



COMUNE DI LOIRI PORTO SAN PAOLO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA / PROGETTO DEFINITIVO PER IL NUOVO ASSETTO DI PORTISTICO DEL LUNGOMARE DI PORTO SAN PAOLO

ELABORATO:

D3

TITOLO:

ANALISI PREVISIONALE
DELLA DIFFUSIONE IN ATMOSFERA

STUDIO:

MAIND
MODELLISTICA AMBIENTALE

pragma
AMBIENTE & SICUREZZA

dott. brl. Augusto NAVONE

RIF. ELABORATO: 21-018

REVISIONI	DATA	OGGETTO
	00 15-03-2024	
	01	
	02	
	03	
RED.: FP VER.: AR APPR.: FR		

PROGETTISTI:

ING. ANDREA RITOSSA S.R.L.



Ing. Andrea RITOSSA



COMMITTENTE:

COMUNE DI LOIRI PORTO SAN PAOLO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. FRANCESCO BIANCU



UNIONE EUROPEA
Fondi strutturali e di investimento europei



REPUBBLICA ITALIANA



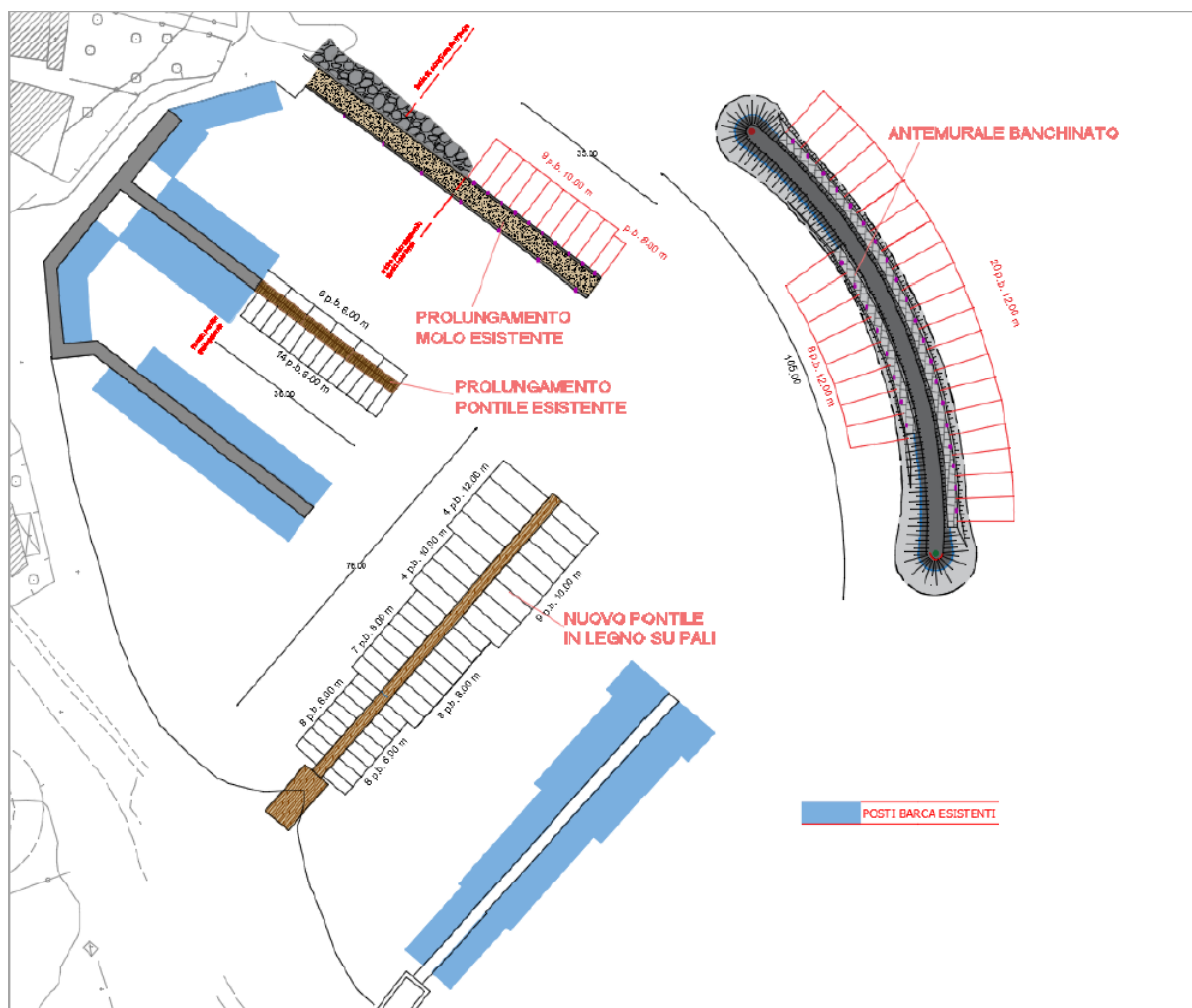
REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Il presente , o parte di esso, non può essere riprodotto in alcuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza autorizzazione.
Ogni infrazione sarà perseguita a termini di legge.

Studio diffusionale

Area Portuale di Loiri - Porto San Paolo (OT)



Febbraio 2024

A cura di

MAIND S.r.l

P.zza L. Da Vinci, 7

20133 Milano

Pragma due snc

di A. Navone & C

via G. D'Annunzio 100 07026 Olbia

p.iva c.f. 01735150904

mail: pragmaduesnc@gmail.com

Sommario

1. Introduzione.....	3
2. Riferimenti normativi	3
3. Inquadramento geografico - Area di studio	4
4. Il modello di calcolo utilizzato	7
4.1. I dati di input richiesti dal sistema	9
4.2. I dati geofisici	9
4.3. I recettori particolari/sensibili	12
4.4. I dati meteorologici.....	13
5. Caratterizzazione delle emissioni	17
5.1. I dati emissivi.....	18
6. I risultati delle simulazioni	19
6.1. Indicatori di qualità dell'aria nel dominio di calcolo	19
6.2. Indicatori di qualità dell'aria nei recettori particolari	20
6.2.1. Distribuzione spaziale degli indicatori di qualità dell'aria.....	22
7. Considerazioni conclusive	31
Riferimenti.....	32
Indice delle figure.....	33
Indice delle tabelle.....	33
Appendice 1 - Analisi dati meteorologici	34

1. Introduzione

L'oggetto dello studio è l'analisi previsionale della diffusione in atmosfera e della ricaduta al suolo dei seguenti inquinanti

- **Ossidi di azoto NO_x (come NO₂)**
- **CO**
- **Polveri fini (frazione PM 10)**
- **SO_x**

emessi nell'ambiente dalla circolazione delle imbarcazioni in movimento all'interno dell'area portuale di Loiri - Porto San Paolo (OT) dopo la realizzazione del progetto definitivo per il nuovo assetto diportistico del lungomare di Porto San Paolo con conseguente aumento di ricettività e regolamentazione della circolazione dei natanti nell'area portuale locale.

Lo studio diffusionale verrà effettuato utilizzando opportuni modelli matematici in grado di valutare la meteorologia tridimensionale dell'area e la diffusione degli inquinanti tenendo conto delle caratteristiche orografiche-geomorfologiche della zona e delle caratteristiche strutturali ed emissive delle sorgenti secondo le specifiche fornite dal gestore dell'impianto.

2. Riferimenti normativi

La valutazione regolatorio delle emissioni verrà effettuata secondo le indicazioni contenute nell'attuale normativa nazionale sulla qualità dell'aria ([DL 13 agosto 2010 n. 155](#)).

Gli indicatori di riferimento, valutati su base annuale oraria, utilizzati nello specifico per gli inquinanti analizzati sono riportati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1: Indicatori di riferimento per la valutazione delle emissioni adottati nello studio

Inquinante	Aggregazione temporale	Valori limite di riferimento
NO_x (come NO₂)	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile (99.8-esimo percentile)
	Anno civile	40 µg/m ³
CO	Media mobile massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
Polveri (come PM 10)	1 giorno	40 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile (90.4-esimo percentile)
	Anno civile	40 µg/m ³
SO_x (come SO₂)	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile (99.7-esimo percentile)
	1 giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile (99.2-esimo percentile)

3. Inquadramento geografico - Area di studio

L'area portuale di Loiri - Porto San Paolo soggetta ad intervento di ampliamento si trova all'estremo NE dell'omonimo territorio comunale.

L'area costiera è soggetta ad una intensiva attività turistica soprattutto nei mesi estivi da giugno a settembre e l'intervento di ampliamento in progetto ha il duplice scopo di ampliare la ricettività del porto e nello stesso tempo di regolamentare la movimentazione e la sosta dei natanti nell'area.

Il comune di Loiri - Porto San Paolo è un comune della Gallura che si sviluppa prevalentemente all'interno della regione verso NE raggiungendo la Costa Smeralda; la sua area portuale si affaccia sull'Isola dei Cavalli e sull'Isola Piana ed è un punto di partenza per il collegamento con la vicina Isola Tavolara a NE (Figura 1).

Complessivamente la geomorfologia del territorio comunale nel suo complesso si presenta con caratteristiche di tipo collinare con dislivelli massimi nell'ordine di 250 metri; l'intorno dell'area portuale oggetto di intervento non presenta però caratteristiche orografiche rilevanti.



Figura 1: Inquadramento geografico del sito (con evidenza dei confini orientali comunali)

La zona considerata rientra in nella Area Marina Protetta (AMP) "Tavolara - Punta Coda Cavallo" ZONA C (Figura 2) ed in particolare a circa 300 metri dall'opera più esterna prevista in progetto inizia la perimetrazione della Zona di protezione speciale ZPS ITB013019 "Isole del Nord – est Capo Cesareo e Stagno di San Teodoro (Figura 3)

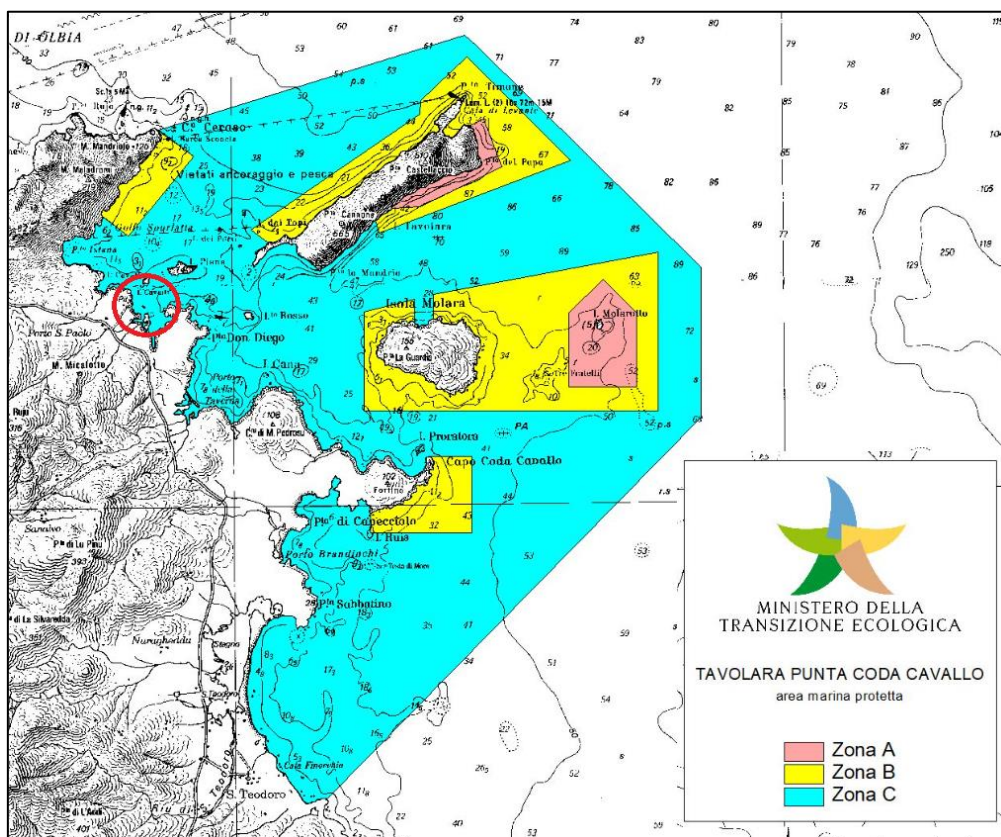


Figura 2: Inquadramento geografico AMP Tavolara - Punta Coda Cavallo

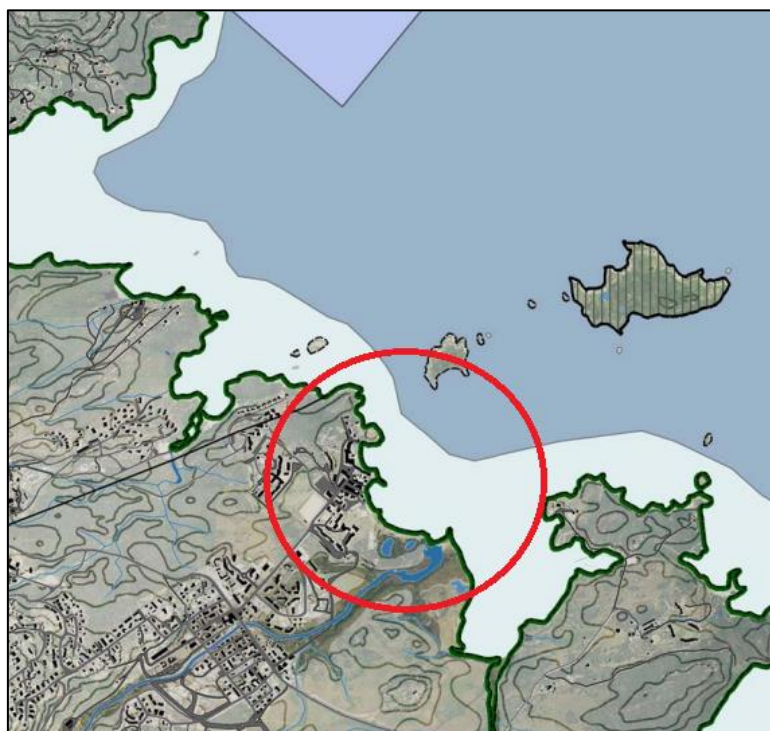


Figura 3: perimetrazione di competenza della Zona di protezione speciale ZPS ITB013019

Il dominio geografico considerato nello studio diffusionale è rappresentato da un'area di 3.0 x 2.8 km² contenente l'area portuale (Figura 4) definito in modo tale da includere completamente le aree limitrofe all'impianto potenzialmente

Pagina: 5

interessate dall'impatto emissivo in base alle condizioni geomorfologiche e climatologiche dell'area e con particolare attenzione alla presenza delle aree AMP e ZPS sopra riportate e secondo le indicazioni di inclusione dei recettori particolari contenute nella normativa di riferimento adottata nello studio diffusionale.



Figura 4: Dominio considerato nel calcolo diffusionale

Le caratteristiche definite per il dominio di calcolo diffusivo sono le seguenti:

Coordinate origine del dominio (angolo Sud - Ovest)

X_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 552450.00 m E	[9.622398°E]
Y_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 4524161.00 m N	[40.866834°N]

n_x (numero di recettori di griglia in direzione Ovest - Est)	= 30
n_y (numero di recettori di griglia in direzione Sud - Nord)	= 28
dx (distanza tra i recettori in direzione Ovest - Est)	= 100 m
dy (distanza tra i recettori in direzione Sud - Nord)	= 100 m

Coordinate posizione di riferimento del centro dell'area di intervento:

X_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 553700.00 m E	[9.637356°E]
Y_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 4525611.00 m N	[40.879815°N]

4. Il modello di calcolo utilizzato

Il modello utilizzato per lo svolgimento dei calcoli di diffusione è il sistema diffusivo CALPUFF (/1/, /2/) sviluppato da Earth Tech Inc. su richiesta del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Il sistema è costituito dai seguenti modelli:

- CALMET:** Preprocessore meteorologico per la preparazione dei campi di vento dinamici, tridimensionali e a divergenza nulla per il modello CALPUFF. I campi meteorologici vengono ricostruiti a partire da dati di superficie e da dati di profilo verticale in presenza di orografia complessa;
- CALPUFF:** Modello diffusivo lagrangiano a puff gaussiani. Il modello permette di studiare la diffusione tridimensionale dinamica degli inquinanti emessi da diverse tipologie di sorgenti (puntuali, areali, volumetriche e lineari); il modello può essere utilizzato in presenza di situazioni di calma di vento;
- CALPOST:** Programma di post processamento dei risultati di concentrazione e deposizione ottenuti da CALPUFF

Il sistema CALPUFF è complessivamente definibile come un sistema modellistico diffusivo lagrangiano tridimensionale non stazionario multi sorgente.

CALMET è il processore meteorologico del sistema che permette la ricostruzione del campo meteo tridimensionale dinamico all'interno del dominio di studio partendo da dati misurati da più stazioni meteorologiche che rilevano sia dati di superficie che di profilo verticale del vento considerando le caratteristiche geomorfologiche dell'area (orografia complessa, caratteristiche di uso del suolo, presenza di calme di vento ed effetti termici particolari) consentendo la valutazione delle traiettorie fluidodinamiche lungo le quali verranno trasportati i "puff" di inquinante emessi dalle varie sorgenti emissive. CALMET inoltre fornisce la valutazione di tutte le variabili "micro meteorologiche" necessarie per definire la distribuzione spaziale oraria dello stato di stabilità atmosferica permettendo la valutazione della diffusione degli inquinanti all'interno dei puff emessi considerando gli effetti della turbolenza atmosferica.

CALPUFF è un modello di dispersione atmosferica non stazionario a puff. È adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali, anche multiple. Permette di calcolare la deposizione secca e umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l'innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalla sorgente, l'influenza dell'orografia del suolo sulla dispersione, la dispersione in casi di venti deboli o assenti. I coefficienti di dispersione sono calcolati utilizzando i parametri di turbolenza (u^* , w^* , LMO) calcolati da CALMET, anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner. In CALPUFF la turbolenza è quindi descritta da funzioni continue anziché discrete ed in termini di flussi convettivi e/o stabilità del PBL (Planetary Boundary Layer). Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. In altre parole, il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti ascendenti e discendenti dell'aria tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

CALPOST è il programma normalmente utilizzato dal sistema per il post-processamento delle serie orarie di concentrazioni calcolate da CALPUFF; per questo studio CALPOST è stato sostituito dal post-processore "RunAnalyzer" sviluppato da MAIND S.r.l. /3/ che, contrariamente a CALPOST, permette la valutazione dei vari percentili delle concentrazioni di picco orarie come richiesto dalla normativa di riferimento adottata nello studio.

Per una descrizione tecnica degli algoritmi utilizzati in CALPUFF si rimanda al [manuale d'uso del modello CALPUFF /1/ - /2/](#)

Il sistema CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale - Aria Clima Emissioni, 2001; è inoltre uno dei "preferred models" adottati ufficialmente da US EPA per la valutazione della qualità dell'aria come da "Appendix W part 51 - Guideline on Air Quality Models. Federal Register, Vol. 68, NO. 72, Tuesday, April 15, 2003/ Rules and Regulation).

Le caratteristiche complessive del sistema CALPUFF lo rendono compatibile con le specifiche UNI 10796:2000 scheda 4 tipologia 3.

Il modello CALPUFF è il modello indicato per l'esecuzione di studi di diffusione odorigena nella (DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018) della Regione Lombardia recanti le Linee Guida relativa alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno; questa indicazione viene condivisa anche nelle delibere assunte dalle regioni italiane che hanno in seguito deliberato in termini di diffusione odorigena e dal recente D.D. Mase 309.

NOTE: sul trattamento delle calme di vento in CALPUFF

Per il sistema modellistico CALPUFF che utilizza una descrizione Lagrangiana del sistema fluidodinamico, le calme di vento NON rappresentano una situazione meteorologica anomala in quanto i puff emessi dalle sorgenti sono soggetti a due fenomeni

- espansione dovuta al tempo di permanenza in atmosfera con conseguente diluizione interna dell'inquinante dovuto all'evoluzione temporale delle funzioni sigma diffusive
- al trasporto dovuto al movimento atmosferico

questi due aspetti sono trattati separatamente nel modello a puff quindi nelle ore di calma/assenza di vento il puff non viene trasportato ma continua ad essere sottoposto alla variazione diffusionale della concentrazione esattamente come se si trovasse in movimento con la differenza che sui puff rilasciati/presenti in atmosfera durante le ore di calma di vento, CALPUFF attiva degli accorgimenti tali da enfatizzare lo "stazionamento" locale dei puff stessi, i principali accorgimenti sono i seguenti:

- la posizione del centro del puff rimane immutata
- l'intera massa di inquinante da rilasciare nel corso dell'ora è posta in un unico puff;
- il puff è posto istantaneamente alla quota finale di innalzamento (non è calcolato l'innalzamento graduale);
- non sono calcolati gli effetti scia degli edifici;
- la crescita dei parametri σ_y e σ_z (che rendono conto della dimensione dei puff) è calcolata esclusivamente in funzione del tempo;
- i parametri σ_v e σ_z (velocità turbolente) sono eventualmente modificati affinché non siano inferiori ad un minimo prefissato.

Il modello CALPUFF permette di definire un valore di soglia della velocità del vento al di sotto della quale vengono attivati i meccanismi di gestione della calma di vento appena descritti.

Il valore soglia di default del modello è impostato a 0.5 m/s. Questo valore ha storicamente un'origine "strumentale" legato cioè alle caratteristiche degli strumenti di misura (anemometri) per i quali è tipicamente accettato per le calme di vento un valore soglia di 0.5 m/s della velocità del vento misurata accompagnato da una varianza sulla direzione del vento superiore al 50°-60°; questo limite è legato alla "sensibilità" dello strumento quindi alle sue caratteristiche costruttive.

Dal punto di vista modellistico però tale valore perde il suo significato originale nel senso che per il sistema CALMET/CALPUFF, per quanto specificato in precedenza, la calma di vento è rappresentata da una "velocità identicamente nulla"; in questo contesto la definizione di un valore di soglia per le calme di vento è funzionale per consentire al modello di riprodurre i fenomeni di stagnazione e di accumulo.

La descrizione completa del trattamento delle calme di vento in CALPUFF è riportata al § 2.14 pag. 2-144 del [manuale d'uso del modello CALPUFF](#) /1/ - /2/

4.1. I dati di input richiesti dal sistema

L'esecuzione del sistema CALPUFF richiede la predisposizione dei seguenti dati di input:

- dati geofisici: dati orografici e di uso del suolo del dominio di calcolo
- dati meteorologici: serie orarie di dati di superficie e di profili verticali
- dati emissivi: dati strutturali delle sorgenti e fattori di emissione

4.2. I dati geofisici

L'input geofisico è costituito dalla descrizione delle caratteristiche orografiche e di uso del suolo del dominio spaziale utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico orario tridimensionale utilizzato per il calcolo diffusivo.

Tale campo meteorologico viene ricostruito dal processore meteorologico CALMET che congloba le caratteristiche geofisiche ai valori delle variabili meteorologiche disponibili nell'area attraverso opportune tecniche di interpolazione.

Per poter ricostruire al meglio la caratterizzazione meteoclimatica dell'area in funzione della sua geomorfologia è in genere conveniente definire la dimensione del dominio meteorologico più grande di quello sarà poi il dominio di calcolo diffusivo effettivo; la dimensione del dominio meteorologico dovrà essere tale da includere le caratteristiche orografiche predominanti dell'area con una risoluzione spaziale compatibile con la scala geomorfologica locale.

In questo caso è stato considerato un dominio meteorologico costituito da un'area di 5 x 5 km² centrata sull'impianto in esame con una risoluzione di griglia pari a 200 m (Figura 5).

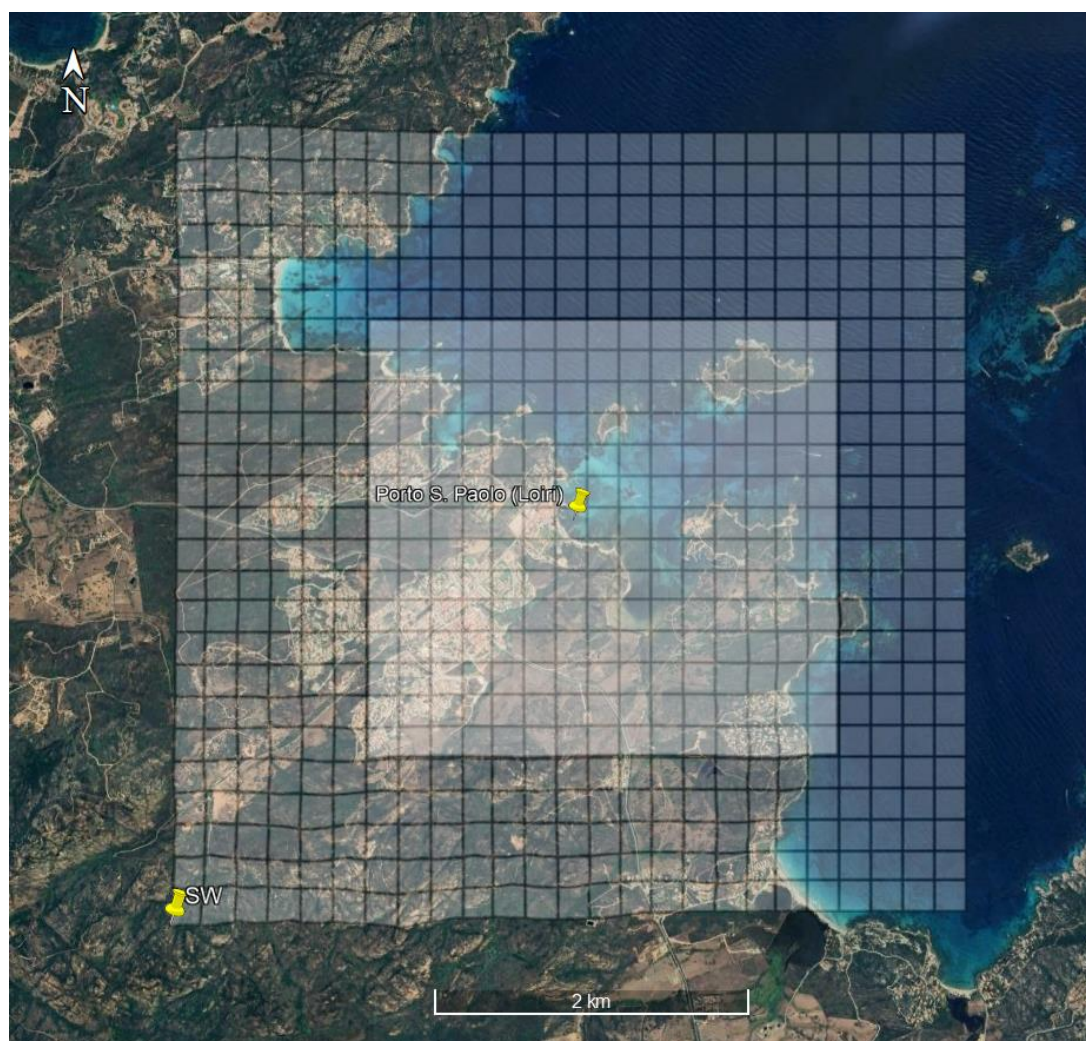


Figura 5: Dominio di calcolo meteorologico con evidenza del sottodominio diffusivo

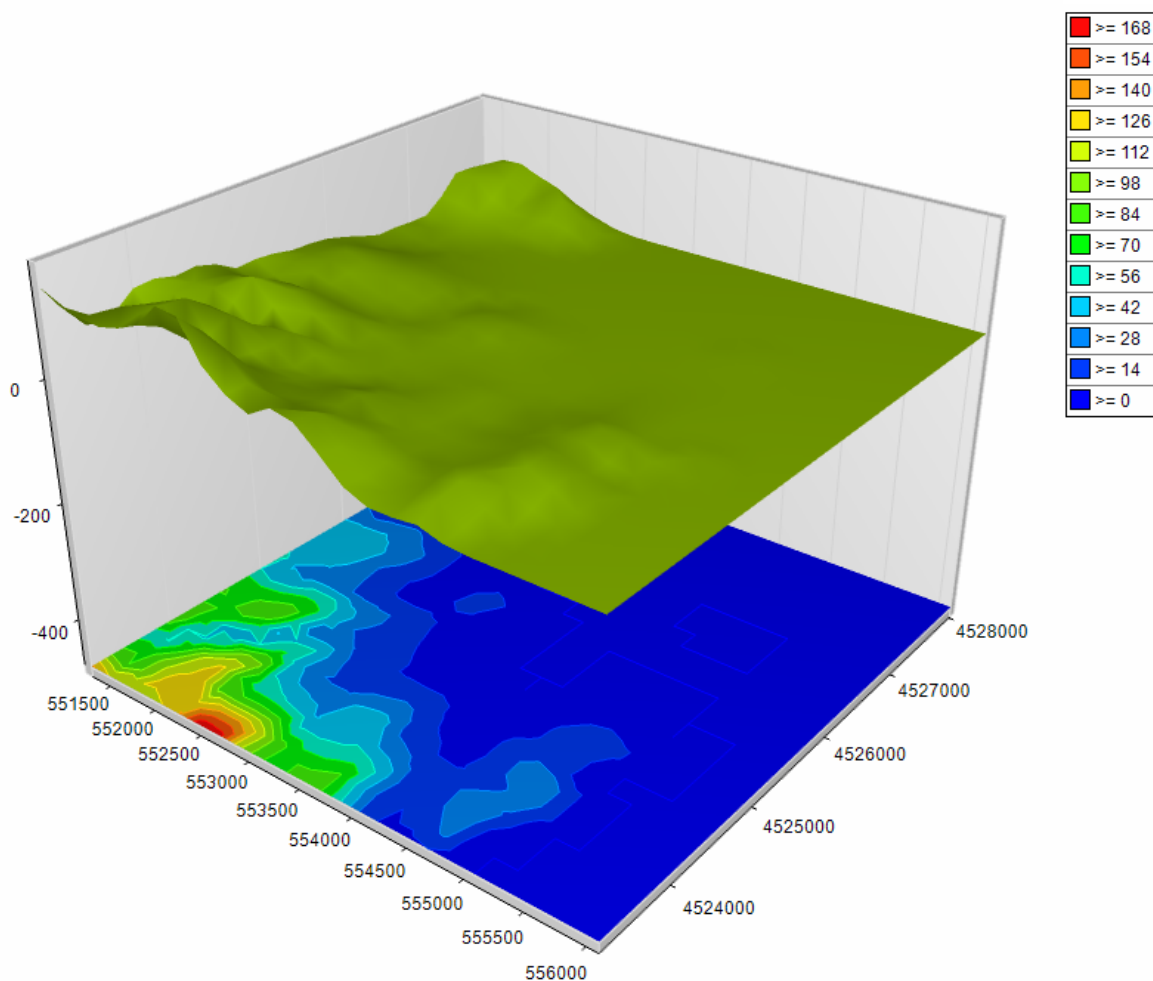


Figura 6: Orografia dell'area considerata

Le caratteristiche del dominio meteorologico utilizzato sono le seguenti:

Coordinate origine del dominio (angolo Sud - Ovest)

X_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 551200.00 m E [9.607479°E]
 Y_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 4523111.00 m N [40.857455°N]

n_x (numero di recettori di griglia in direzione Ovest - Est) = 25
 n_y (numero di recettori di griglia in direzione Sud - Nord) = 25
 dx (distanza tra i recettori in direzione Ovest - Est) = 200 m
 dy (distanza tra i recettori in direzione Sud - Nord) = 200 m

Coordinate posizione di riferimento del centro dell'area di intervento:

X_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 553700.00 m E [9.637356°E]
 Y_{UTM} [fuso 32 WGS84] = 4525611.00 m N [40.879815°N]

L'area considerata per la ricostruzione meteorologica nello studio diffusionale racchiude l'abitato e l'area portuale di Porto San Paolo e le aree limitrofe potenzialmente influenzate dalle emissioni generate dalla movimentazione dei natanti presenti nel porto.

Le caratteristiche geomorfologiche principali dell'area sono rappresentate dalla presenza del mare sul lato perimetrale di NE e dallo sviluppo incipiente di una zona collinare a SW con dislivelli dell'ordine del centinaio di metri (Figura 6); il territorio degrada dolcemente SW verso la costa marina a NE presentando quindi un aspetto orografico classificabile come non complesso.

L'orografia del dominio meteorologico è stata estratta dal DTM NASA SRTM (dati orografici rilevati con risoluzione di circa 100 m del territorio italiano /4/).

Per la gestione di calcolo delle caratteristiche orografiche del dominio è stato impostato nello studio il metodo di trattamento dell'orografia "Tipo CALPUFF" che prevede l'adattamento dinamico alle caratteristiche orografiche del dominio dei puff emessi, metodo che permette di evidenziare le caratteristiche di aggiramento/superamento degli ostacoli orografici in funzione alla loro energia dinamica.

I parametri di uso del suolo utilizzati nella preparazione del file geofisico del sistema CALPUFF sono stati definiti attraverso l'abbinamento dei parametri di uso suolo USGS /5/ con la classificazione europea di copertura e uso del suolo CORINE Land Cover (/6/). Ogni cella del dominio di calcolo è stata classificata nei termini precedentemente descritti e ad ognuna di esse sono stati assegnati i parametri riportati nella tabella seguente:

ID	Descrizione CORINE Land Cover	Parametri USGS					
		Rugosità sup. (m)	Albedo	Rapporto di Bowen	F. calore al suolo	F. calore antrop.	Indice del fogliame
11	Zone urbanizzate	1.00	0.18	1.5	0.25	0	0.2
12	Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	0.02	0.26	1	0.15	0	0.5
13	Zone estrattive, cantieri, discariche etc.	0.02	0.26	1	0.15	0	0.5
14	Zone verdi artificiali non agricole	0.25	0.15	1	0.15	0	3
21	Seminativi	0.25	0.15	0.5	0.15	0	3
22	Colture permanenti	0.25	0.15	0.5	0.15	0	3
23	Prati stabili	0.25	0.15	1	0.15	0	3
24	Zone agricole eterogenee	0.06	0.2	1	0.15	0	0.5
31	Zone boscate	2.00	0.15	1	0.15	0	7
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva	0.02	0.1	0.1	0.25	0	1
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente	0.10	0.25	1	0.15	0	0.05
41	Zone umide interne	0.20	0.1	0.1	0.25	0	1
51	Acque continentali	0.00	0.1	0	0.15	0	0
52	Acque marine	0.00	0.1	0	0.15	0	0

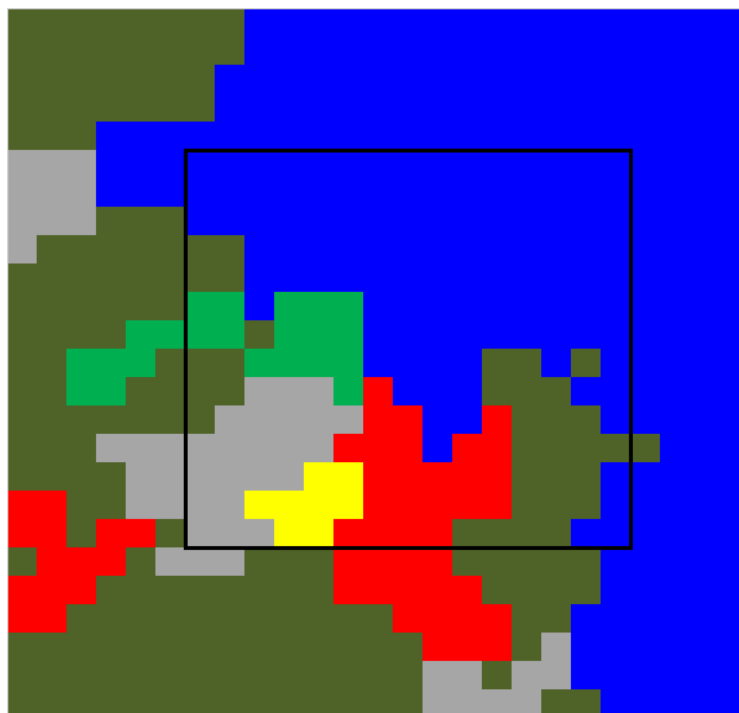


Figura 7: Distribuzione spaziale dei parametri di uso del suolo nel dominio di calcolo (nella figura viene evidenziato il dominio di calcolo diffusivo)

4.3. I recettori particolari/sensibili

All'interno dell'area di calcolo, in un intorno di circa 1.5 km rispetto al centro dell'area portuale, è stata valutata la presenza di recettori particolari/sensibili (scuole, asili, ospedali) e/o di particolare interesse (parchi, aree ricettive, aree protette, siti SIC). La seguente Tabella 2 riporta le caratteristiche geografiche dei recettori individuati mentre la loro dislocazione all'interno del dominio di calcolo è riportata nella seguente Figura 8

Tabella 2: Recettori particolari/sensibili presenti nel dominio di calcolo

ID	Recettore	Coordinate UTM fuso 32 (m)		Quota m (s.l.m)	Fascia di Distanza da impianto (m)
R1	Scuola Media Via Don L. (Porto S. Paolo)	553209	4524904	12	[800 - 1600]
R2	Piazzetta Gramsci	553535	4525794	3	[800 - 1600]
R3	Spiaggia di Porto San Paolo	553639	4525552	0	[0 - 100]
R4	Spiaggia Pizzichina Corallina	552876	4525944	0	[800 - 1600]
R5	Spiaggia Mia	553316	4526090	0	[400 - 800]
R6	Isola dei Cavalli ZPS ITBZPS ITB013019	553928	4526170	0	[800 - 1600]
R7	Spiaggia la Finosa	552513	4526514	0	[800 - 1600]
R8	Spiaggia di Punta la Greca	555052	4525554	0	[800 - 1600]
R9	Spiaggia di Punta Don Diego	555236	4525234	0	[800 - 1600]
R10	Spiaggia San Paolo	555141	4524624	0	[800 - 1600]
R11	Spiaggia Costa Dorata	555060	4524496	0	[800 - 1600]
R12	Guardia medica	553134	4524966	12	[800 - 1600]
R13	Parco giochi	553555	4525545	4	[100 - 200]
R14	Isola Piana limite ZPS ITBZPS ITB013019	554679	4526393	0	[800 - 1600]



Figura 8: Posizione dei recettori discreti nel dominio di calcolo

4.4. I dati meteorologici

Per l'applicazione del modello CALPUFF sull'area si è fatta la scelta di utilizzare un campo meteorologico tridimensionale, relativamente all'ultimo anno meteorologico completo (anno 2023) in grado di ricostruire una meteorologia dinamica corrispondente alle caratteristiche geomorfologiche locali; in particolare per le simulazioni effettuate il campo è stato ricostruito con una definizione spaziale di 200 m.

Per la ricostruzione del campo meteorologico tridimensionale all'interno del dominio di calcolo il modello CALMET richiede per l'intero periodo temporale ricostruito, la presenza di dei seguenti dati meteorologici orari

almeno una serie oraria completa dei seguenti dati meteorologici di superficie:

- velocità del vento (m/s)
- direzione di provenienza del vento (° da nord)
- temperatura aria (° C)
- pressione atmosferica (mbar)
- copertura del cielo (decimi)
- altezza della base delle nubi (centinaia di piedi)
- precipitazione (mm/h) (opzionale – non richiesta nel caso degli odori)

almeno una serie completa (*) di profili verticali delle seguenti variabili meteorologiche:

- velocità del vento (m/s)
- direzione di provenienza del vento (° da nord)
- temperatura aria (° C)
- pressione atmosferica (mbar)

(*) con frequenza di rilevazione almeno ogni 12 ore

In presenza di questi dati il modello CALMET è in grado ricostruire il campo meteorologico tridimensionale orario sull'area richiesta e di calcolarsi internamente, secondo schemi US-EPA approved) per i quali si rimanda alla documentazione del modello CALMET /1/ per ulteriori dettagli tecnici) tutti i parametri micrometeorologici, quali horizontal friction velocity (u^*), vertical friction velocity (w^*), altezza di rimescolamento (mixing height), il grado di stabilità atmosferica, richiesti per definire in termini “sito specifici” il trasporto dell'inquinante non solo sul piano orizzontale ma anche su quello verticale.

Per la valutazione dello stato di stabilità del Planetary Boundary Layer vengono utilizzati i criteri basati sulla micrometeorologia.

Per la ricostruzione del campo meteorologico 3D sull'area di interesse dello studio diffusivo sono state utilizzate¹ le stazioni meteo del circuito internazionale SYNOP-ICAO (International Civil Aviation Organization) di superficie e di profilo verticale disponibili più prossime al sito richiesto, i dati di profilo verticale e di superficie ricavati dal modello climatologico del centro meteo europeo ECMWF (progetto ERA5) e le stazioni locali sito specifiche appartenenti alle reti ARPA regionali competenti².

Attraverso le stazioni SYNOP-ICAO e ai dati ERA5 è stato possibile ricostruire le caratteristiche sinottiche del campo meteo all'interno del quale sono poi state inserite le caratteristiche sito specifiche delle stazioni locali e gli effetti geomorfologici propri dell'area in esame.

Il modello CALMET ricostruisce per interpolazione 3D “mass consistent”, pesata sull'inverso del quadrato della distanza, un campo iniziale tridimensionale (FIRST GUESS) che viene modificato per incorporare gli effetti geomorfologici ed orografici del sito in esame alla risoluzione spaziale specificata; su questo campo meteo (STEP 1) vengono infine reinserite le osservabili misurate per ottenere il campo finale (STEP 2) all'interno del quale vengono recuperate le informazioni sito-specifiche delle misure meteo locali.

Per informazioni più dettagliate sul funzionamento del preprocessore CALMET si faccia riferimento alla documentazione originale del modello al seguente link

(http://www.src.com/calpuff/download/MMS_Files/MMS2006_Volume2_CALMET_Preprocessors.pdf)

¹ In funzione alla effettiva disponibilità regionale/provinciale di stazioni meteo significative

Nella tabella e nell'immagine seguente vengono riportate le caratteristiche e le posizioni delle stazioni disponibili per l'area di interesse utilizzate per la ricostruzione meteorologica.

Tabella 3: Stazioni meteo significative per l'area di studio

Stazioni ICAO – ECMWF	X UTM 32 (m)	Y UTM 32 (m)	Quota (m) s.l.m.	Dati disponibili
OLBIA COSTA SMERALDA LIEO 165310	543631	4527674	11	vel, dir, temp., press, pioggia, um. relativa
31108 Profilo ECMWF)	554459	4566713	0	vel, dir, temp., press dal suolo a 4000 m s.l.s
12-18 ERA5 (ECMWF)	521104	4511035	281	vel, dir, temp., press, pioggia, um. relativa

Per il dominio meteo ricostruito non risultano disponibili stazioni meteorologiche sito specifiche provenienti da reti ARPA regionali

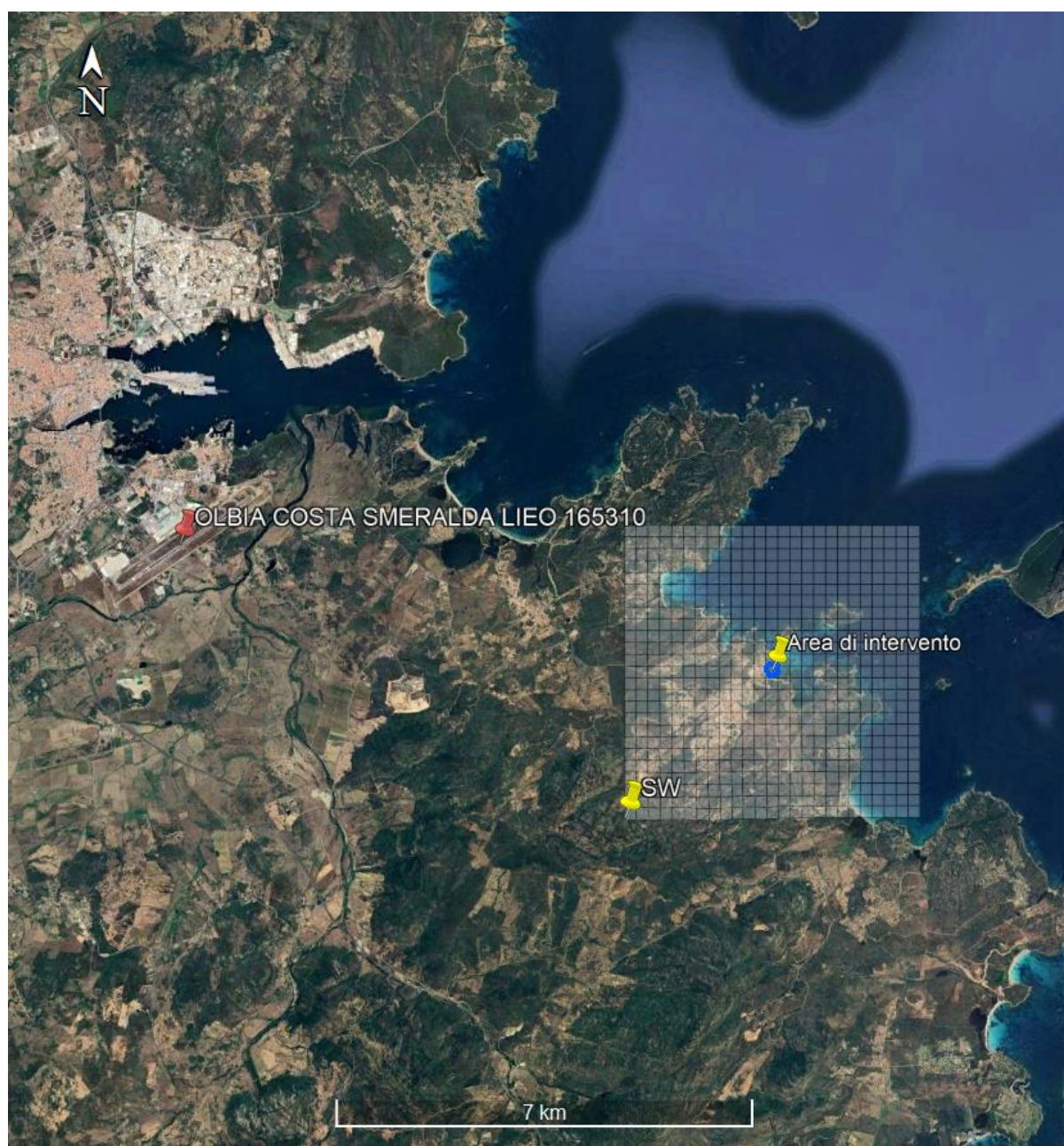


Figura 9: Posizione stazioni meteo sito specifiche per l'area dell'impianto

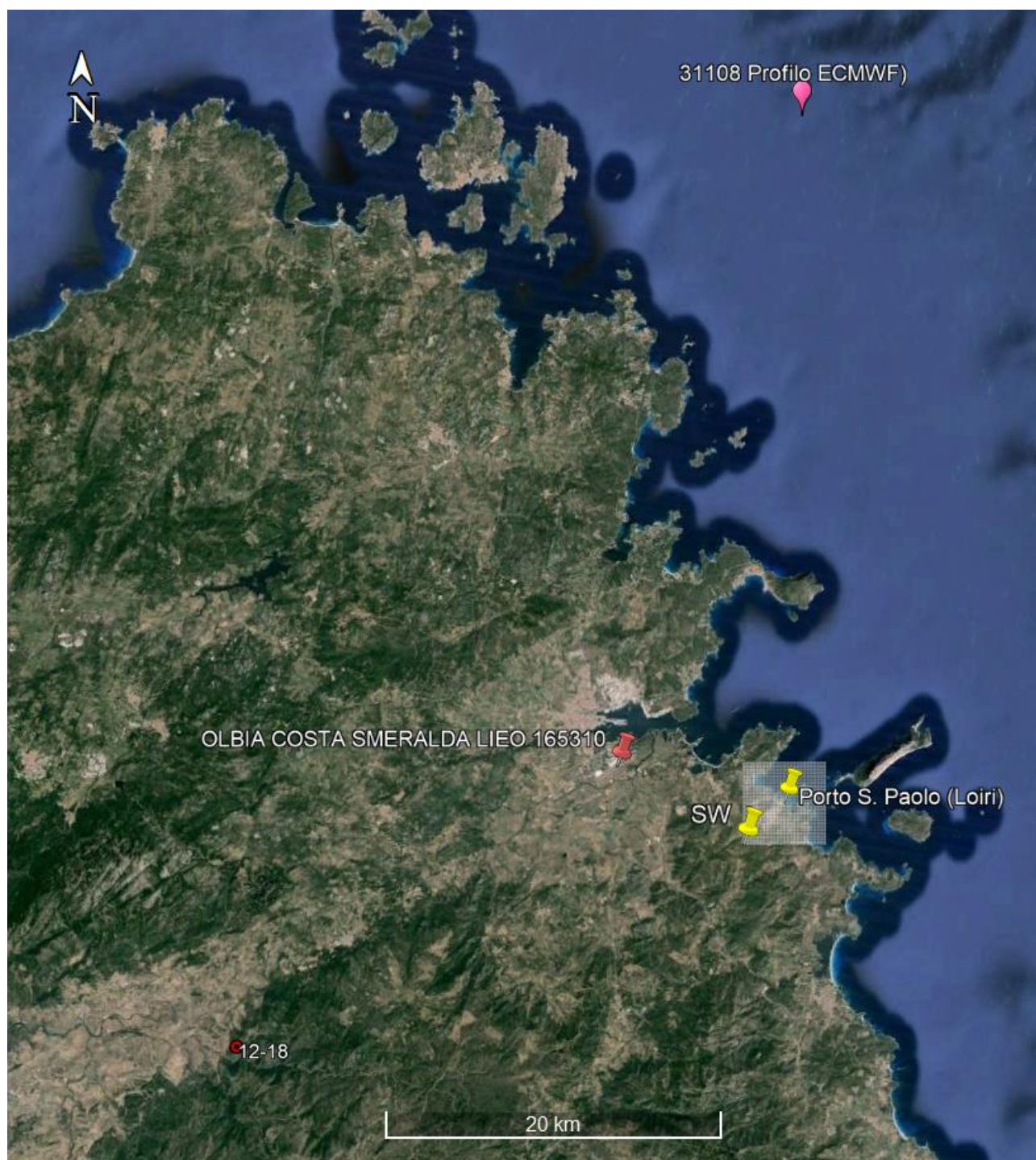


Figura 10: Posizione stazioni meteo complessive utilizzate per la ricostruzione meteo nell'area

La figura seguente mostra la rosa dei venti ricavata per l'anno 2023 per la cella di calcolo di 200 x 200 m contenente l'area portuale in esame dopo l'operazione di ricostruzione spaziale sul dominio meteorologico precedentemente descritta.

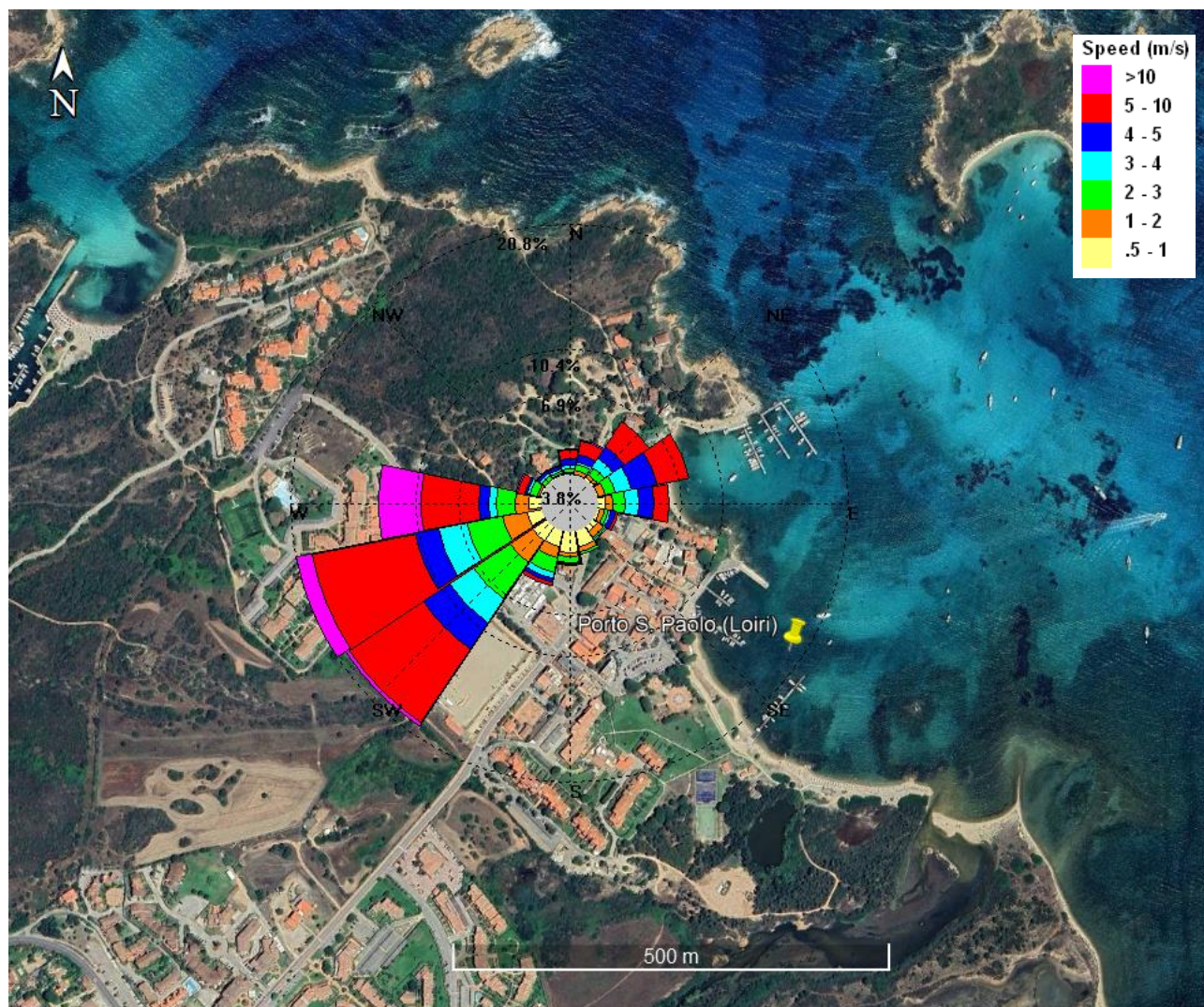


Figura 11: Rosa dei venti ricostruita per il sito dell'impianto per l'anno 2023

La circolazione delle masse d'aria nell'area dell'impianto è caratterizzata, come evidenziato dalla Rosa dei venti annuale e dalle rose stagionali (Appendice 1), da una marcata bi-direzionalità SW – NE, tendenza evidenziata particolarmente nelle ore notturne (Appendice 1).

L'area è interessata complessivamente da venti di consistente intensità > 5 m/s per circa il 33% delle ore annue e con picchi di intensità di 18 m/s proveniente in genere dai settori sud-occidentali.

L'area è caratterizzata da una sostanziale assenza di calme di vento, situazioni che rappresentano percentuali nell'ordine del 3.8 % delle ore/anno con leggera prevalenza nei mesi estivi (4.4%) e una sostanziale scomparsa nei mesi primaverili (1.7%).

L'atmosfera si presenta sempre in media con caratteristiche prevalentemente di neutralità (classi C e D di Pasquill) che caratterizza in media il 70% delle ore anno come viene evidenziato anche chiaramente dal grafico dell'andamento medio giornaliero delle variabili micrometeorologiche riportati in Appendice 1.

Complessivamente le condizioni climatologiche del sito definiscono una buona ventilazione dell'area emissiva che tende ad evitare l'accumulo locale dell'inquinante favorendone un trasporto verso il mare.

Per un'analisi più dettagliata si rimanda all'Appendice 1 di questa relazione.

5. Caratterizzazione delle emissioni

La realizzazione del progetto definitivo per il nuovo assetto diportistico del lungomare di Loiri -Porto San Paolo comporterà un aumento della disponibilità ricettiva e contemporaneamente un migliore controllo della movimentazione/stazionamento dei natanti nell'area portuale e marina limitrofa.

Si riporta di seguito la planimetria di progetto con individuazione dei nuovi posti barca previsti e loro dislocazione.

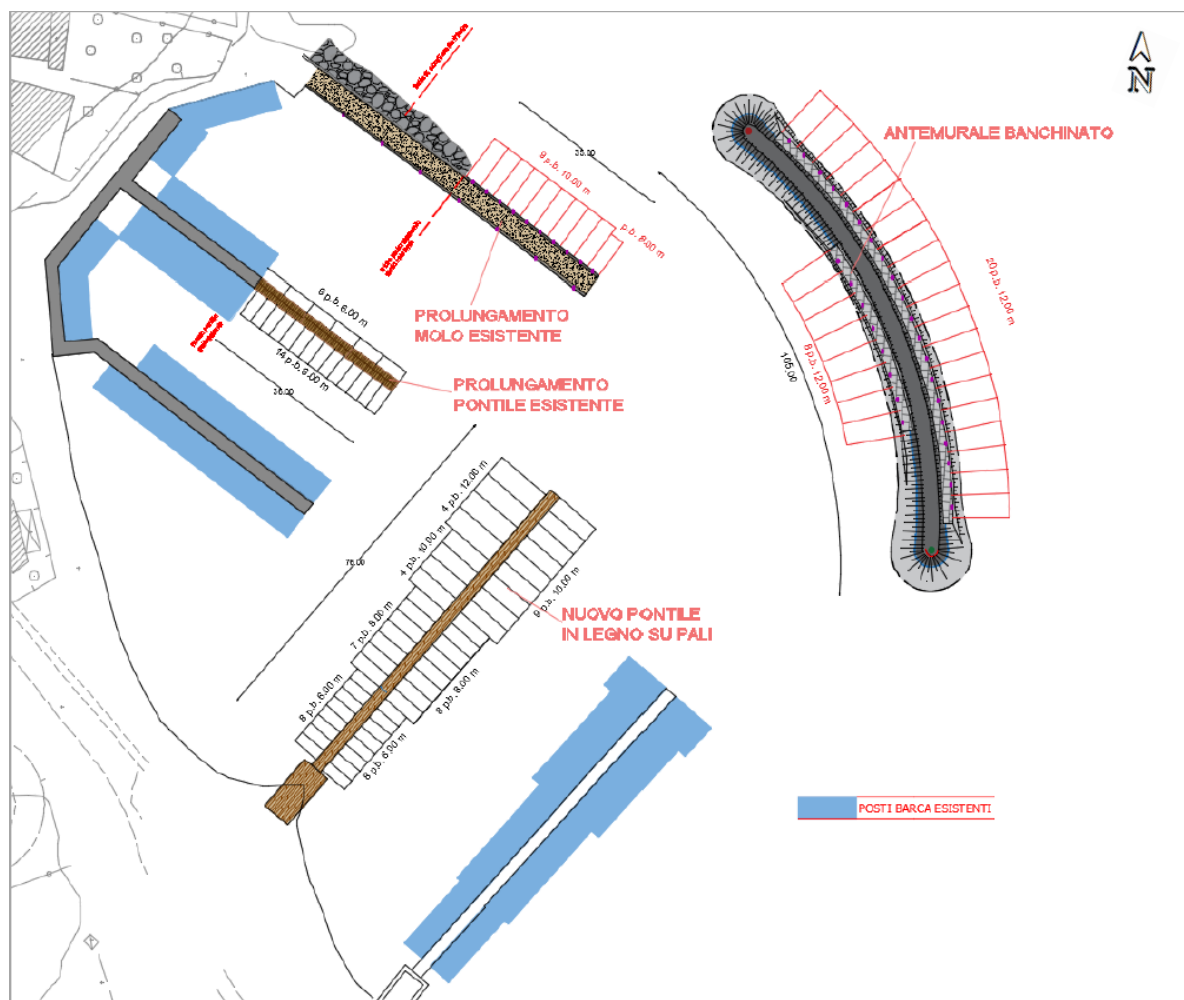


Figura 12: Planimetria dell'area portuale con indicazione degli ampliamenti in progetto

Secondo i dati progettuali la realizzazione delle opere previste nel progetto generale consentirà l'ormeggio di 106 imbarcazioni delle Quali 68 potranno godere di un ormeggio stabile per tutto il corso dell'anno mentre per 38 viene considerato l'ormeggio come stagionale, quest'ultimo è previsto sul lato esterno del prolungamento del molo in muratura e nell'antemurale.

Nel complesso la nuova offerta di posti barca risulterà articolata secondo una flotta tipo fortemente cumulata attorno alla dimensione dei 10,00 m l.f.t.,

A tale nuova capienza deve essere aggiunta l'attuale offerta di posti barca valutabile in circa 120 imbarcazioni di misura variabile tra i 4,00 m e i 10,00 m, decisamente cumulato verso i valori più bassi di tale fascia di utenza.

Nel complesso per la valutazione delle emissioni verrà considerato lo stazionamento massimo di imbarcazioni prevedibile a completamento dell'ampliamento pari cioè a 226 unità di tipo diportistico prevalentemente con motori fuoribordo aderenti alla direttiva 44/CE con potenza media tipica di 75 kW (100 cv).

Per definire una realistica variabilità stagionale tipica relativamente alla movimentazione media dei natanti viene assunto nello studio lo schema seguente;

- nei mesi gennaio, febbraio, novembre e dicembre, movimentazione pari al 10% dei posti barca complessivi;
- nei mesi di marzo, aprile, maggio e ottobre, movimentazione pari al 20% dei posti barca complessivi;
- nei mesi da giugno a settembre, movimentazione pari al 40% dei posti barca complessivi.

A questi numeri vengono poi aggiunte le imbarcazioni del servizio navale privato di trasporto passeggeri che collega Porto San Paolo con Spalmatore di terra a Tavolara che effettuano solo carico e scarico passeggeri con barconi da circa 15,00 metri con motori diesel non recenti della potenza di circa 184 kW (250 cv); per queste imbarcazioni è stata considerata la seguente movimentazione media:

- nei mesi da maggio a ottobre, 16 movimenti complessivi al giorno.

Si è ipotizzato infine che:

- per tutte le imbarcazioni la movimentazione avvenga nell'orario [8:00 – 20:00] durante tutti i giorni dell'anno;
- il tragitto più lungo che un'imbarcazione può percorrere all'interno del porto per dirigersi dall'ormeggio sino all'accesso del porto è stimato pari a circa 300 m;
- la velocità massima di transito all'interno del porto è di 3 nodi, a tali velocità si è considerato che i motori delle imbarcazioni lavorino al 15% del loro carico;
- il tempo medio di permanenza all'interno del porto a motore acceso è di 5 minuti per imbarcazione.

5.1. I dati emissivi

I fattori di emissione inerenti il comparto nautica da diporto e yacht sono stati valutati da “[Emission Factor database](#)” ⁽³⁾ riportato in “[EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023](#)” relativamente a motori alimentati a “Marine Diesel Oil” in fase di manovra (Manoeuvring/Hotelling – Medium speed diesel).

I valori utilizzati nello studio sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 4: Fattori di emissione per imbarcazioni da diporto e yacht

Inquinanti	(g/kWh) ⁽³⁾	(g/s) imbarcazioni diporto ⁽⁴⁾	(g/s) traghetti ⁽⁴⁾
SO _x	0.478	1.03733E-05	2.54491E-05
NO _x	1.3912	3.0191E-05	7.40685E-05
PM ₁₀	0.361	7.8342E-06	1.92199E-05
CO	2.39	5.18663E-05	12.7245 E-05

I valori riportati in tabella rappresentano le emissioni per singola imbarcazione, per l'esecuzione dei calcoli diffusionali tali emissioni sono state assegnate ad ogni imbarcazione in movimento nel porto nell'intervallo temporale [8:00 – 20:00] secondo la presenza stagionale di natanti nel porto descritta al paragrafo precedente e distribuite sull'area portuale interessata dalla movimentazione dei natanti.

Le caratteristiche strutturali considerate nello studio per caratterizzare le imbarcazioni come volumi emissivi sono le seguenti

³ [1.A.3.d Navigation -shipping- 2023.pdf](#) - Table 3-15 Tier 3 emission factors for pollutants and Specific Fuel Consumption for Diesel engine types/fuel combinations and vessel trip phases (cruising, hotelling, manoeuvring) in g/kWh.

Per le emissioni di NO_x il valore Tier 0 di tabella 3.15 è stato ridotto del 90.6 % per assimilarlo al livello Tier 3 (rif. /21/)

⁴ I kWh di energia (En) consumati dalla singola imbarcazione in funzione del tempo di funzionamento del motore sono stati valutati dalla relazione
$$En = (Potenza\ del\ motore) \times (ore\ di\ funzionamento)$$

considerando un tempo di funzionamento medio del motore pari a 5 min. ed una potenza pari al 15% della potenza nominale valutata in 75 kW per le imbarcazioni da diporto e 184 kW per i traghetti.

Altezza effettiva	0.85 m
Sigma y	5.12 m
Sigma z	0.79

Lo studio viene svolto in termini cautelativi considerando l'inquinante NOx interamente come NO2 e l'inquinante SOx interamente come SO2 inoltre, tutte le imbarcazioni da diporto sono assimilate alla dimensione di 10,00 m l.f.t.

6. I risultati delle simulazioni

In questo capitolo vengono riportati i valori massimi degli indicatori di qualità dell'aria definiti al § 2 calcolati sia sull'intero dominio di calcolo (distribuzioni spaziali) che nei singoli recettori particolari (analisi puntuale) considerati nei calcoli diffusionali (§ 4.3).

Le opzioni richieste di valutazione regolatoria degli indicatori di qualità dell'aria sono state effettuate con il software di post processamento "RunAnalyzer" /3/ (<http://www.maind.it/contents/soft.aspx?page=runanalyzer>).

6.1. Indicatori di qualità dell'aria nel dominio di calcolo

Tabella 5: Valori massimi previsti nel dominio di calcolo - Nuovo assetto diportistico

Indicatore QA	Valori massimi calcolati (µg/m3)	Coordinate punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valori Rif. (*) (µg/m3)
		Distanza dal punto di rif. impianto		
NOx (come NO2)				
Media annuale	0.47	553650	4525561	40
		Interno area porto		
99.8% valori max, orari	5.13	553650	4525561	200
		Interno area porto		
CO (mg/m3)				
Max. media mobile 8h	0.0069	553650	4525561	10
		Interno area porto		
PM10				
Media annuale	0.12	553650	4525561	40
		Interno area porto		
90.4% valori medi 24h	0.27	553650	4525561	50
		Interno area porto		
SOx (come SO2)				
99.7% valori max. orari	1.67	553650	4525561	350
		Interno area porto		
99.2% valori medi 24h	0.42	553650	4525561	125
		Interno area porto		

(*) ex. DLGS 13-8-10 n. 155

I valori degli indicatori di qualità dell'aria previsti dalle simulazioni diffusionali (Tabella 5) sono localizzati all'interno dell'area portuale e si mantengono numericamente sempre almeno due ordini di grandezza al di sotto delle rispettive soglie limite.

In particolare tali valori massimi ottenuti risultano sempre ben al di sotto della soglia definita del 5% del valore della rispettiva soglia limite di legge considerazione che permette di definire l'impatto delle emissioni legate alla movimentazione dei natanti all'interno del porto come poco significativo (/22/, /23/) sulla qualità dell'aria locale.

6.2. Indicatori di qualità dell'aria nei recettori particolari

Tabella 6: NOx (come NO2) - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico

Descrizione	X (m) UTM-32	Y (m) UTM-32	Media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		99.8 % max. orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			Calcolato	Rif. (*)	Calcolato	Rif. (*)
R1	553209	4524904	0.0012	40	0.0967	200
R2	553535	4525794	0.0127	40	1.4600	200
R3	553639	4525552	0.1750	40	3.9000	200
R4	552876	4525944	0.0015	40	0.1400	200
R5	553316	4526090	0.0028	40	0.3590	200
R6	553928	4526170	0.0058	40	0.4790	200
R7	552513	4526514	0.0005	40	0.0404	200
R8	555052	4525554	0.0010	40	0.0899	200
R9	555236	4525234	0.0004	40	0.0304	200
R10	555141	4524624	0.0003	40	0.0189	200
R11	555060	4524496	0.0003	40	0.0222	200
R12	553134	4524966	0.0014	40	0.1110	200
R13	553555	4525545	0.0712	40	2.1800	200
R14	554679	4526393	0.0047	40	0.2550	200

Tabella 7: CO - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico

Descrizione	X (m) UTM-32	Y (m) UTM-32	Max. media mobile 8h (mg/m^3)	
			Calcolato	Rif. (*)
R1	553209	4524904	1.53E-04	10
R2	553535	4525794	1.23E-03	10
R3	553639	4525552	3.19E-03	10
R4	552876	4525944	2.05E-04	10
R5	553316	4526090	3.30E-04	10
R6	553928	4526170	2.48E-04	10
R7	552513	4526514	7.84E-05	10
R8	555052	4525554	8.84E-05	10
R9	555236	4525234	4.07E-05	10
R10	555141	4524624	7.09E-05	10
R11	555060	4524496	8.80E-05	10
R12	553134	4524966	1.57E-04	10
R13	553555	4525545	1.78E-03	10
R14	554679	4526393	1.93E-04	10

Tabella 8: PM10 - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico

Descrizione	X (m) UTM-32	Y (m) UTM-32	Media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		90.4 % max. 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			Calcolato	Rif. (*)	Calcolato	Rif. (*)
R1	553209	4524904	0.0003	40	0.0010	50
R2	553535	4525794	0.0035	40	0.0125	50
R3	553639	4525552	0.0457	40	0.1230	50
R4	552876	4525944	0.0004	40	0.0013	50
R5	553316	4526090	0.0008	40	0.0031	50
R6	553928	4526170	0.0016	40	0.0057	50
R7	552513	4526514	0.0001	40	0.0004	50
R8	555052	4525554	0.0003	40	0.0008	50
R9	555236	4525234	0.0001	40	0.0004	50
R10	555141	4524624	0.0001	40	0.0002	50
R11	555060	4524496	0.0001	40	0.0002	50
R12	553134	4524966	0.0004	40	0.0014	50
R13	553555	4525545	0.0188	40	0.0541	50
R14	554679	4526393	0.0013	40	0.0038	50

Tabella 9: SOx (come SO₂) – Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico

Descrizione	X (m) UTM-32	Y (m) UTM-32	99.7 % max. orari (µg/m ³)		99.2 max media 24h (µg/m ³)	
			Calcolato	Rif. (*)	Calcolato	Rif. (*)
R1	553209	4524904	0.0283	350	0.0041	125
R2	553535	4525794	0.4470	350	0.0485	125
R3	553639	4525552	1.2100	350	0.2250	125
R4	552876	4525944	0.0404	350	0.0088	125
R5	553316	4526090	0.0955	350	0.0111	125
R6	553928	4526170	0.1370	350	0.0146	125
R7	552513	4526514	0.0109	350	0.0028	125
R8	555052	4525554	0.0235	350	0.0033	125
R9	555236	4525234	0.0096	350	0.0015	125
R10	555141	4524624	0.0050	350	0.0021	125
R11	555060	4524496	0.0050	350	0.0018	125
R12	553134	4524966	0.0314	350	0.0041	125
R13	553555	4525545	0.6910	350	0.1190	125
R14	554679	4526393	0.0820	350	0.0109	125

(*) ex. DLGS 13-8-10 n. 155

I valori massimi degli indicatori di Qualità dell'Aria riportati nelle tabelle precedenti valutati nei recettori particolari/sensibili individuati in un intorno di 1.5 km dell'area portuale risultano essere sempre decisamente al di sotto delle rispettive soglie limite di legge.

I recettori posizionati in un raggio di circa 250/300 m dal centro dell'area portuale (nello specifico R2, R3 ed R13) che presentano i valori più elevati a causa della loro contiguità con la zona del porto, riportano valori almeno due ordini di grandezza al di sotto delle soglie limite di legge e un ordine di grandezza al di sotto della soglia di significatività dell'impatto (5% del valore di soglia dell'inquinante)⁵ (/22/, /23/); da queste considerazioni è possibile definire come poco significativo l'impatto sulla qualità dell'aria nelle aree immediatamente limitrofe all'area portuale.

A distanze maggiori il divario tra valori previsti diventa rapidamente pari a tre ordini di grandezza al di sotto delle rispettive soglie limite di legge e almeno due ordini di grandezza al di sotto delle soglie di significatività dell'impatto delineando pertanto un impatto ambientale irrilevante già a partire da qualche centinaio di metri dal centro dell'area portuale.

In particolare le emissioni legate alla movimentazione dei natanti non risultano interessare le aree di tutela ambientale AMP e ZPS ITBZPS ITB013019 identificate dai recettori R6 e R14 (Figura 8).

⁵ Prendendo come esempio l'inquinante NOx si vede come i valori massimi si registrano in R3 (valore medio annuo pari 0.1750 (µg/m³) rispetto ad una soglia di legge di 40 (µg/m³) ed una soglia di significatività di 2 (µg/m³) e valore di 98% pari a 3.9 (µg/m³) rispetto ad una soglia di legge di (µg/m³) 200 ed una soglia di significatività di 10 (µg/m³))

6.2.1. Distribuzione spaziale degli indicatori di qualità dell'aria

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
NOx (come NO2)				
Media annuale	0.47	553650	4525561	40
		Interno area porto		

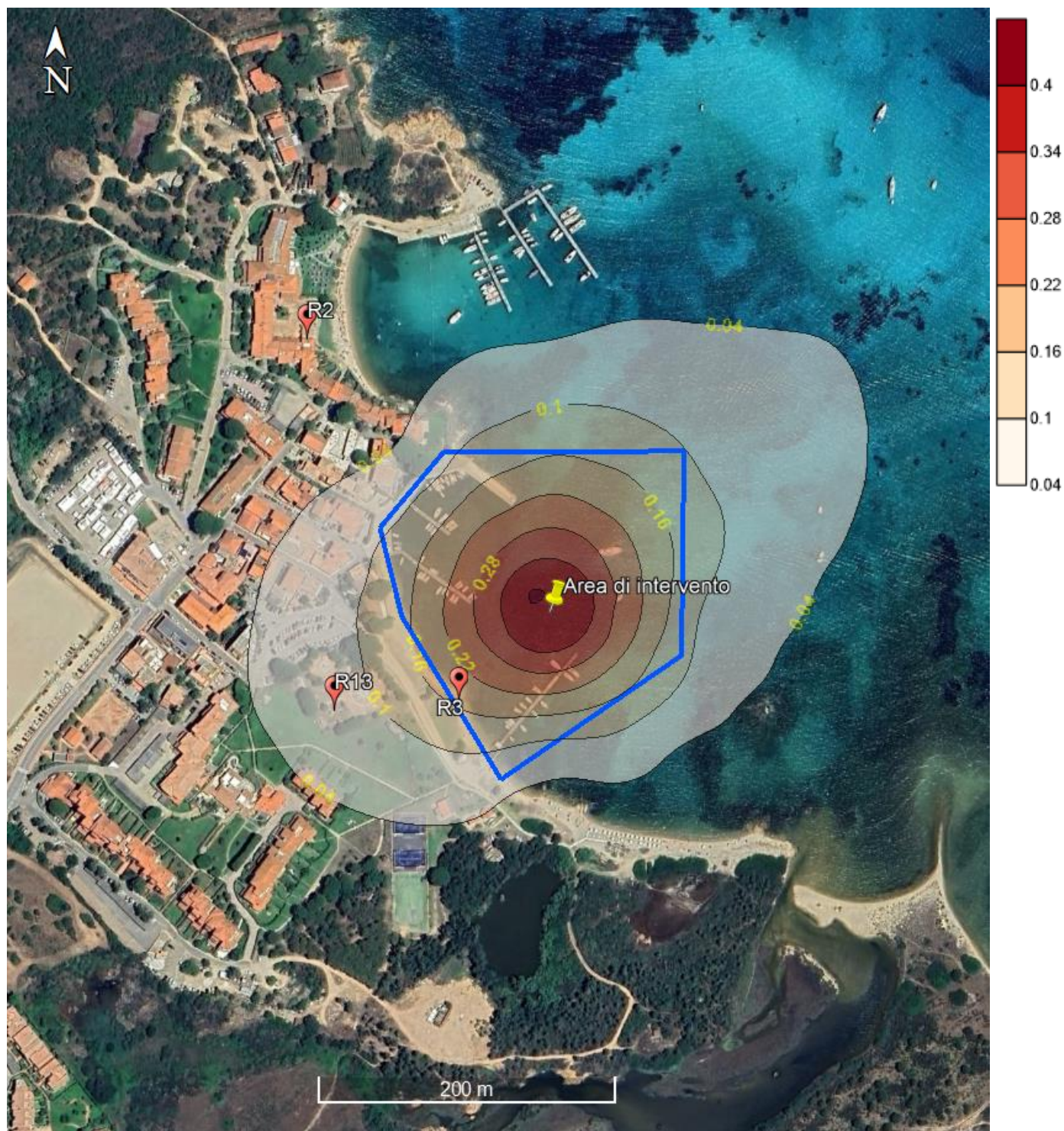


Figura 13: NO_x– Distribuzione spaziale della media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
NOx (come NO2)				
99.8% valori max, orari	5.13	553650	4525561	200
		Interno area porto		

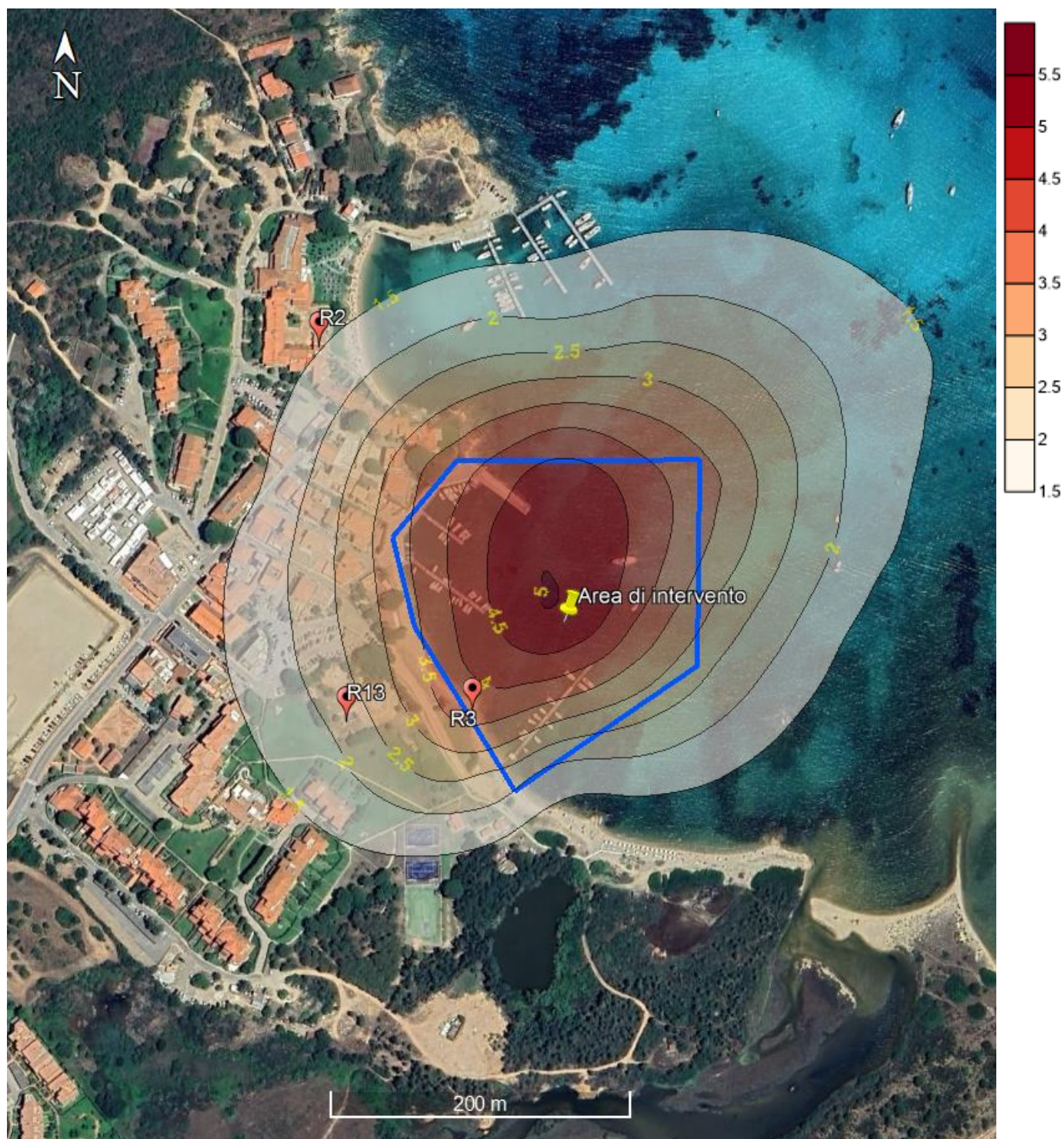


Figura 14: NO_x– Distribuzione spaziale del 99.8-esimo % valori massimi orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Indicatore	Valore dell'indicatore (mg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
CO				
Max. media mobile su 8h	0.0069	553650	4525561	10
		Interno area porto		

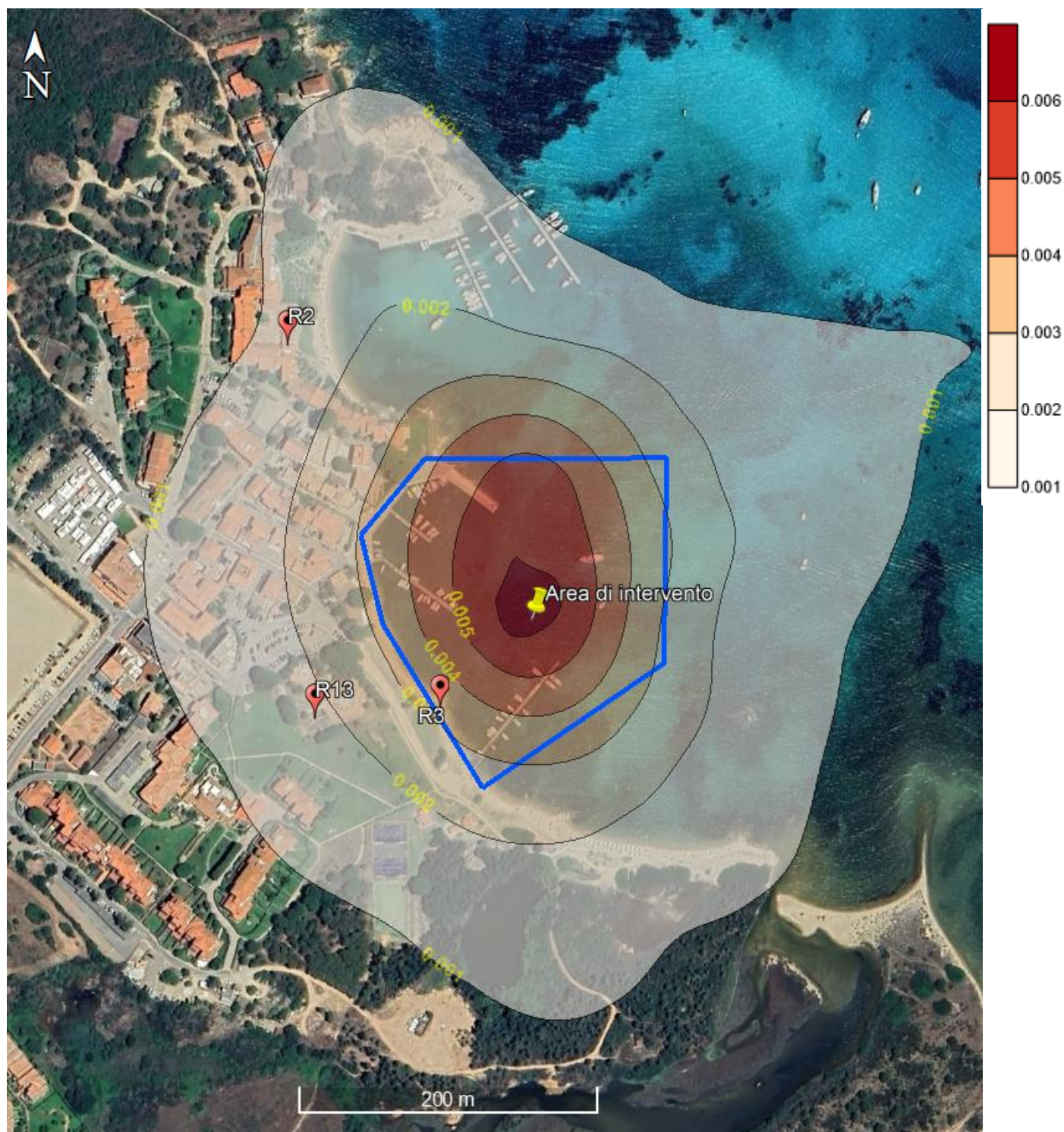


Figura 15: CO– Distribuzione spaziale del valore massimo della media mobile su 8 h (mg/m³)

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
PM10				
Media annuale	0.12	553650	4525561	40
		Interno area porto		

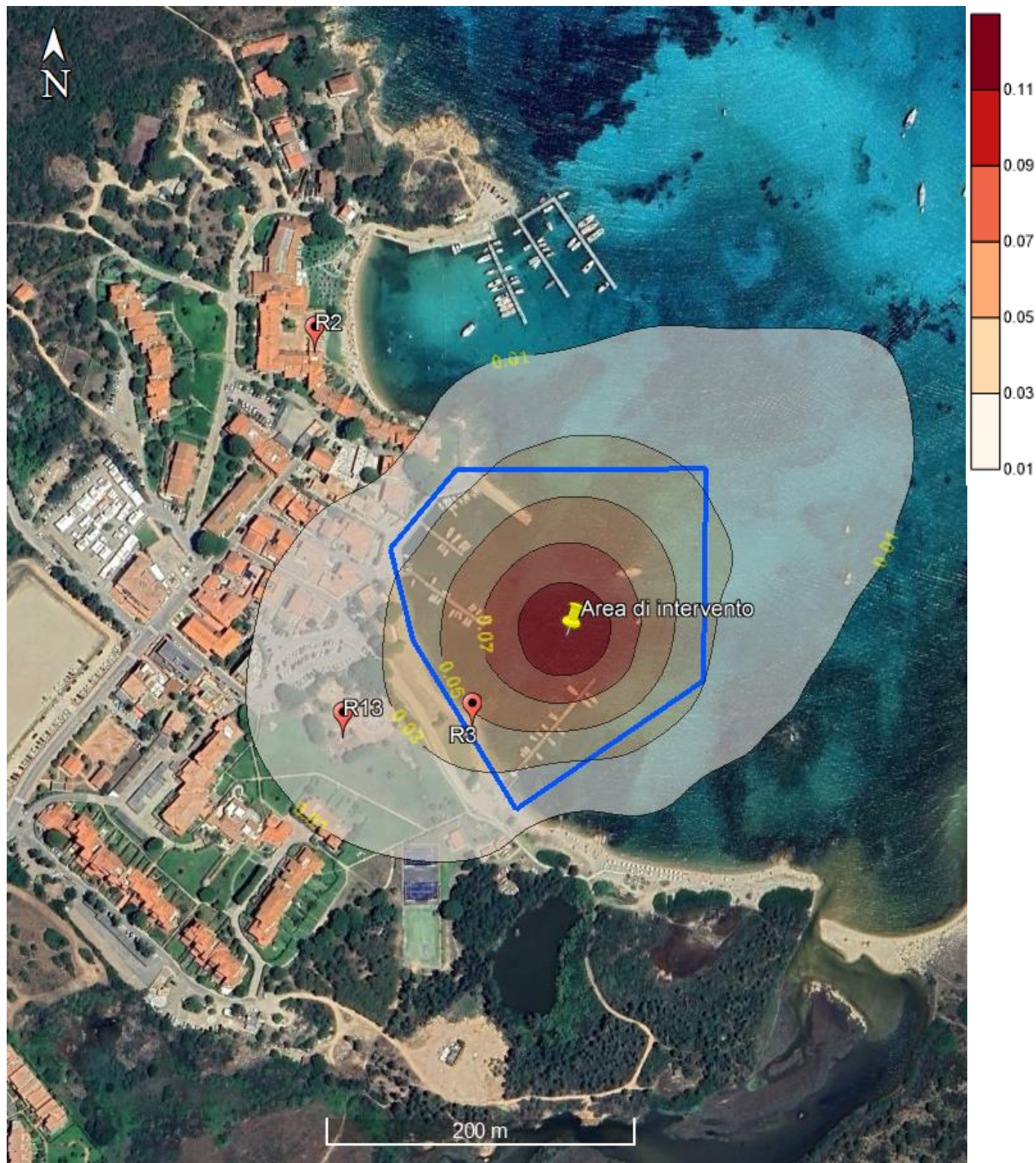


Figura 16: PM10– Distribuzione spaziale della media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
PM10				
90.4% valori medi 24h	0.27	553650	4525561	50
		Interno area porto		

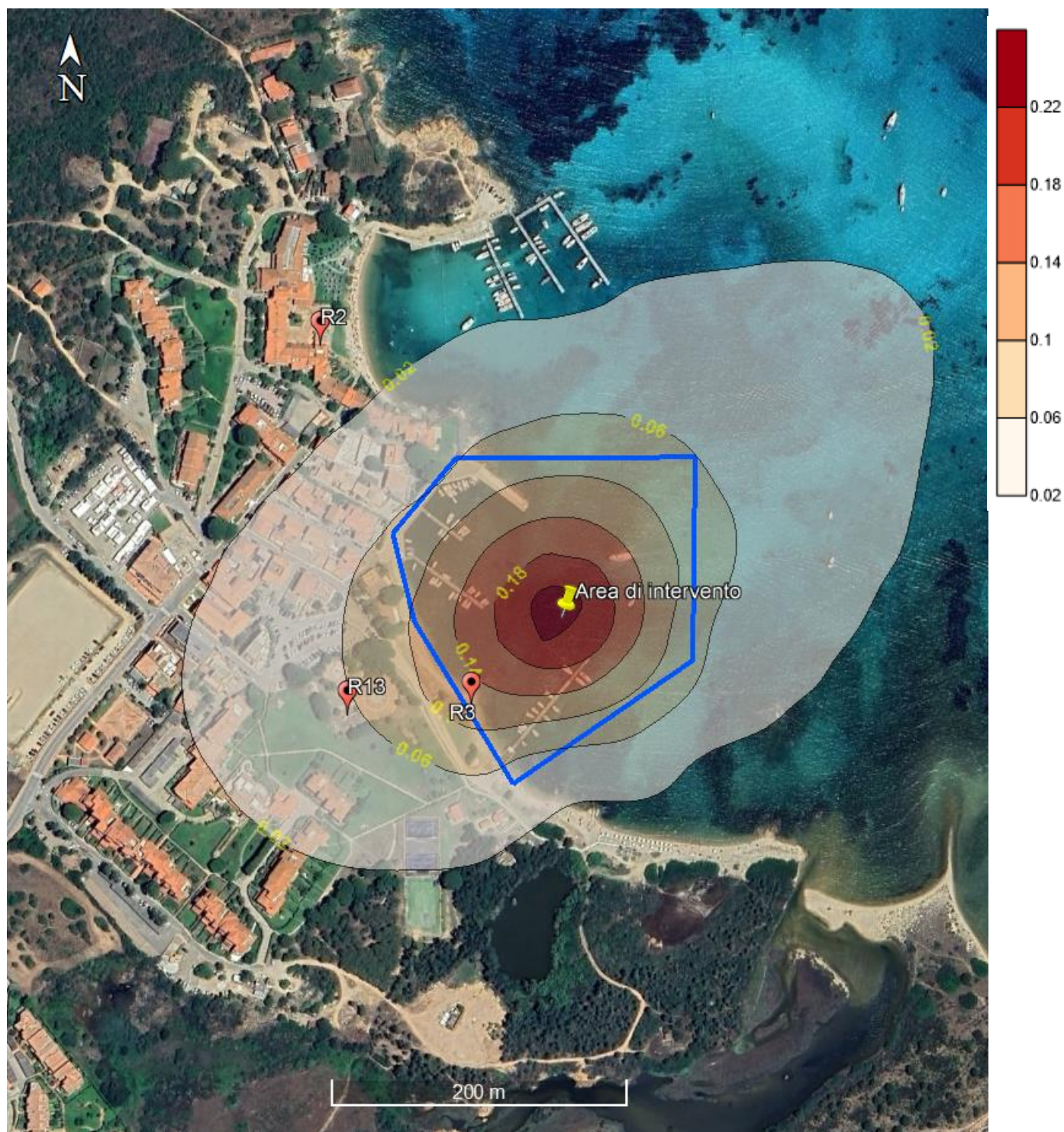


Figura 17: PM10– Distribuzione spaziale del 90.4-esimo % dei valori medi giornalieri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
SOx (come SO2)				
99.7% valori max. orari	1.67	553650	4525561	350
		Interno area porto		

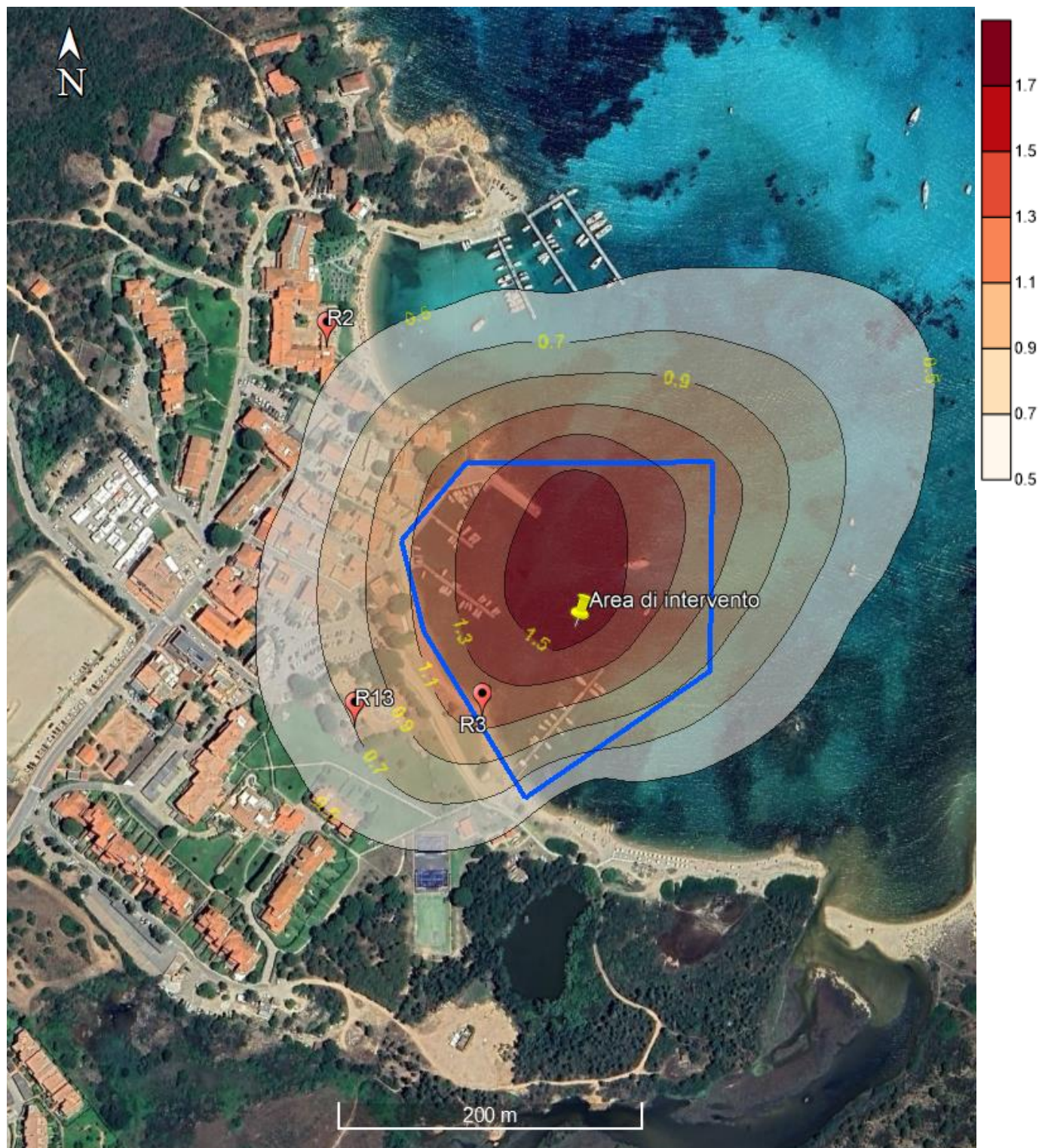


Figura 18: SOx– Distribuzione spaziale del 99.7-esimo % valori massimi orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Indicatore	Valore dell'indicatore (µg/m3)	Coordinate del punto di massimo [UTM 32 (m)]		Valore di riferimento (UO)
SOx (come SO2)				
99.2% valori medi 24h	0.42	553650	4525561	125
		Interno area porto		

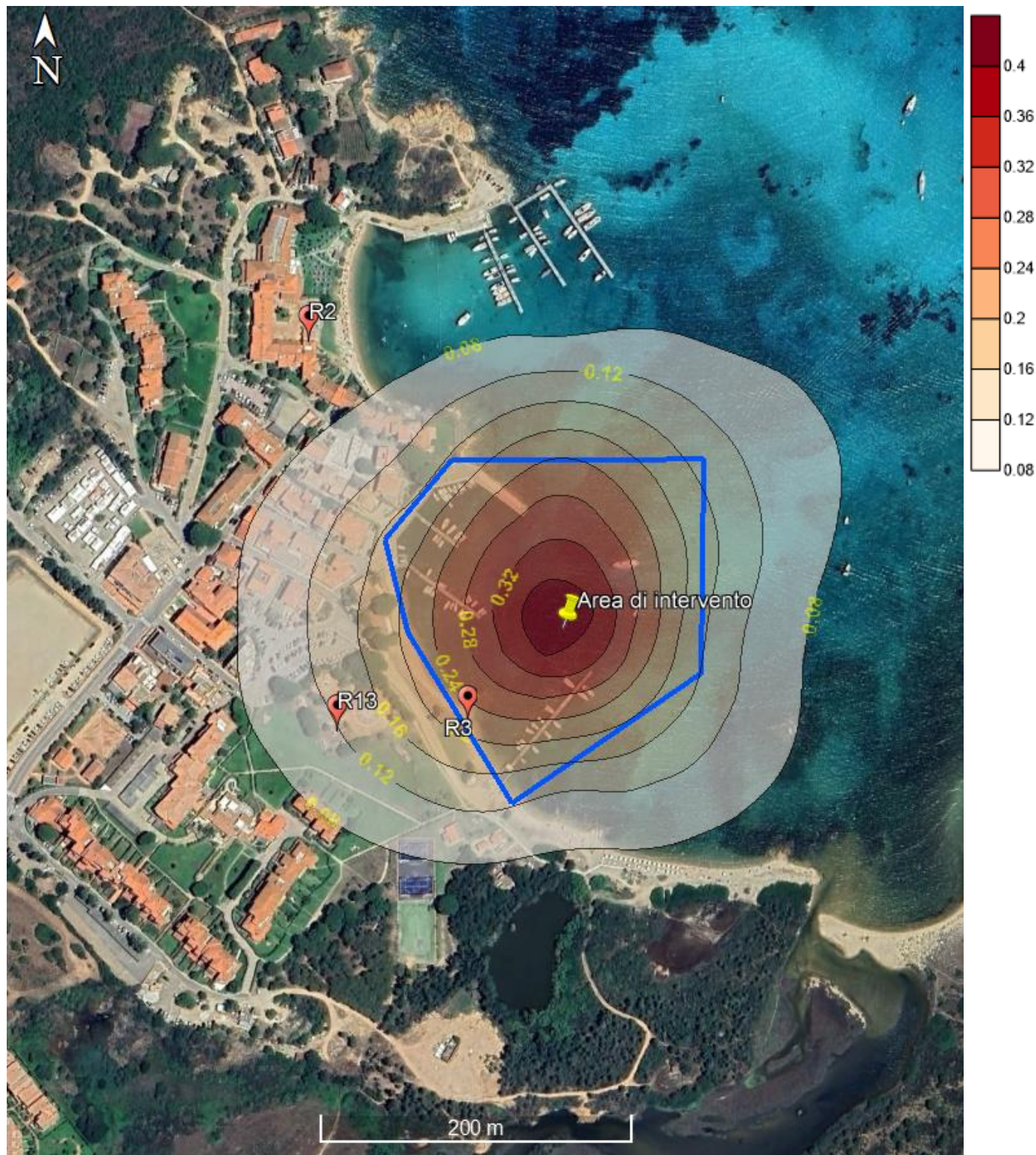


Figura 19: SOx– Distribuzione spaziale del 99.2-esimo % dei valori medi giornalieri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

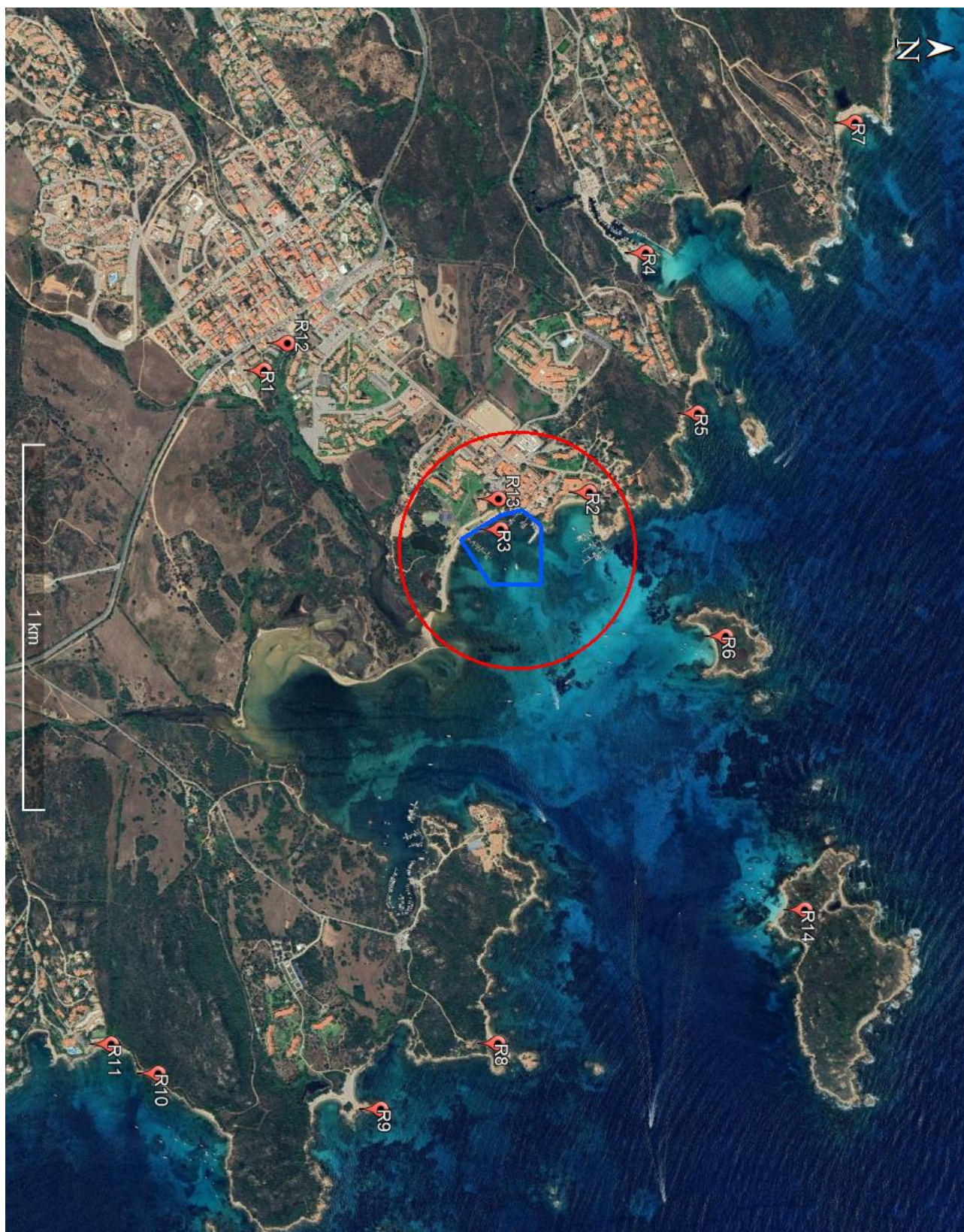


Figura 20: Area di inviluppo delle distribuzioni spaziali con evidenza dei recettori sensibili presenti nell'area

Le distribuzioni spaziali degli indicatori di qualità dell'aria riportate nelle figure di questo paragrafo mostrano come per tutti gli inquinanti considerati, i valori massimi si riscontrano sempre all'interno dell'area portuale.

Tali valori massimi risultano sempre decisamente al di sotto delle soglie limite di legge dei rispettivi inquinanti e appena al di là dell'area perimetrale del porto le concentrazioni risultano ridotte in media di un ordine di grandezza rispetto a tali massimi.

Tendenzialmente le emissioni legate alla movimentazione delle imbarcazioni risultano quindi contenute all'interno dell'area portuale dove comunque non presentano condizioni di criticità.

Nella precedente Figura 20 è riportato l'involuppo dell'area complessiva definita dalle distribuzioni spaziali degli indicatori di qualità dell'aria, la figura evidenzia in particolare la posizione relativa dei recettori sensibili rispetto all'area di ricaduta mostrando come sostanzialmente solo i recettori che si trovano a distanze inferiori di 300 m dal perimetro del porto possono essere potenzialmente interessati dalle ricadute (per altro poco significative) inerenti le attività di movimentazione natanti.

Dal punto di vista spaziale la distribuzione degli inquinanti rispecchia le caratteristiche climatologiche dall'area, si vede infatti dalle figure come, soprattutto per gli indicatori "Long Term" come ad esempio le medie annuali, le distribuzioni definiscano aree tendenzialmente ellissoidali in accordo con la caratterizzazione locale dei venti (Appendice 1) che descrive una marcata direzionalità SW-NE particolarmente accentuata nelle ore notturne mentre nelle ore diurne [8:00 – 20:00], intervallo temporale nel quale sono state considerate le emissioni, si sovrappone anche la normale rotazione ciclica delle brezze di mare.

Per nessuno degli inquinanti emessi è stato possibile definire la curva di iso-livello di concentrazione pari al 5% della rispettiva soglia di legge evidenza che permette quindi di escludere in previsione la presenza di aree di impatto rilevante (/22/, /23/) legate alle emissioni della attività di movimentazione natanti nella configurazione emissiva considerate nello studio.

7. Considerazioni conclusive

Nello studio diffusivo effettuato sono state analizzate le ricadute al suolo degli inquinanti emessi dalla movimentazione dei natanti all'interno dell'area portuale di Loiri – Porto San Paolo (OT) prevista dalla realizzazione del progetto definitivo per il nuovo assetto diportistico del lungomare di Porto San Paolo; l'intervento di ampliamento in progetto ha il duplice scopo di ampliare la ricettività del porto e nello stesso tempo di regolamentare la movimentazione e la sosta dei natanti in quest'area costiera soggetta ad una intensiva attività turistica soprattutto nei mesi estivi da giugno a settembre

Le caratteristiche strutturali ed emissive adottate nello studio sono riportate nel § 5 della relazione; in termini cautelativi si è considerata una movimentazione media con variazioni stagionali nella fascia oraria [8:00 – 20:00] di imbarcazioni da diporto assimilate alla dimensione di 10,00 m l.f.t con motori conformi alla direttiva 44/CE alimentati con combustibile "Marine Diesel Oil".

Nello studio sono stati analizzate le emissioni dei seguenti inquinanti; PM10, CO, NOx (considerato in termini cautelativi interamente come componente NO2) e SOx (considerato in termini cautelativi interamente come componente SO2) (§ 5 e § 5.1).

Le simulazioni di previsione diffusionale sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF attivato con meteorologia tri-dimensionale ricostruita sull'area (§ 4.4).

Le valutazioni regolatorie relative agli inquinanti considerati sono state effettuate secondo le indicazioni richieste dalla attuale normativa nazionale in termini di qualità dell'aria ([DL 13 agosto 2010 n. 155](#)) esposte nel § 2, sia in termini di distribuzioni spaziali sul territorio che come risultati "puntuali" nei recettori particolari/sensibili individuati nel raggio di 1500 m dal punto di emissione (§ 4.3).

I risultati dei calcoli diffusionali effettuati (§ 6) non evidenziano alcuna criticità ambientale, in particolare:

I valori massimi degli indicatori di qualità dell'aria riportati in Tabella 5 di § 6.1 e le distribuzioni spaziali riportate nelle figure di § 6.2.1 mostrano come per tutti gli inquinanti considerati, i valori massimi si riscontrano sempre all'interno dell'area portuale e risultano sempre mediamente 2 ordini di grandezza al di sotto delle soglie limite di legge per le rispettive sostanze; inoltre, appena al di là dell'area perimetrale del porto, le concentrazioni risultano ridotte in media di un ulteriore ordine di grandezza rispetto ai valori di tali massimi.

Per nessuno degli inquinanti emessi è stato possibile definire la curva di iso-livello pari al 5% del valore della rispettiva soglia di legge evidenza che permette quindi di escludere in previsione la presenza di aree di impatto rilevate (/22/, /23/) legate alle emissioni della attività di movimentazione dei natanti nella configurazione emissiva considerata nello studio.

Queste considerazioni sono confermate dalle analisi dei valori degli indicatori di qualità dell'aria valutati puntualmente nei recettori particolari/sensibili.

I valori riportati nelle tabelle di § 6.2 mostrano come per i recettori contigui all'area portuale (a distanze dell'ordine dei 200/300 metri dal perimetro) si stimano valori almeno due ordini di grandezza al di sotto delle soglie limite di legge e un ordine di grandezza al di sotto della soglia di significatività dell'impatto (5% del valore di soglia dell'inquinante /22/, /23/).

Per i recettori situati a distanze superiori i valori previsti diventano rapidamente pari a tre ordini di grandezza al di sotto delle rispettive soglie limite di legge e almeno due ordini di grandezza al di sotto delle soglie di significatività dell'impatto

In particolare le emissioni legate alla movimentazione dei natanti non risultano interessare le aree di tutela ambientale AMP e ZPS ITBZPS ITB013019 (recettori R6 e R14) come mostrato in Figura 20 dove è riportato l'involuppo dell'area complessiva definita dalle distribuzioni spaziali degli indicatori di qualità dell'aria in relazione alla posizione dei recettori particolari/sensibili.

I risultati previsionali ottenuti dallo studio diffusionale definiscono complessivamente un impatto poco rilevante nell'area strettamente operativa del perimetro portuale e un impatto sostanzialmente irrilevante allontanandosi di qualche centinaio di metri dal perimetro del porto.

Il relatore

Dr. Gianni Grippa


P.za L. Da Vinci, 7 20133 Milano
C.F. e P.IVA 09596850157

tel. +39 (0)2 2367490
email: info@maindsupport.it
website: www.maind.it

Riferimenti

- /1/ J. P. Scire, F. R. Robe, M. E. Fernau, R. J. Yamartino - *A User Guide for the CALMET Meteorological Model* – (2000) – Earth Tech. Inc. 196 Baker Avenue Concord MA 01742 (www.src.com/calpuff/calpuff1.htm)
- /2/ J. P. Scire, F. R. Robe, R. J. Yamartino - *A User Guide for the CALPUFF Dispersion Model* – (2000) – Earth Tech. Inc. 196 Baker Avenue Concord MA 01742 (www.src.com/calpuff/calpuff1.htm)
- /3/ MAIND S.r.l. RunAnalyzer Software per il postprocessamento dei risultati calcolati dai principali modelli di calcolo di diffusione di inquinanti in atmosfera” <http://www.maind.it/contents/soft.aspx?page=runanalyzer> - <http://www.maind.it/document/RunAnalyzer.pdf>
- /4/ Dati SRTM interpolati a 100m del territorio italiano USGS - EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA (<http://edc.usgs.gov/>)
- /5/ Classificazione di uso del suolo USGS - EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA (<http://edc.usgs.gov/>)
- /6/ Classificazione CORINE Land Cover 1:100.000 aggiornata al 2012 delle regioni italiane (ISPRA - <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/corine-land-cover>)
- /7/ L. Capelli, S. Sironi. convegno “Odori – Valutazioni dell’impatto e soluzioni tecniche” presso FAST Milano 11 febbraio 2014
- /8/ G Malone, G VanWicklen, S Collier “*Efficacy of Vegetative Environmental Buffers to Mitigate Emissions from Tunnel-Ventilated Poultry Houses*”. – Workshop on Agricultural Air Quality , 2006 North Caroline State University
- /9/ Environmental Protection Authority of Victoria: Broiler Farm Odour Environmental Risk Assessment: Table 5.2 - Methods and techniques to reduce odour and odour impact and their potential mitigation effect
- /10/ [US EPA MEMORANDUM](#) - – Research Triangle park NC 2711 – Aug 01 2016
- /11/ [Ambient Ratio Method Version 2 \(ARM2\) for use with AERMOD for 1-hr NO2 Modeling - Development and Evaluation Report](#) “RTP Environmental Associates, Inc.” September 20, 2013
- /12/ BPIP - User's guide to the Building Profile Input Program EPA-454/R-93-038 (http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_related.htm)
- /13/ User's Guide For The Industrial Source Complex (Isc3) Dispersion Models Volume II - Description Of Model Algorithms
- /14/ Roberto Sozzi 2003 "La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria" APAT CTN-ACE - rti ctn_ACE xx/2003
- /15/ Slinn, S.A. and W.G.N. Slinn, 1980: Predictions for particle deposition on natural waters. *Atmospheric Environ.*, **14**, 1013-1016
Pleim, J., A. Venkatram and R.J. Yamartino, 1984: ADOM/TADAP model development program. Volume 4. The dry deposition mode!. Ontario Ministry of the Environment, Rexdale, Ontario, Canada.
- /16/ Maul, P.R., 1980: Atmospheric transport of sulfur compound pollutants. Central Electricity Generating Bureau MID/SSD/80/0026/R, Nottingham, England.
- /17/ NOAA National Weather Service https://nomads.ncep.noaa.gov/txt_descriptions/WRF_NMM_doc.shtml – NCEP Central Operation
- /18/ J.H. Ruth, Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review, Am. Ind. Assoc. 1., 47,(1e86).
- /19/ EMEP/EEA “[Emission Factor database](#)”
- /20/ [EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023](#)”
- /21/ Città di Fiumicino - PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA - Studio modellistico di qualità dell'aria P0031150-D-0-MP00-AM-REL-17_00
- /22/ LINEE GUIDA V.I.A. - Parte Generale - A.N.P.A. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio 18 Giugno 2001
- /23/ [INDICAZIONI PER L’UTILIZZO DI TECNICHE MODELLISTICHE PER LA SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI IN ATMOSFERA](#) - ARPAV - Dicembre 2020

Indice delle figure

Figura 1: Inquadramento geografico del sito (con evidenza dei confini orientali comunali).....	4
Figura 2: Inquadramento geografico AMP Tavolara - Punta Coda Cavallo	5
Figura 3: perimetrazione di competenza della Zona di protezione speciale ZPS ITB013019	5
Figura 4: Dominio considerato nel calcolo diffusionale	6
Figura 5: Dominio di calcolo meteorologico con evidenza del sottodominio diffusivo	9
Figura 6: Orografia dell'area considerata	10
Figura 7: Distribuzione spaziale dei parametri di uso del suolo nel dominio di calcolo.....	11
Figura 8: Posizione dei recettori discreti nel dominio di calcolo	12
Figura 9: Posizione stazioni meteo sito specifiche per l'area dell'impianto	14
Figura 10: Posizione stazioni meteo complessive utilizzate per la ricostruzione meteo nell'area	15
Figura 11: Rosa dei venti ricostruita per il sito dell'impianto per l'anno 2022	16
Figura 12: Planimetria dell'area portuale con indicazione degli ampliamenti in progetto	17
Figura 13: NOx– Distribuzione spaziale della media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	22
Figura 14: NOx– Distribuzione spaziale del 99.8-esimo % valori massimi orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	23
Figura 15: CO– Distribuzione spaziale del valore massimo della media mobile su 8 h (mg/m^3)	24
Figura 16: PM10– Distribuzione spaziale della media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	25
Figura 17: PM10– Distribuzione spaziale del 90.4-esimo % dei valori medi giornalieri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26
Figura 18: SOx– Distribuzione spaziale del 99.7-esimo % valori massimi orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27
Figura 19: SOx– Distribuzione spaziale del 99.2-esimo % dei valori medi giornalieri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	28
Figura 20: Area di inviluppo delle distribuzioni spaziali con evidenza dei recettori sensibili presenti nell'area	29

Indice delle tabelle

Tabella 1: Indicatori di riferimento per la valutazione delle emissioni adottati nello studio	3
Tabella 2: Recettori particolari/sensibili presenti nel dominio di calcolo.....	12
Tabella 3: Stazioni meteo significative per l'area di studio.....	14
Tabella 4: Fattori di emissione per imbarcazioni da diporto e yacht	18
Tabella 5: Valori massimi previsti nel dominio di calcolo - Nuovo assetto diportistico	19
Tabella 6: NOx (come NO ₂) - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico.....	20
Tabella 7: CO - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico.....	20
Tabella 8: PM10 - Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico	20
Tabella 9: SOx (come SO ₂) – Valori massimi previsti nei recettori particolari - Nuovo assetto diportistico	21

Appendice 1 - Analisi dati meteorologici

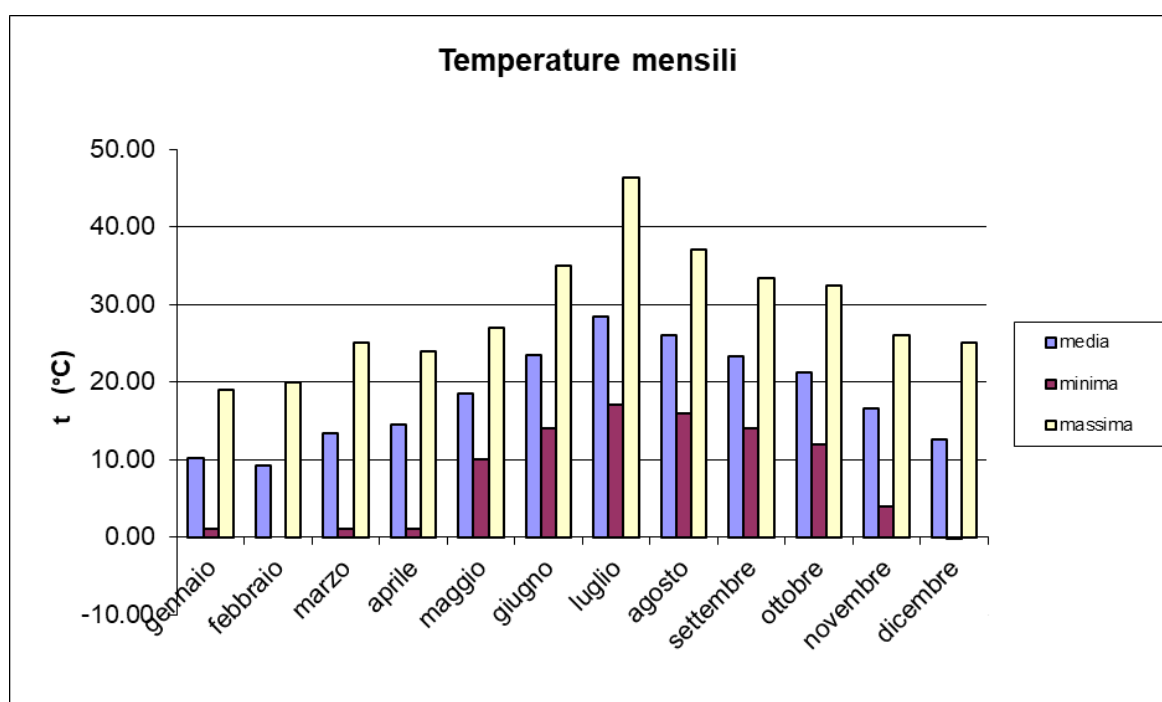
Con riferimento alle descrizioni contenute nel § 4.4 viene di seguito riportata un'analisi statistica delle principali variabili meteorologiche utilizzate nei calcoli diffusivi.

Temperatura

	Temperatura (°C)		
	Minima	Massima	Media
Anno	-0.20	46.40	18.20
Primavera	1.00	27.00	15.49
Estate	14.00	46.40	25.97
Autunno	4.00	33.40	20.43
Inverno	-0.20	25.00	10.68

Primavera: marzo, aprile, maggio
Estate: giugno, luglio, agosto
Autunno: settembre, ottobre, novembre
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	1.00	19.00	10.24
febbraio	0.00	20.00	9.19
marzo	1.00	25.00	13.42
aprile	1.00	24.00	14.56
maggio	10.00	27.00	18.49
giugno	14.00	35.00	23.54
luglio	17.00	46.40	28.38
agosto	16.00	37.00	25.99
settembre	14.00	33.40	23.37
ottobre	11.90	32.40	21.27
novembre	4.00	26.00	16.64
dicembre	-0.20	25.00	12.61

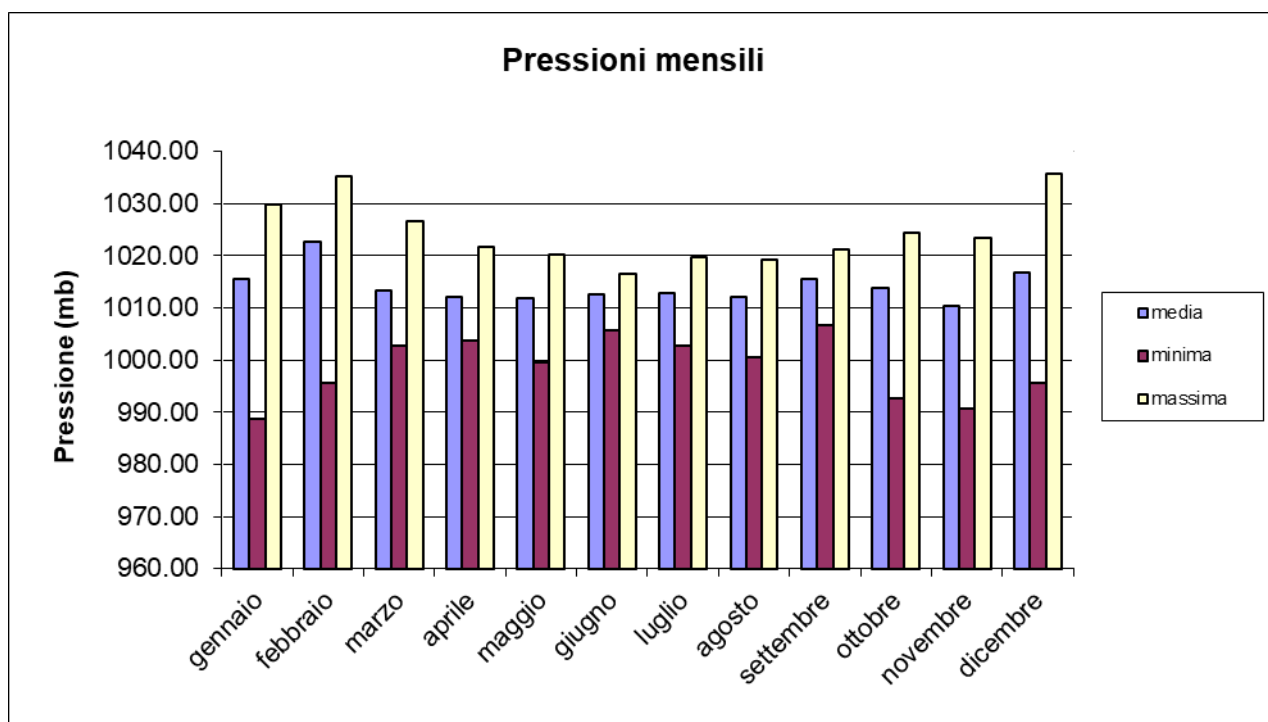


Pressione

	Pressione (mb)		
	Minima	Massima	Media
Anno	988.66	1035.61	1014.11
Primavera	999.60	1026.50	1012.48
Estate	1000.50	1019.62	1012.57
Autunno	990.80	1024.30	1013.30
Inverno	988.66	1035.61	1018.31

Primavera: marzo, aprile, maggio
Estate: giugno, luglio, agosto
Autunno: settembre, ottobre, novembre
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	988.66	1029.80	1015.49
febbraio	995.65	1035.20	1022.71
marzo	1002.64	1026.50	1013.43
aprile	1003.64	1021.70	1012.14
maggio	999.60	1020.10	1011.87
giugno	1005.64	1016.50	1012.65
luglio	1002.64	1019.62	1012.85
agosto	1000.50	1019.20	1012.20
settembre	1006.64	1021.30	1015.61
ottobre	992.65	1024.30	1013.84
novembre	990.80	1023.30	1010.44
dicembre	995.65	1035.61	1016.72

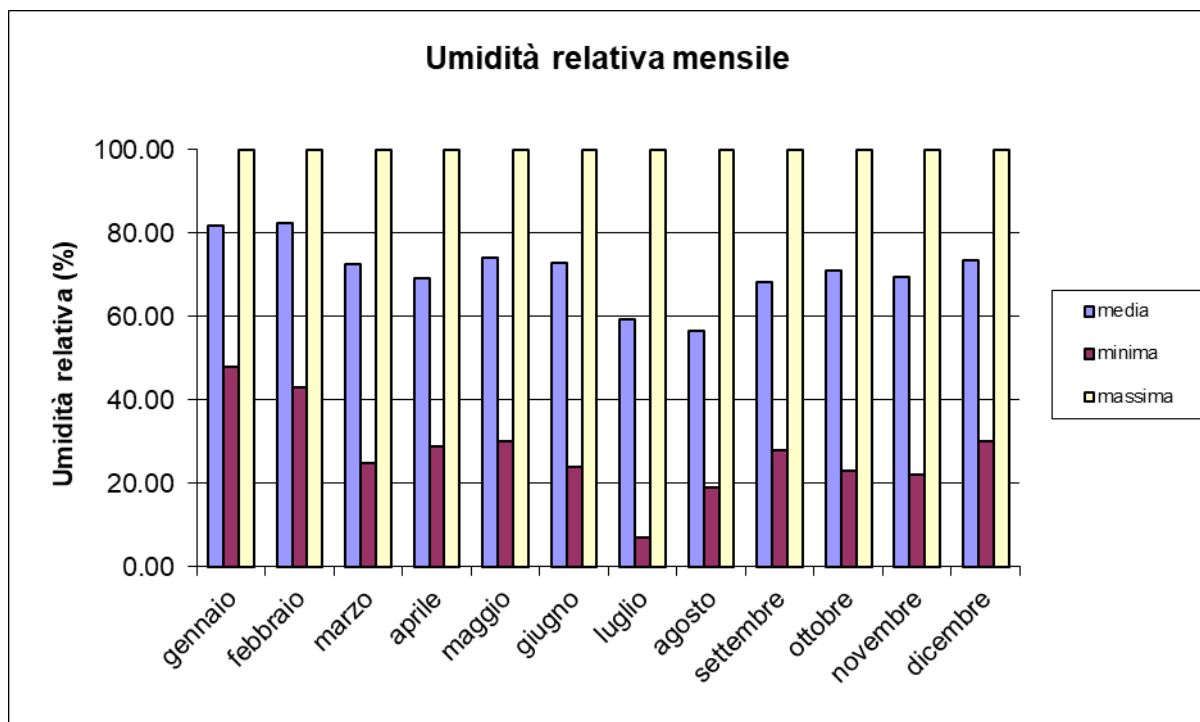


Umidità relativa

	Umidità relativa (%)		
	Minima	Massima	Media
Anno	7.00	100.00	70.83
Primavera	25.00	100.00	71.99
Estate	7.00	100.00	62.99
Autunno	22.00	100.00	69.54
Inverno	30.00	100.00	79.15

Primavera: marzo, aprile, maggio
Estate: giugno, luglio, agosto
Autunno: settembre, ottobre, novembre
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	48.00	100.00	81.65
febbraio	43.00	100.00	82.45
marzo	25.00	100.00	72.66
aprile	29.00	100.00	69.16
maggio	30.00	100.00	74.16
giugno	24.00	100.00	72.99
luglio	7.00	100.00	59.34
agosto	19.00	100.00	56.64
settembre	28.00	100.00	68.26
ottobre	23.00	100.00	70.88
novembre	22.00	100.00	69.47
dicembre	30.00	100.00	73.35

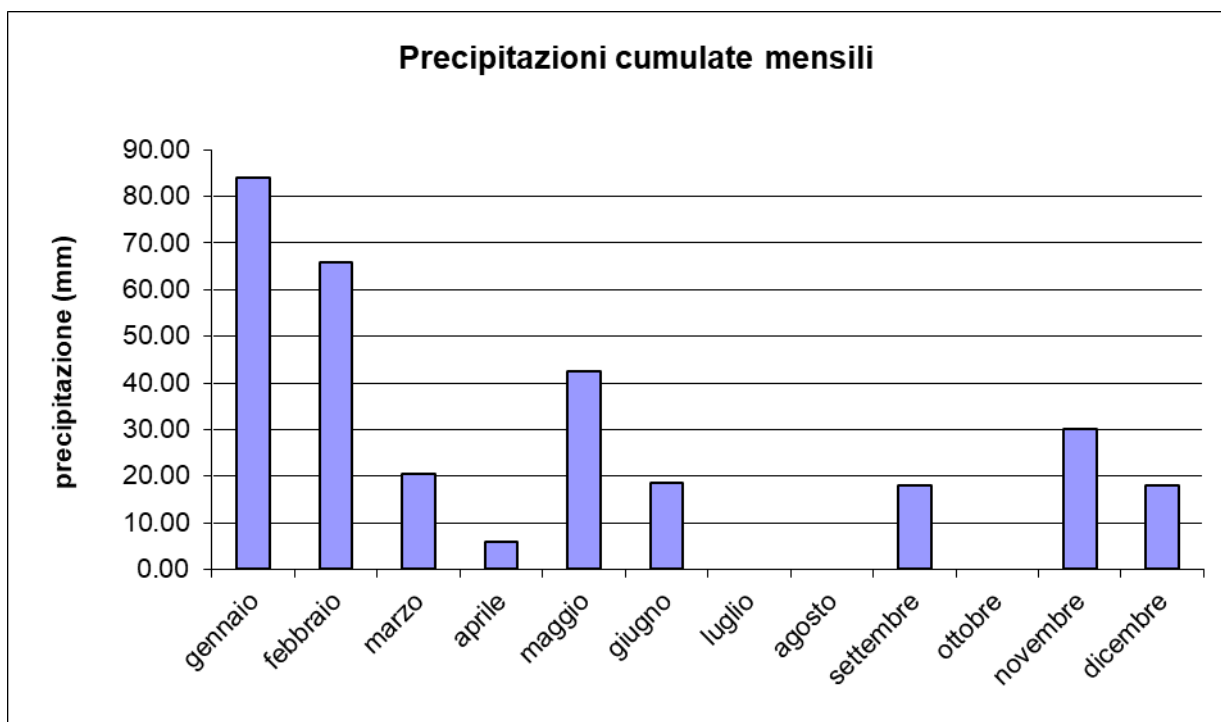


Precipitazione

	Precipitazioni (mm)		
	Minima	Massima	Cumulata
Anno	0.00	5.00	303.29
Primavera	0.00	2.00	68.86
Estate	0.00	1.87	18.48
Autunno	0.00	3.00	48.00
Inverno	0.00	5.00	167.95

Primavera: marzo, aprile, maggio
Estate: giugno, luglio, agosto
Autunno: settembre, ottobre, novembre
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	0.00	4.00	83.95
febbraio	0.00	5.00	66.00
marzo	0.00	2.00	20.44
aprile	0.00	1.00	6.00
maggio	0.00	1.85	42.42
giugno	0.00	1.87	18.48
luglio	0.00	0.00	0.00
agosto	0.00	0.00	0.00
settembre	0.00	2.00	18.00
ottobre	0.00	0.00	0.00
novembre	0.00	3.00	30.00
dicembre	0.00	2.00	18.00



Velocità e direzione

Tabella A1 - Frequenze di accadimento per settore angolare di provenienza									
Settore	Classi di velocità (m/s)							Totali	Settore
Angolare (*)	< 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 10	> 10		Angolare (*)
0	0.12	0.14	0.37	0.24	0.53	0.82	0.06	2.28	N
22.5	0.20	0.28	0.47	0.30	0.61	1.19	0.08	3.13	NNE
45	0.21	0.37	0.70	0.88	1.21	2.59	0.00	5.96	NE
67.5	0.13	0.59	0.95	1.35	2.30	2.85	0.00	8.18	ENE
90	0.62	0.65	1.13	1.18	1.31	1.27	0.00	6.15	E
112.5	0.26	0.45	0.26	0.26	0.38	0.24	0.00	1.85	ESE
135	0.59	0.47	0.28	0.04	0.01	0.04	0.00	1.44	SE
157.5	1.45	0.42	0.18	0.01	0.00	0.01	0.00	2.07	SSE
180	1.88	0.33	0.50	0.09	0.09	0.02	0.00	2.92	S
202.5	1.42	0.99	1.27	0.62	0.31	0.31	0.00	4.92	SSO
225	1.50	2.32	3.79	2.53	2.68	7.74	0.27	20.82	SO
247.5	1.34	2.11	3.18	2.47	2.05	9.19	1.33	21.68	OSO
270	1.08	1.28	1.59	0.59	0.91	4.99	3.68	14.13	O
292.5	0.27	0.17	0.66	0.21	0.24	0.70	0.08	2.34	ONO
315	0.11	0.08	0.39	0.20	0.19	0.15	0.00	1.13	NO
337.5	0.15	0.08	0.21	0.24	0.19	0.13	0.00	1.01	NNO

Tabella A2 Velocità per settore angolare (m/s)	
media	massima
4.629	12.4
4.555	11.3
4.405	9.3
4.179	7.7
3.416	7.2
2.946	7.2
1.596	6.2
1.124	5.1
1.392	6.2
2.261	9.3
4.261	15.4
5.089	15.4
6.738	18
4.143	13.4
3.093	8.2
3.142	7.7

Totali	11.34	10.74	15.94	11.21	13.02	32.23	5.51	100.00
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	--------

(*) angolo medio del settore angolare di 22.5°

Tabella A3 Frequenze annuali e stagionali (%)							
	A	B	C	D	E	F+G	Totali
Anno	0.3	5	17.71	45.72	8.42	22.85	100
Primavera	0.41	5.8	17.16	49.5	7.43	19.7	100
Estate	0.54	8.7	27.63	34.01	5.53	23.6	100
Autunno	0.23	3.39	14.1	48.03	9.62	24.63	100
Inverno	0	2.04	11.76	51.48	11.2	23.52	100

Sono evidenziati i valori massimi relativi alle singole tabelle:

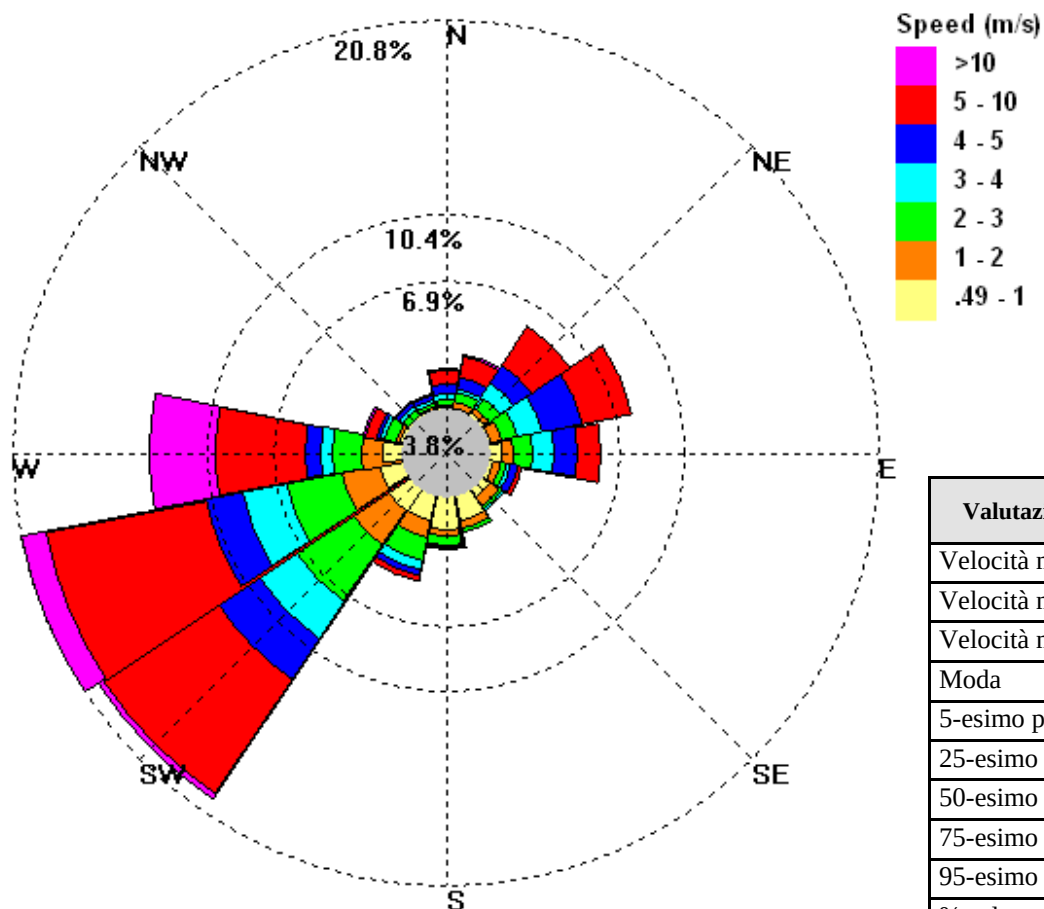
velocità prevalente per settore angolare di provenienza (tabella A1)

valori massimi di velocità per settore angolare di provenienza (tabella A2)

frequenze stagionali e annuali delle classi di stabilità atmosferica (tabella A3)

La rappresentazione grafica di queste informazioni è rappresentata dalle seguenti figure

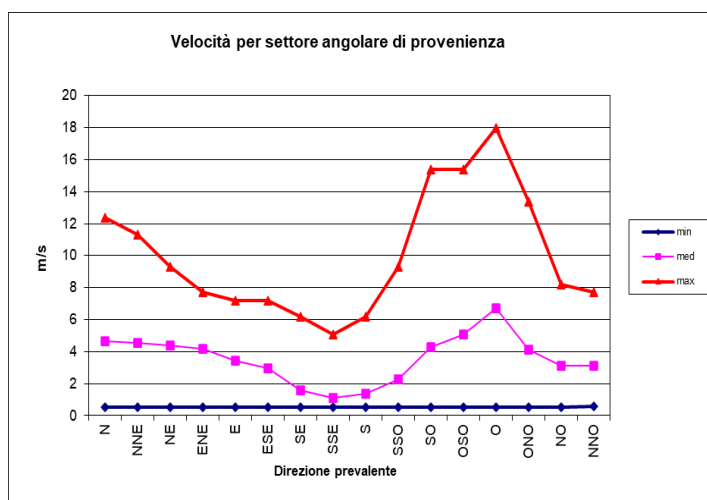
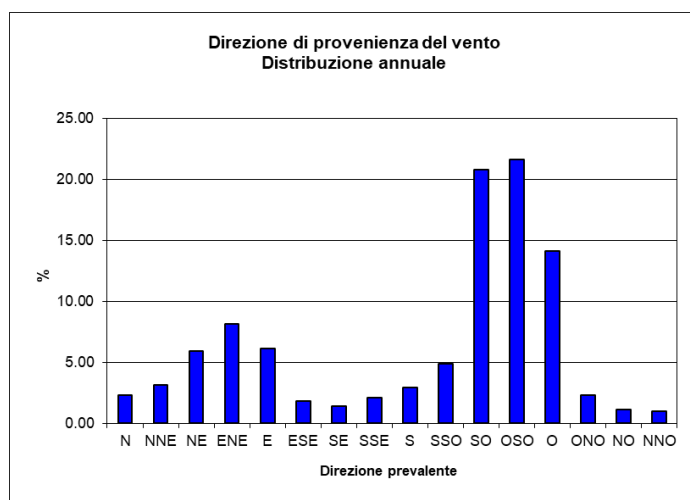
Rosa dei venti locale (sito impianto)

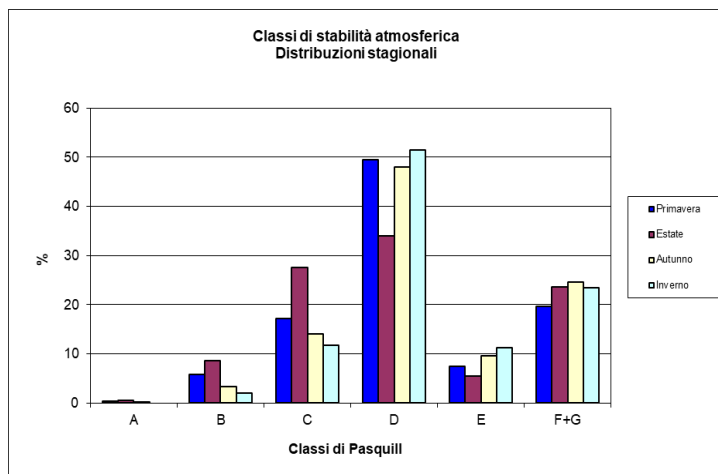
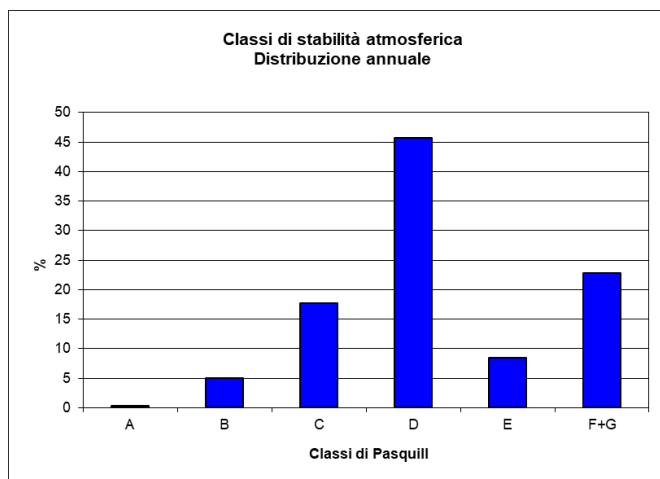


Valutazione statistica	
Velocità minima (m/s)	0.5
Velocità massima (m/s)	18.02
Velocità media (m/s)	4.25
Moda	1.5
5-esimo percentile	0.5
25-esimo percentile	1.93
50-esimo percentile	3.61
75-esimo percentile	6.2
95-esimo percentile	10.3
% calme di vento	3.85

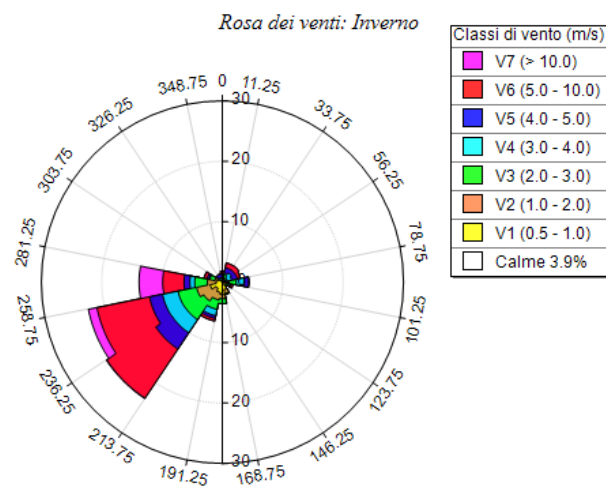
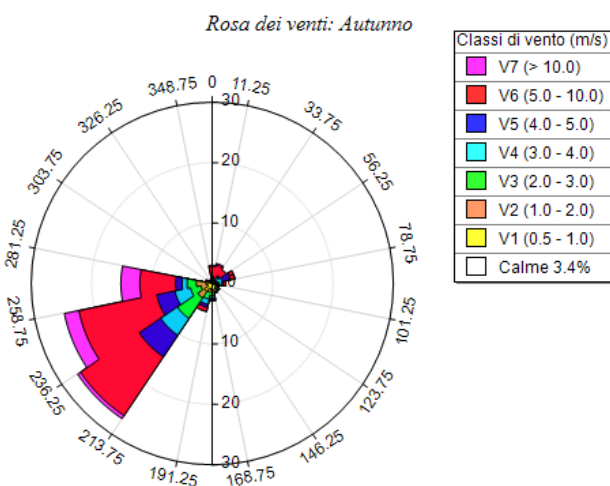
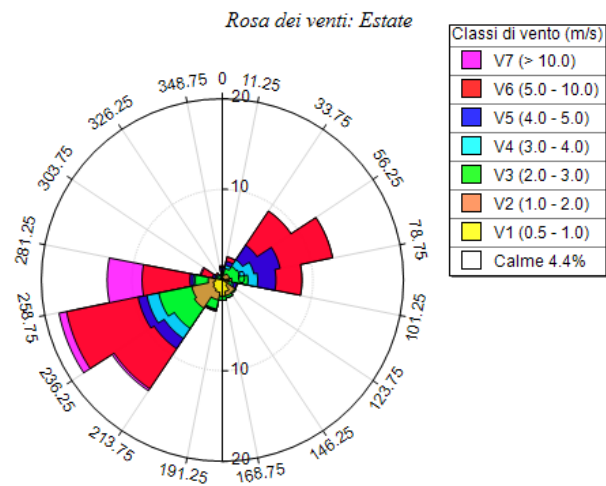
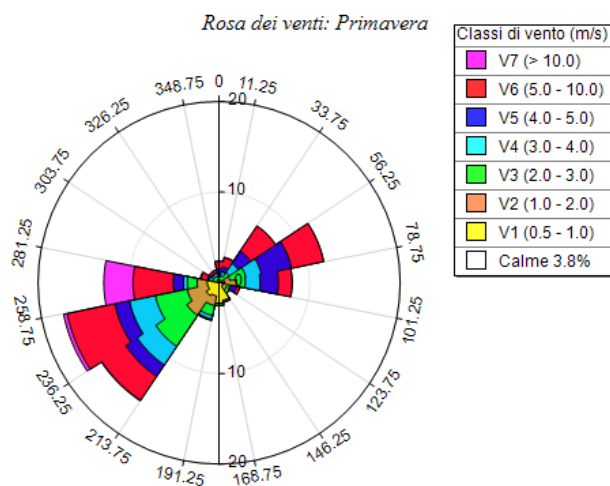
Rosa dei venti area Porto

Grafici di distribuzione del vento



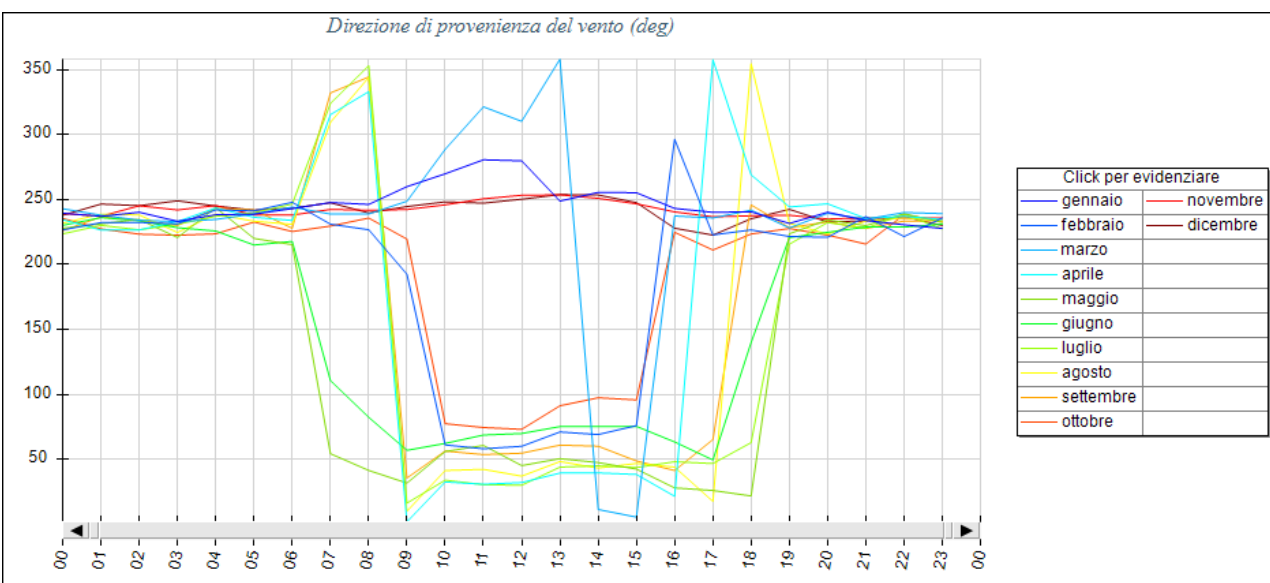
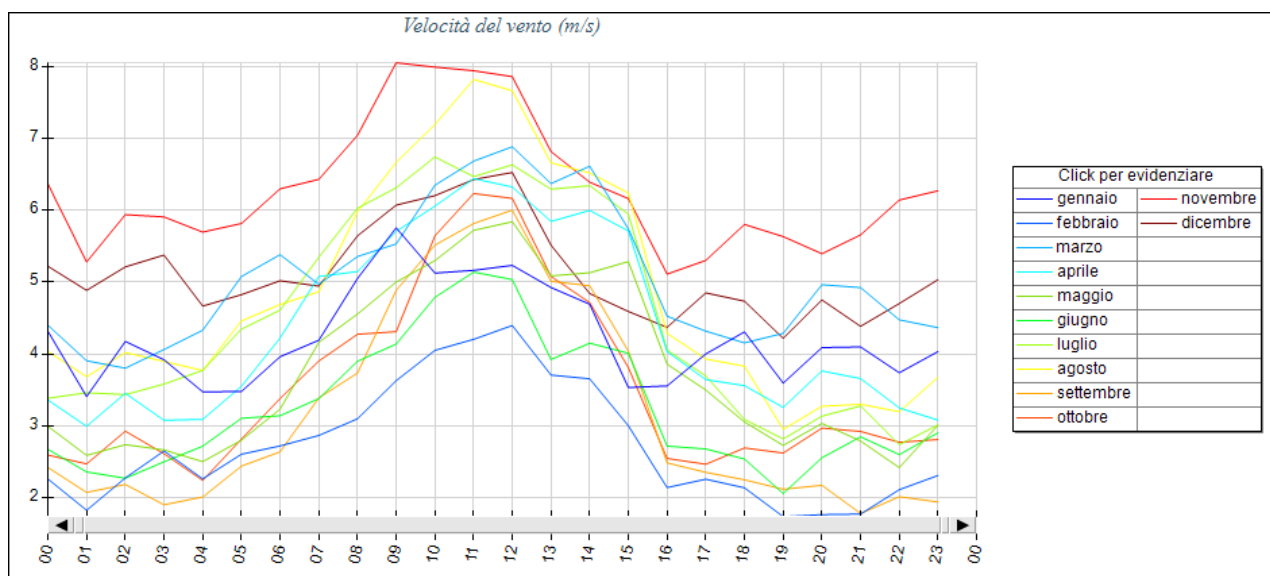
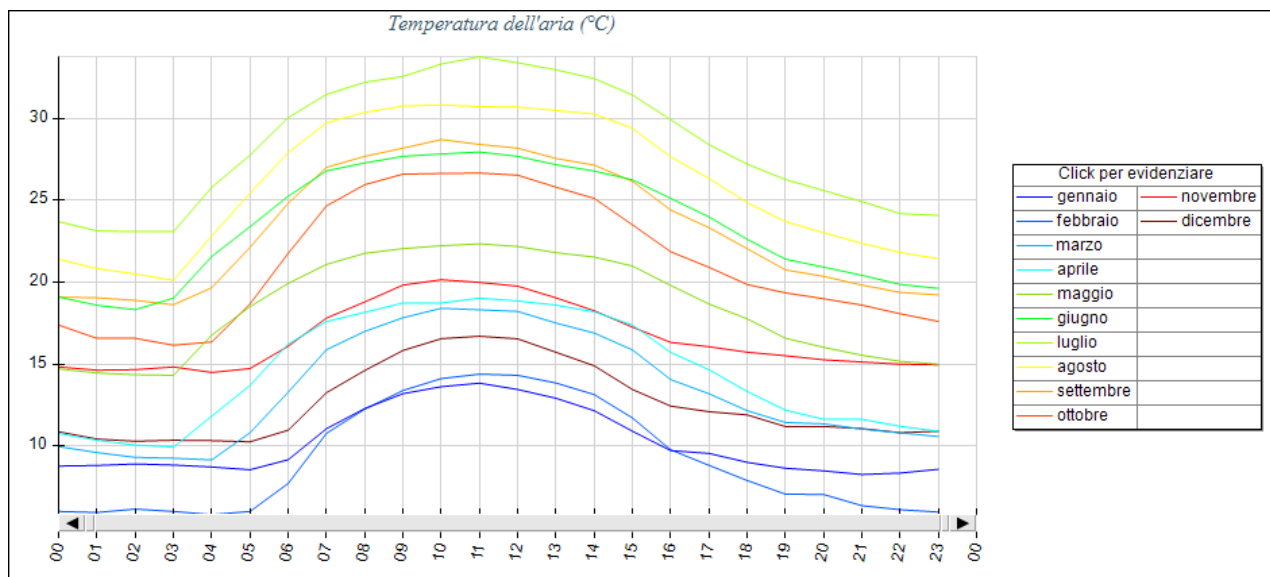


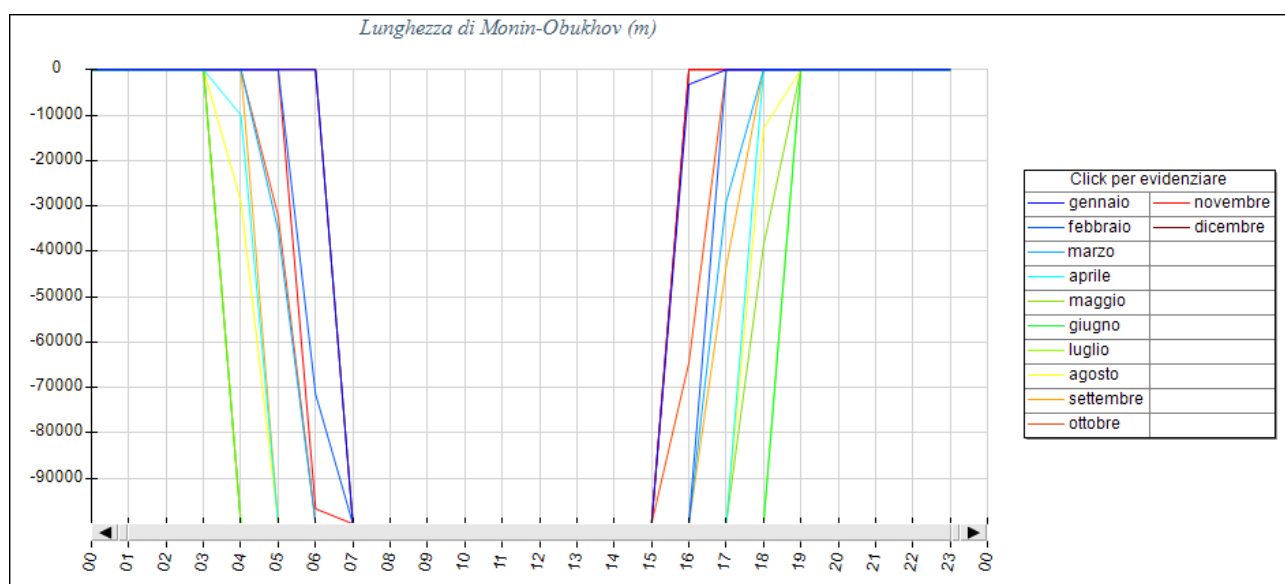
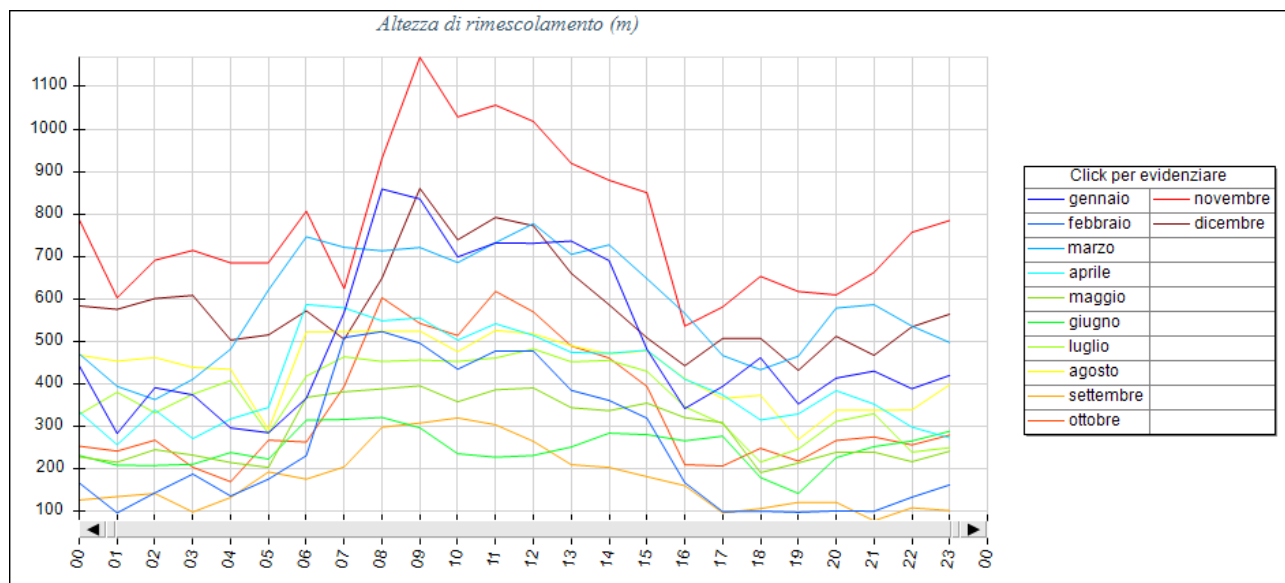
Rose dei venti stagionali



Andamenti medi tipo delle variabili meteorologiche

Vengono di seguito riportati gli andamenti medi, espressi secondo il mese e l'ora, delle variabili meteorologiche e micrometeorologiche caratteristici del sito in esame





Le principali caratteristiche climatologiche del sito riscontrabili dai dati presentati sono le seguenti:

- generale assenza di situazioni di calma di vento (circa 3.8 % di ore su base annuale con prevalenza nei mesi estivi (4.4%) e una sostanziale scomparsa nei mesi primaverili (1.7%))
- circolazione dei venti caratterizzata in generale da intensità consistenti (> 5 m/s per circa il 33% delle ore annue) con picchi di intensità di 18 m/s proveniente in genere dai settori sud-occidentali;
- direzionalità del vento sostanzialmente bimodale dai settori SW e NE in tutte le stagioni dell'anno con prevalenza predominante da SW specialmente nei mesi autunnali ed invernali e in generale nelle ore notturne come risulta evidente dal grafico dell'andamento medio giornaliero della direzione del vento;
- l'atmosfera si presenta principalmente con caratteristiche di neutralità che caratterizza in media il 70% delle ore anno (classi C e D di Pasquill) e tipicamente le ore diurne come viene evidenziato chiaramente dal grafico dell'andamento medio giornaliero della lunghezza di Monin-Obukhov. Le ore notturne sono invece sostanzialmente caratterizzate da forte stabilità atmosferica.

Complessivamente le condizioni climatologiche del sito definiscono una buona ventilazione dell'area emissiva che tende ad evitare l'accumulo locale dell'inquinante che tende ad essere trasportato verso il mare.