

Relazione tecnica



Studio modellistico per l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in atmosfera e confronto con gli standard di qualità dell'aria – Stabilimento di Taranto

Febbraio 2023

Project No.: 0649961

Document details	
Document title	Relazione tecnica
Document subtitle	Studio modellistico per l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in atmosfera e confronto con gli standard di qualità dell'aria – Stabilimento di Taranto
Project No.	0649961
Date	Febbraio 2023
Version	0.0
Author	ERM
Client Name	Acciaierie d'Italia SpA


Document history

Version	Revision	Author	Reviewed by	ERM approval to issue		Comments
				Name	Date	
Prima emissione	00	ERM	Chiara Samale Jacopo Signorini	Alessandro Battaglia	20.02.2023	

Febbraio 2023

Relazione tecnica

Studio modellistico per l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in atmosfera e confronto con gli standard di qualità dell'aria – Stabilimento di Taranto



Alessandro Battaglia
Partner in Charge

Jacopo Signorini
Project Manager

ERM Spa
Via San Gregorio,38
20124 Milano
T: +39 02674401

www.erm.com/italy

© Copyright 2023 by The ERM International Group Limited and/or its affiliates ('ERM'). All Rights Reserved. No part of this work may be reproduced or transmitted in any form or by any means, without prior written permission of ERM.

CONTENTS

Signature Page	3
CONTENTS.....	I
1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 Nota metodologica	2
1.2 Struttura dello studio	2
2. QUALITA' DELL'ARIA.....	3
2.1 Quadro normativo	3
2.2 Rete di monitoraggio inquinanti in atmosfera.....	4
2.2.1 PM ₁₀	6
2.2.2 PM _{2,5}	7
2.2.3 Benzene.....	8
2.2.4 Benzo(a)pirene	8
2.2.5 Metalli Pesanti.....	9
3. SCENARIO EMISSIVO 6MTON ACCIAIO/ANNO POST-OPERAM.....	11
4. STUDIO MODELLISTICO DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA E ANALISI DELLE RICADUTE DI INQUINANTI AL SUOLO.....	12
4.1 Sistema modellistico	12
4.2 Dominio di Calcolo.....	14
4.3 Condizioni meteorologiche.....	16
4.4 Descrizione di dettaglio dei parametri di simulazione	20
5. ANALISI DELLE RICADUTE DI INQUINANTI AL SUOLO.....	22
5.1 PM ₁₀	23
5.2 PM _{2,5}	26
5.3 Benzene.....	28
5.4 Benzo(a)pirene	30
5.5 Metalli pesanti.....	32
6. CONCLUSIONI.....	37

1. INTRODUZIONE

Nel presente studio sono riportati i risultati delle simulazioni modellistiche condotte al fine di identificare e quantificare gli effetti sulla qualità dell'aria indotti dalle emissioni degli inquinanti emessi dallo Stabilimento Siderurgico di Taranto, della società Acciaierie d'Italia S.p.A.; l'elaborato risponde a quanto con richiesto dal MASE con nota prot. 162195 del 22/12/2022.

Contestualmente sono descritti i dati di input meteorologici e territoriali oltre alle caratteristiche e alle impostazioni del modello di dispersione in atmosfera SPRAY, a sua volta parte della suite di calcolo Aria/Impact 3D, utilizzato per il calcolo delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi dallo Stabilimento di Taranto, della società Acciaierie d'Italia S.p.A..

1.1 Nota metodologica

Al fine di mantenere un approccio coerente con i precedenti studi modellistici per la ricaduta delle emissioni realizzati per l'area del polo siderurgico dalle autorità competenti, si precisa che:

- è stata utilizzata la medesima metodologia considerata da ARPA Puglia per studi precedenti di impatto delle emissioni dello stabilimento, come ad esempio la Valutazione di Danno Sanitario ai sensi della Legge Regionale anche se la normativa applicabile al sito di Taranto è quella prevista dal Decreto 24 Aprile 2013. In particolare, si condividono il dominio di calcolo e la risoluzione orizzontale, i campi meteorologici e l'anno meteorologico adottato (2007), i modelli (meteorologico e di dispersione) e le principali impostazioni considerate per il loro utilizzo.

Lo scenario emissivo simulato:

- è stato calcolato con le modalità condivise tra AdI e il Gruppo di Lavoro nell'ambito del procedimento di riesame di cui al D.D. del 27 maggio 2019, n. 188 (ID 90/10212) legato all'aggiornamento della Valutazione del Danno Sanitario (VDS);
- si riferisce allo scenario emissivo post-operam per una produzione di 6 milioni di tonnellate di acciaio all'anno con tempi di distillazione pari a 24 ore di cui alla nota MiTE prot. 86382 del 11/07/2022 sempre nell'ambito del suddetto procedimento di riesame dell'AIA.

Lo studio è stato quindi sviluppato mantenendo la massima coerenza in termini di strumenti e metodologie di calcolo già adottate in passato e concordate con le autorità tecniche competenti.

Non di meno è stato considerato lo stesso set di inquinanti previsto nello studio sopra citato e, tra questi, sono state effettuate le simulazioni per quelli per il quale è presente un valore di qualità dell'aria individuato dal D.lgs. 155/2010.

1.2 Struttura dello studio

Lo studio modellistico è strutturato come segue:

- Capitolo 1 Introduzione;
- Capitolo 2 Qualità dell'aria;
- Capitolo 3 Scenario Emissivo 6 Mton acciaio/anno post-operam (tempo di distillazione di 24 ore);
- Capitolo 4 Studio modellistico di dispersione in atmosfera;
- Capitolo 5 Analisi delle ricadute di inquinanti al suolo;
- Capitolo 6 Conclusioni.

2. QUALITA' DELL'ARIA

Per l'analisi dello stato della qualità dell'aria presente nell'area circostante lo Stabilimento di Taranto sono stati utilizzati i dati disponibili relativi al triennio 2019-2021 (ultimo anno per il quale sono rese disponibili le relazioni annuali da parte di Arpa Puglia).

In particolare, lo studio è stato realizzato sulla base dell'analisi delle concentrazioni degli inquinanti rilevati dalle centraline della rete regionale di monitoraggio di qualità dell'aria gestita da ARPA Puglia più prossime allo Stabilimento di Taranto.

Tale analisi è stata condotta considerando lo stesso set di inquinanti adottato nello studio di Valutazione del Danno Sanitario, per il quale è presente un limite di qualità dell'aria stabilito dal D.lgs. 155/2010.

2.1 Quadro normativo

D.Lgs. 155 del 13/8/2010

Per il confronto con la qualità dell'aria si è fatto riferimento a quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010 Che individua i valori di riferimento per la qualità dell'aria.

Vengono riportati nelle successive Tabelle i principali parametri di valutazione della qualità dell'aria per gli inquinanti considerati nel presente studio.

Tabella 2.1 Limiti di Legge Relativi all'Esposizione Acuta

Sostanza	Tipologia	Valore	Riferimento Legislativo
PM ₁₀	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³	D.Lgs. 155/2010

Tabella 2.2 Limiti di Legge Relativi all'Esposizione Cronica

Sostanza	Tipologia	Valore	Riferimento Legislativo
PM ₁₀	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	40 µg/m ³	D. Lgs. 155/2010
PM _{2,5}	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	25 µg/m ³	
C ₆ H ₆	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	5 µg/m ³	

Tabella 2.3 Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel, piombo e benzo(a)pirene

Sostanza	Tipologia	Valore*	Riferimento Legislativo
As	Valore obiettivo	6 ng/m ³	D.Lgs. 155/2010
Cd	Valore obiettivo	5 ng/m ³	
Ni	Valore obiettivo	20 ng/m ³	
Pb	Valore obiettivo	500 ng/m ³	
B(a)P	Valore obiettivo	1 ng/m ³	

**Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.*

2.2 Rete di monitoraggio inquinanti in atmosfera

Le centraline appartenenti alla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, gestite da ARPA Puglia, ricadenti nei comuni di Taranto e Statte comprese quelle più prossime allo Stabilimento di Taranto sono:

- Machiavelli;
- Archimede;
- Ponte Wind;
- Paolo VI (CISI);
- Via Alto Adige;
- San Vito;
- Via delle Sorgenti (località Statte);
- Talsano;
- Deledda – Tamburi.

L'ubicazione delle centraline sopra citate è riportata nella successiva Figura 2.1.

Figura 2.1 Ubicazione delle Centraline di Qualità dell'Aria



Nella successiva *Tabella 2.4* si riporta, per ogni centralina, il nome, la classificazione secondo il *D.Lgs. 155/2010* e i principali macroinquinanti monitorati nel triennio 2019-2021.

Tabella 2.4 Descrizione Centraline di Qualità dell'Aria

Centralina	Tipologia	Inquinanti monitorati
Machiavelli	Industriale	PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , B(a)P, Metalli pesanti
Archimede	Industriale	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Ponte Wind	Industriale	PM ₁₀
Paolo VI (CISI)	Industriale	PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆
Via Alto Adige	Traffico	PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , B(a)P, Metalli pesanti
San Vito	Fondo	PM ₁₀
Via delle Sorgenti	Industriale	PM ₁₀
Talsano	Fondo	PM ₁₀ , B(a)P, Metalli pesanti
Deledda - Tamburi	Urbana	B(a)P, Metalli pesanti

2.2.1 PM₁₀

Nelle successive *Tabella 2.5* e *Tabella 2.6* è presentato il confronto delle concentrazioni di PM₁₀ con i limiti imposti dal *D.Lgs. 155/2010*, per il triennio 2019-2021.

Il *D.Lgs. 155/2010* prevede un valore limite pari a 40 µg/m³ per la concentrazione media annua di PM₁₀, e un valore di 50 µg/m³ come limite per la concentrazione media giornaliera, che può essere superato al più 35 volte in un anno.

Tabella 2.5 PM₁₀ – Concentrazioni Medie Annue Rilevate alle Centraline (Valore Limite di 40 µg/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [µg/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	25	25	23
Archimede	22	22	21
Ponte Wind	16	23	20
Paolo VI - CISI	16	16	17
Via Alto Adige	22	22	21
San Vito	21	21	22
Via delle Sorgenti	17	17	18
Talsano	19	20	19

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m³- tempo di mediazione anno civile.

Tabella 2.6 PM₁₀ – Superamenti del Limite di 50 µg/m³ e 90,4° Percentile delle Concentrazioni Medie Giornaliere

Centralina	Superamenti ⁽¹⁾			90,4° Percentile [µg/m ³]		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Machiavelli	6	6	14	37	34	36
Archimede	4	5	8	32	30	32
Ponte Wind	1	5	11	27	28	33
Paolo VI – CISI	1	2	6	26	24	27
Via Alto Adige	5	7	10	32	34	32
San Vito	4	3	14	34	31	36
Via delle Sorgenti	3	4	10	27	28	32
Talsano	6	4	6	30	30	32

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010.

⁽¹⁾ Il D.Lgs. 155/2010 prevede un limite di 50 µg/m³ per le concentrazioni medie giornaliere che non deve essere superato più di 35 volte in un anno. I dati sono comprensivi delle giornate di saharian dust.

Fonte: Elaborazioni ERM dati monitoraggio qualità dell'aria e Elaborazione dati ARPA Puglia

Le concentrazioni medie annue di PM₁₀ rilevate dalle centraline nel triennio 2019-2021 sono tutte al di sotto del limite di 40 µg/m³ imposto dal D.Lgs. 155/2010.

Inoltre, le concentrazioni medie giornaliere rilevate di PM₁₀ che superano il limite di 50 µg/m³ sono decisamente inferiori rispetto alle 35 volte in un anno (limiti imposti dalla normativa) in tutte le stazioni per l'intero triennio considerato.

2.2.2 PM_{2,5}

In Tabella 2.7 è presentato il raffronto delle concentrazioni di PM_{2,5} con i limiti imposti dal D.Lgs. 155/2010, per il triennio 2019-2021.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede una concentrazione limite media annua di PM_{2,5} pari a 25 µg/m³.

Tabella 2.7 PM_{2,5} - Concentrazioni Medie Annue Rilevate alle Centraline (Valore Limite di 25 µg/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [µg/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	12	12	11
Archimede	11	11	11
Ponte Wind	-	-	-
Paolo VI - CISI	9	10	9
Via Alto Adige	11	12	11
San Vito	-	-	-
Via delle Sorgenti	-	-	-
Talsano	-	-	-

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Limite annuale per la protezione della salute umana: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - tempo di mediazione anno civile.

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

Le quattro centraline che hanno misurato le concentrazioni medie annue di $\text{PM}_{2,5}$ hanno rilevato valori inferiori al limite di legge per l'intero triennio considerato.

2.2.3 Benzene

In Tabella 2.8 è presentato il confronto delle concentrazioni di C_6H_6 con i limiti definiti dal D.Lgs. 155/2010, per il triennio 2019-2021.

Tabella 2.8 C_6H_6 – Concentrazioni Medie Annue Rilevate alle Centraline (Valore Limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Centralina	Concentrazione Media Anno [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	0,8	1,7	1,7
Archimede	-	-	-
Ponte Wind	-	-	-
Paolo VI (CISI)	0,4	0,6	0,4
Via Alto Adige	0,6	0,9	1,0
San Vito	-	-	-
Via delle Sorgenti	-	-	-
Talsano	-	-	-
Deledda - Tamburi	-	-	-

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010.

Limite annuale per la protezione della salute umana: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - tempo di mediazione anno civile.

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

Tutti i valori delle concentrazioni medie annue di C_6H_6 rilevati dalle centraline sono ampiamente al di sotto del limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal D.Lgs. 155/2010.

2.2.4 Benzo(a)pirene

Il Benzo(a)pirene (di seguito B(a)P) è determinato sui filtri di PM_{10} campionati giornalmente ai sensi del D.Lgs. n.155/2010 nelle stazioni site a Taranto nelle centraline di *Machiavelli*, *Alto Adige*, *Talsano* e *Deledda-Tamburi*.

Per il B(a)P il D. Lgs. n.155/10 fissa un valore obiettivo annuo di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. I filtri di PM_{10} , campionati mediante utilizzo di analizzatori mono o bicanale, sono stati prelevati da parte dei Servizi Territoriali del DAP Taranto.

Secondo quanto riportato nella Relazione di ARPA Puglia "Il monitoraggio della qualità dell'aria di Taranto" i risultati ottenuti nei siti *Talsano* e *Alto Adige* possono essere considerati come "misurazioni

indicative”, così come prevede l'Allegato IV del D.Lgs. n.155/2010 poiché la copertura temporale è pari o maggiore al 14%, ma inferiore al 33%.

La **Tabella 2.9** riporta i valori delle medie annuali registrati per il triennio di riferimento 2019-2021.

Tabella 2.9 Concentrazione di B(a)P nel PM₁₀ (Valore obiettivo di 1 ng/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [ng/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	0,1	0,2	0,3
Via Alto Adige	0,1	0,2	0,2
Talsano	0,2	0,2	0,3
Deledda - Tamburi	0,1	0,3	0,4

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Valore obiettivo: 1 ng/m³

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

2.2.5 Metalli Pesanti

Secondo la relazione di ARPA Puglia “Il monitoraggio della qualità dell'aria di Taranto” i metalli pesanti, analizzati nel PM₁₀ ai sensi del D.Lgs. n.155/2010, sono determinati sui filtri di PM₁₀ campionati nelle stazioni site in Via *Machiavelli*, via *Alto Adige*, presso la Scuola *Deledda* al q.re Tamburi e a Taranto-*Talsano*. Non sono stati individuati livelli critici di metalli pesanti normati sin dall'inizio delle attività di speciazione del PM₁₀.

I risultati delle analisi ottenuti nei siti *Talsano* e *Alto Adige* possono essere considerati come “misurazioni indicative”, così come prevede l'Allegato IV del D.Lgs. n.155/2010 poiché la copertura temporale è inferiore al 50%, ma superiore al 14%.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le medie annue dei valori giornalieri di concentrazione misurati sui singoli filtri nel triennio di riferimento dal 2019 al 2021.

I valori medi annuali riscontrati nei cinque siti sono risultati sempre inferiori ai valori obiettivo per As, Ni e Cd e valore limite per il Pb, come previsto dal D.Lgs 155/2010.

Tabella 2.10 Concentrazione di Arsenico nel PM₁₀ (Valore obiettivo di 6 ng/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [ng/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	0,2	0,5	0,3
Via Alto Adige	0,2	0,2	0,2
Talsano	0,2	0,2	0,5
Deledda - Tamburi	0,6	0,4	0,4

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Valore obiettivo: 6 ng/m³

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

Tabella 2.11 Concentrazione di Cadmio nel PM10 (Valore obiettivo di 5 ng/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [ng/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	0,1	0,1	0,1
Via Alto Adige	0,1	0,1	0,5
Talsano	0,1	0,1	0,4
Deledda - Tamburi	0,4	0,1	0,1
Note: Rif: D.Lgs. 155/2010			
Valore obiettivo: 5 ng/m ³			

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

Tabella 2.12 Concentrazione di Nichel nel PM10 (Valore obiettivo di 20 ng/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [ng/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	1,3	0,9	2,1
Via Alto Adige	0,9	0,5	0,7
Talsano	0,8	0,6	0,8
Deledda - Tamburi	1,6	0,6	1,5
Note: Rif: D.Lgs. 155/2010			
Valore obiettivo: 20 ng/m ³			

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

Tabella 2.13 Concentrazione di Piombo nel PM10 (Valore obiettivo di 500 ng/m³)

Centralina	Concentrazione Media Anno [ng/m ³]		
	2019	2020	2021
Machiavelli	3,7	6,4	4,0
Via Alto Adige	2,0	4,9	2,7
Talsano	1,7	3,0	2,2
Deledda - Tamburi	3,9	5,9	5,5
Note: Rif: D.Lgs. 155/2010			
Valore obiettivo: 500 ng/m ³			

Fonte: Elaborazione dati ARPA Puglia

I valori mensili di concentrazione nei siti monitorati sono risultati inferiori ai valori obiettivo o limite previsti per tali inquinanti.

3. SCENARIO EMISSIVO 6MTON ACCIAIO/ANNO POST-OPERAM

Lo studio ha considerato e valutato lo scenario emissivo *post-operam* di cui alla nota MiTE prot. 86382 del 11/07/2022.

Lo scenario rappresenta il quadro emissivo dello stabilimento connesso ad una produzione di 6 Mton acciaio/anno considerando conclusi gli interventi di adeguamento ambientale volti alla riduzione delle emissioni convogliate e diffuse in atmosfera previsti dal DPCM 29/09/2017 e con tempo di distillazione pari a 24 ore.

Di seguito si riporta una sintesi del quadro emissivo considerato:

Tabella 3.1 Quadro emissivo connesso a una produzione di 6Mton acciaio/anno nello scenario post-operam

Inquinante	U.D.M.	EMISSIONI CONVOGLIATE	EMISSIONI DIFFUSE	TOTALE EMISSIONI
		Flusso di massa totale (UCL95)	Flusso di massa totale (UCL95)	Flusso di massa totale (UCL95)
B(a)P	kg/anno	2,96	6,51	9,470
As	kg/anno	186,19	113,884	300,074
Ni	kg/anno	234,47	146,904	381,374
Cd	kg/anno	27,08	13,980	41,060
Pb	kg/anno	262,06	210,906	472,970
Benzene	kg/anno	10040	1332	11372
PM10	tonn/anno	83,44	59,016	142,456
PM2,5	tonn/anno	43,39	28,678	72,068

Fonte: Allegato 2 Nota ISPRA prot. n 0039011/2022 del 11/07/2022

4. STUDIO MODELLISTICO DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA E ANALISI DELLE RICADUTE DI INQUINANTI AL SUOLO

Lo scenario emissivo riportato al Capitolo 3 è stato simulato nello studio modellistico che ha permesso di calcolare le concentrazioni di inquinanti al suolo nell'intorno dello stabilimento.

Per la realizzazione delle simulazioni di dispersione è stato utilizzato il modello di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY, particolarmente adatto alla descrizione della dispersione atmosferica in condizioni di terreno complesso o in presenza di forti discontinuità territoriali (interfaccia terra-mare) come quelle presenti nel sito in esame. Il medesimo modello è attualmente in dotazione presso ARPA Puglia, che lo utilizza per i propri scopi istituzionali, tra cui le elaborazioni funzionali all'aggiornamento della VDS effettuate nel 2020 e 2021.

Di seguito si descrivono brevemente il sistema modellistico utilizzato, l'area di studio e l'input meteorologico, ed infine i risultati ottenuti.

4.1 Sistema modellistico

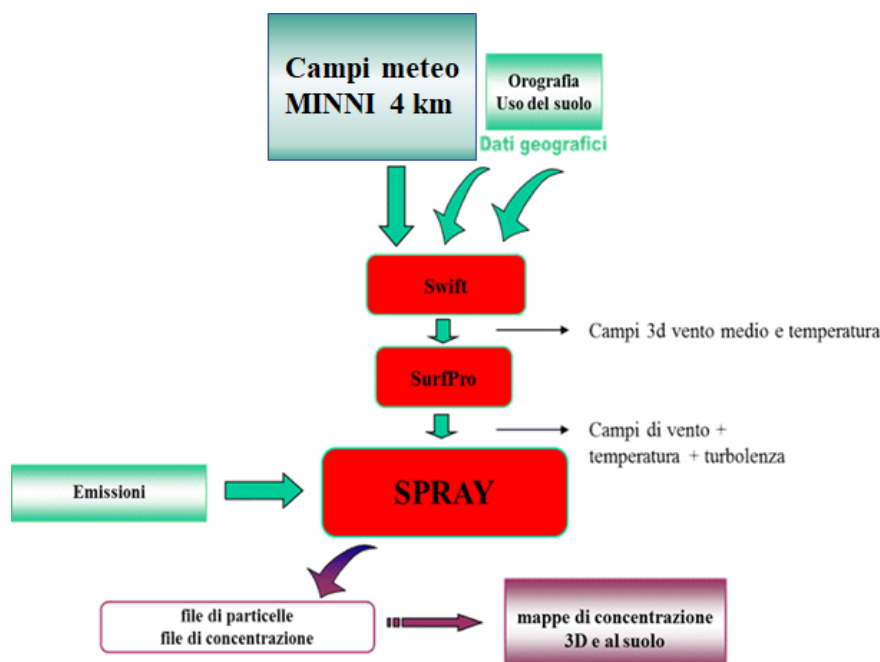
La complessità meteorologica del sito in esame, che determina l'innescarsi di condizioni meteo diffusive non omogenee a causa della presenza della discontinuità terra-mare, rende necessario l'utilizzo di una modellistica tridimensionale di tipo avanzato in grado cioè di riprodurre realisticamente le variazioni spaziali e temporali sia del campo di moto che dei diversi regimi di turbolenza atmosferica potenzialmente presenti.

Il sistema modellistico tridimensionale di simulazione scelto è principalmente costituito da un modello di tipo lagrangiano a particelle, che si presta a fornire una ricostruzione accurata della distribuzione spaziale locale degli inquinanti primari emessi dallo stabilimento. Lo scenario meteorologico viene ricostruito a partire dal dataset del progetto MINNI, prodotto dal modello prognostico a mesoscala RAMS per l'anno 2007, considerato come periodo di riferimento.

Il modello di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY è particolarmente adatto infatti alla descrizione della dispersione atmosferica in condizioni di terreno complesso o in presenza di forti discontinuità territoriali (interfaccia terra-mare) come quelle presenti nel sito in esame. Il medesimo modello è attualmente in dotazione presso ARPA Puglia, che lo utilizza per i propri scopi istituzionali, tra cui le elaborazioni funzionali all'aggiornamento della VDS effettuate nel 2020 e 2021.

Il sistema modellistico utilizzato per la realizzazione delle simulazioni contiene la cascata di modelli della suite Aria/Impact 3D, evoluzione del sistema Aria/Industry, che connette in cascata, a partire dai dati meteorologici del dataset MINNI, il programma Swift per la ricostruzione diagnostica dei campi di vento su terreno complesso, il codice SurfPro 3 per la ricostruzione dei campi di turbolenza e il modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY 3.1. La seguente figura illustra la connessione tra i diversi moduli della suite modellistica e i principali dati di input/output.

Figura 1.1.1 Diagramma a blocchi del sistema modellistico Aria/Impact 3D utilizzato



Il modello Swift, sviluppato da EDF e ARIA Technologies S.A. (Aria Technologies, 2010, Finardi et al. 1998) è un codice “mass-consistent” di tipo diagnostico in grado di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura.

Per la ricostruzione del campo di vento, il modello opera essenzialmente in due fasi:

- nella prima effettua l'interpolazione sul dominio di calcolo tridimensionale dei dati di vento forniti in input;
- nella seconda, detta di analisi oggettiva, applica il principio fluidodinamico di conservazione della massa ad ogni cella del dominio e produce un campo di vento definito aggiustato.

La ricostruzione dei campi di temperatura avviene attraverso una procedura di interpolazione basata su metodi Cressman. Scopo del modello Swift è di adattare alle caratteristiche orografiche locali alla risoluzione target i dati meteorologici in input, in questo caso provenienti dalle simulazioni prognostiche del sistema MINNI.

Il codice SurfPro 3, sviluppato da ARIANET S.r.l. (Silibello, 2006, ARIANET, 2015), è un preprocessore micrometeorologico in grado di ricostruire le variabili che descrivono la turbolenza atmosferica su terreno complesso, necessarie in input a modelli di dispersione.

Il codice riceve in input i campi tridimensionali di vento e temperatura generati dal codice Swift, eventuali variabili meteorologiche disponibili sul territorio in esame (quali ad esempio la nuvolosità ora per ora disponibile dai campi provenienti da un modello prognostico) e la matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento. Ciò consente di considerare la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare.

Il modello, attraverso diversi schemi di parametrizzazione della turbolenza consolidati in letteratura, ricostruisce campi bidimensionali delle seguenti variabili:

- altezza di rugosità z_0 ;
- altezza dello strato limite notturno o dello strato limite convettivo diurno H_{mix} ;

- velocità di frizione u^* ;
- altezza di Monin-Obukhov L ;
- velocità convettiva di scala w^*
- eventuali velocità di deposizione secca per specie chimiche gassose e particolato.

SurfPro stima la velocità di deposizione secca mediante un modello resistivo che considera l'inverso della somma delle diverse resistenze determinate dalla superficie. Il programma tiene inoltre conto sia dell'inclinazione dei pendii rispetto a quella dei raggi solari che degli effetti d'ombra presenti a causa dell'eventuale mascheramento provocato dall'orografia.

SPRAY 3.1 sviluppato da ARIANET S.r.l. e ARIA Technologies S.A. (Tinarelli et al., 1994, 1999, 2019) è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). È in grado di ricostruire campi di concentrazione determinati da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche.

L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

Le equazioni di moto delle particelle, funzioni della posizione e della velocità di ogni particella, dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato. SPRAY 3.1 implementa gli schemi indicati da Thomson (1984, 1987).

Il modello tiene inoltre conto dell'eventuale risalita di pennacchi caldi emessi da ciminiere di impianti industriali, secondo lo schema sviluppato da Anfossi (1993).

Il modello è inoltre in grado di simulare i fenomeni di deposizione secca ed umida. La deposizione secca viene simulata mediante un metodo di rimozione probabilistico orientato alla particella, derivato dalla soluzione dell'equazione di Fokker-Planck (Boughton et al., 1987) che impone una condizione al contorno al suolo tale da garantire, in ogni intervallo di tempo Δt , che il flusso di deposizione sia proporzionale alla concentrazione al suolo, secondo un coefficiente rappresentato dalla velocità di deposizione. La massa rimossa dalla particella viene accumulata nella cella sottostante consentendo il calcolo dei flussi di deposizione per ogni specie considerata. La deposizione umida viene calcolata in presenza di precipitazione ipotizzando che, in ogni intervallo di tempo Δt , vi sia un decadimento o rimozione della massa di una specie associata alla particella secondo una legge esponenziale dipendente da un coefficiente di washout specifico per ogni specie chimica o diametro del particolato e dal rateo temporale di precipitazione.

4.2 Dominio di Calcolo

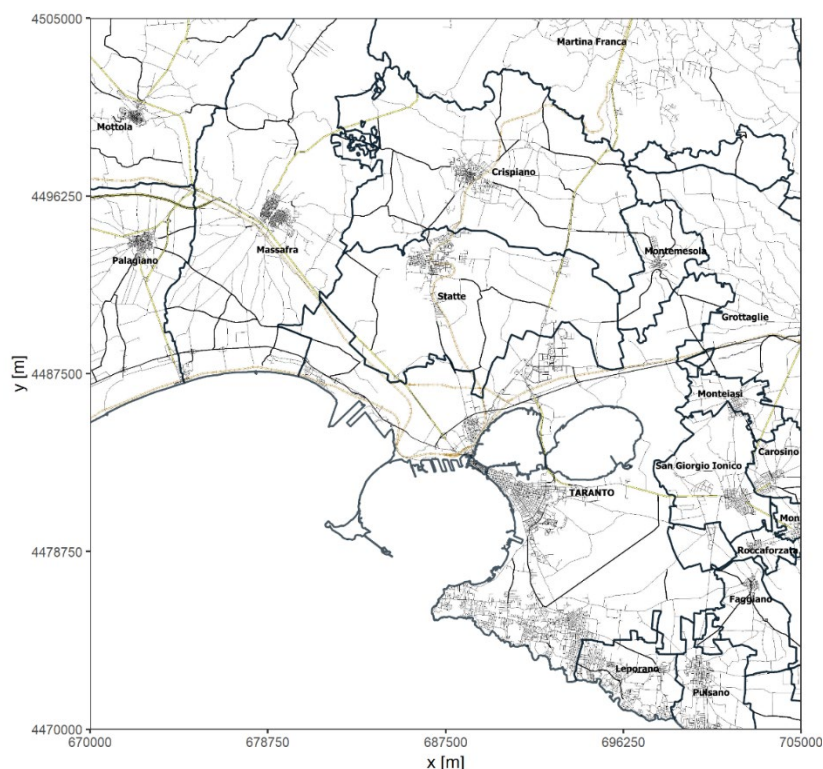
Il dominio di calcolo, rappresentato nella figura seguente, copre un'area di 35x35 km² ed ha le seguenti caratteristiche:

- 71 punti nella direzione x;
- 71 punti nella direzione y;
- 500 m di risoluzione orizzontale;
- Coordinate UTM fuso 33 WGS84 del punto SW di griglia pari a 670.0 km E, 4470.0 km N.

Su questo grigliato orizzontale vengono generati i campi meteorologici. L'estensione verticale del dominio di simulazione per la ricostruzione meteorologica è pari a 5000 m, con i 15 seguenti livelli di calcolo espressi in metri sopra l'orografia:

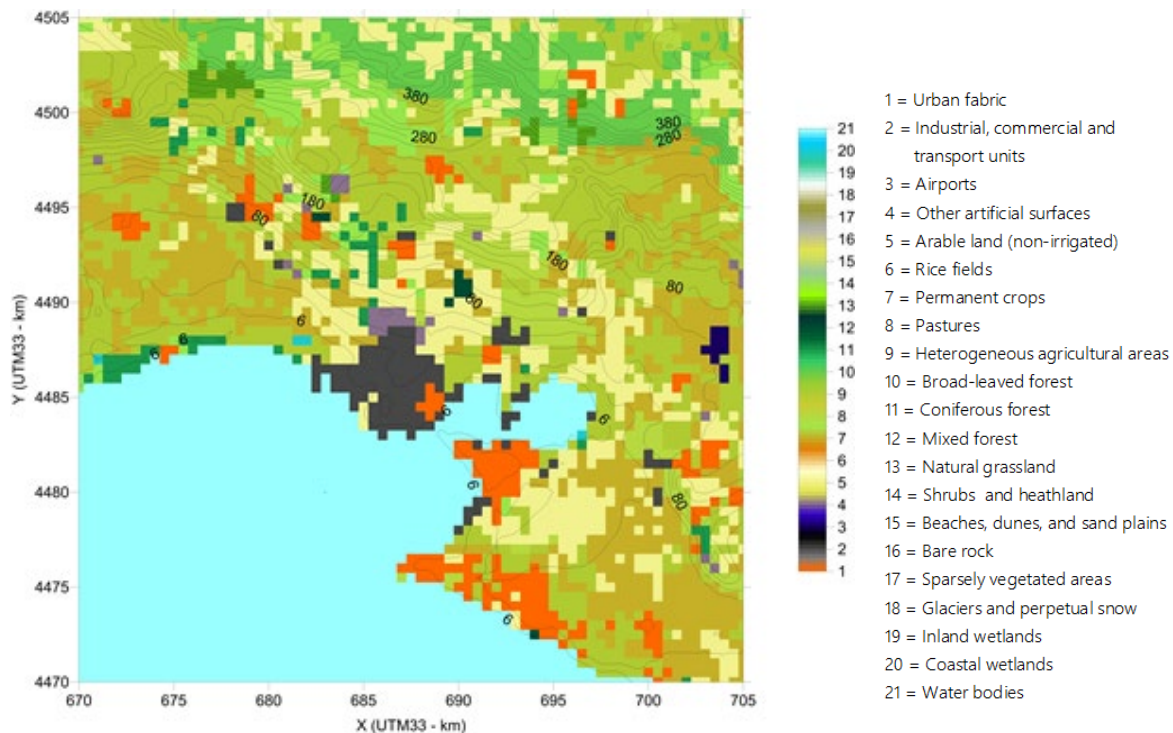
0, 20, 50, 94, 156, 243, 364, 530, 755, 1061, 1461, 2020, 2751, 3720, 5000

Figura 3.2 Dominio di calcolo orizzontale utilizzato per le simulazioni di meteorologia e dispersione



Su questo dominio e grigliato tridimensionale vengono generati, attraverso i codici meteorologici Swift e SurfPro 3, i campi di vento medio, temperatura e turbolenza pronti per l'utilizzo con il codice di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY 3.1, utilizzando le informazioni di uso del suolo derivate dal dataset CORINE a 44 classi (EEA Data Service, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2012>), mediante una riclassificazione a 21 classi illustrata nella seguente figura.

Figura 3.3 Mappa di uso del suolo relativa al dominio di calcolo

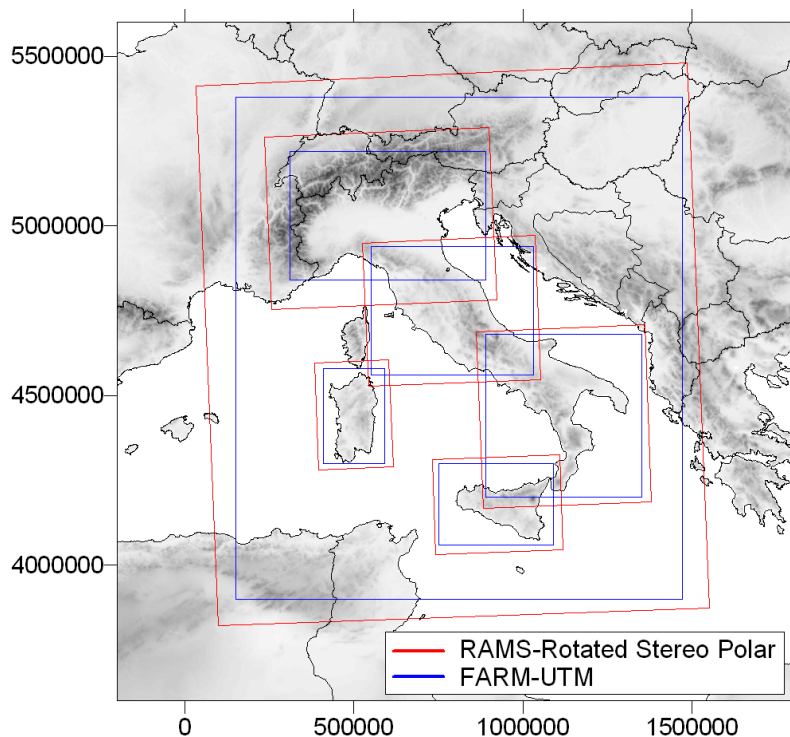


4.3 Condizioni meteorologiche

Il dataset meteorologico di Input è basato sui campi prodotti attraverso procedure modellistiche all'interno del progetto MINNI per l'anno 2007. Il progetto MINNI (Modello Integrato Nazionale per la Negoziazione Internazionale, Zanini, 2009) contiene i risultati di un sistema modellistico in grado di ricostruire a diverse scale il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimiche di inquinanti sull'intero territorio italiano. La meteorologia per l'anno 2007 è stata prodotta attraverso l'applicazione del modello meteorologico prognostico RAMS (Regional Atmospheric Modeling System, versione 6.0, <http://atmet.com>, Walko and Tremback, 1995), in modalità previsione mediante un sistema di griglie innestate a diverse risoluzioni. RAMS è un codice numerico a mesoscala e a scala regionale sviluppato presso la Colorado State University e dalla divisione ASTER della Mission Research Corporation per la simulazione e la previsione dei fenomeni meteorologici (Pielke et al., 1992). L'approccio prognostico, che si basa sulla soluzione delle equazioni di termodinamica che governano l'atmosfera e che tramite opportune tecniche di nudging viene in parte guidato dalle osservazioni al suolo disponibili.

I campi meteorologici tridimensionali MINNI 2007 utilizzati nel presente lavoro sono forniti ad una risoluzione orizzontale di 4 km ed ottenuti mediante simulazioni innestate con un modello meteorologico prognostico ad area limitata, su diversi domini (si veda seguente figura, nella quale i domini meteorologici utilizzati sono rappresentati dai rettangoli blu) tra i quali il dominio denominato "Sud Italia". La figura riporta sia i domini meteorologici (in rosso) che quelli per la ricostruzione della qualità dell'aria (in blu) utilizzati nel progetto.

Figura 4.4 Domini di calcolo innestati per le simulazioni MINNI 2007

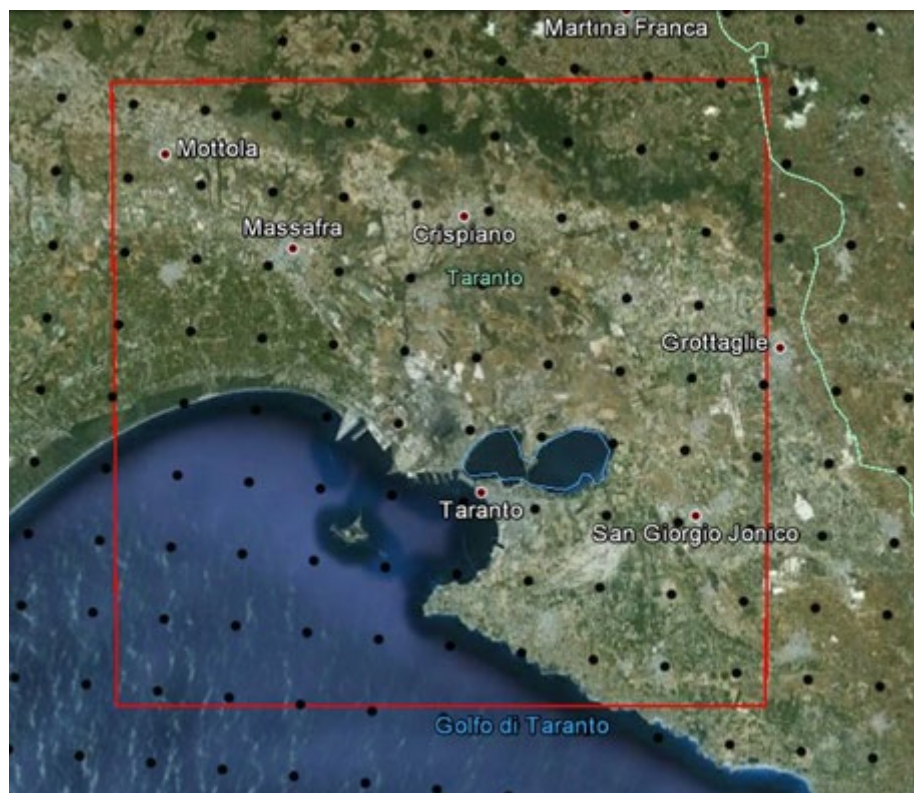


Il dominio MINNI “Sud Italia” copre interamente la zona di simulazione, come indicato nelle due seguenti figure che rappresentano sia globalmente che nel dettaglio la copertura dei punti MINNI 2007 “Sud Italia” sul dominio di calcolo.

Figura 4.5 Dettaglio dell'estensione del dominio “Sud Italia” Minni 2007 e del posizionamento del dominio di calcolo per le simulazioni di Taranto (quadrato rosso)

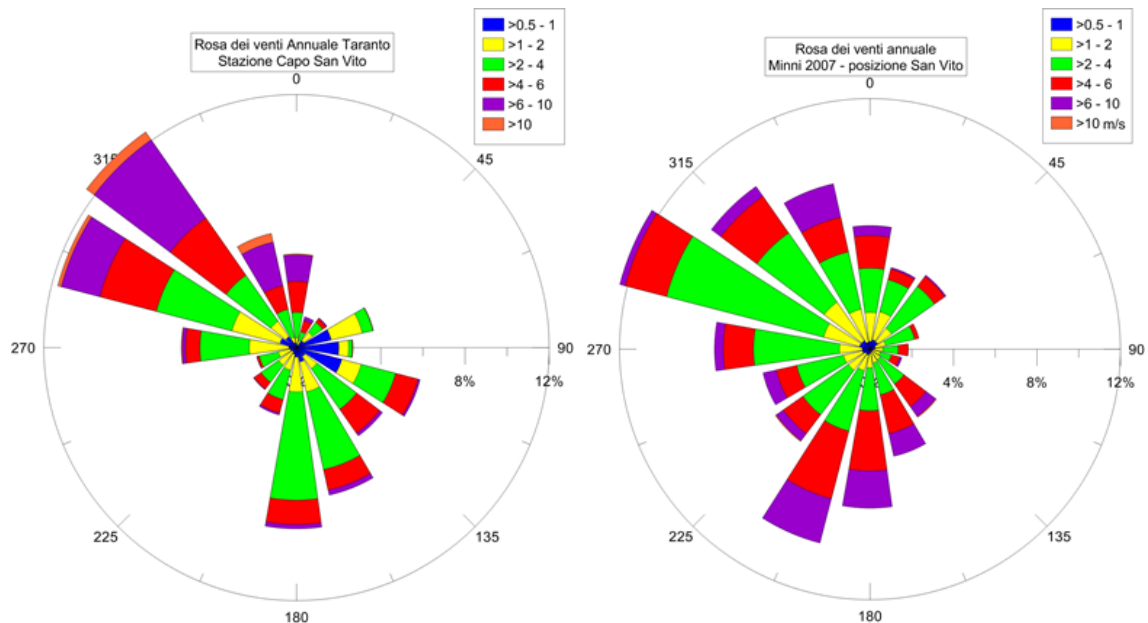


Figura 4.6 Dettaglio del dominio di calcolo e della copertura dei dati MINNI 2007 (punti in nero) “Sud Italia”



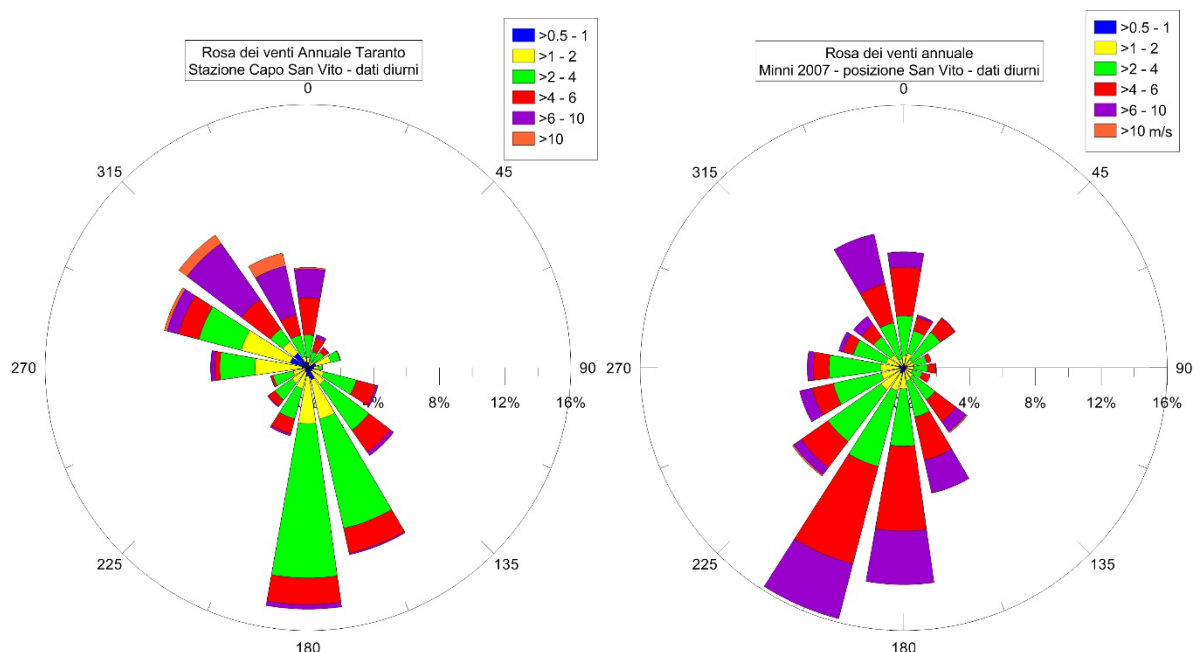
È stato effettuato un confronto dei dati MINNI con i dati dell'anemometro di San Vito, reso disponibile da ARPA Puglia per l'intero anno 2007 in corrispondenza della posizione dell'anemometro alla stessa quota sull'orografia. Le rose dei venti annuali relative all'intero periodo annuale, rispettivamente per il dato sperimentale e le simulazioni MINNI sono visibili nella figura seguente. È evidente la corrispondenza statistica tra le misure e le simulazioni MINNI 2007, i dati modellati conservano infatti le principali caratteristiche del flusso nella zona con direzioni principali da Sud (brezza diurna) durante il giorno e da Nord-Ovest nelle ore notturne, garantendo la ricostruzione di uno scenario realistico su lungo periodo.

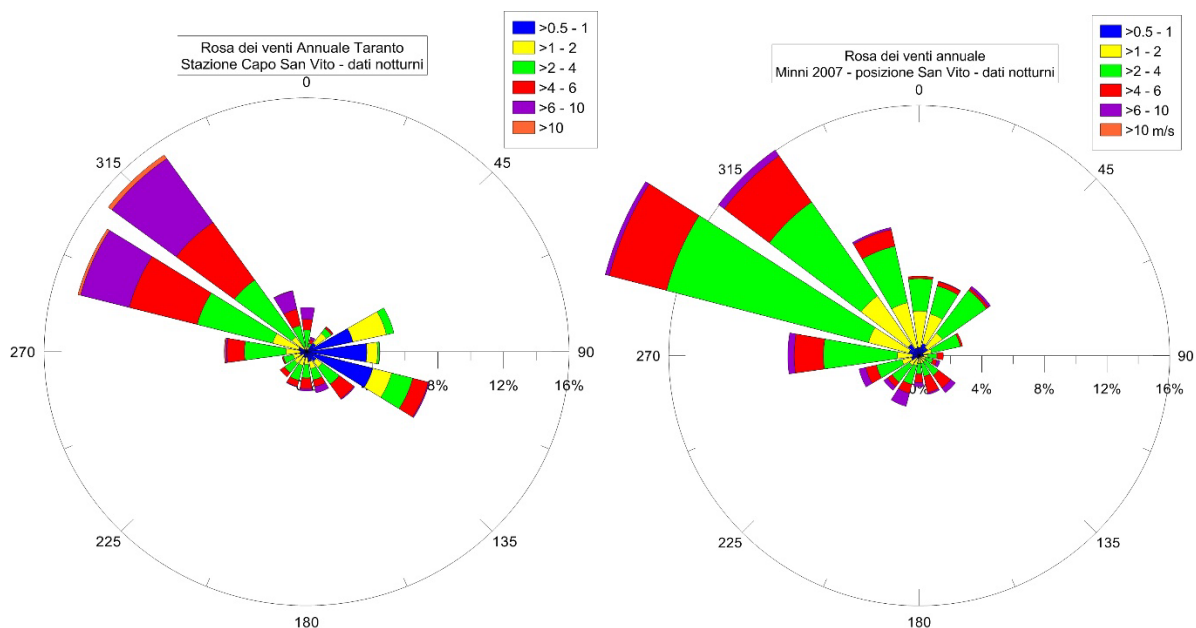
Figura 4.7 Rosa dei venti annuale 2007 – dati anemometro di San Vito (sinistra) e MINNI (destra)



Ciò è ulteriormente confermato, nella seguente figura, dal confronto tra le rose dei venti misurate e modellate suddivise nei periodi diurno e notturno.

Figura 4.8 Rosa dei venti annuale 2007 – dati diurni anemometro di San Vito (in alto, sinistra) e MINNI (in alto, destra) dati notturni anemometro San Vito (in basso, sinistra) e MINNI (in basso, destra)





I dati relativi al dataset MINNI sono stati utilizzati su base oraria a partire dal 1/1/2007 00:00 fino al 31/12/2007 24:00 (dati messi a disposizione da ENEA).

4.4 Descrizione di dettaglio dei parametri di simulazione

Il modello diagnostico Swift viene applicato per ricostruire il campo di vento e temperatura alla risoluzione orizzontale di 500 m sul dominio target ovvero una parte dell'informazione meteorologica ad alta risoluzione per l'intero anno 2007 necessaria al modello SPRAY. Il codice calcola i campi a risoluzione oraria per tutto il periodo annuale.

Il modello di dispersione SPRAY 3.1, per determinare il trasporto degli inquinanti emessi in atmosfera oltre alle caratteristiche del vento che domina il trasporto in direzione orizzontale richiede che siano definite le caratteristiche della turbolenza atmosferica, cioè dei moti disordinati che hanno origine sia meccanica che termica e che favoriscono, in condizioni di instabilità, la dispersione anche nella direzione verticale.

La turbolenza può essere descritta attraverso opportune variabili fisiche dette 'di scala', che hanno il compito di riassumerne le principali caratteristiche. Tali variabili sono:

- u^* o velocità di frizione, che descrive gli effetti legati alla turbolenza di tipo 'meccanico', dovuti alla presenza di ostacoli superficiali o variazioni con la quota della velocità del vento (shear);
- H_{mix} o altezza dello strato limite, che rappresenta lo strato adiacente al suolo variabile nel tempo e nello spazio all'interno del quale avvengono i principali fenomeni turbolenti generati dall'interazione del flusso atmosferico con la superficie, e dove vengono in genere immesse le sostanze inquinanti;
- L o lunghezza di Monin-Obukhov che rappresenta un indicatore della stabilità atmosferica. Un'atmosfera stabile tende ad un minore rimescolamento e dispersione delle sostanze emesse, al contrario un'atmosfera instabile è caratterizzata da una maggiore efficienza dispersiva. Valori negativi vicini allo zero sono rappresentativi di un'atmosfera instabile in condizioni convettive diurne, valori positivi piccoli sono invece caratteristici di un'atmosfera stabile tipicamente notturna;
- w^* o velocità convettiva di scala che rappresenta una misura dell'intensità della turbolenza nelle ore più calde in presenza di forte irraggiamento solare.

I campi di queste variabili vengono ricostruiti ora per ora su tutto il dominio mediante l'utilizzo del preprocessore SurfPro, tenendo conto delle disomogeneità orizzontali indotte dalla presenza di differenti caratteristiche di uso del suolo e utilizzando le variabili medie costruite dal codice Swift.

In particolare, per il calcolo del flusso di calore sensibile alla superficie è stato utilizzato lo schema iterativo di bilancio energetico suggerito da Holtslag e van Ulden (1983), mentre per il calcolo della velocità di frizione sono stati utilizzati gli schemi suggeriti da Holtslag van Ulden (1983) nelle situazioni neutre ed instabili diurne e da Venkatram (1980) e Weil e Brower (1983) nelle situazioni stabili e notturne.

Per il calcolo della lunghezza di Monin-Obukhov e dell'altezza dello strato limite, nelle condizioni diurne convettive viene utilizzato uno schema dovuto a Carson (1973), mentre in condizioni neutre e stabili vengono utilizzati gli schemi sviluppati da Venkatram (1980).

Per pilotare una simulazione di dispersione il modello SPRAY 3.1 utilizza:

- schemi di equazioni differenziali stocastiche dovute a Thomson (1987) per definire le velocità turbolente delle particelle computazionali;
- campi tridimensionali di vento e temperatura a 500 m di risoluzione, forniti dal codice Swift;
- campi bidimensionali di turbolenza, H_{mix} , u^* , L , w^* forniti dal codice SurfPro;
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla geometria delle sorgenti (puntuali ed areali), sulle quantità di PM10 e PM2.5 espresse in massa/tempo emesse da ciascuna sorgente e sul quantitativo di particelle computazionali da emettere nell'unità di tempo. Ad ogni particella viene attribuita una quantità di sostanza dipendente dal flusso emissivo considerato. Per ciascuna delle emissioni puntuali vengono considerate inoltre le caratteristiche dinamiche e termiche dell'emissione (velocità verticale, temperatura) che determinano l'eventuale risalita dei fumi.

Per completare la simulazione su base annua, i modelli vengono richiamati in cascata con frequenza oraria. All'interno di ogni ora vengono inserite nel dominio di calcolo per ogni sorgente un numero di particelle sufficienti per garantire una risoluzione minima (contributo in concentrazione di una singola particella computazionale), inferiore a $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per gli inquinanti considerati nelle celle per il calcolo della concentrazione al suolo, delle dimensioni di $500 \times 500 \times 10 \text{ m}^3$.

Sono state calcolate matrici di concentrazione orarie espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, considerando sia il complesso delle emissioni che i contributi separati per diversi comparti emissivi. Ogni media oraria di concentrazione è costruita mediante 120 campionamenti dei pennacchi di particelle all'interno dell'ora, effettuati alla frequenza fissa di 30 secondi.

Lo stato finale di ogni ora (posizioni, velocità e masse associate ad ogni particella) viene utilizzato per inizializzare il run dell'ora successiva. In questo modo la simulazione risulta essere continua durante tutto il periodo annuale descrivendo l'evoluzione spazio-temporale di ogni pennacchio emesso, consentendo eventuali effetti di ritorno dei pennacchi in presenza di rotazioni del vento durante situazioni di innesco della brezza. Complessivamente vengono quindi prodotti 8760 campi di concentrazione suddivisi secondo quanto descritto in precedenza, nell'intervallo meteorologico a partire dal 1/1/2007 01:00 fino al 31/12/2007 24:00.

La sequenza temporale dei campi di concentrazione così ottenuta è stata utilizzata per calcolare i valori statistici di confronto con i limiti della normativa vigente sulla qualità dell'aria.

5. ANALISI DELLE RICADUTE DI INQUINANTI AL SUOLO

Nei paragrafi successivi vengono riportate le mappe di isoconcentrazione per gli indicatori relativi alle specie inquinanti prese in considerazione nello scenario emissivo.

I risultati estratti dal modello sono direttamente confrontabili con gli standard di qualità dell'aria applicabili (presentati nella Sezione 2).

Il confronto delle concentrazioni attese con i valori normativi vigenti ha permesso una valutazione quantitativa degli impatti sulla qualità dell'aria generati dall'esercizio dello Stabilimento.

Oltre al confronto tra i valori massimi ottenuti sul dominio di simulazione all'esterno del perimetro dell'impianto per i periodi di mediazione normati e i valori normativi vigenti (Tabella 4.1), sono state prodotte mappe di ricaduta di inquinanti, per permettere un'analisi spaziale delle concentrazioni e conseguentemente dell'impatto sulla qualità dell'aria.

Tabella 4.1 Massime Concentrazioni al Suolo Simulate sul Dominio di Calcolo all'esterno del perimetro dell'impianto

Sostanza	Statistica	Massimo di dominio esterno area impianto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite / Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM10	Media Annua	1,62	40
PM10	99,8° Perc. Giornaliero	4,00	50
PM2.5	Media Annua	0,80	25
C6H6	Media Annua	0,02	5
As	Media Annua	0,002	0,006
Cd	Media Annua	0,0003	0,005
Ni	Media Annua	0,003	0,020
Pb	Media Annua	0,004	0,5
B(a)P	Media Annua	0,000067	0,001

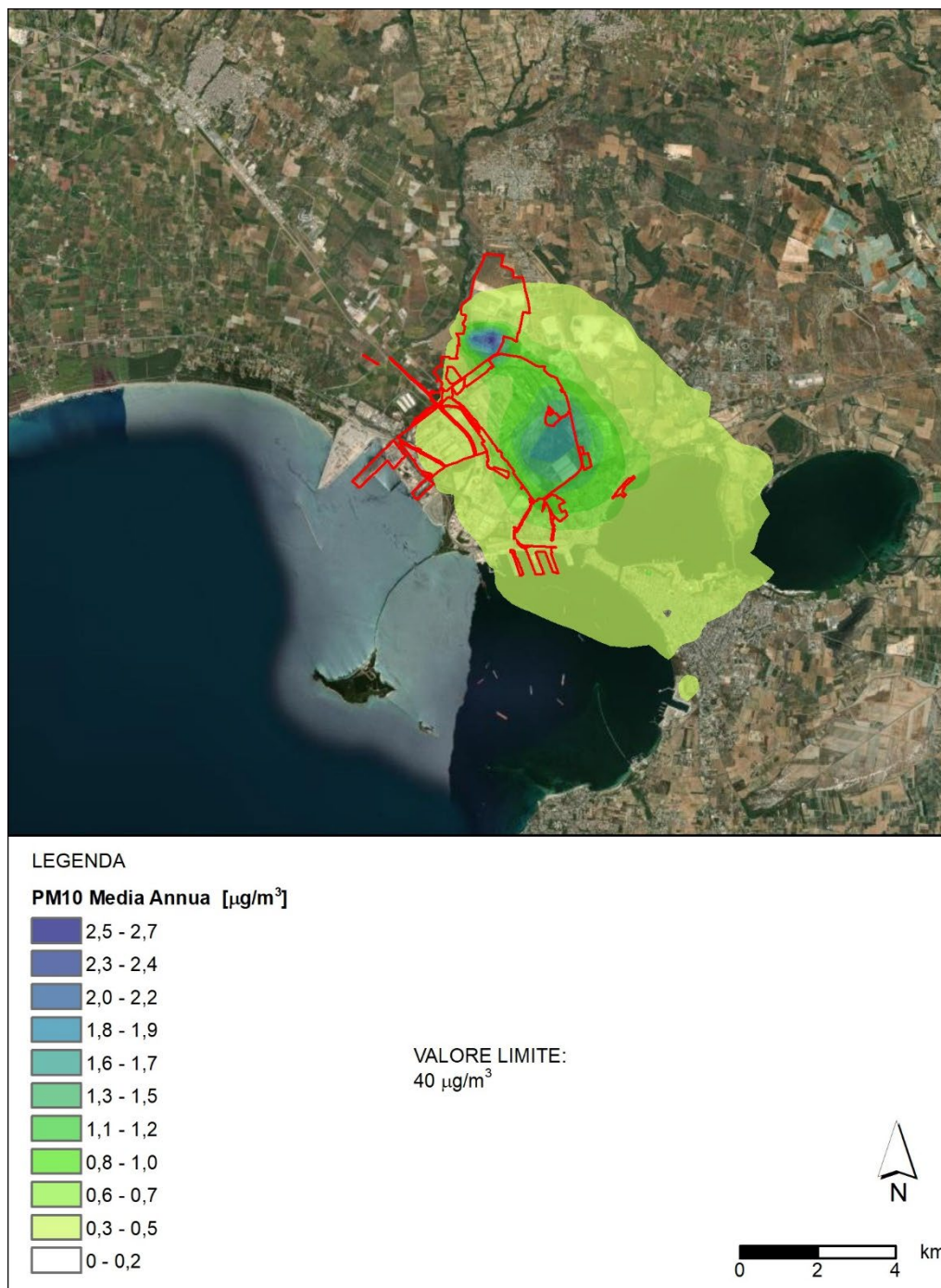
Fonte: Elaborazione ERM

Come riportato nella precedente Tabella, per ogni specie inquinante considerata, l'impatto al suolo risulta essere ampiamente inferiore rispetto ai limiti di legge previsti dal D.lgs 155/2010. L'impatto è coerente con la rosa dei venti del sito, riportata nelle precedenti sessioni, con un pattern di concentrazioni al suolo che si estende maggiormente in direzione Sud-Est, con ricadute concentrate all'interno del perimetro dello stabilimento.

Di seguito sono riportate le mappe di isoconcentrazione per gli indicatori relativi alle specie inquinanti emesse dall'impianto prese in esame e le concentrazioni al suolo risultanti in corrispondenza delle centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria nelle quali gli inquinanti sono monitorati.

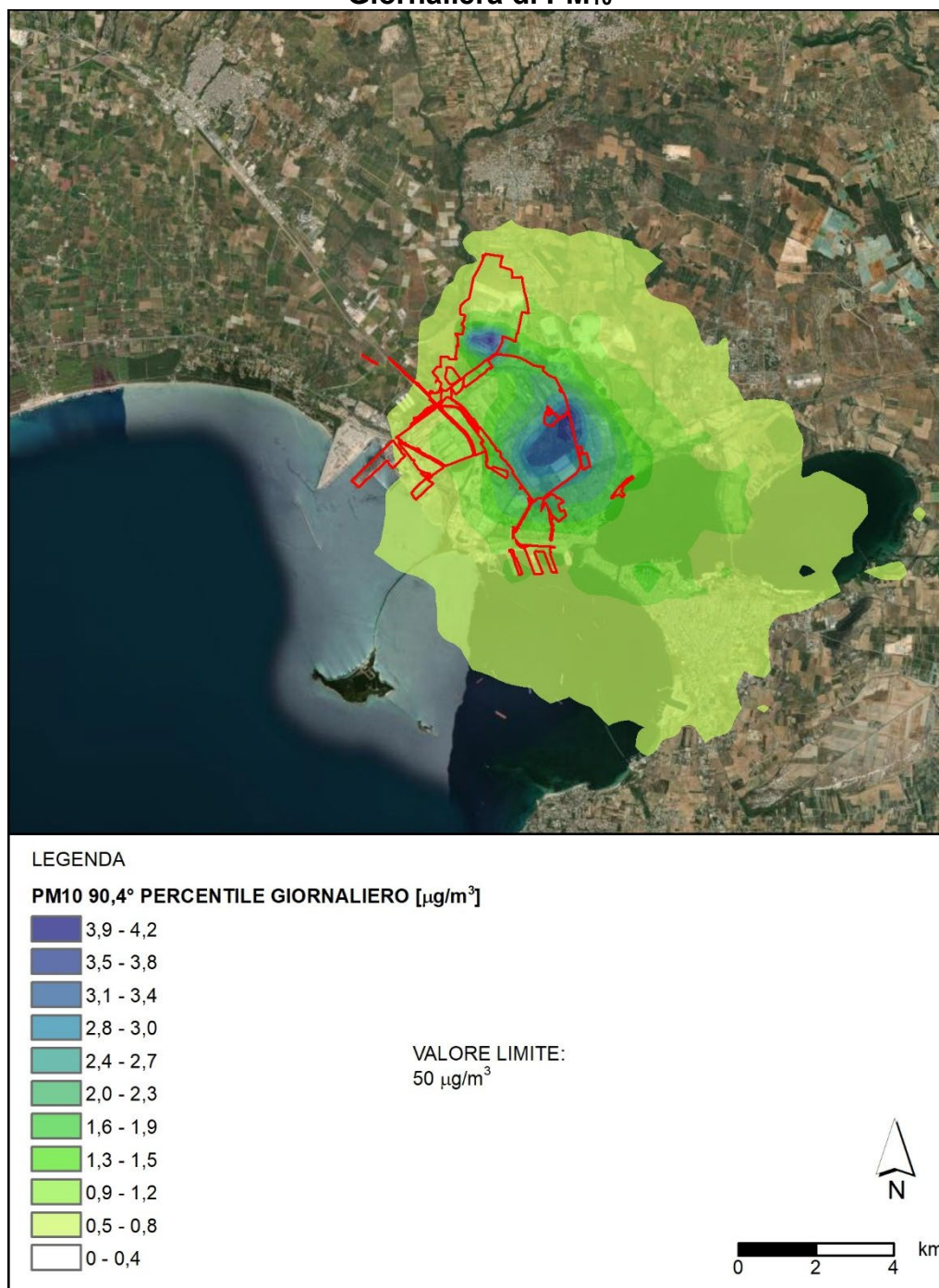
5.1 PM₁₀

Figura 4.1 Mappa di isoconcentrazione della Media Annuale di PM₁₀



Fonte: Elaborazione ERM

Figura 4.2 Mappa di isoconcentrazione del 90,4° Percentile della Media Giornaliera di PM₁₀



Fonte: Elaborazione ERM

Tabella 4.2 PM₁₀ - Concentrazioni modellate al suolo

Centralina	Concentrazione modellata al suolo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Media annua	90,4° Percentile Giornaliero
Machiavelli	0,642	1,581
Archimede	0,781	1,858
Ponte Wind	0,093	0,346
Paolo VI (CISI)	0,189	0,547
Via Alto Adige	0,183	0,553
San Vito	0,097	0,332
Via delle Sorgenti	0,100	0,341
Talsano	0,089	0,300

Note: Rif. D.Lgs. 155/2010

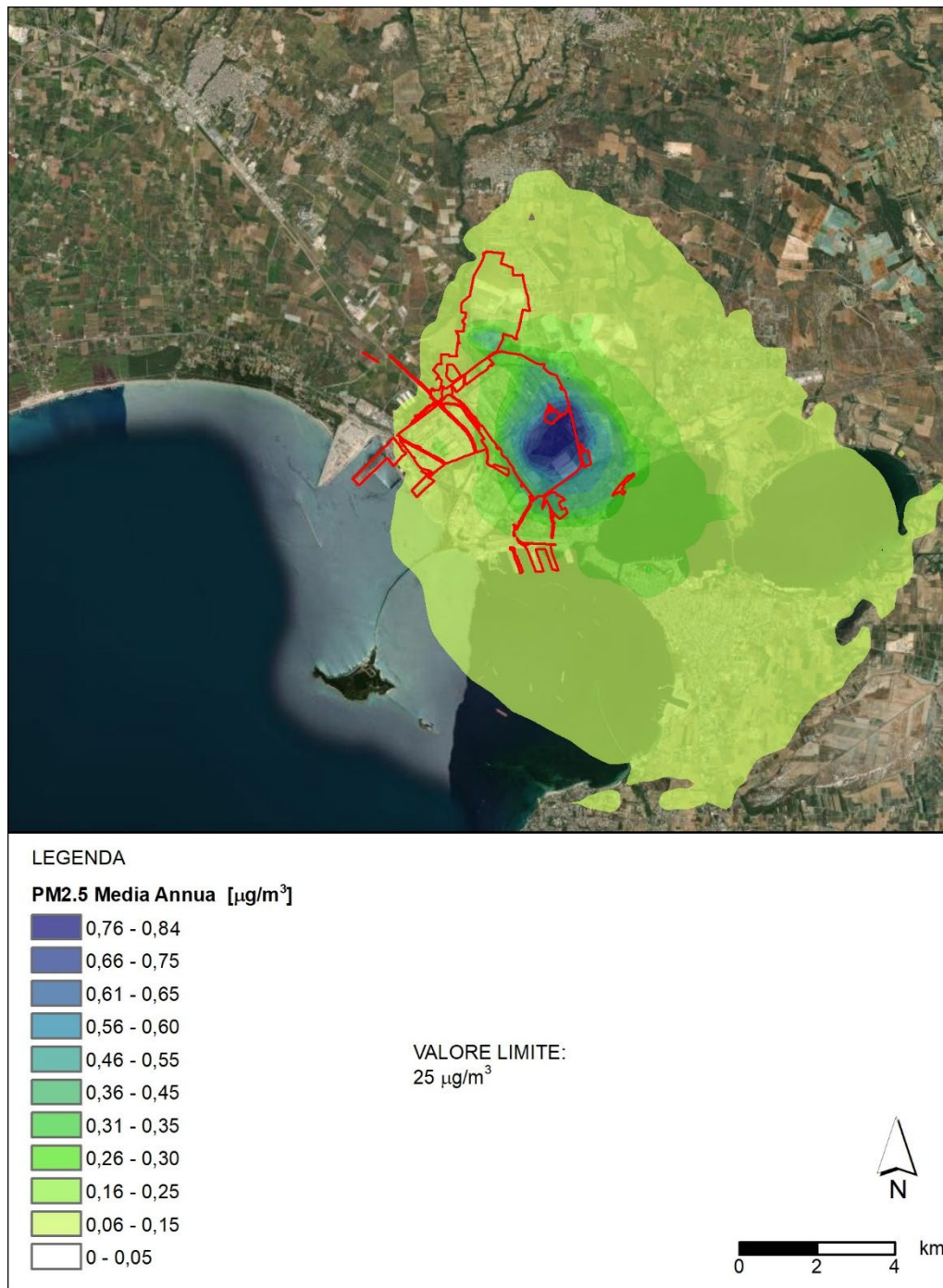
Limite annuale per la protezione della salute umana: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - tempo di mediazione anno civile.

Limite giornaliero per la protezione della salute umana: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fonte: Elaborazione ERM

5.2 PM_{2,5}

Figura 4.3 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di PM_{2.5}



Fonte: Elaborazione ERM

Tabella 4.3 PM_{2,5} - Concentrazioni modellate al suolo

Centralina	Concentrazione modellata al suolo [µg/m ³]
Machiavelli	0,321
Archimede	0,392
Paolo VI (CISI)	0,092
Via Alto Adige	0,092

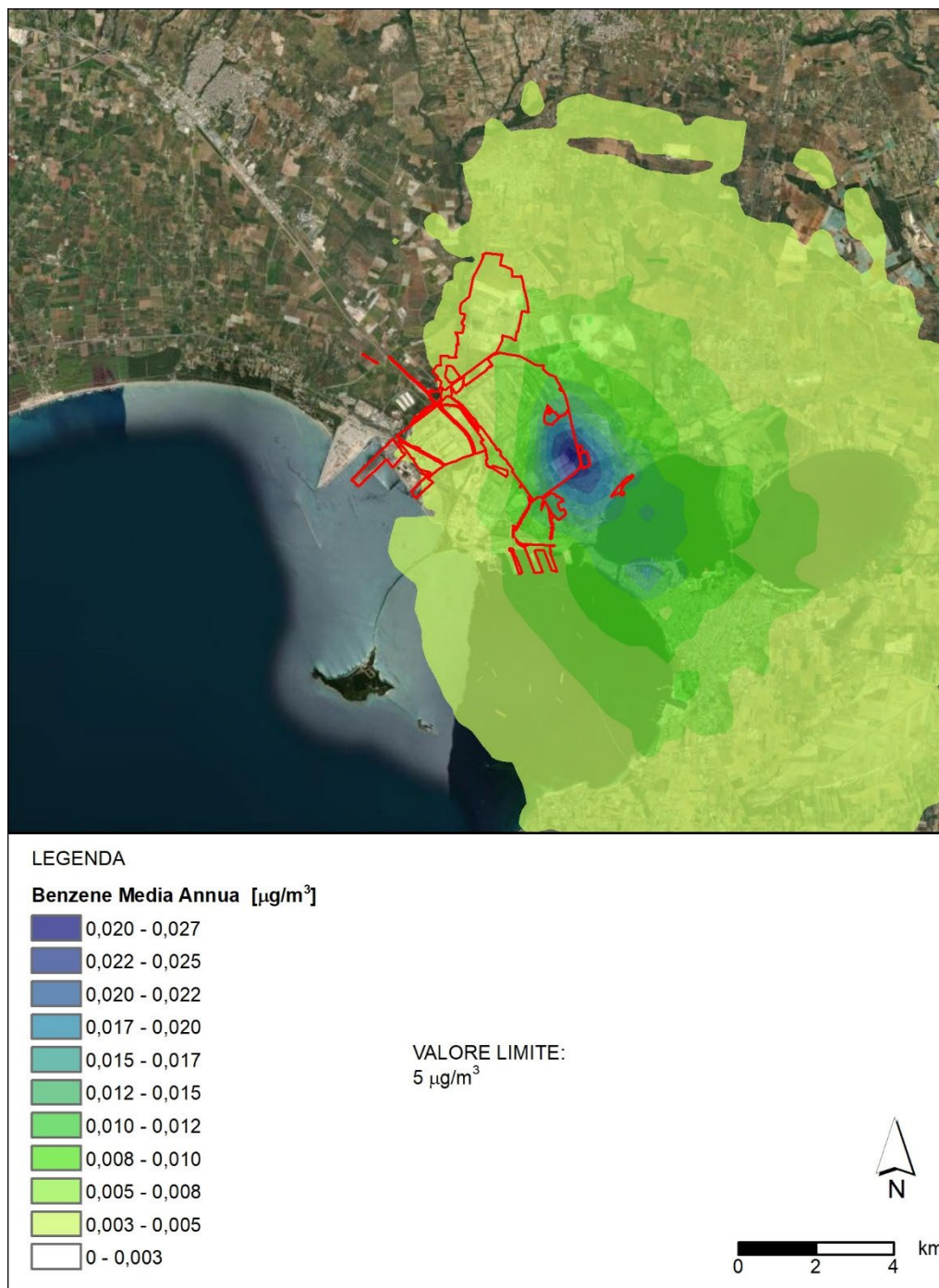
Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Limite annuale per la protezione della salute umana: 25 µg/m³ - tempo di mediazione anno civile.

Fonte: Elaborazione ERM

5.3 Benzene

Figura 4.4 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Benzene



Fonte: Elaborazione ERM

Tabella 4.4 C₆H₆ - Concentrazioni modellate al suolo

Centralina	Concentrazione modellata al suolo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Machiavelli	0,016
Paolo VI (CISI)	0,006
Via Alto Adige	0,007

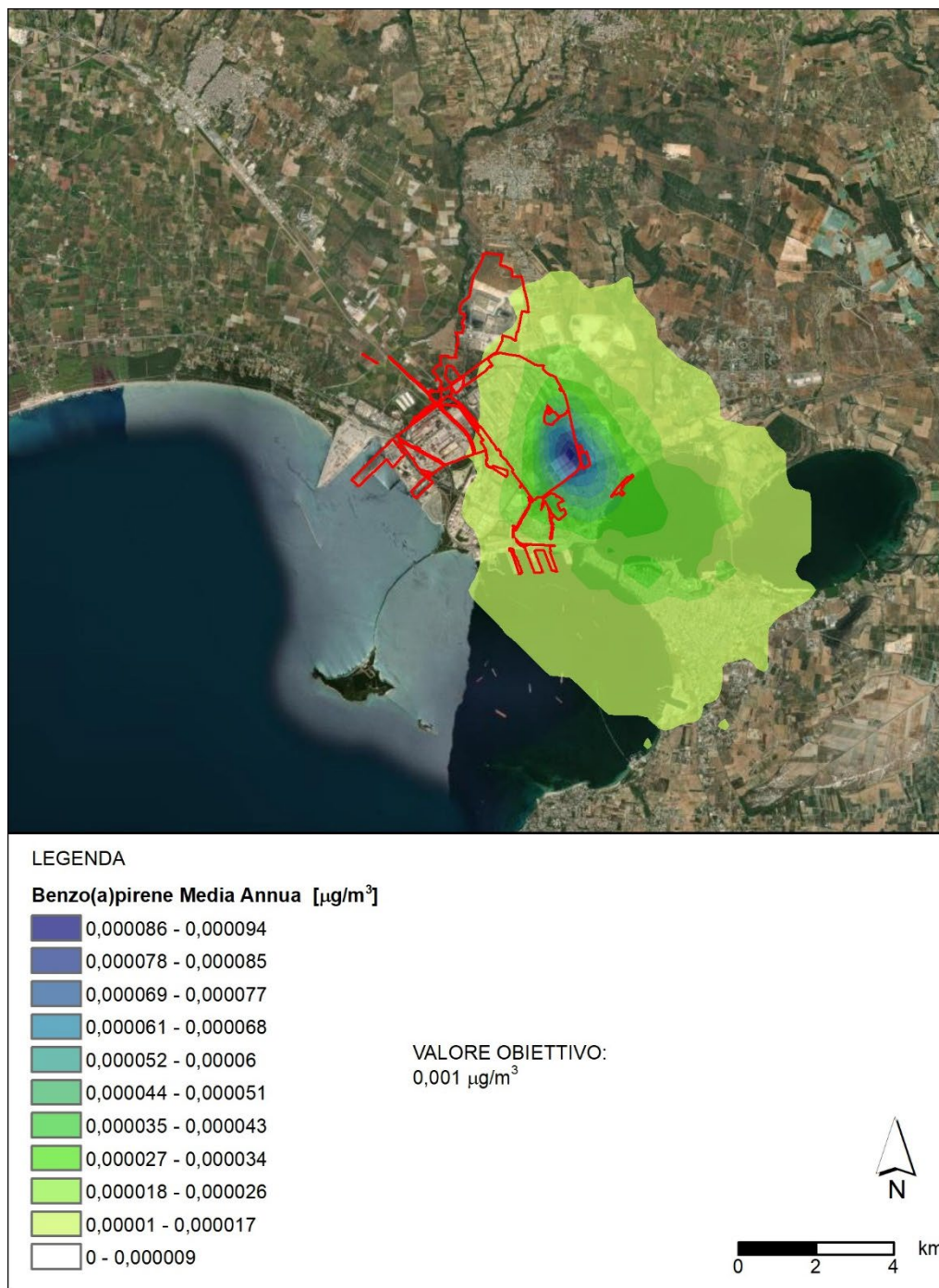
Note: Rif. D.Lgs. 155/2010

Limite annuale per la protezione della salute umana: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - tempo di mediazione anno civile.

Fonte: Elaborazione ERM

5.4 Benzo(a)pirene

Figura 4.5 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Benzo(a)pirene



Fonte: Elaborazione ERM

Tabella 4.5 B(a)P- Concentrazioni modellate al suolo

Centralina	Concentrazione modellata al suolo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Machiavelli	0,000041
Via Alto Adige	0,000012
Talsano	0,000006
Deledda - Tamburi	0,000058

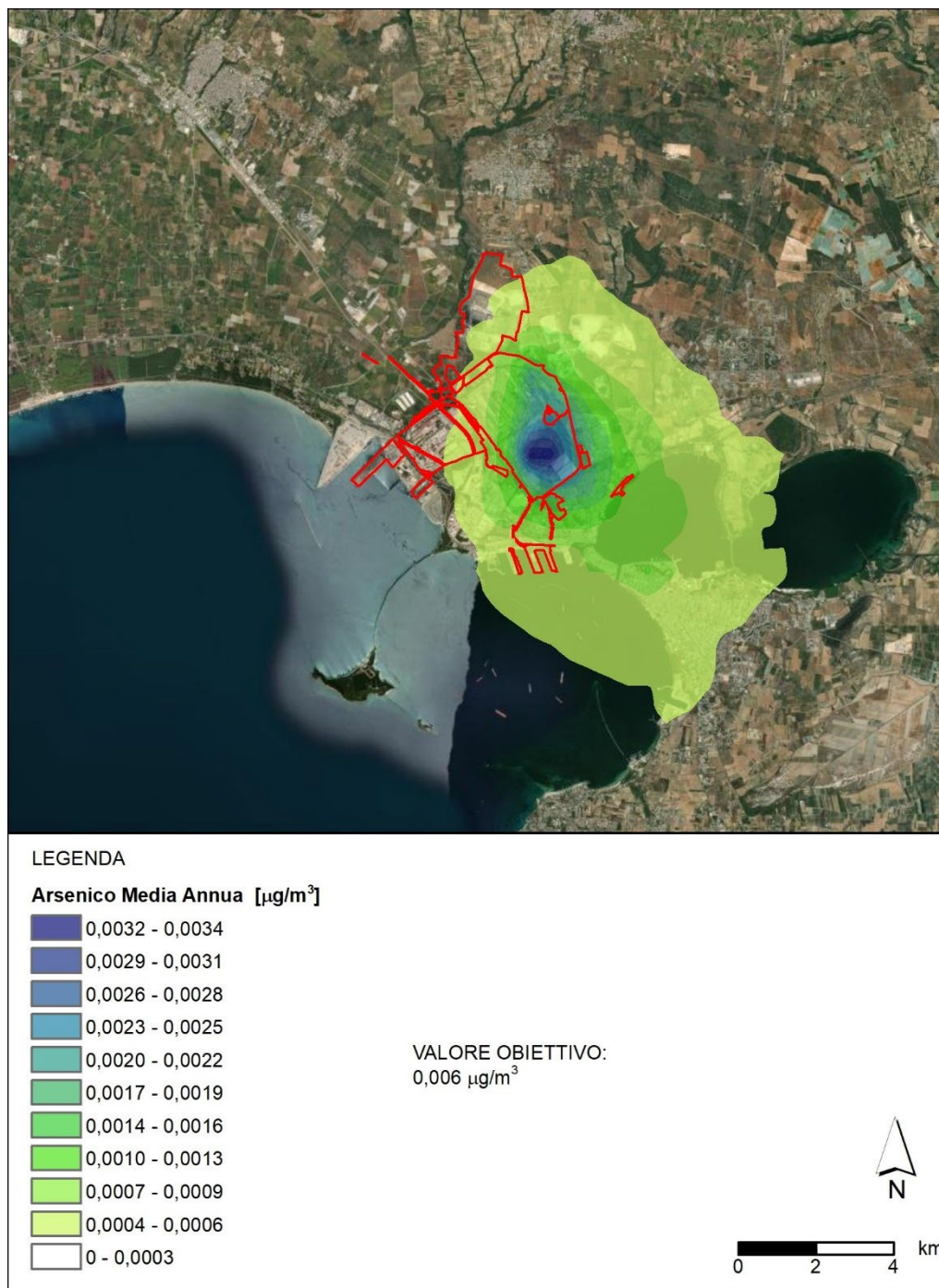
Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Valore obiettivo: 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Elaborazione ERM

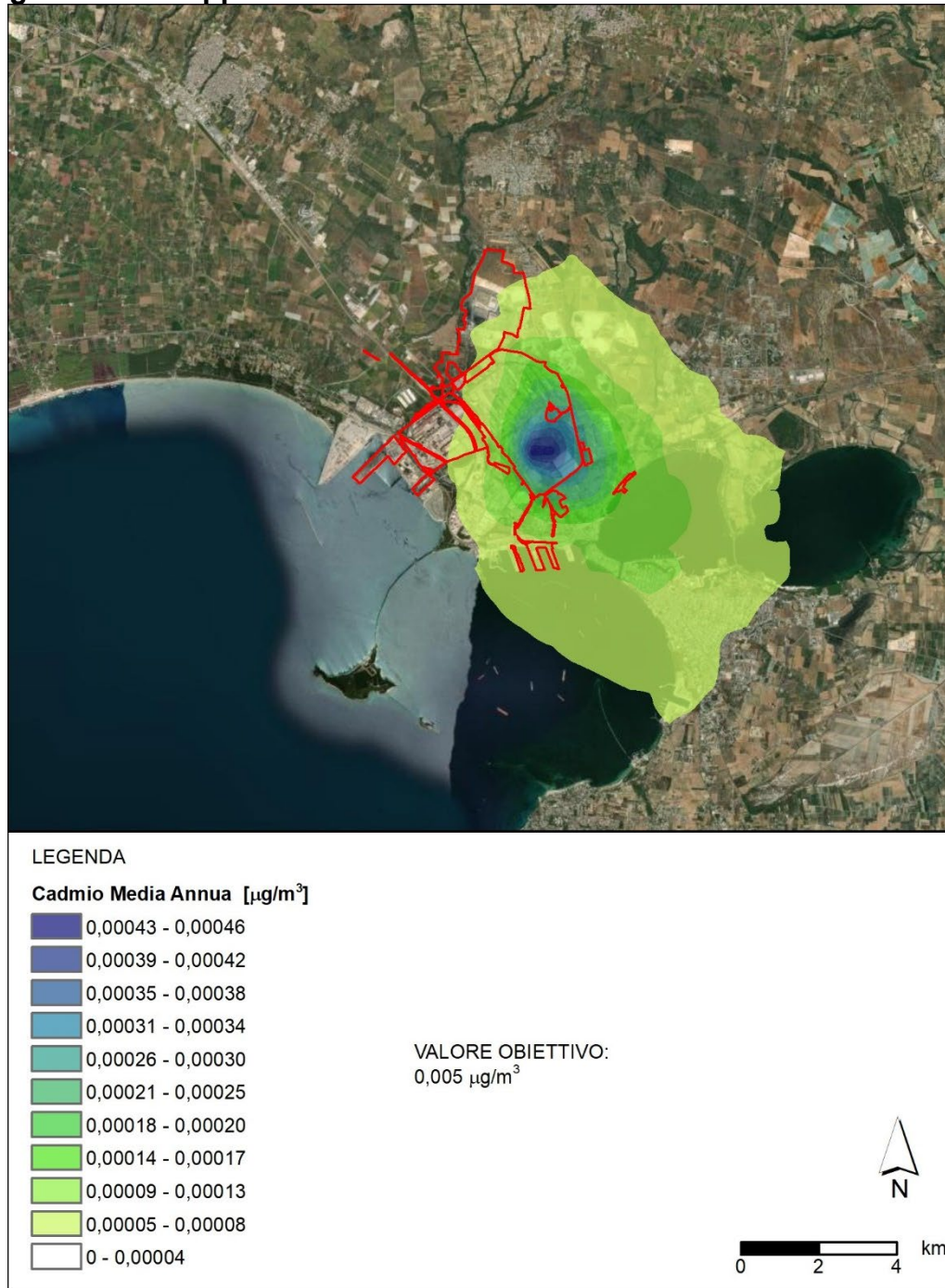
5.5 Metalli pesanti

Figura 4.6 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Arsenico



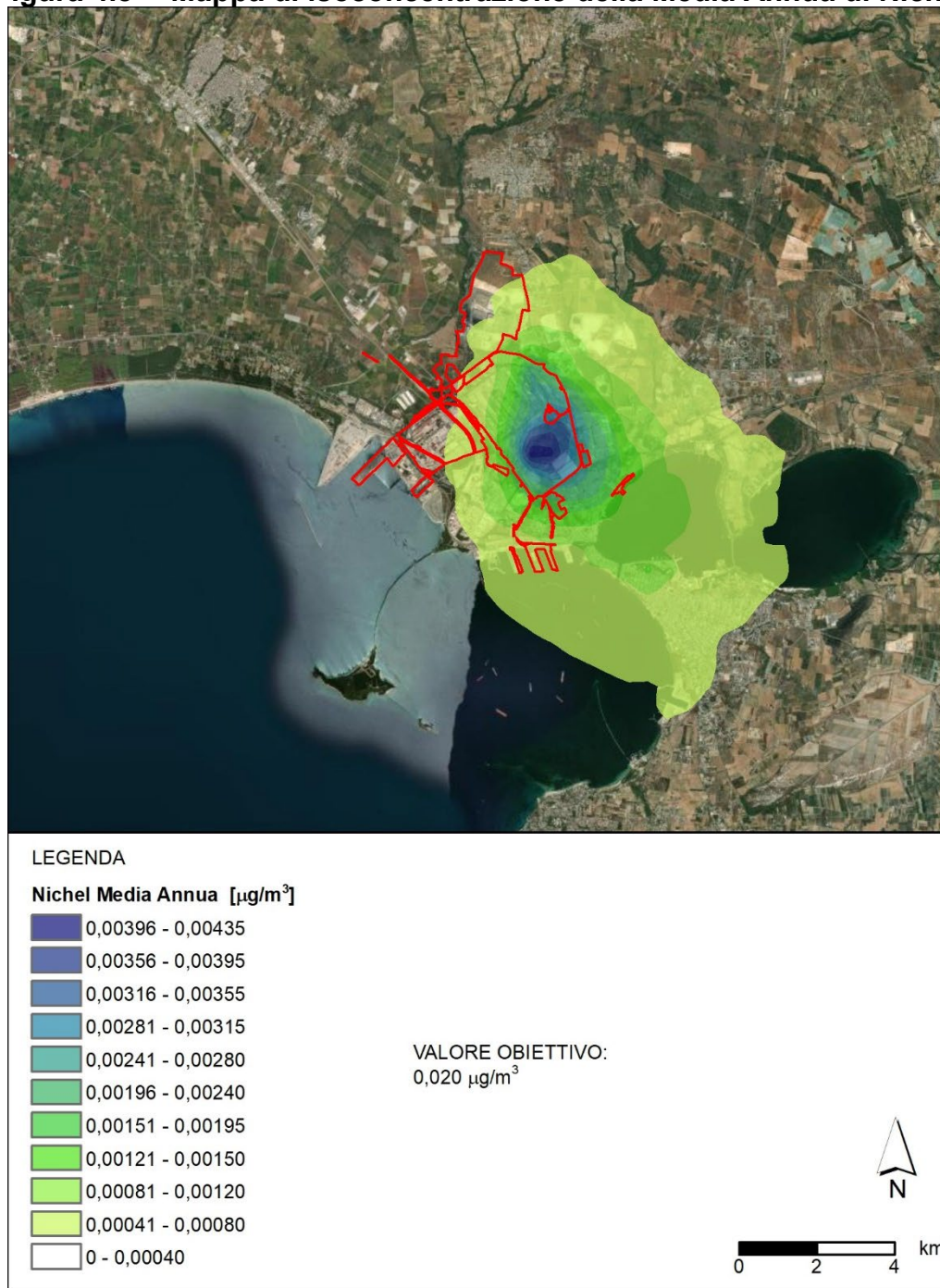
Fonte: Elaborazione ERM

Figura 4.7 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Cadmio



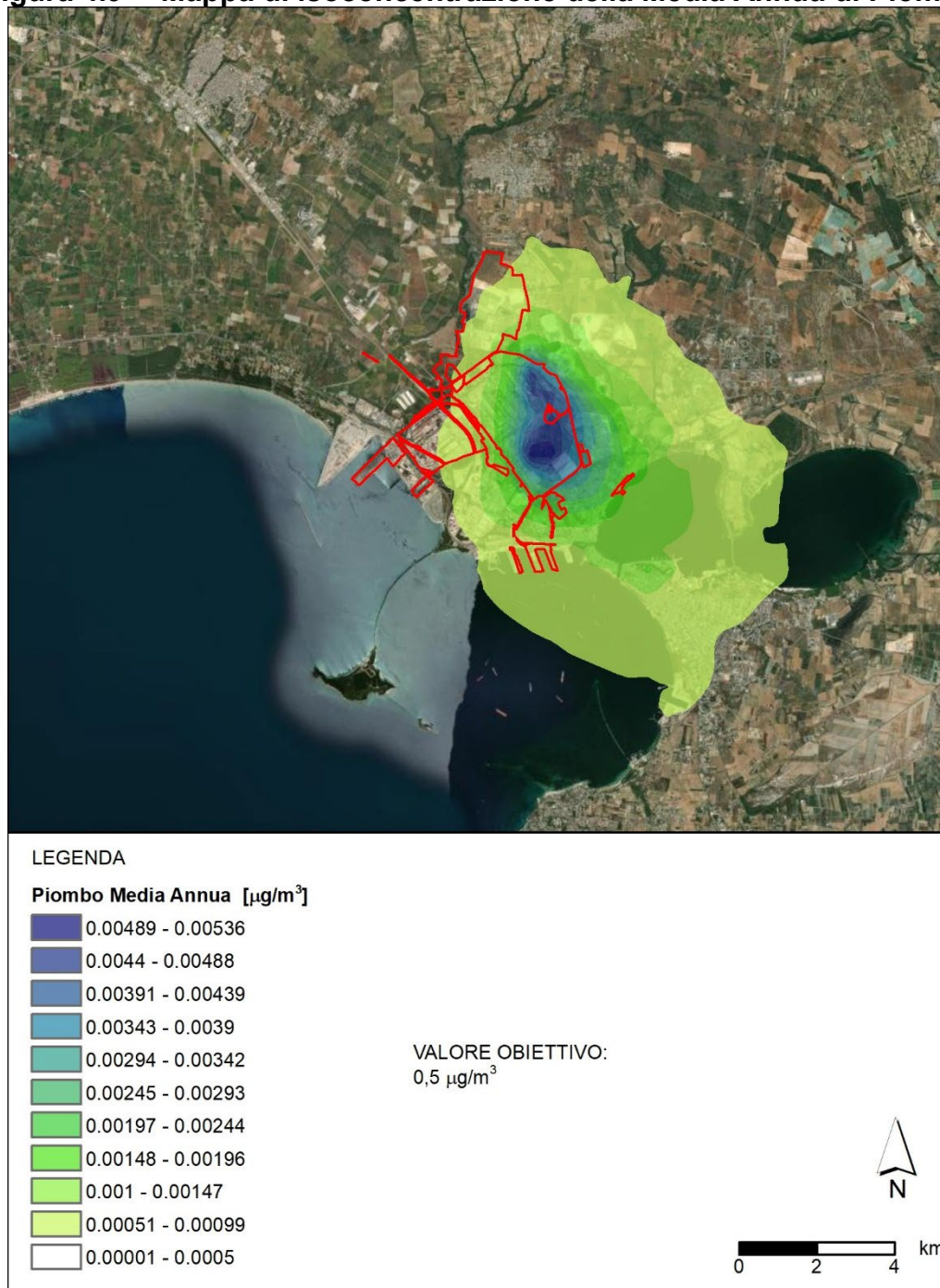
Fonte: Elaborazione ERM

Figura 4.8 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Nichel



Fonte: Elaborazione ERM

Figura 4.9 Mappa di isoconcentrazione della Media Annua di Piombo



Fonte: Elaborazione ERM

Tabella 4.6 Metalli pesanti - Concentrazioni modellate al suolo

Centralina	Concentrazione modellata al suolo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo
Machiavelli	0,00117	0,00016	0,00152	0,0019
Via Alto Adige	0,00032	0,00004	0,00043	0,0005
Talsano	0,00017	0,00002	0,00022	0,0003
Deledda - Tamburi	0,00156	0,00021	0,00210	0,0027
Valore obiettivo	0,006	0,005	0,02	0,5

Note: Rif: D.Lgs. 155/2010

Fonte: Elaborazione ERM

6. CONCLUSIONI

Le simulazioni effettuate hanno permesso di evidenziare che non si verifica alcun superamento dei limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per tutti gli inquinanti considerati (PM_{10} , $PM_{2.5}$, B(a)P, C_6H_6 , e metalli pesanti) e sull'intero dominio di calcolo.

Il contributo aggiuntivo che lo stabilimento siderurgico determina al livello di inquinamento nell'area geografica interessata risulta molto minore del corrispondente requisito di qualità ambientale (SQA) per tutti gli inquinanti.

I massimi di dominio per tutti gli inquinanti considerati sono localizzati all'interno del perimetro del sito siderurgico.

Inoltre, si evidenzia che le concentrazioni massime di tutti gli inquinanti calcolate dal modello in corrispondenza delle centraline di qualità dell'aria di ARPA Puglia risultano ordini di grandezza inferiori ai valori osservati, in merito alle concentrazioni medie annue.

**ERM has over 160 offices across the following
countries and territories worldwide**

Argentina	The Netherlands
Australia	New Zealand
Belgium	Peru
Brazil	Poland
Canada	Portugal
China	Puerto Rico
Colombia	Romania
France	Russia
Germany	Senegal
Ghana	Singapore
Guyana	South Africa
Hong Kong	South Korea
India	Spain
Indonesia	Switzerland
Ireland	Taiwan
Italy	Tanzania
Japan	Thailand
Kazakhstan	UAE
Kenya	UK
Malaysia	US
Mexico	Vietnam
Mozambique	

ERM Italia
Via San Gregorio,38
20124 Milano
T: +39 02674401

www.erm.com