



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

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/12**

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

Contratto CVN-CORILA n. 11808 UPE/MGA/cer

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

Versione **1.0**

Emissione **15 Gennaio 2017**

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
2.1.1 <i>Caratterizzazione delle sorgenti emissive</i>	6
2.2 Emissioni da mezzi di cantiere	6
2.2.1 <i>Fattori di emissione - Mezzi di terra</i>	7
2.2.2 <i>Fattori di emissione - Mezzi acquei</i>	8
2.2.3 <i>Stima delle emissioni da mezzi di cantiere</i>	9
2.3 Emissioni da risollevarimento	10
2.4 Simulazioni eseguite e risultati.....	11
2.4.1 <i>Simulazioni per le emissioni dei mezzi di cantiere</i>	11
2.4.2 <i>Simulazioni per PM10 da risollevarimento</i>	11
3 ANALISI DEGLI OUTPUT	12
4 APPENDICE	17
5 APPENDICE	18
BIBLIOGRAFIA.....	19

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto delle simulazioni

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere del MOSE alle bocche lagunari (Studio B.6.72 B/12, periodo maggio 2016 - aprile 2017), ed in continuità con quanto svolto nel corso dei precedenti Studi B/7-B/11, viene effettuato uno studio modellistico per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria delle attività di costruzione del MOSE alle tre bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia relativamente all'anno 2016. Le simulazioni modellistiche hanno la finalità di fornire una mappatura spaziale dell'impatto delle attività di cantiere, indicando, in relazione alle condizioni meteorologiche e all'andamento delle lavorazioni, la probabilità che il contributo della sorgente indagata superi una determinata soglia presso i punti sensibili e quelli di massima ricaduta.

Le simulazioni modellistiche di dispersione in atmosfera degli inquinanti condotte nel presente studio hanno come oggetto le ricadute delle emissioni 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) nei cantieri di costruzione del MOSE alle tre bocche di porto.

1.2 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica

Come definito nei rapporti delle precedenti annualità, l'attività modellistica si sviluppa 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.

Nel corso del presente Studio B.6.72 B/12 i campi tridimensionali meteorologici e bidimensionali geografici in input a CALPUFF sono forniti da ARPAV-Centro Meteorologico di Teolo (CMT) su un'area che contiene i domini di calcolo di CALPUFF relativi alle tre bocche di porto.

Il contenuto di questo periodo di attività riguarda:

- l'acquisizione dell'input meteorologico per il periodo gennaio-giugno 2016;
- la stima delle emissioni per il periodo gennaio-giugno 2016 dovute alle attività di cantiere relativamente alla bocca di porto di Chioggia, la sola per cui sono disponibili tutti i dati di cantiere necessari alle simulazioni modellistiche;
- le simulazioni modellistiche per il periodo gennaio-giugno 2016 relativamente a NO_x, NO₂ e PM₁₀ per la bocca di porto di Chioggia.

1.3 Obiettivi delle simulazioni

Si ricordano gli obiettivi delle simulazioni descritti nel Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/12):

- 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.

2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE

2.1 Strumenti modellistici e loro implementazione

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

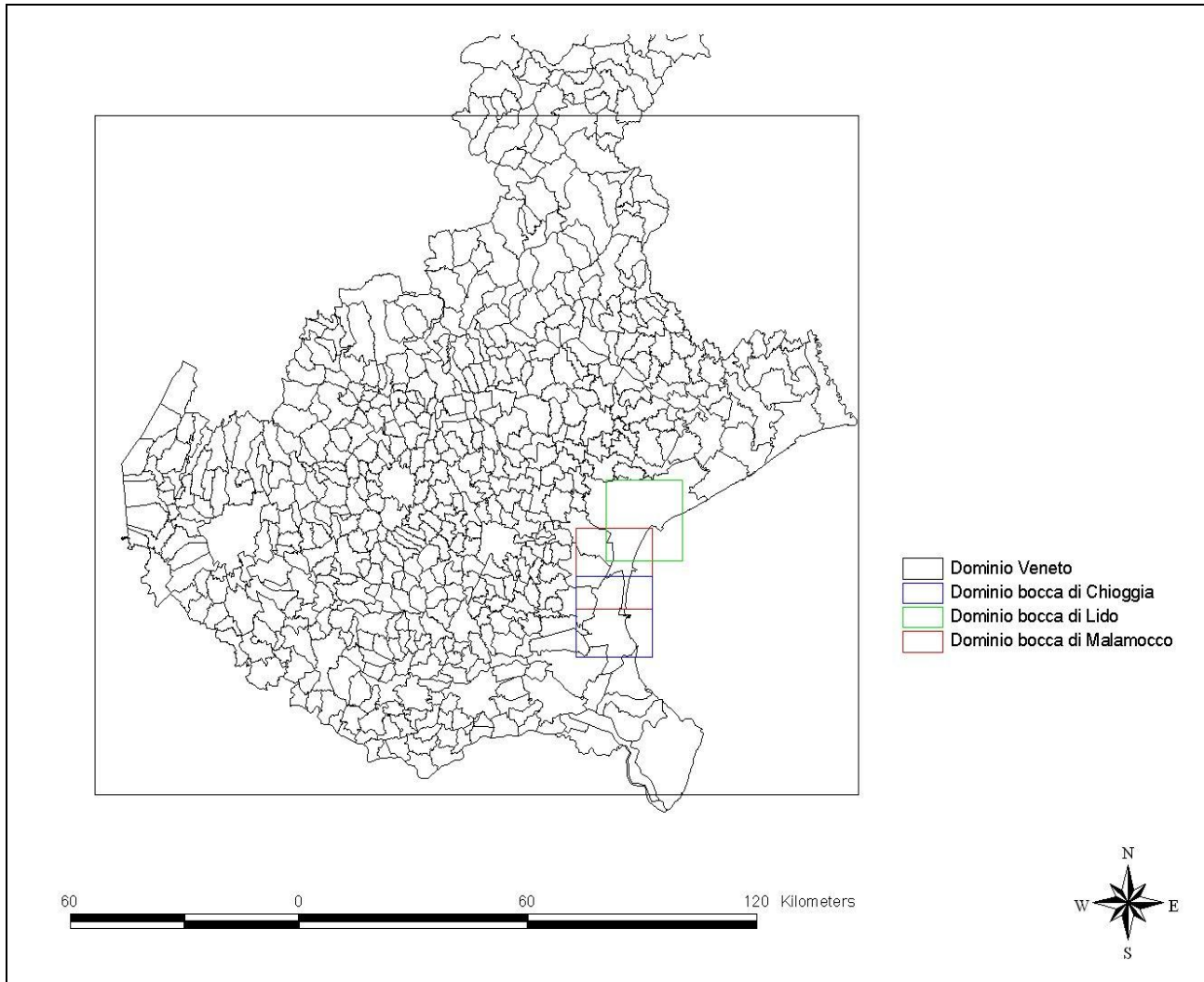


Figura 1. Dominio di calcolo regionale di CALMET e domini di calcolo di CALPUFF relativi alle tre bocche di porto.

L'input meteorologico tridimensionale per CALPUFF, calcolato tramite CALMET a partire dai dati meteorologici al suolo e in quota, è stato fornito dal CMT su un dominio di dimensione 28x44 km², sufficiente per contenere i domini di calcolo relativi alle tre bocche di porto, con griglia a risoluzione di 500 m, innestato su un dominio regionale, di 200x168 km², comprendente tutta la pianura veneta e una porzione della zona montana, con risoluzione di calcolo di 4x4 km², come illustrato in Figura 1. Verticalmente CALMET è implementato con 10 livelli verticali dalla superficie a 3000 m di altezza. I dati meteorologici relativi al primo livello verticale forniti in input a CALMET sono registrati presso 38 stazioni (con anemometro a 10 m in pianura e 5 in zona montuosa) di cui 9 stazioni sinottiche dell'Aeronautica Militare e 28 stazioni della rete del Centro Meteorologico di Teolo; a questi si aggiungono i dati della stazione off-shore gestita dal Comune di

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

Venezia e posizionata sulla piattaforma del CNR a largo della laguna di Venezia e i dati delle stazioni 5 e 23 gentilmente forniti dall'Ente Zona Industriale di Porto Marghera. Per quanto riguarda i livelli verticali superiori, i dati in input a CALMET sono relativi a 3 radiosondaggi (Milano-Linate, Udine-Campoformido e Bologna-San Pietro Capofiume).

Le concentrazioni di inquinanti sono state stimate tramite il modello CALPUFF su tre domini di 20x20 km², centrati sulle tre bocche di porto, con risoluzione pari a 250x250 m².

Per la descrizione più dettagliata degli strumenti modellistici e della loro implementazione si rimanda ai rapporti presentati nel corso dello Studio B.6.72 B/7.

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 sono forniti i dati relativi all'impiego dei mezzi nei cantieri.

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

La collocazione e dimensione delle sorgenti areali e volumetriche sono state ricavate dagli shape file dei cantieri; 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, Consorzio Venezia Nuova ha fornito 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

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

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

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

2.2.1 Fattori di emissione - Mezzi di terra

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

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

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

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 tre 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.

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

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

		Power range (kW)							
<i>pollutant</i>	EF	0-20	20-37	37-75	75-130	130-300	300-560	560-1000	> 1000
NO _x	<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 medio tra potenza effettivamente assorbita durante le operazioni di lavoro e la potenza nominale del mezzo impiegato.

Tabella 2. Fattori di carico per i mezzi off-road.

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

2.2.2 Fattori di emissione - Mezzi acquei

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

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

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

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.

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

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

A partire da questa considerazione ed in riferimento alle indicazioni ottenute dalla Direzione Lavori relative all'utilizzo praticamente esclusivo del combustibile MDO (marine diesel oil), i fattori di emissione utilizzati nella presente stima sono quelli riportati nella successiva Tabella 3, estratti dalla tabella 3-10 (Tier Emission Factors for NO_x, NMVOC, PM and Specific Fuel Consumption for different engine types/fuel combinations and vessel trip phases cruising, hotelling, manoeuvring in g/kWh) del Guidebook 2009².

Tabella 3. Fattori di emissione utilizzati per i mezzi acquei.

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

2.2.3 Stima delle emissioni da mezzi di cantiere

A partire dallo Studio B.6.72 B/8, i cantieri hanno fornito, oltre ai dati relativi al numero di mezzi impiegati per numero di giorni e percentuali di utilizzo, per ciascun mese dell'anno e per ciascuna tipologia di mezzi, anche i dati relativi all'orario lavorativo giornaliero (riportati in Tabella 4 per i cantieri alla bocca di porto di Chioggia, analizzati in questo rapporto).

Tabella 4. Orario lavorativo giornaliero indicato dai cantieri di Chioggia per i primi 6 mesi dell'anno 2016.

Bocca di Porto	Cantiere o Ditta	Ore lavorative al giorno	Orario lavorativo
Chioggia	Clodia	8	7:00-12:00 13:00-16:00
	Mantovani	8	7:30-12:00 13:00-16:30 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Per le simulazioni è stato utilizzato lo stesso orario del cantiere Clodia, dal momento che la risoluzione temporale dei dati emissivi in input al modello è pari all'ora intera.

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 (in Tabella A1 in Appendice sono riportati i numeri di mezzi delle diverse tipologie per il periodo gennaio-giugno degli anni 2015 e 2016) ed 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 di NO_x e PM10 dei mezzi di cantiere per i mesi da gennaio a giugno 2016 per la bocca di porto di Chioggia. Per tale periodo sono state eseguite le simulazioni con il modello di dispersione.

Tabella 5. Stima emissioni dei mezzi di cantiere (composite) per la bocca di porto di Chioggia per i sei mesi da gennaio a giugno 2016 [Mg].

Bocca di Porto	Tipo	NO _x	PM10
Chioggia	Mezzi di terra	6.2	0.48
	Mezzi acquei	16.4	1.50
	Totale	22.6	1.98

Alla bocca di porto di Chioggia, nella prima metà del 2016 i valori stimati per le emissioni di NO_x e PM10 dovute alla combustione nei mezzi di cantiere superano i corrispondenti valori relativi all'intero anno 2015 (si veda la Tabella A2 in Appendice, che riprende i dati discussi nel Rapporto

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

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

Finale Studio B.6.72 B/11), con l'accentuarsi della prevalenza dei mezzi acquei rispetto ai mezzi di terra, i cui contributi si attestano rispettivamente intorno al 75% e al 25% del totale. Nell'intero anno 2015, invece, i contributi emissivi risultavano distribuiti per circa 65% e 35% tra mezzi acquei e mezzi terrestri. Per completare il confronto, in Tabella A1 in Appendice sono riportati i numeri di mezzi delle diverse tipologie impiegati nei cantieri per il periodo gennaio-giugno degli anni 2015 e 2016, ricordando comunque che il contributo alle emissioni è diverso per ciascuna tipologia.

2.3 Emissioni da risolleamento

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

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

Per quanto riguarda il risolleamento eolico si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/(ha-anno)³, pari a 2.695x10⁻⁶ g/(m²·s), definito per "exposed areas" in assenza di copertura vegetale.

A partire dall'anno di monitoraggio 2012, il fattore di emissione relativo al risolleamento eolico è stato applicato solo in orario notturno, ed è stato ridotto del 50% per tener conto dell'effetto di mitigazione indotto da un adeguato trattamento di bagnatura del terreno, come peraltro prescritto dal SIA in avvio di lavori.

In seguito alle variazioni intervenute nel corso del 2014 (allagamento della tura e riduzione dell'area sterrata alla spalla sud per il progredire della costruzione degli edifici tecnici), si conferma per la prima parte del 2016 alla bocca di porto di Chioggia la stima delle emissioni di PM10 da risolleamento effettuata sulla base dei parametri già utilizzati nel 2015, riportati in Tabella 6. I fattori di emissione riportati in tale tabella risultano dal prodotto dei fattori di emissione "bulk" discussi in precedenza in questo paragrafo per i fattori di riduzione applicati (frazione sterrata dell'area in esame, mitigazione per bagnatura del terreno).

Tabella 6. Sorgenti areali e fattori di emissione per la simulazione del risolleamento di polveri.

Bocca di Porto e aree di lavorazione	Superficie (m ²)	Frazione sterrata	EF diurno (dalle 8 alle 16) [g/(m ² ·s)]	EF notturno [g/(m ² ·s)]
Chioggia poligono spalla sud	13080	25%	7.9E-06	3.4E-07

Le quantità complessive delle emissioni di PM10 stimate per le sorgenti areali relativamente al periodo gennaio-giugno 2016 sono riportate in Tabella 7.

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

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

Tabella 7. Stima emissioni di PM10 [Mg] per risollevarimento per il periodo gennaio-giugno 2016.

Bocca di Porto	Risollevamento da cantiere	Risollevamento eolico	Totale risollevarimento
Chioggia	0.53	0.05	0.58

2.4 Simulazioni eseguite e risultati

Nel corso del primo periodo di attività dello Studio B.6.72 B/12 sono state eseguite, per i cantieri della bocca di porto di Chioggia, le simulazioni relative ai primi sei mesi del 2016 per l'NO_x, per l'NO₂ e 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 dei primi sei mesi del 2016 presso la stazione ARPAV di Venezia Sacca Fisola.

2.4.2 Simulazioni per PM10 da risollevarimento

Per le simulazioni relative al PM10 da risollevarimento, le emissioni sono state parametrizzate in questo caso come sorgenti areali, aventi superficie e frazione sterrata ridotte rispetto a quelle utilizzate nelle precedenti annualità e riportate in Tabella 6. Nella stessa tabella sono indicati i fattori di emissione in g/(m²-s) forniti in input al modello.

Nel caso delle sorgenti areali da risollevarimento 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.

3 ANALISI DEGLI OUTPUT

Da Figura 2 a Figura 6 si presentano le mappe delle concentrazioni medie del periodo gennaio-giugno 2016 di NO₂, NO_x e PM10 prodotti dalle attività di cantiere alla bocca di porto di Chioggia, dettagliando inoltre il PM10 nelle quote prodotte dalla combustione nei mezzi a motore e dal risollevarimento. I valori di massima ricaduta per la media del periodo analizzato, ottenuti per i vari inquinanti, 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 emissive.

Tabella 8. Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - valori massimi (esclusi i punti di cantiere) delle medie del periodo gennaio-giugno 2016.

Bocca di porto	NO ₂	NO _x	PM10		
			emiss. mezzi	risollevarimento	emiss. mezzi + risollevarimento
Chioggia	10.3	43.6	3.8	1.3	4.1

Alla bocca di porto di Chioggia, per la prima metà dell'anno 2016 il modello stima valori di concentrazione degli inquinanti dovuti alla combustione nei mezzi di cantiere (NO₂, NO_x e PM10 da mezzi) maggiori rispetto allo stesso periodo dello scorso anno, come indica il confronto tra i valori di massima ricaduta, riportati in Tabella 8, e le corrispondenti stime relative alla prima parte dell'anno 2015 (discusse nel I Rapporto di Valutazione dello Studio B.6.72 B/11 e riportate in Appendice in Tabella A3), con incremento più consistente per la concentrazione di NO_x e di PM10 da mezzi. L'incremento di concentrazione di NO₂ è inferiore, in proporzione, all'incremento di NO_x, per una minore disponibilità di ozono, necessario per la trasformazione di NO in NO₂ nello schema chimico di Calpuff, nei primi sei mesi del 2016 rispetto al corrispondente periodo del 2015⁴. Si rileva invece una lieve diminuzione del contributo del risollevarimento alla produzione di PM10, a fronte di una stima emissiva invariata rispetto al 2015.

Analogamente alle precedenti annualità, le concentrazioni più significative si rilevano entro l'area di cantiere, come evidenziato nelle mappe da Figura 2 a Figura 6, e nei recettori più prossimi ad essa.

I risultati modellistici attualmente disponibili, relativi ad un periodo di intensa attività cantieristica all'unica bocca di porto analizzata, non evidenziano particolari criticità. Una discussione più significativa, con approfondimenti e confronti più dettagliati tra le diverse annualità è rinviata alle prossime fasi dell'attività, quando sarà possibile effettuare le simulazioni annuali per l'intero 2016.

⁴ La concentrazione di ozono rilevata presso la stazione ARPAV di Sacca Fisola, fornita in input al modello, ha un valore medio pari a 24.3 ppb nel periodo gennaio-giugno 2016, mentre era di 28.6 ppb nei corrispondenti primi sei mesi del 2015.

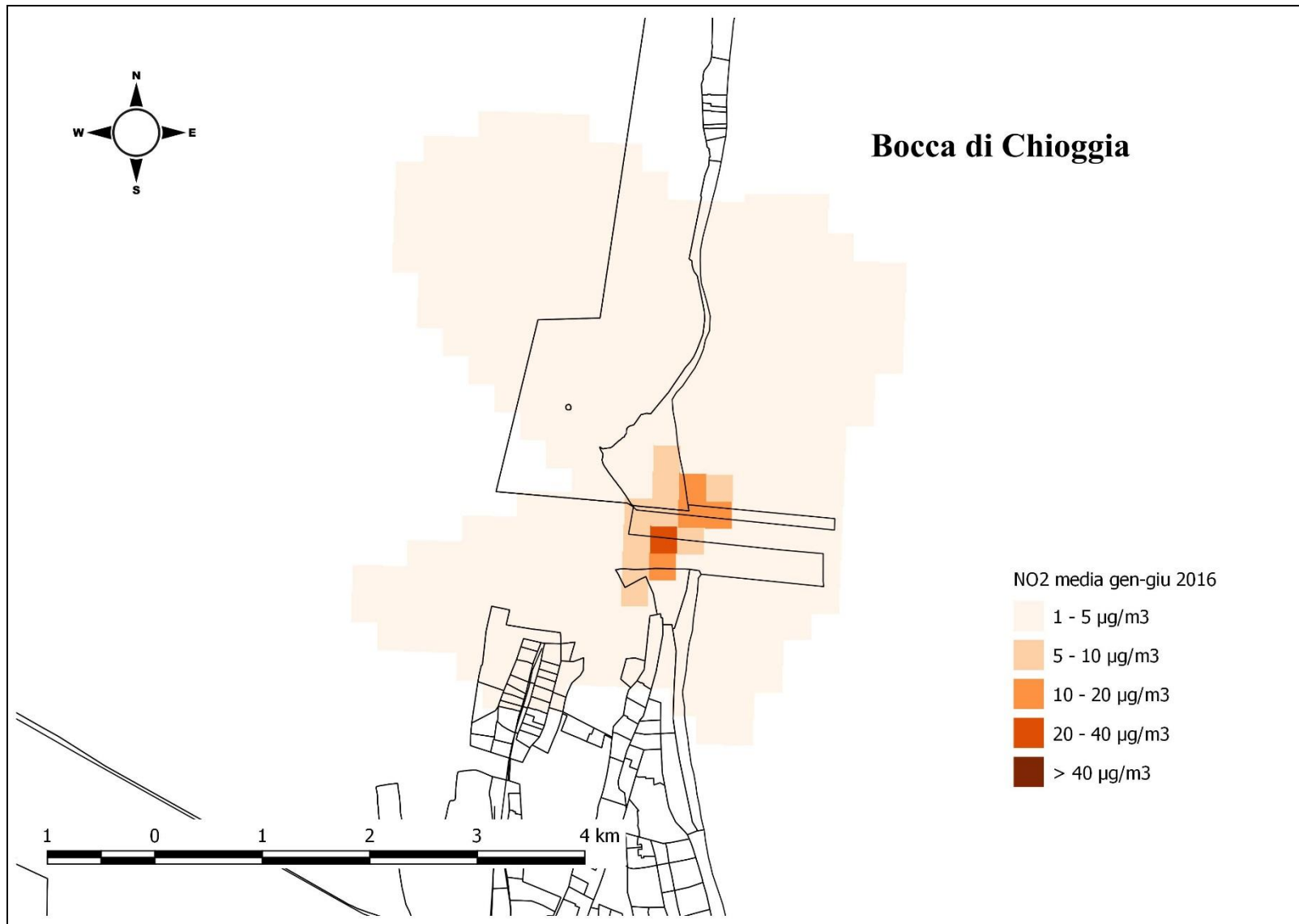


Figura 2. Concentrazione media di NO₂ relativa al periodo gennaio-giugno 2016 [µg/m³] - bocca di Chioggia.

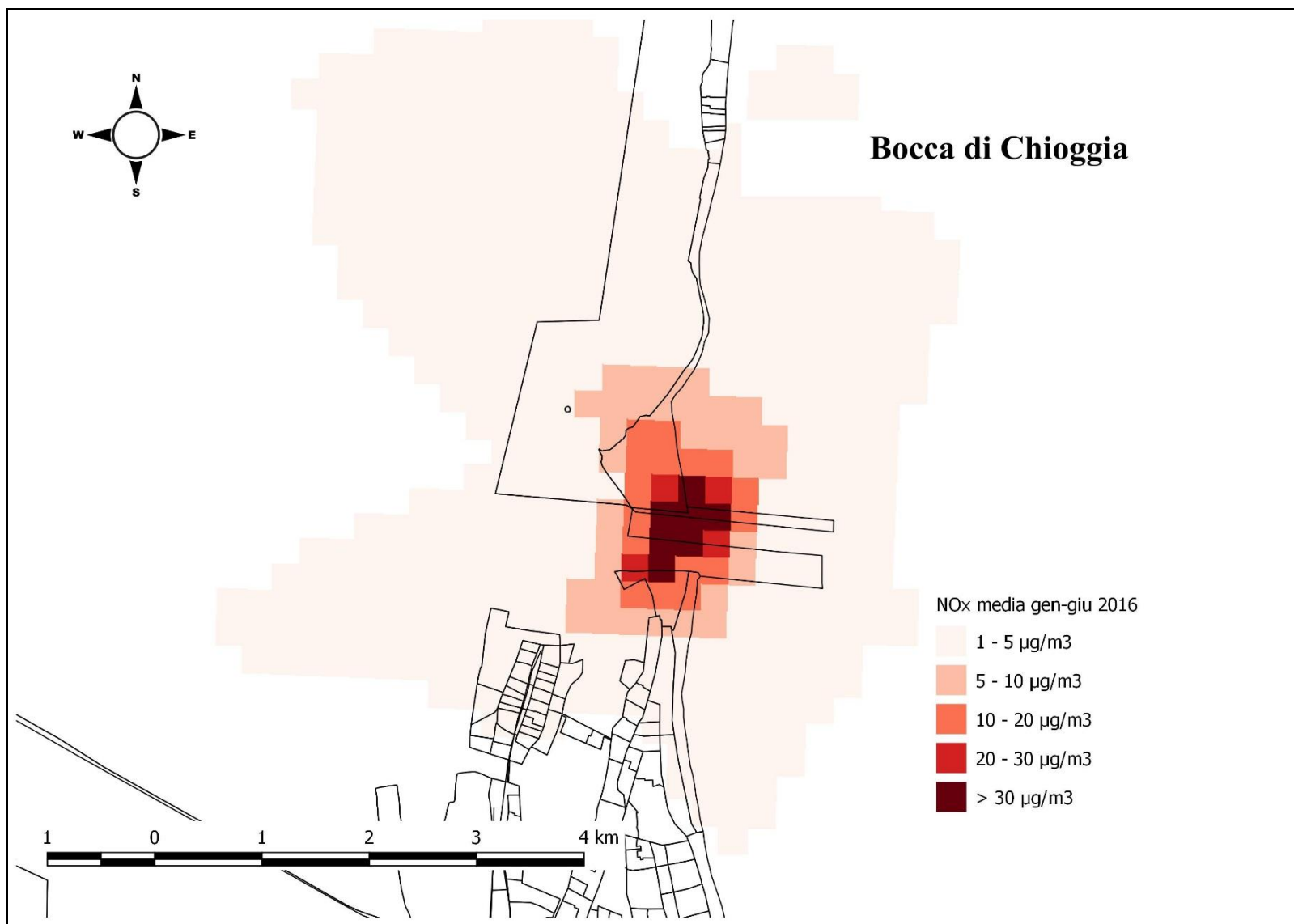


Figura 3. Concentrazione media di NOx relativa al periodo gennaio-giugno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - bocca di Chioggia.

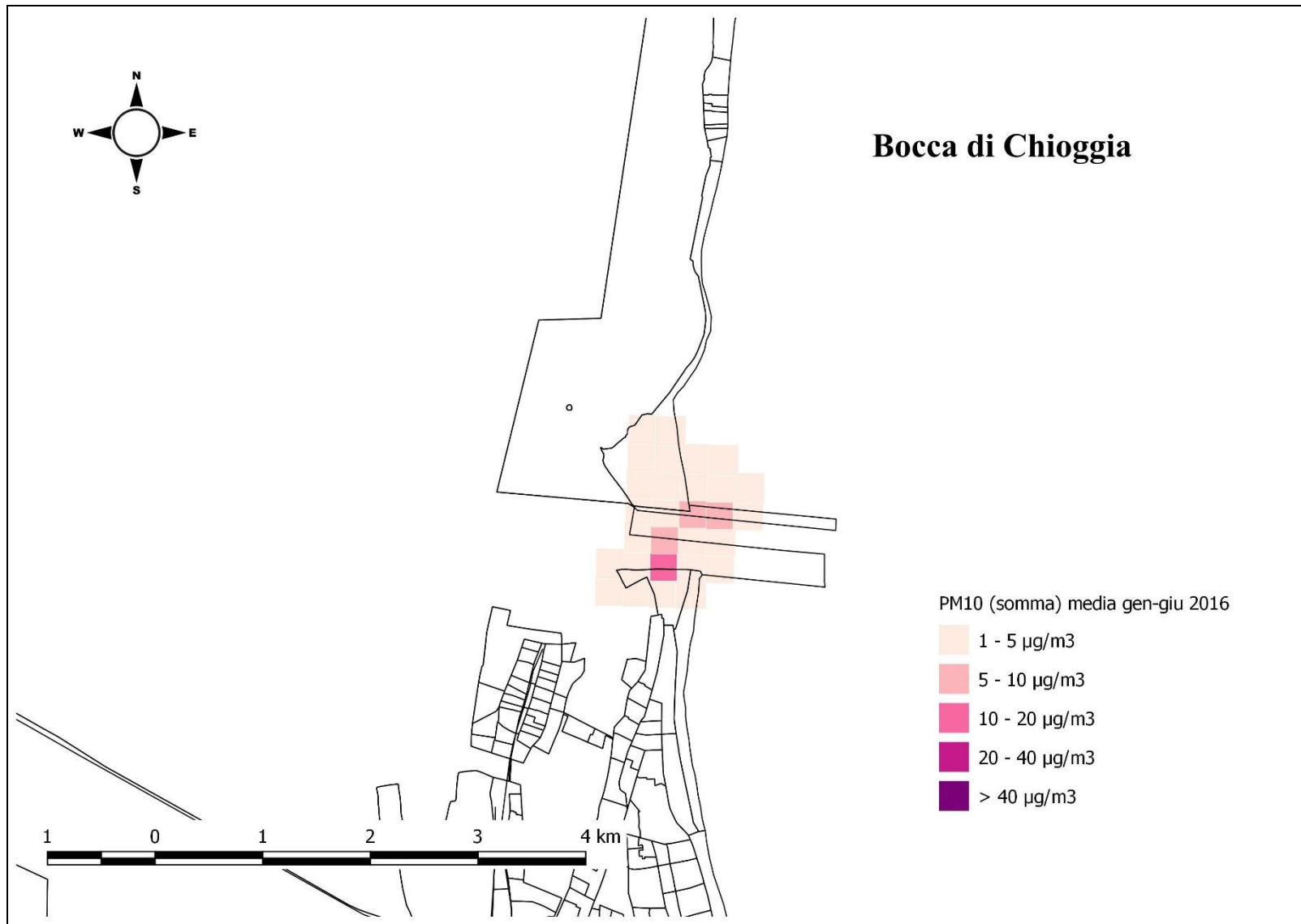


Figura 4. Concentrazione media di PM10(emissioni mezzi + risolleivamento) relativa al periodo gennaio-giugno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - bocca di Chioggia.

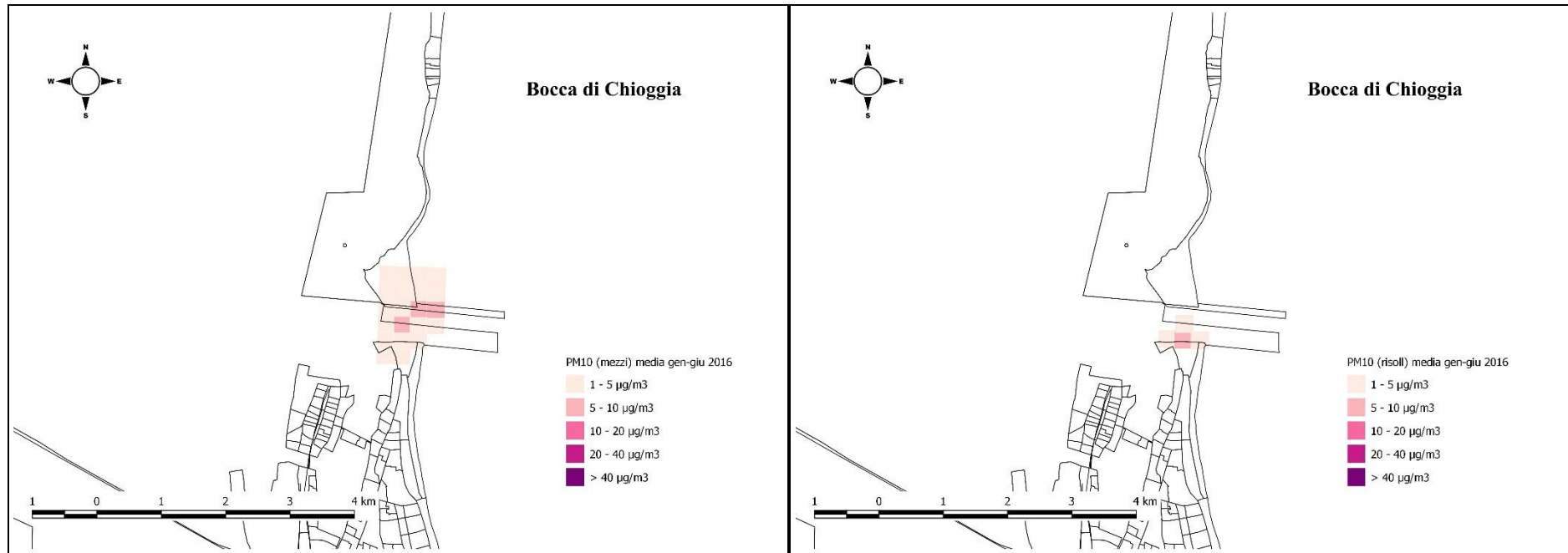


Figura 5. Concentrazioni medie di PM10 relative al periodo gennaio-giugno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. A sinistra: emissioni mezzi - a destra: risollevarimento - bocca di Chioggia.

4 APPENDICE

Tabella A1. Numero di mezzi delle diverse tipologie impiegati nei cantieri alla bocca di porto di Chioggia nel periodo gennaio-giugno degli anni 2015 e 2016

		Mezzi di terra								Mezzi acquei						
		dumper, camion	escavatori, miniescavatori	betoniere	carrelli elevatori, merli	autogru, gru cingolata, gru 50t	terne, ruspe, pale, rulli, pompe carrate	mezzi speciali (gru telescopica ...)	altri mezzi (gru a torre, vibratore)	motopontoni	pontoni, chiatte	motopontoni con escavatore o gru	pontoni con escavatore o gru	motonavi, motobarche	draghe	spintori, rimorchiatori
ANNO	2015	760	284	603	537	172	606	57	595	0	2	889	0	0	0	0
	2016	160	1026	72	515	30	223	155	447	536	7	233	280	186	0	12

5 APPENDICE

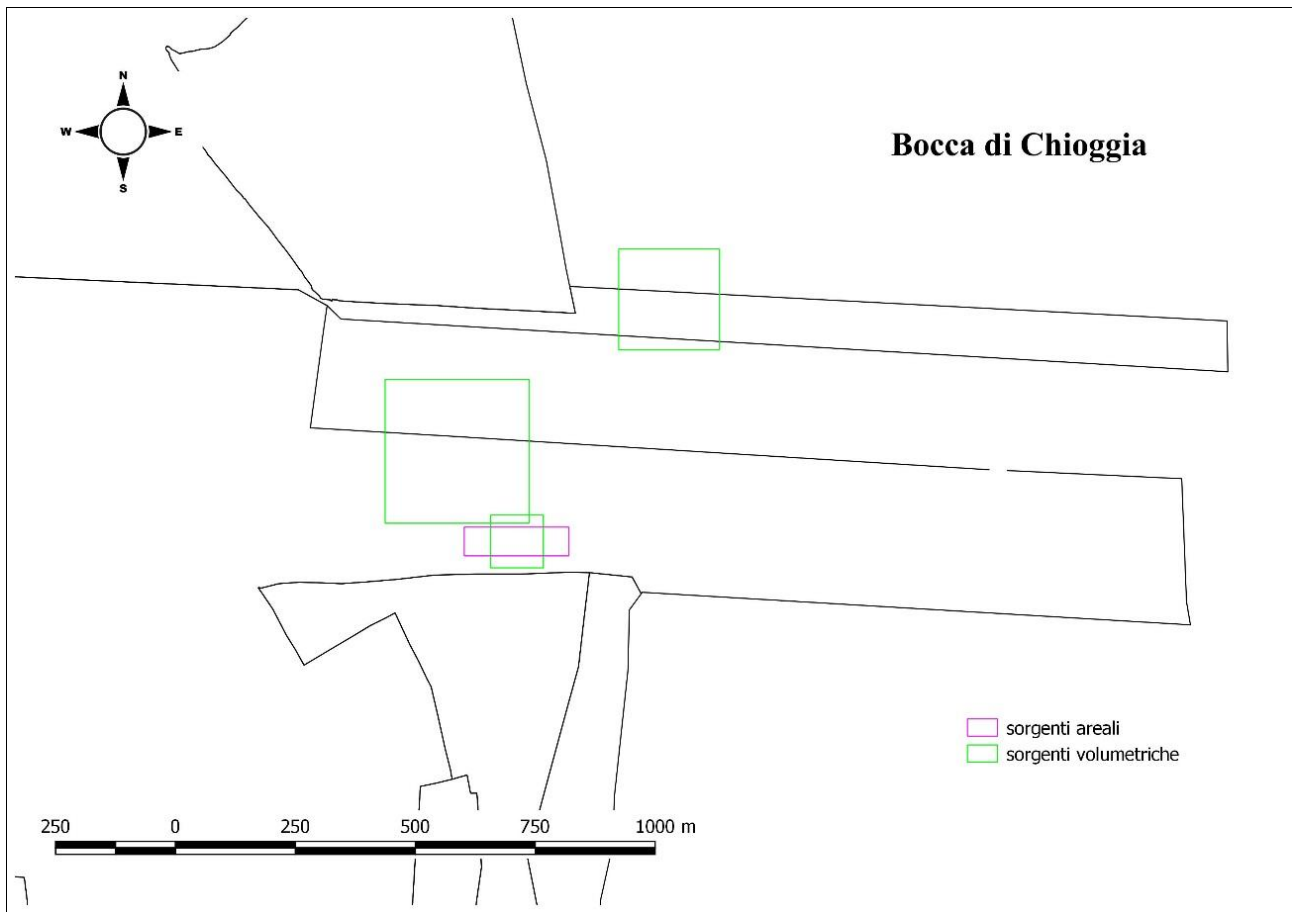


Figura A1. Collocazione presso la bocca di porto di Chioggia delle sorgenti areali e volumetriche per gli input emissivi a CALPUFF.

Tabella A2. Stima emissioni di NO_x e PM₁₀ dei mezzi di cantiere (composite) per la bocca di porto di Chioggia per l'intero anno 2015 [Mg].

Bocca di Porto	Tipo	NO _x	PM ₁₀
Chioggia	Mezzi di terra	7.60	0.55
	Mezzi acquei	12.58	1.16
	Totale	20.18	1.71

Tabella A3. Concentrazioni [µg/m³] - valori massimi (esclusi i punti di cantiere) delle medie del periodo gennaio-giugno 2015.

Bocca di porto	NO ₂	NO _x	PM ₁₀		
			emiss. mezzi	risollevamento	emiss. mezzi + risollevamento
Chioggia	9.6	23.7	2.0	1.6	3.6

BIBLIOGRAFIA

Applied Environmental Consultants, 2010. Rosemont Copper Company - CALPUFF Modeling Report to Assess , Rosemont Copper Project, Southeastern Arizona (<http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf>).

Arizona Department of Environmental Quality, 2014. Air Dispersion Modeling Guidelines for Arizona Air Quality Permits (<http://www.azdeq.gov/environ/air/download/modeling.pdf>).

California Environmental Protection Agency Emissions Inventory, 2002. Sec. 7.7 Building Construction Dust (<http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf>)

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping) - sec.1.A.3.d Navigation (update March 2011) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation.pdf>).

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - Non-road mobile sources and machinery (land-based emissions) - sec. 1.A.4 Other Mobile (update June 2010) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-other-mobile-tfeip-endorsed-draft.pdf>).

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - CORILA, 2012. Studio B.6.72 B/7. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - CORILA, 2013. Studio B.6.72 B/8. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA, 2014. Studio B.6.72 B/9. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA, 2015. Studio B.6.72 B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA, 2016. Studio B.6.72 B/11. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

North Carolina Division of Air Quality, 2009. Guidelines for evaluating the air quality impacts of toxic pollutants in North Carolina (<http://daq.state.nc.us/permits/mets/Guidance.pdf>).

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

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>).

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>).