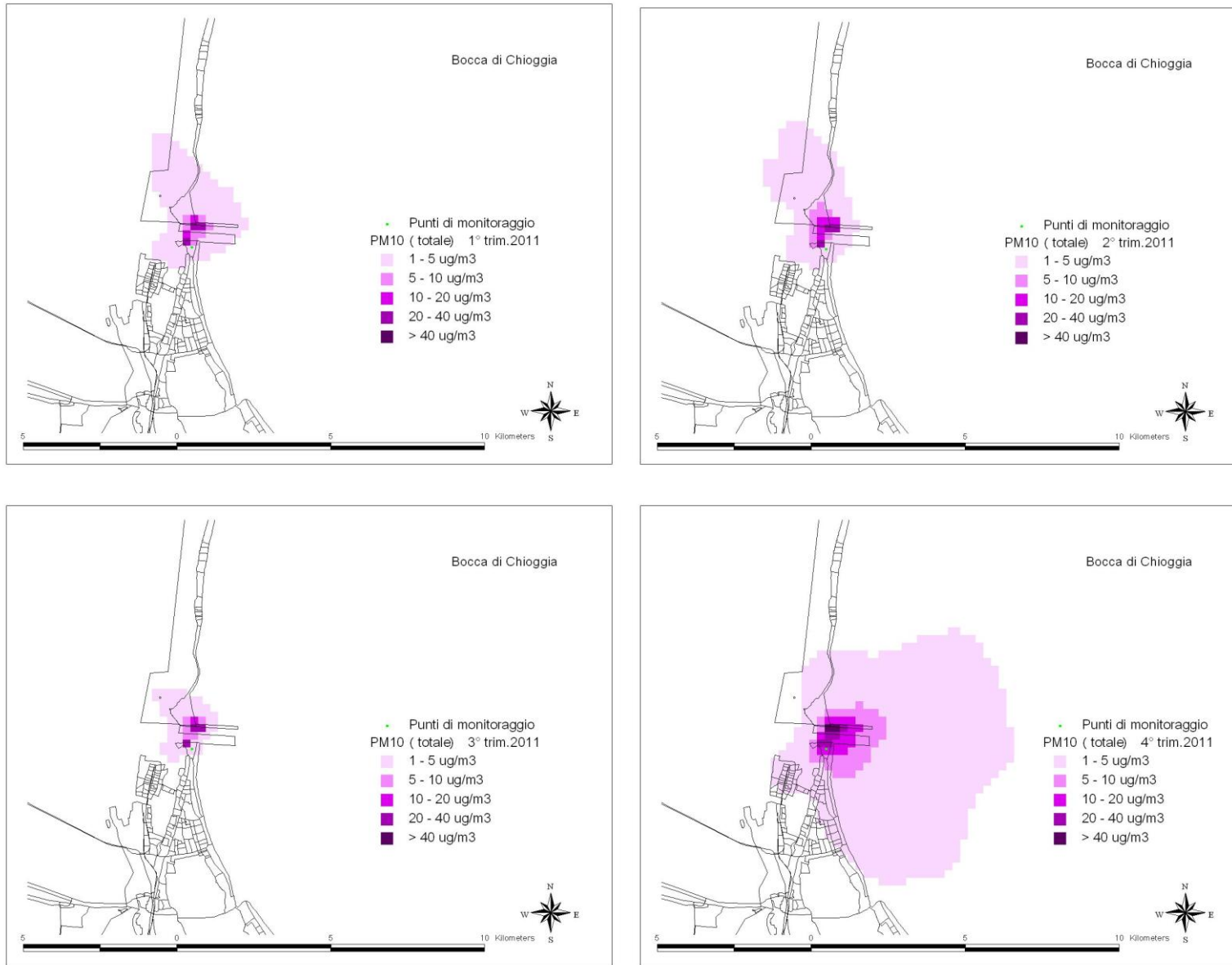


Figura A4. Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risollevarimento) - bocca di Chioggia

CORILA

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

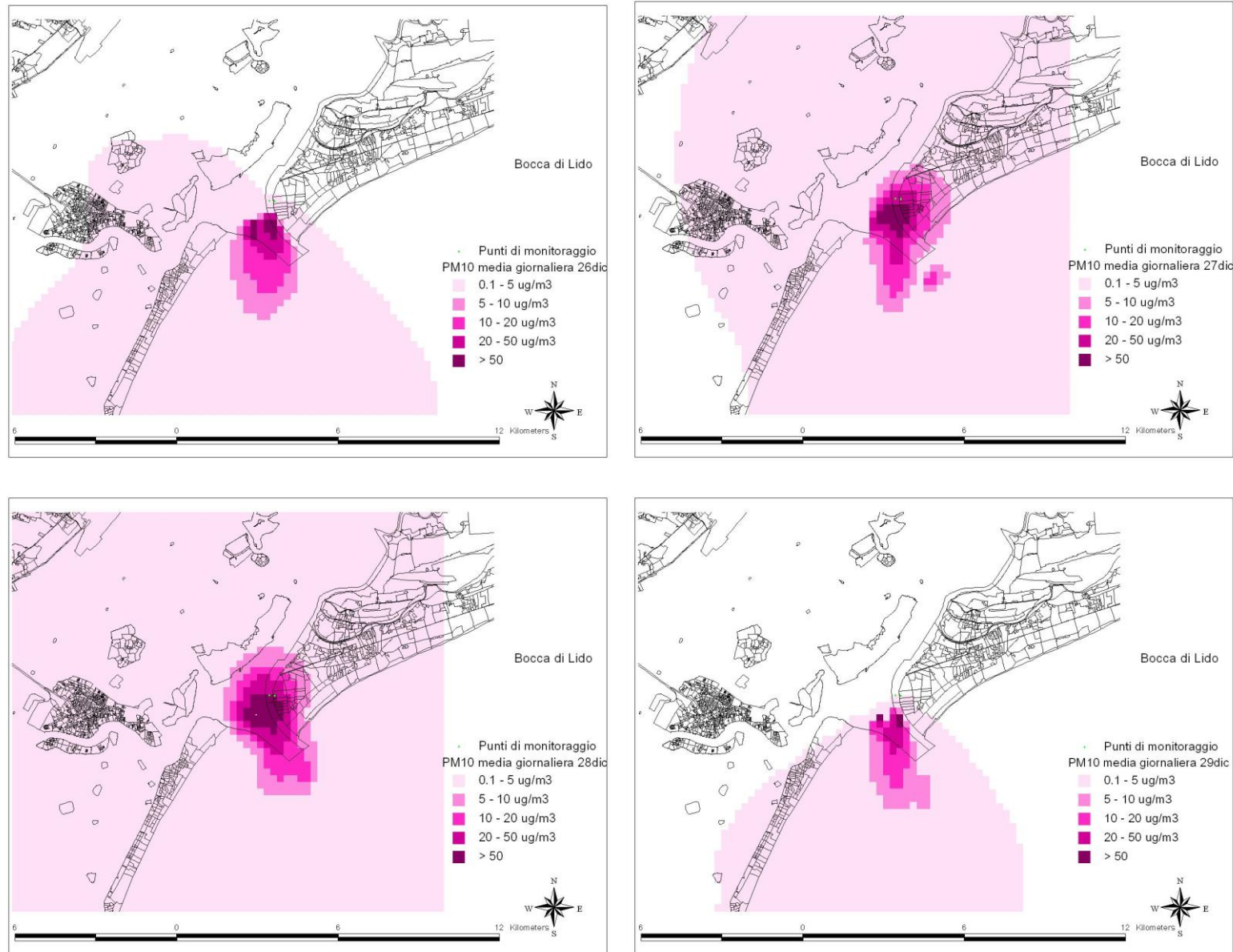


Figura A5. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Lido

CORILA

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

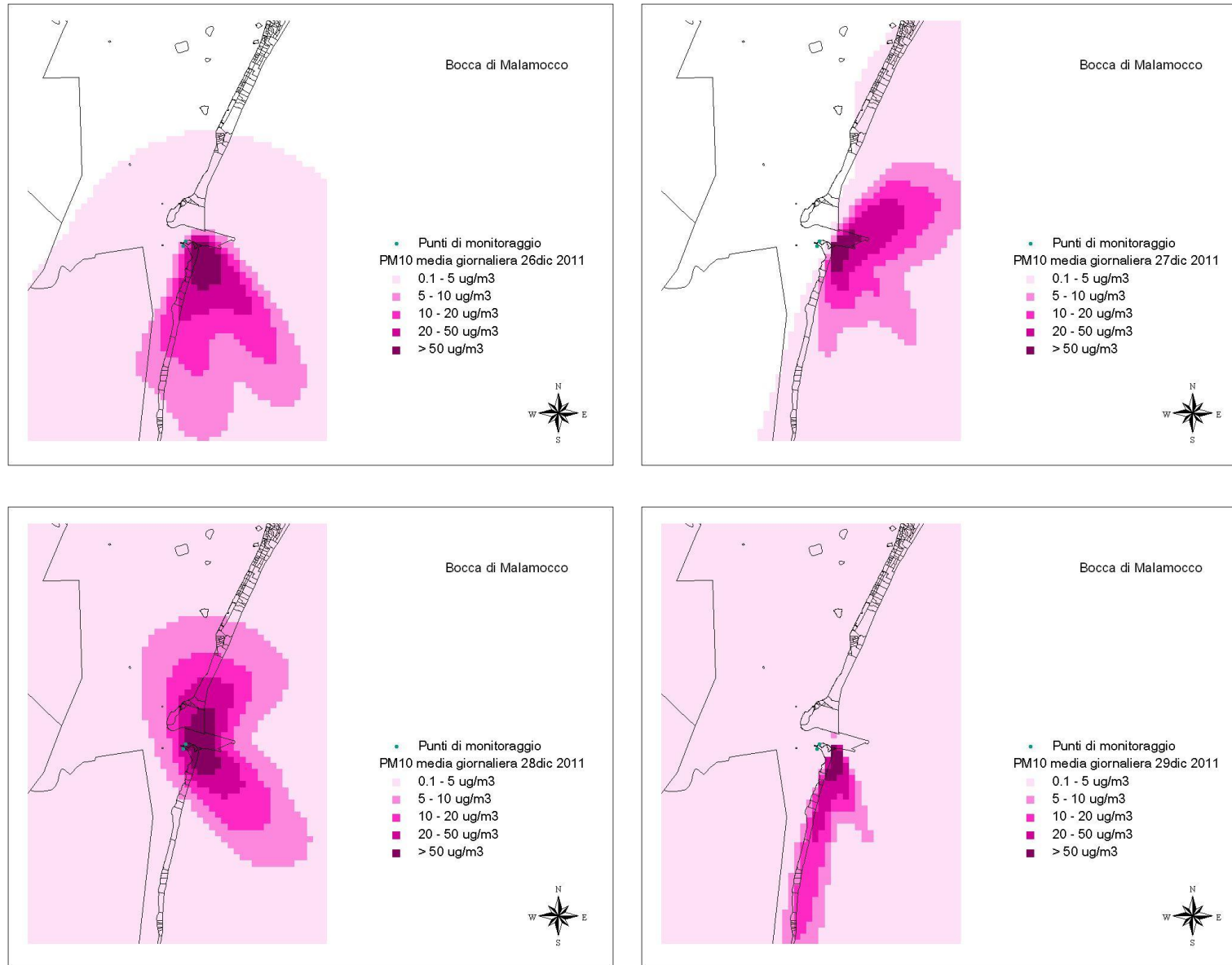


Figura A6. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Malamocco

CORILA

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

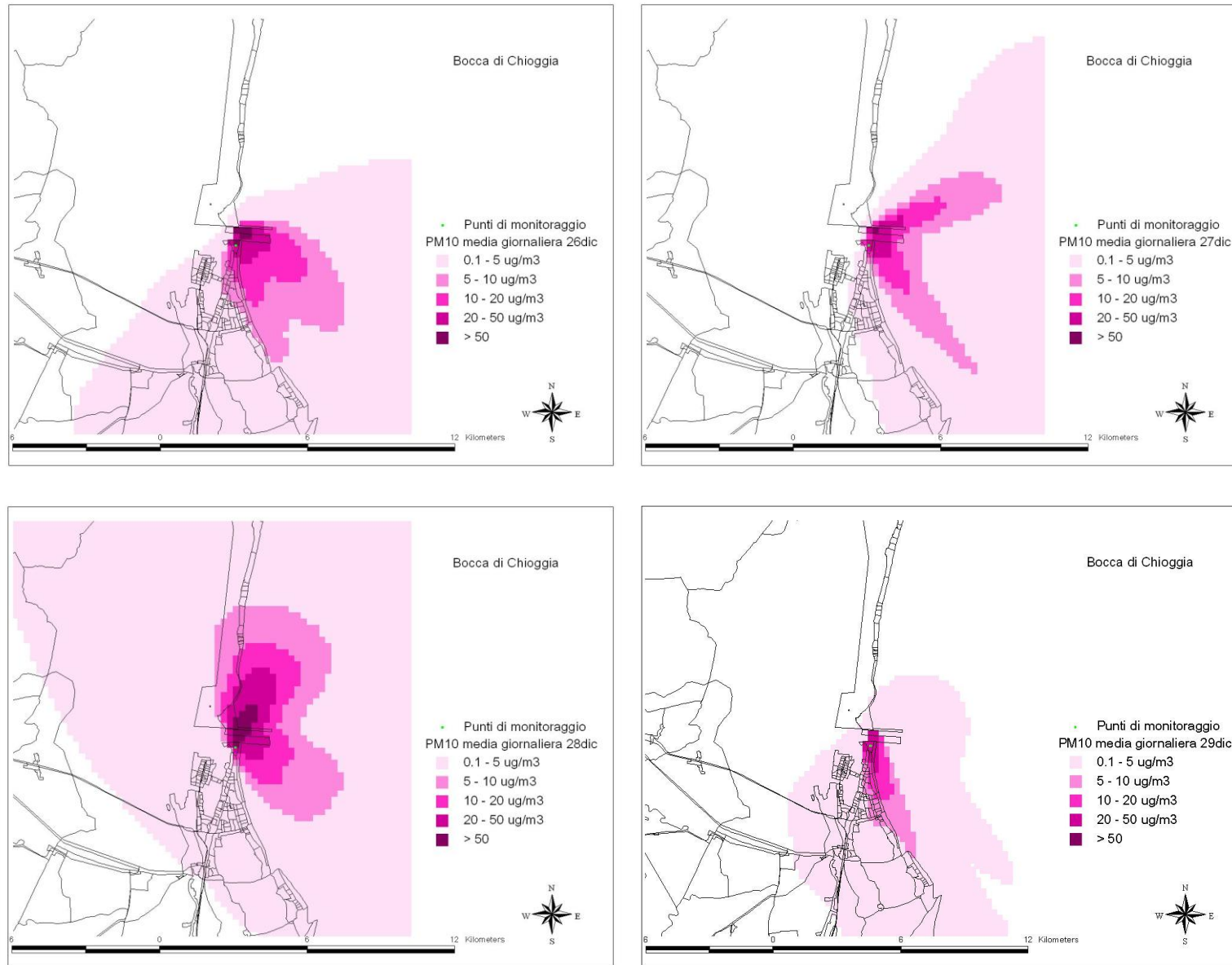


Figura A7. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Chioggia

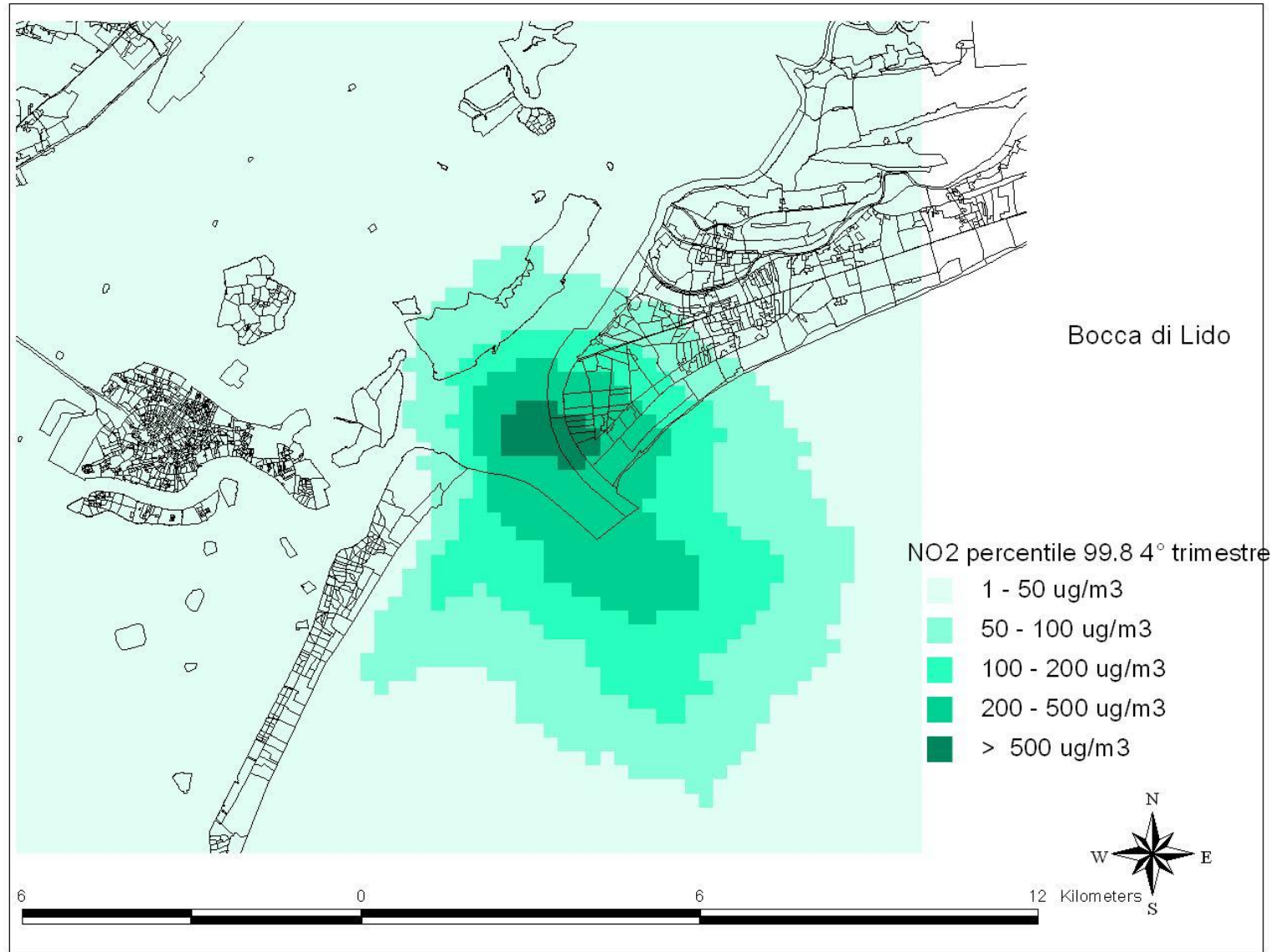


Figura A8. Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Lido

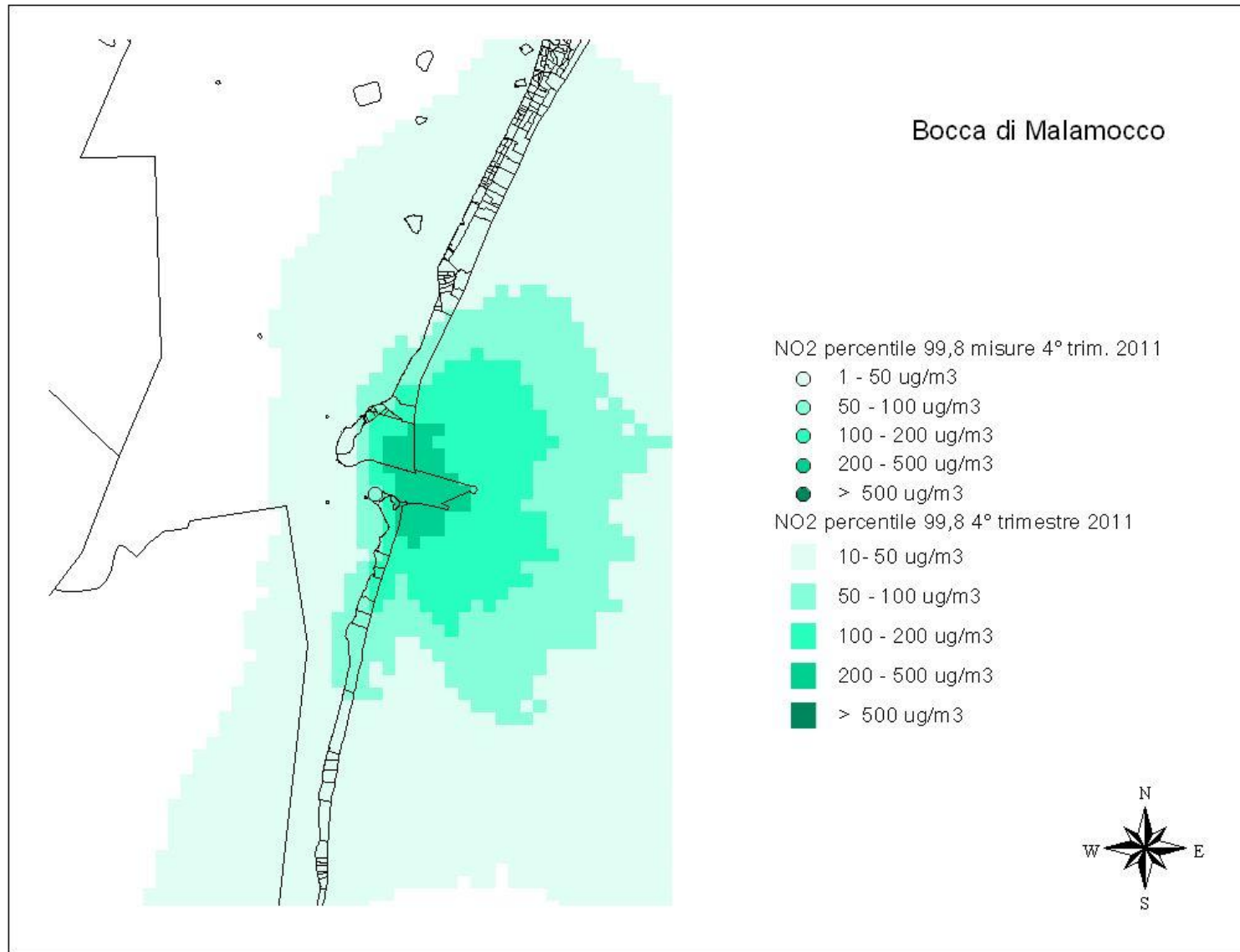


Figura A9. Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Malamocco

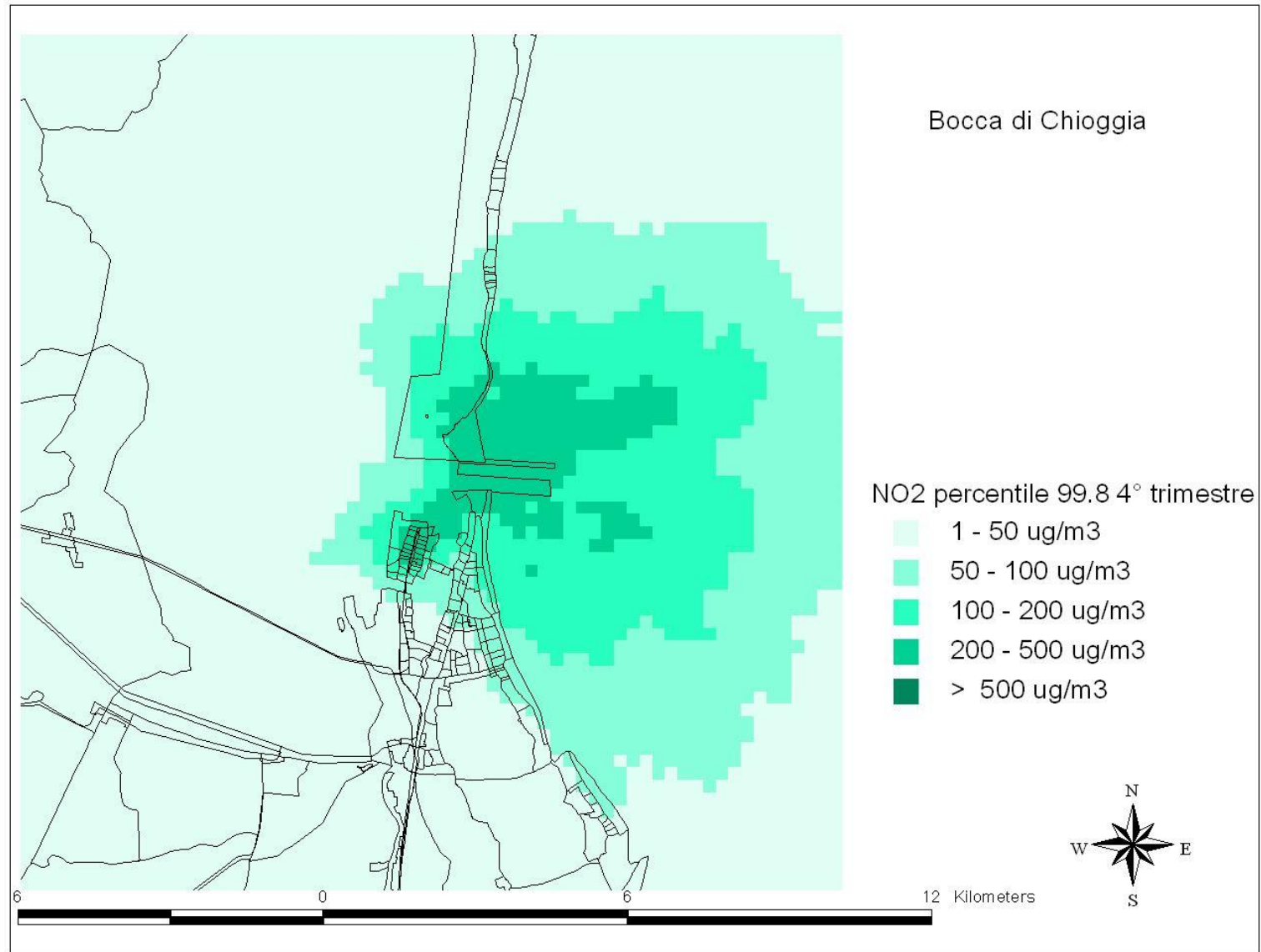


Figura A10. Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Chioggia