

Report Tecnico

Luglio 2016

**ARPA PUGLIA**

Agenzia regionale per la  
prevenzione e la protezione dell'ambiente



**Valutazione modellistica della Qualità dell'Aria  
nelle province di Brindisi, Lecce e Taranto  
Anno 2013**

**Centro Regionale Aria (CRA) - Sub-struttura Modellistica diffusionale**

**Relazione redatta da:** Angela Morabito, Ilenia Schipa e Annalisa Tanzarella - Sub-Struttura Modellistica del Centro Regionale Aria . Direzione Scientifica (ARPA Puglia).

**Hanno collaborato** le Strutture Organizzative Qualità dell'aria di BA-BT-FG e di BR-LE-TA e la Sub-Struttura Inventario e banche dati emissive del Centro Regionale Aria di ARPA Puglia.

**Relazione revisionata da:** Roberto Giua - Direttore del Centro Regionale Aria di ARPA Puglia

## Introduzione

La valutazione modellistica della qualità dell'aria sulla regione Puglia, condotta ai sensi del D. lgs 155/2010 relativamente all'anno 2013 con il modello euleriano di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM ad una risoluzione spaziale pari a 4 km x 4km, ha rilevato la presenza di alcune non conformità dello stato della QA sul territorio brindisino. In particolare riguardo al valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, da non superare per più di 35 volte all'anno, il modello ha rilevato un superamento presso il comune di Mesagne, in provincia di Brindisi. Inoltre il modello ha rilevato il superamento del valore limite annuale per il BaP nei comuni di Mesagne e Latiano (Br). Riguardo alla causa dei suddetti superamenti è stato condotto uno specifico approfondimento modellistico, che ha identificato la combustione residenziale della biomassa quale sorgente emissiva responsabile di tali criticità sul territorio brindisino.

D'altro canto, l'esito della verifica della conformità dello stato della qualità dell'aria sulla regione, ricostruito dal modello ad una risoluzione 4kmx4km, può essere condizionato dalla risoluzione modellistica spaziale adottata. A tale risoluzione, infatti, il modello può non essere in grado di ricostruire l'impatto di emissioni o di riprodurre fenomeni che avvengono a scale inferiori. Situazioni di inquinamento locale o hotspot, quali ad esempio quelle che si misurano in corrispondenza di siti influenzati dal traffico di prossimità o da emissioni locali (incroci, parcheggi, carico/scarico materiale, combustione locale da biomassa), sono difficilmente riproducibili se relative ad aree con un'estensione molto inferiore ai 4kmx4km. Non si può escludere, quindi, che, utilizzando lo stesso modello ad una risoluzione spaziale più fine, le criticità già evidenziate possano estendersi e riguardare anche altri comuni del territorio brindisino e salentino.

Per tale ragione, al fine di caratterizzare con maggiore dettaglio sia i livelli di concentrazione degli inquinanti normati dal D.lgs 155/2010 che la relativa distribuzione spaziale, è stata condotta una nuova simulazione applicando il sistema modellistico, incentrato sul codice FARM, simultaneamente sia alla regione Puglia, ad una risoluzione spaziale pari a 4km, che ad un dominio (denominato Salento), comprendente i territori provinciali di Lecce, Brindisi e Taranto, ad una risoluzione spaziale pari ad 1km.

Nei paragrafi successivi, oltre ad una breve descrizione del sistema modellistico utilizzato e dei relativi input emissivi e meteorologici, verranno confrontate, per il Salento, le mappe di concentrazione modellate ad 1km degli indicatori prescritti dal D.lgs 155/2010 con i limiti previsti per la protezione della salute umana per i diversi inquinanti normati, con particolare riferimento al PM<sub>10</sub>, al PM<sub>2.5</sub> e al BaP. Inoltre, al fine di valutare il grado di accuratezza della simulazione sul suddetto dominio, verranno mostrati i risultati del confronto statistico tra i dati di concentrazione misurati dalle postazioni di monitoraggio di qualità dell'aria, con rappresentatività spaziale confrontabile con la risoluzione spaziale del modello, ed i dati simulati, estratti in corrispondenza della cella della griglia di calcolo, contenente la centralina di misura. Tale analisi statistica è stata condotta con il Delta Tool, un software realizzato dal JRC nell'ambito del FAIRMODE<sup>1</sup> per valutare la performance del modello in applicazioni specifiche, condotte ai sensi del D. lgs 155/2010.

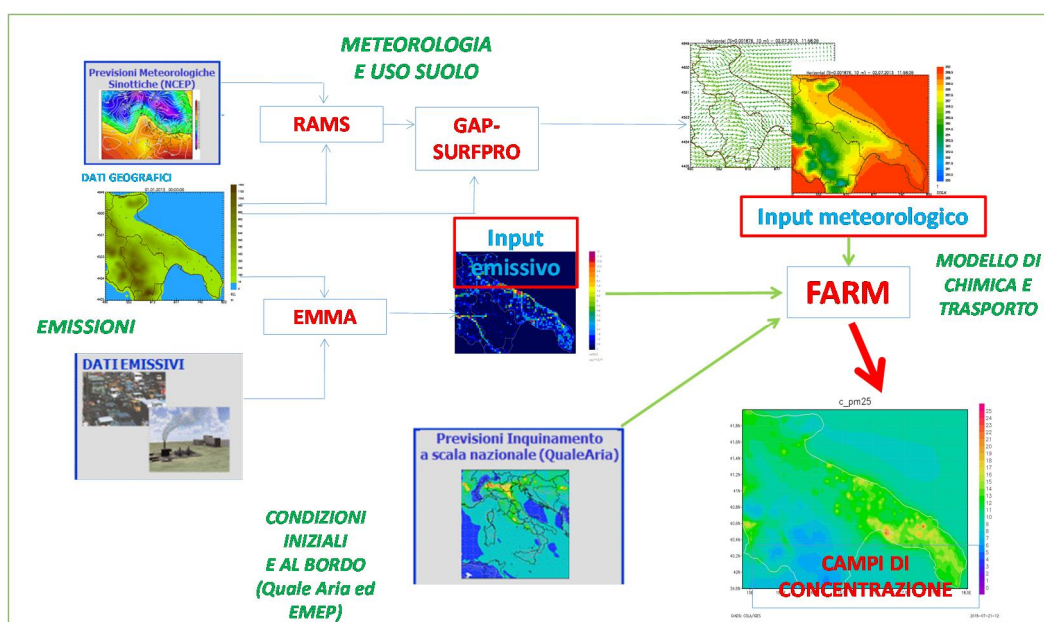
---

<sup>1</sup>FAIRMODE è un Forum per la modellizzazione della qualità dell'aria, creato per lo scambio di esperienze e di risultati relativi all'uso delle tecniche modellistiche nel contesto delle direttive europee sulla qualità dell'aria e per promuovere l'uso della modellistica a fini legislativi in modo armonizzato tra gli Stati membri.

## Sistema modellistico e definizione dei domini di calcolo

Il cuore del sistema modellistico utilizzato è il modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM<sup>2</sup>, in grado, a partire dalle emissioni di inquinanti delle varie sorgenti presenti sul territorio (naturali ed antropiche) e dallo stato fisico dell'atmosfera (campi di vento, di temperatura, di umidità, di turbolenza, ecc.), di fornire i campi tridimensionali orari di concentrazione per diversi inquinanti. Tale modello implementa meccanismi chimici di varia complessità per il trattamento della fotochimica e del particolato, trattando la chimica in fase acquosa ed eterogenea, oltre ai processi di deposizione secca ed umida.

Nella figura seguente (Figura 1) viene riportato lo schema del sistema modellistico utilizzato.



**Figura 1: sistema modellistico utilizzato per la Valutazione annuale della Qualità dell'aria.**

Il sistema modellistico utilizza in ingresso molteplici dataset, che vengono elaborati in modo da produrre, sui domini di simulazione, tutti i dati in ingresso, necessari al modello chimico di qualità dell'aria. In particolare per lo svolgimento della simulazione FARM è stato alimentato con:

- “ i campi meteorologici previsionali, prodotti da ARIANET, mediante l'utilizzo del modello meteorologico prognostico RAMS;
- “ gli inventari delle emissioni, INEMAR per la regione Puglia ed ISPRA per le regioni limitrofe, opportunamente integrati ed aggiornati con le informazioni disponibili;
- “ le condizioni iniziali ed al contorno, derivate dai sistemi modellistici QualeAria (per gli inquinanti in fase omogenea, gassosa e particellare, su base temporale tri-oraria) ed EMEP-MSCE (per i metalli pesanti, le diossine e furani, di tipo climatologico).

<sup>2</sup> Più precisamente è stata utilizzata la versione più recente del modello di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM (versione 4.7), che implementa versioni aggiornate del meccanismo chimico SAPRC99 e del modulo di aerosol *aero3*. Tali versioni trattano la chimica dei quattro IPA: B[a]P, B[b]F, B[k]F, indeno[1,2,3-cd]pyrene (sia in fase gassosa che in fase particellare . modi di Aitken e accumulazione) e del mercurio (elementare . Hg - e ossidato . HgO - in fase gassosa e particellare . modi di Aitken e accumulazione).

I principali elementi che compongono il sistema sono:

- un modulo di interfaccia (codice GAP) per l'adattamento dei campi meteorologici prodotti da RAMS ai domini di calcolo;
- un processore micrometeorologico (codice SURFPRO) che, a partire dai campi meteorologici di ingresso ricostruisce i campi 2D e 3D della turbolenza e le velocità di deposizione, utilizzati dal modello chimico;
- un processore per il trattamento delle emissioni (codice EMMA) che, a partire dagli inventari delle emissioni disponibili sui domini di simulazione, costruisce i campi orari dei ratei di emissione per tutte le specie chimiche trattate dal modello di qualità dell'aria;
- il modulo per le condizioni iniziali e al contorno che, a partire dai campi tridimensionali di concentrazione, previsti dal modello di qualità dell'aria Quale Aria, prepara i campi di condizioni iniziali e al contorno sui domini di simulazione;
- il modello euleriano FARM per la dispersione e le reazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera.

Il modello FARM è configurabile con diversi schemi chimici. Per la simulazione è stato utilizzato lo schema chimico SAPRC99 (Carter, 2000) per le trasformazioni delle specie chimiche in fase gassosa dei composti organici volatili e degli ossidi di azoto, e quindi dei processi fotochimici che portano alla formazione di ozono e di aerosol organici secondari nella bassa atmosfera. Al suddetto modulo è stato accoppiato il modulo chimico per gli aerosol, Aero3, messo a punto da EPA (Binkowski, 1999; Binkowski e Shankar, 1995) per la trattazione della chimica dell'aerosol (parte inorganica ed organica). Tale modulo in particolare tratta la dinamica delle particelle e la loro interazione con le specie in fase gas, considerando per gli aerosol tre classi dimensionali: %nitro+ (fino a 0,1  $\mu\text{m}$ ), %accumulazione+ (0,1-2,5  $\mu\text{m}$ ) e %grossolane+ (2,5-10  $\mu\text{m}$ ), nelle quali sono considerate diverse specie chimiche (nitrati, solfati, ammonio, acqua, carbonio, ecc.). Tale modulo considera, inoltre, i principali processi che governano la formazione e l'accrescimento del particolato:

~ nucleazione: formazione di particelle per agglomerazione di molecole di vapore supersature;

~ condensazione: conversione da gas a particella;

~ diffusione di specie gassose verso la superficie delle particelle e successiva cattura;

~ dissoluzione e reazioni chimiche eterogenee di solfati e nitrati: solitamente trascurate, ma significative in presenza di acqua liquida (per esempio in condizioni caratterizzate da alti valori di umidità relativa);

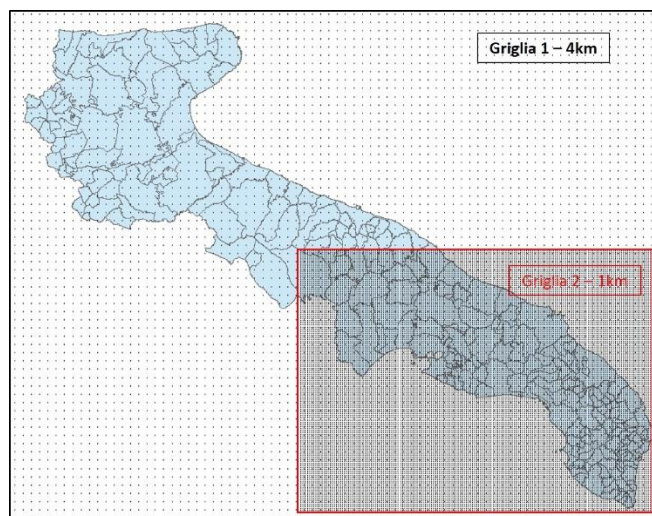
~ equilibrio termodinamico tra le specie chimiche inorganiche (Nenes et al., 1998) e organiche (Schell et al., 2001) in fase gassosa, liquida e solida;

~ coagulazione: collisione ed adesione di particelle (accrescimento).

Inoltre è stato utilizzato un modulo per il trattamento chimico del mercurio e dei PAH (B[a]P, B[b]F, B[k]F ed indeno(1,2,3,-cd)pirene). Per quanto riguarda la stima dei ratei di fotodissociazione è stata utilizzata la versione FAST del modello di trasferimento radiativo TUV (Madronich, 1989).

Il sistema modellistico così configurato è stato applicato simultaneamente su un dominio comprendente la regione Puglia con risoluzione spaziale pari a 4 km e su un dominio, innestato nel

precedente, comprendente le provincie di Brindisi, Lecce e Taranto (vedi fig. 2) con risoluzione di 1km<sup>3</sup>.



**Figura 2 È Domini di calcolo del sistema modellistico**

La discesa di scala è effettuata tramite la tecnica *two way nesting*, che consente di simulare le dinamiche di dispersione, trasporto e trasformazione degli inquinanti nel dominio a risoluzione migliore, tenendo conto sia degli effetti delle sorgenti emissive esterne e dei processi dominati dalle scale spaziali più grandi di quella urbana (come lo smog fotochimico), sia dei fenomeni locali di accumulo. Nella tabella successiva si riportano le caratteristiche spaziali dei due domini.

**Tabella 1 È caratteristiche spaziali dei domini di simulazione**

Dominio	Denominazione	Estensione	Risoluzione spaziale
Griglia 1	Regione Puglia	316 x 248 km <sup>2</sup>	4km x 4km
Griglia 2	Salento	172 x 128 km <sup>2</sup>	1km x 1km

L'estensione verticale dei due domini è pari a 5330 m, con i seguenti 14 livelli di calcolo espressi in metri sopra l'orografia:

10, 32.5, 62.5, 105, 180, 305, 505, 805, 1230, 1805, 2555, 3480, 4405, 5330

## Campi meteorologici

Per ricostruire sui suddetti domini i campi meteorologica tridimensionali necessari al sistema modellistico, sono state utilizzate le previsioni operative a +24 h, prodotte da ARIANET S.r.l. per ARPA Puglia relativamente all'anno 2013. Tali campi sono il risultato di simulazioni modellistiche, condotte, dalla scala europea a quella nazionale e quindi regionale, mediante l'applicazione del modello meteorologico prognostico RAMS (Cotton et al., 2001). Questi campi comprendono sia le variabili tridimensionali di vento, temperatura, umidità e pressione atmosferica che le variabili bidimensionali di radiazione solare, copertura nuvolosa e temperatura superficiale del mare.

<sup>3</sup> La risoluzione di un modello equivale ad una discretizzazione dello spazio all'interno del quale calcolare i campi di concentrazione. Ciò significa che il modello è in grado di fornire i valori medi orari di concentrazione su celle di dimensioni pari alla risoluzione orizzontale scelta.

I suddetti campi meteorologici unitamente ai dati di uso del suolo (dati CORINE Land Cover) sono stati successivamente forniti al processore micrometeorologico SURFPro per il calcolo dei parametri associati allo strato limite atmosferico (lunghezza di Monin-Obukhov, friction velocity, altezza di mescolamento, ecc.), alle caratteristiche della turbolenza atmosferica (diffusività orizzontali e verticali) ed alle velocità di deposizione secca, relative alle specie chimiche considerate dal modello di dispersione.

Lo stesso SURFPro è utilizzato per stimare su base oraria:

“ le emissioni biogeniche dalla vegetazione con l'attivazione del modulo MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature, Guenther et al., 2006; <http://acd.ucar.edu/~guenther/MEGAN/MEGAN.htm/>), che permette di stimare le emissioni di 20 composti/classi di composti (es. aromatici, olefine, ecc.), emessi da quattro differenti tipologie funzionali di piante (Plant Functional Types - PFT): latifoglie (broadleaf trees), conifere (needle leaf trees), arbusti (shrubs) e erbacee (herbaceous). Nella implementazione di MEGAN, effettuata in SURFPro, è stato considerato il meccanismo chimico SAPRC99 (Carter, 2000), utilizzato, come già detto, dal modello di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM).

“ le emissioni naturali di particolato e di metalli a seguito dell'azione del vento sui suoli. In particolare le emissioni di metalli pesanti da parte dei suoli sono state stimate moltiplicando le emissioni terrigene di particolato (calcolate utilizzando l'approccio proposto da Vautard et al., 2005) per i valori di concentrazione di metalli nei suoli. Tali valori sono stati ottenuti mediante l'utilizzo congiunto di tecniche geostatistiche (modulo ARpMEAS) e di informazioni sperimentali contenute nel Geochemical Atlas of Europe (<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>) relative al contenuto di metalli nello strato superficiale dei suoli (Topsoil);

“ le emissioni degli aerosol e dei metalli dal mare. Specificatamente la stima delle emissioni di sali marini è stato effettuato utilizzando l'approccio proposto da Zhang et al. (2005), unitamente a fattori di emissione per As, Cd, Cr, Ni e Pb. Al fine di stimare l'emissione di mercurio dalle superfici acquatiche è stato utilizzato l'approccio proposto da Wanninkhof (1992), che considera le proprietà chimico-fisiche (solubilità, coefficienti di ripartizione aria-acqua, volatilità) del mercurio elementare e delle altre forme chimiche volatili di mercurio, disciolte nella colonna d'acqua, l'intensità del vento in prossimità della superficie del mare ed i valori di concentrazione di mercurio disciolto nel mare (18 ng m<sup>-3</sup>) ed in aria ambiente (1.6 ng m<sup>-3</sup>).

## Emissioni antropogeniche

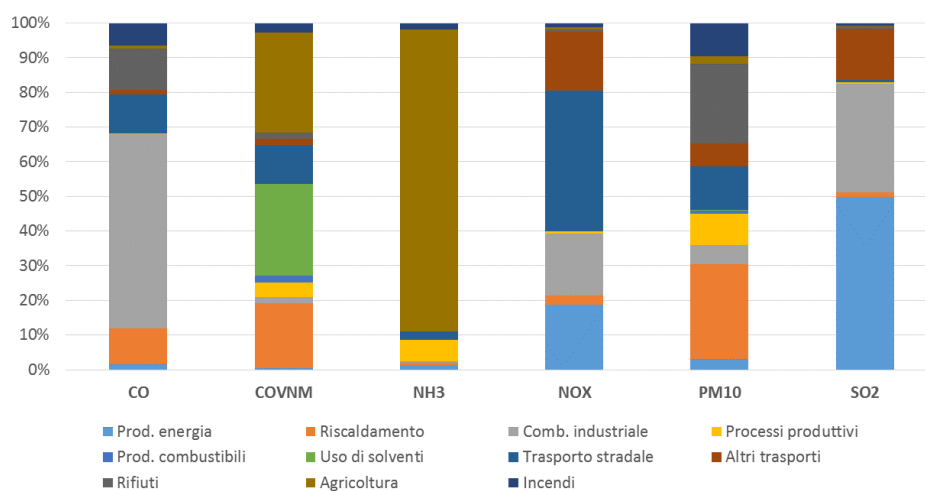
Poiché l'obiettivo della simulazione è ricostruire al 2013 lo stato della QA sull'intero territorio regionale e sul Salento, è stato necessario alimentare il modello con un database emissivo il più possibile aggiornato. Come punto di partenza sono state utilizzate le due basi dati emissive (Inventario INEMAR 2010 di ARPA Puglia e Inventario nazionale ISPRA 2010), che costituiscono ad oggi i riferimenti più aggiornati a livello regionale e nazionale.

### a) Emissioni sulla Regione Puglia al 2010

L'inventario regionale più aggiornato, predisposto da ARPA Puglia, è basato sulla metodologia INEMAR e si riferisce all'anno 2010. In Tabella 2 e 3 sono mostrati i totali annuali regionali delle emissioni contenute nell'inventario, suddivisi per macrosettore, il cui peso relativo è mostrato in Figura 3 e Figura 4. Si osserva come per il monossido di carbonio (CO) il contributo maggiore (50%) provenga dalla combustione industriale, per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) dal trasporto (40%), per l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) dalla produzione di energia elettrica (50%) e per il particolato nella frazione PM<sub>10</sub> circa il 30% provenga dal riscaldamento. Per quasi tutti i microinquinanti la combustione industriale rappresenta la sorgente emissiva principale. Per il Nichel (Ni) la produzione di energia fornisce un contributo sul totale pari al 40%, mentre per gli IPA il contributo principale (65%) proviene dal riscaldamento.

**Tabella 2** È Totali emissivi per macrosettore È macroinquinanti (t/anno)

Macrosettore	CO	COVNM	NH3	NOX	PM10	SO2
Prod. energia	6503	517	152	15924	617	12610
Riscaldamento	45418	17392	85	2268	5508	333
Comb. industriale	244381	1569	47	15020	1138	7868
Processi produttivi	195	3850	725	524	1814	143
Prod. combustibili	0	1829	0	0	180	0
Uso di solventi	0	24726	0	0	39	10
Trasporto stradale	49601	10397	281	34470	2542	171
Altri trasporti	5557	1827	1	14310	1362	3724
Rifiuti	52096	1483	0	690	4607	123
Agricoltura	3429	26862	10280	491	429	66
Incendi	28572	2643	228	1005	1954	203

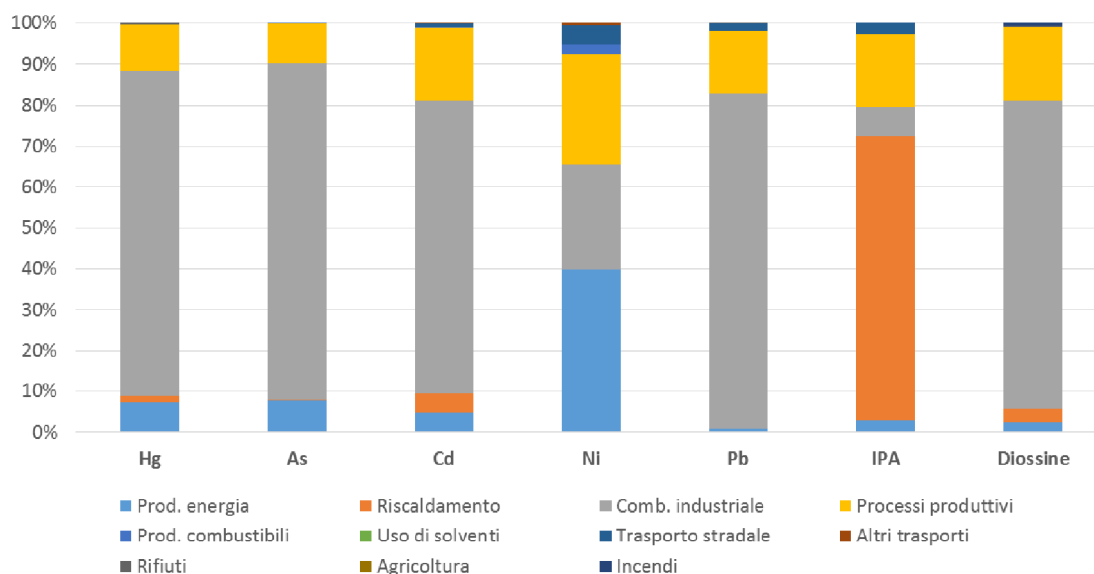


**Figura 3** È Peso relativo dei macrosettori (macroinquinanti)

**Tabella 3** È Totali emissivi per macrosettore È microinquinanti (kg/anno, salvo le diossine in mg/anno)

Macrosettore	Hg	As	Cd	Ni	Pb	IPA	Diossine
Prod. energia	46	149	84	1012	347	129	1043
Riscaldamento	9	3	80	3	51	3090	1373
Comb. industriale	503	1586	1248	653	34822	306	31866
Processi produttivi	71	190	309	679	6471	782	7574
Prod. combustibili	0	1	1	63	15	0	0
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0	0
Trasporto stradale	0	0	17	120	808	126	0
Altri trasporti	0	0	2	12	5	0	0
Rifiuti	2	0	0	0	11	0	36
Agricoltura	0	0	0	0	0	0	0
Incendi	0	0	0	0	0	0	355





**Figura 4 È Peso relativo dei macrosettori (microinquinanti)**

Relativamente alle emissioni del macrosetto 11 (emissioni naturali e altre attività) stimate da INEMAR, si precisa che nelle simulazioni sono state considerate solo le emissioni relative agli incendi, in quanto, come già detto, le emissioni biogeniche, provenienti dalla vegetazione, sono state calcolate dinamicamente in funzione della meteorologia con il modulo MEGAN.

Per le simulazioni condotte con il FARM, i dati emissivi dell'inventario INEMAR sono stati integrati per le aree industriali di Brindisi e Taranto con le informazioni acquisite ed elaborate nell'ambito delle attività condotte nelle suddette aree per la Valutazione del Danno Sanitario (<http://www.arpa.puglia.it/web/guest/vds>), consentendo in questo modo di caratterizzare più precisamente le sorgenti industriali.

Inoltre rispetto al database INEMAR sono state stimate le emissioni di benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), prodotte dal riscaldamento domestico con biomassa, scalando opportunamente le corrispondenti emissioni di VOC (EPA AP 42).

Infine per alcuni settori si è proceduto ad effettuare un aggiornamento al 2013 delle emissioni dell'inventario con un approccio specifico per tipologia di sorgente, descritto nei paragrafi successivi.

#### b) Emissioni Macrosetto 2 e 7 – attualizzazione al 2013

Per quanto riguarda le emissioni da **combustione non industriale** (riscaldamento civile e commerciale-istituzionale, macrosetto 2) e da **trasporto su strada** (macrosetto 7) si è scelto di applicare ai totali emissivi 2010 alcuni fattori di variazione, dipendenti dall'attività emissiva, desunti dagli andamenti nazionali nel corso degli anni. Questi sono stati calcolati a partire dalle stime annuali ISPRA, attualmente disponibili per gli anni dal 1980 al 2012 (si veda <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>). Per ottenere una stima del dato nazionale al 2013, si sono estrapolati linearmente i dati dei tre anni precedenti (2010-2011-2012). I fattori da applicare alle emissioni Inemar 2010 sono poi stati calcolati, settore per settore, come rapporto tra i valori nazionale 2013 e 2010. La Tabella 4 mostra i coefficienti ottenuti per ciascun settore emissivo e per ciascun inquinante.

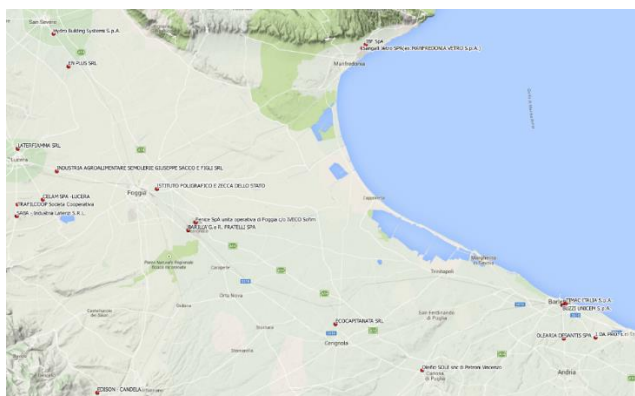
**Tabella 4 - Coefficienti di attualizzazione 2010-2013 È Emissioni da riscaldamento e trasporto su strada**

Settore SNAP	Descrizione	CO	NOx	NM VOC	SOx	NH3	PM10	PM2.5	Hg	As	Cd	Ni	Pb	IPA	PCDD
0201	Terziario	0.975	0.974	0.825	0.724	1.284	0.838	0.855	0.808	0.759	0.774	0.397	0.812	0.82	0.3

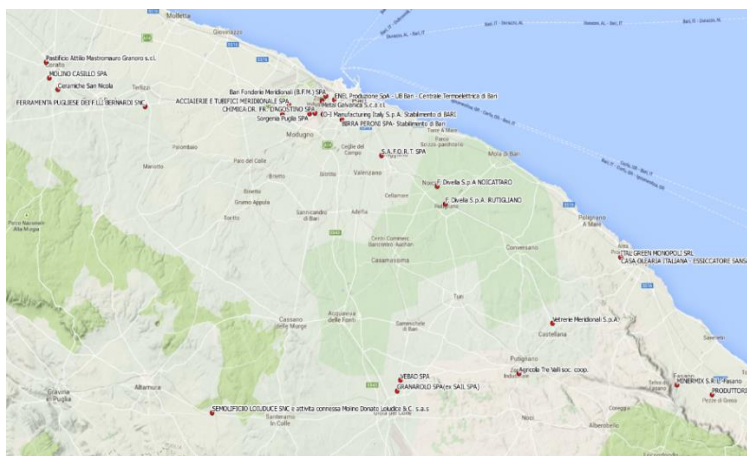
0202	Residenziale	1.164	0.897	1.176	0.876	1.284	1.21	1.209	0.933	0.903	1.064	0.693	1.157	1.117	1.122
0203	Agricoltura	0	2.153	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.286	0	0
0701	Automobili	0.622	0.842	0.601	0.832	0.764	0.614	0.614	0	0	0.847	0.841	1	0.878	0.797
0702	Veic. leggeri	0.581	0.679	0.574	0.765	0.568	0.499	0.499	0	0	0.762	0.761	1	0.778	0.712
0703	Veic. pesanti	0.907	0.856	0.729	0.969	0.979	0.763	0.763	0	0	0.97	0.97	1	0.979	0.979
0704	Ciclomotori	0.635	0.962	0.684	0.76	0.835	0.611	0.611	0	0	0.76	0.76	1	0.734	0.835
0705	Motocicli	0.91	1.052	0.823	1.057	1.068	0.817	0.817	0	0	1.057	1.057	1	1.038	1.083
0706	Emissioni evaporative	0	0	1.073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0707	Emissioni da abrasione	0	0	0	0	0	0.876	0.875	0	0	0.877	0.877	0.878	0	0

### c) Emissioni industriali – attualizzazione al 2013

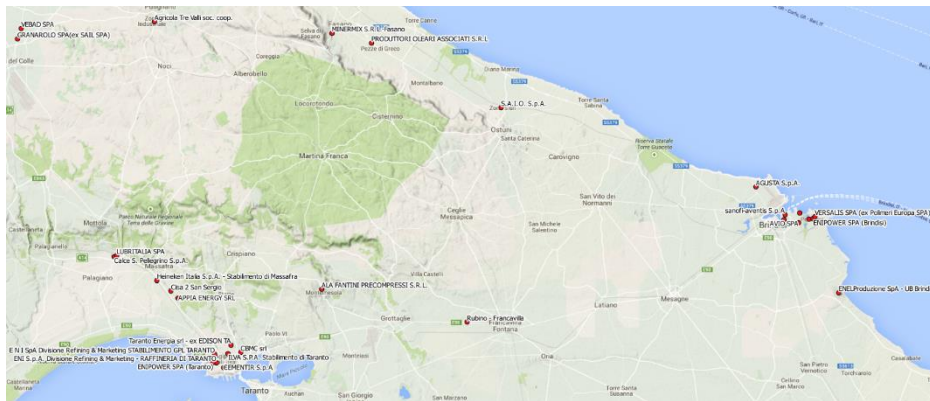
All'interno dell'inventario regionale 2010 sono presenti un numero di sorgenti industriali di tipo convogliato pari a 679. La localizzazione dei corrispondenti impianti industriali per provincia è mostrata nelle figure successive (Figure 5-8).



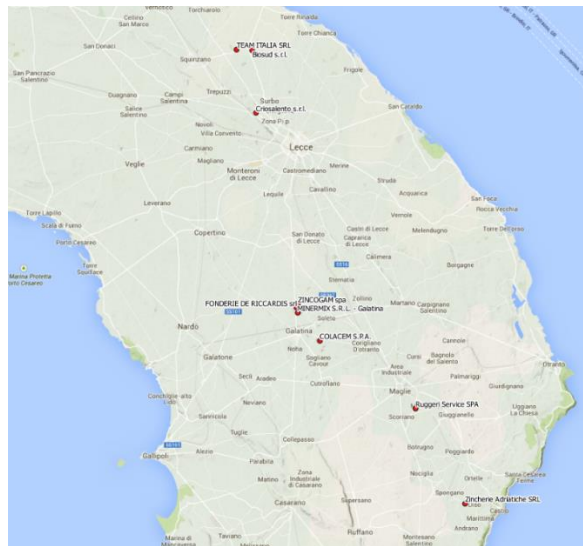
**Figura 5** È Impianti industriali delle province di Foggia e Barletta-Andria-Trani.



**Figura 6** È Impianti industriali della provincia di Bari.



**Figura 7 È Impianti industriali delle province di Taranto e Brindisi.**



**Figura 8 È Impianti industriali delle provincia di Lecce.**

Per le emissioni di alcuni di questi impianti industriali è stato possibile procedere ad un'aggiornamento al 2013, laddove risultavano disponibili i relativi dati annuali di produzione (come ad esempio nel caso di ILVA). Segue una descrizione schematica degli aggiornamenti effettuati.

### Area ILVA (Taranto)

- Acquisizione dei parametri fisici e strutturali dei camini ILVA dal database emissivo dello stesso stabilimento, predisposto nell'ambito delle attività della VDS condotte nell'area di Taranto (database VDS Taranto);
- aggiornamento al 2013 delle emissioni puntuali, diffuse e lineari considerate nel database VDS Taranto a partire dai dati di produzione di coke, acciaio e sinterizzazione relativi agli anni 2010 e 2013;
- azzeramento delle emissioni dei camini relativi agli impianti ILVA fermi al 2013;
- spazializzazione delle emissioni diffuse (parchi, altoforno, cokeria, agglomerato, acciaierie) sulle rispettive aree di pertinenza (analogamente al database VDS Taranto);
- trattamento esplicito delle emissioni di polveri e metalli dai 3 nastri: 2° sporgente, 4° sporgente e nastro perimetrale e relativa actualización;

- spazializzazione delle emissioni da trasporto e movimentazione del materiale sull'area dell'impianto ILVA.

Per quanto riguarda l'impianto ILVA è opportuno precisare che l'aggiornamento al 2013 è stata condotta, scalando opportunamente le emissioni del database 2010, a partire dai dati di produttività di ILVA, riferiti al 2010 e al 2013. In tale stima emissiva, quindi, non sono state prese in considerazione né le variazioni delle modalità di gestione ed esercizio degli impianti, introdotte a seguito delle attività della magistratura e all'attuazione del Piano di Risanamento, né tanto meno si è tenuto conto delle variazioni introdotte dal piano delle misure, previsto in attuazione ai decreti AIA<sup>4</sup>.

#### Area industriale di Taranto

- Attualizzazione al 2013 delle emissioni puntuali e diffuse relative alle sorgenti industriali Cementir, Taranto Energia e Raffineria ENI;
- relativamente al camino E5 di Cementir è stata attivata una modulazione annuale specifica, in considerazione del fatto che tale camino è stato attivo fino al mese di aprile 2013;
- relativamente alla Raffineria ENI per le emissioni di IPA sono stati considerati e aggiornati i dati dell'inventario.

#### Centrale ENEL "Federico II" (Brindisi)

- Implementazione dei dati emissivi orari al 2010, misurati da SME relativamente alle 4 sorgenti convogliate;
- spazializzazione sulle relative aree delle emissioni dovute allo stazionamento delle navi nel porto di Brindisi, alla relativa movimentazione dei gessi e del carbone, al relativo trasporto su strada ed alle operazioni nel parco carbonile.

#### Area industriale di Brindisi

- Rispetto all'inventario Inemar 2010 azzeramento delle emissioni della centrale Edipower (impianto attualmente fermo);
- Rispetto all'inventario Inemar 2010 sono state aggiunte le emissioni della centrale SFIR.

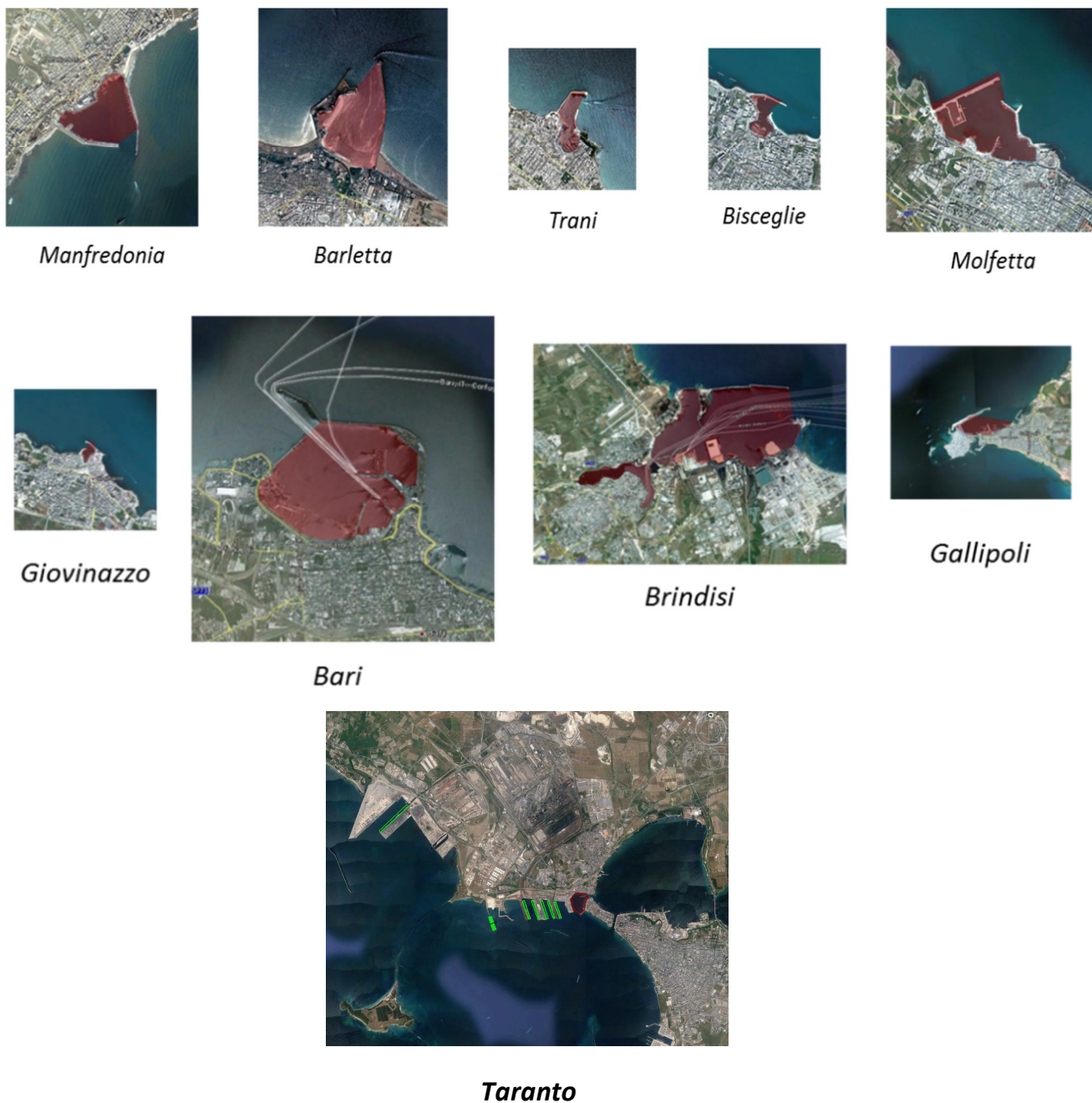
Per gli stabilimenti Enipower, Agusta, Basell, Discariche Autigno e Formica, CDR, Sanofi, Sfir e Versalis le emissioni presenti nell'inventario sono state sostituite con quelle usate nella VDS.

#### d) Emissioni portuali

Le emissioni dalle attività portuali, contenute nell'inventario INEMAR, sono state spazializzate opportunamente, per meglio caratterizzarne l'impatto. Le aree su cui sono state allocate sono illustrate in Figura 9.

---

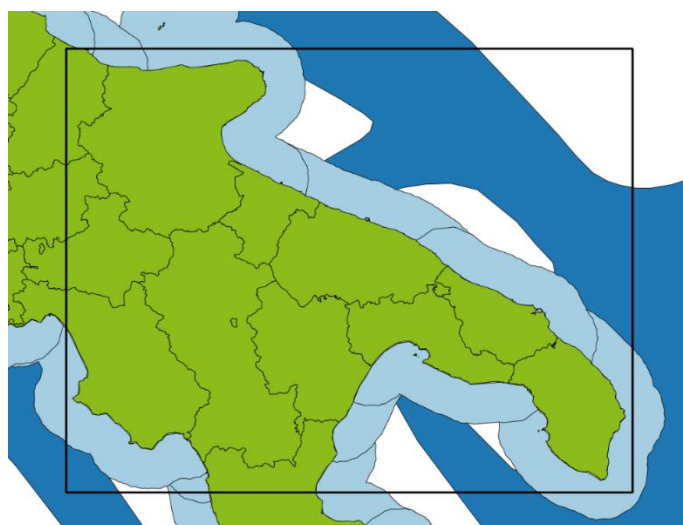
<sup>4</sup> Si precisa che sono state solo azzerate le emissioni dei camini afferenti agli impianti, che ILVA ha comunicato essere fermi al 2013.



**Figura 9** È Aree su cui sono state allocate le emissioni portuali

In particolare, relativamente al porto di Taranto, partendo dal database VDS Taranto, sono state esplicitate e trattate specificatamente le emissioni portuali associate ad ILVA e alla raffineria ENI (aree con il contorno in verde in figura); queste sono state attualizzate al 2013 mediante un fattore di scala, ottenuto come rapporto tra il numero di navi totali transitate nel porto di Taranto al 2013 e al 2010.

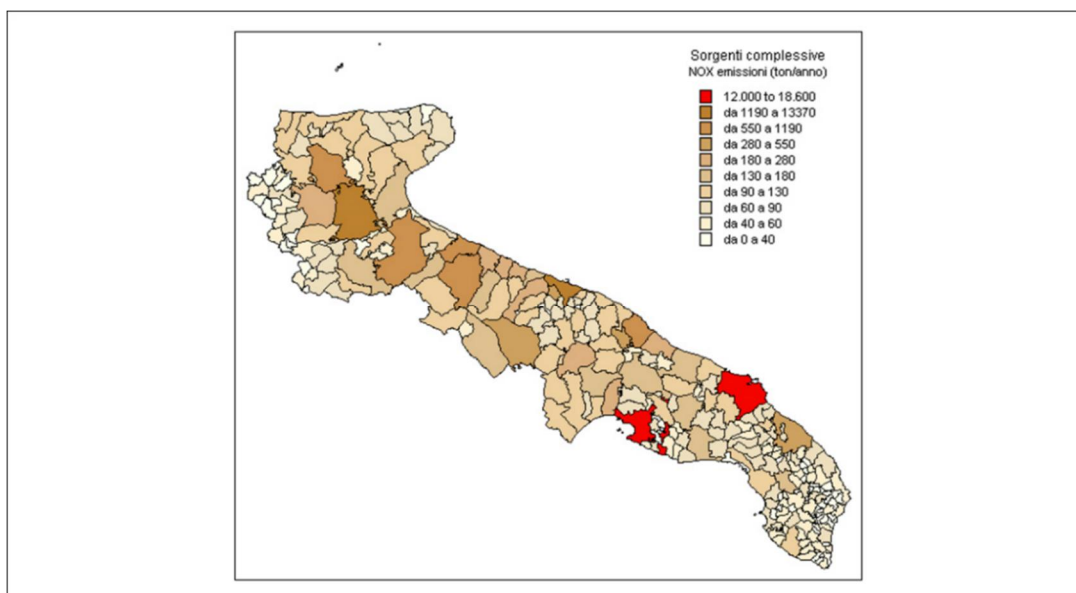
Le emissioni relative alle **attività marittime** sono state invece spazializzate opportunamente a seconda della tipologia. In particolare, nel caso del traffico di avvicinamento, della pesca e delle attività da diporto le relative emissioni sono state attribuite su una fascia compresa entro le 12 miglia dalla costa; nel caso del traffico di crociera le emissioni sono state spazializzate in corrispondenza delle principali rotte nei mari circostanti l'area di studio, come illustrato in Figura 10.



**Figura 10** È Aree di spazializzazione delle emissioni navali. In azzurro: fascia entro le 12 miglia dalla costa; in blu: rotte di navigazione.

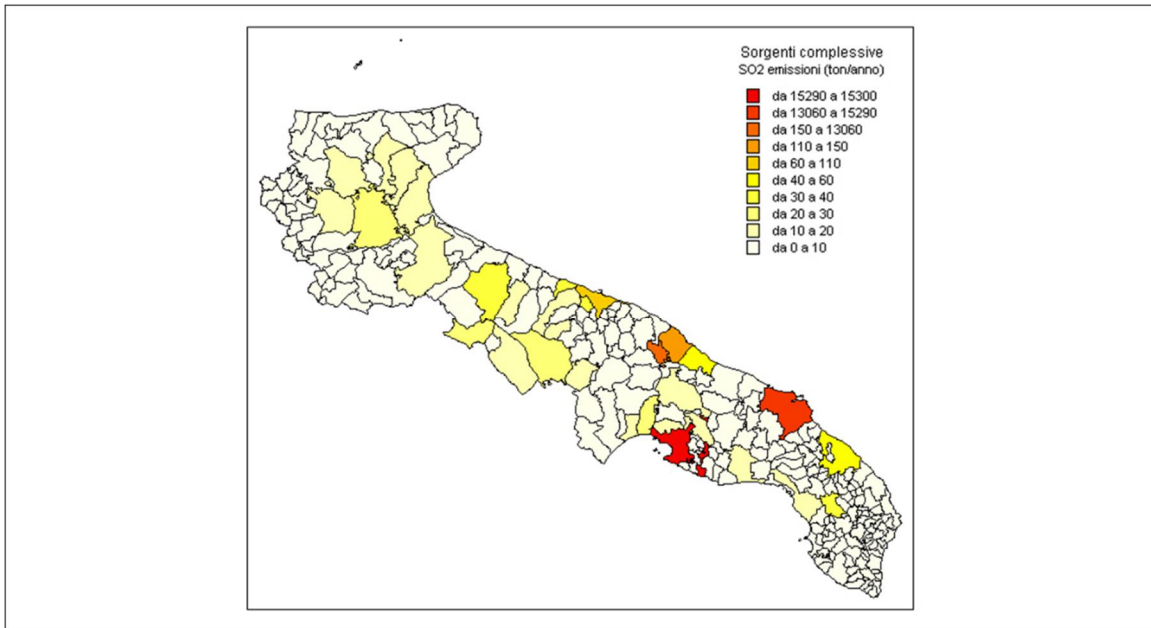
## Mappe delle emissioni totali

Si riportano di seguito le mappe (Figure 11-18) relative alle emissioni totali annuali per comune, utilizzate nelle simulazioni, relative ai seguenti inquinanti<sup>5</sup>: NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, As, Cd, Ni e Pb.

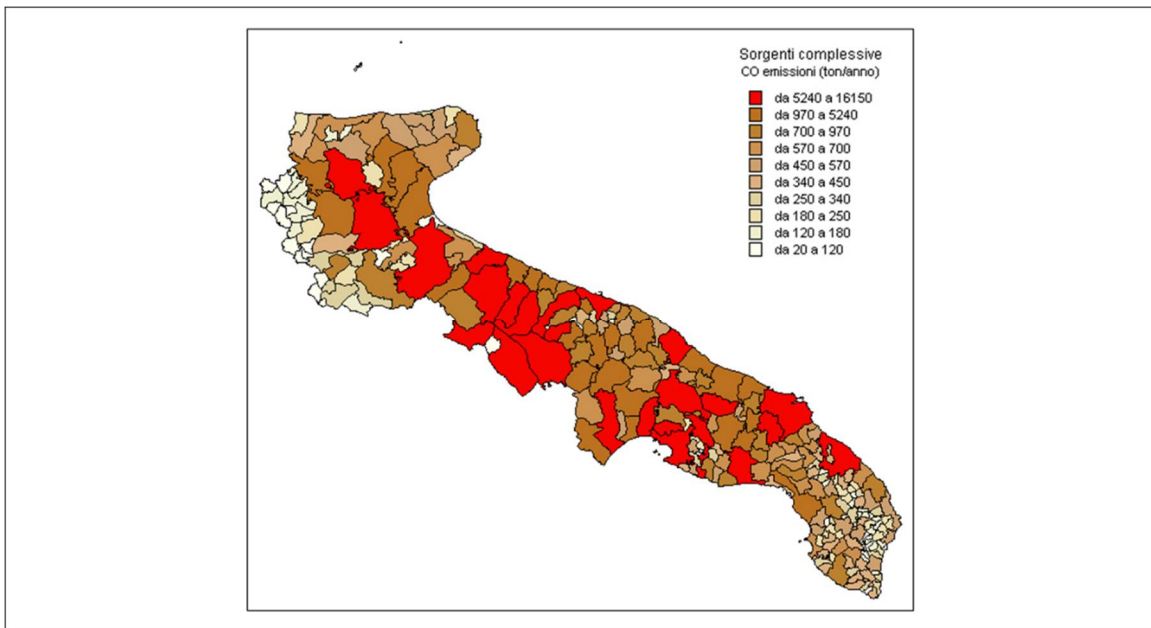


<sup>5</sup> Non si riportano per il PM<sub>2.5</sub>, BaP e Benzene le corrispondenti mappe delle emissioni su base comunale, poiché queste non corrispondono di fatto a quelle realmente utilizzate da FARM. Per alcune attività, infatti, il pre-processore emissivo interno (EMMA) al modello fotochimico può essere in grado di stimare per tali inquinanti le emissioni, utilizzando opportuni profili di disaggregazione granulometrica (PM<sub>2.5</sub>) e/o opportuni profili di speciazione (BaP, benzene, altri IPA, ecc.).

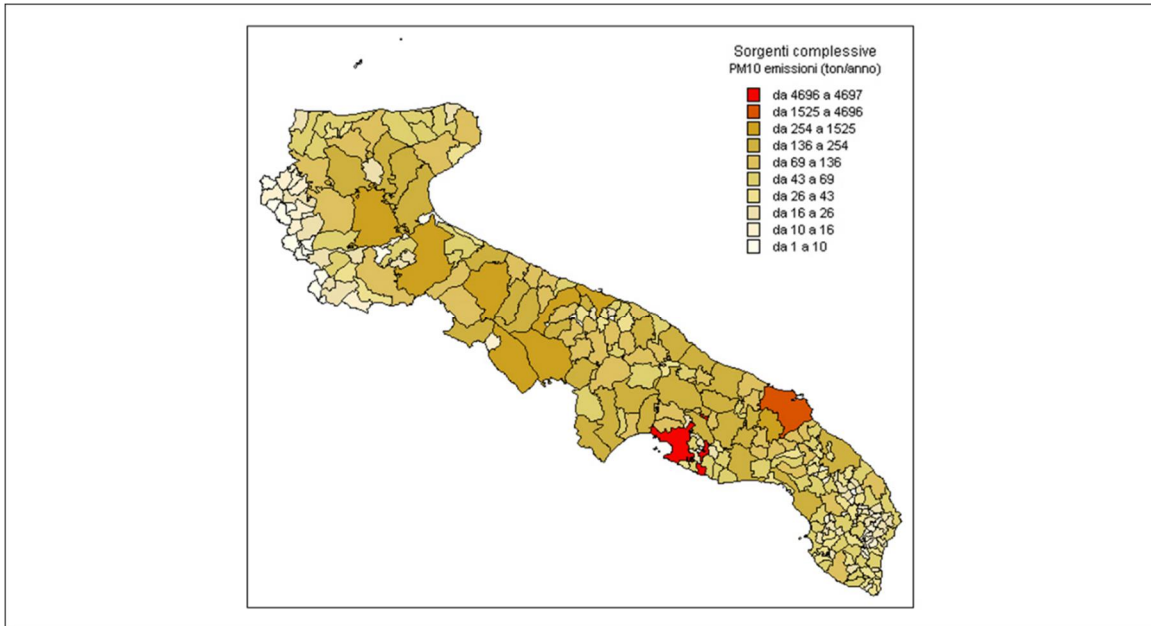
**Figura 11 È Emissioni totali annuali di NOx su base comunale**



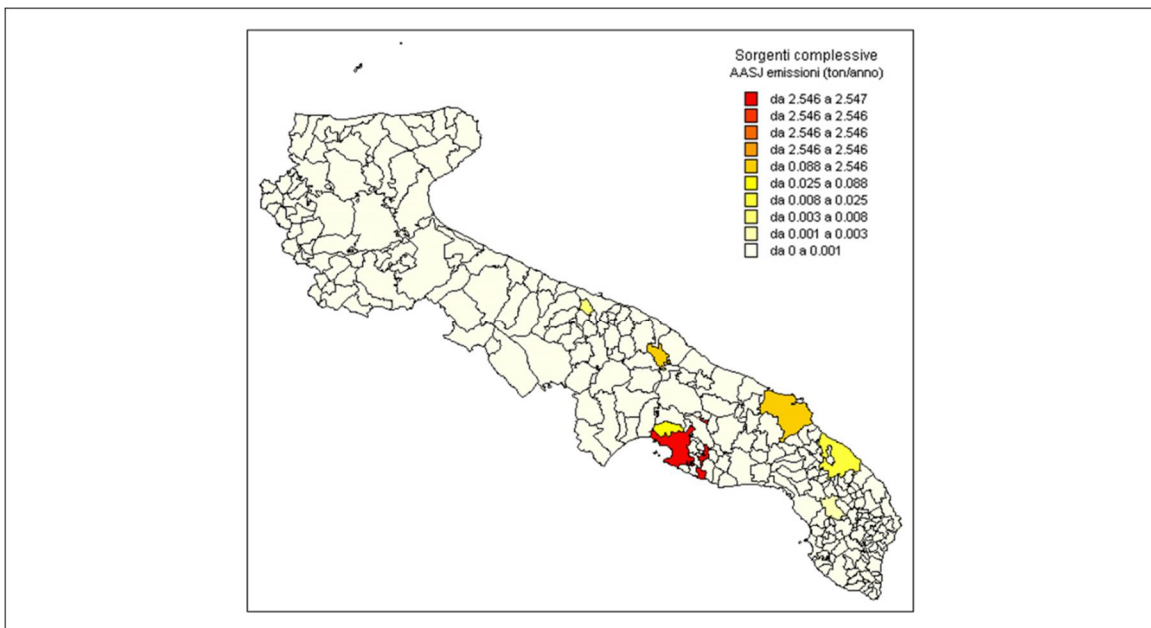
**Figura 12 È Emissioni totali annuali di SO<sub>2</sub> su base comunale**



**Figura 13 È Emissioni totali annuali di CO su base comunale**

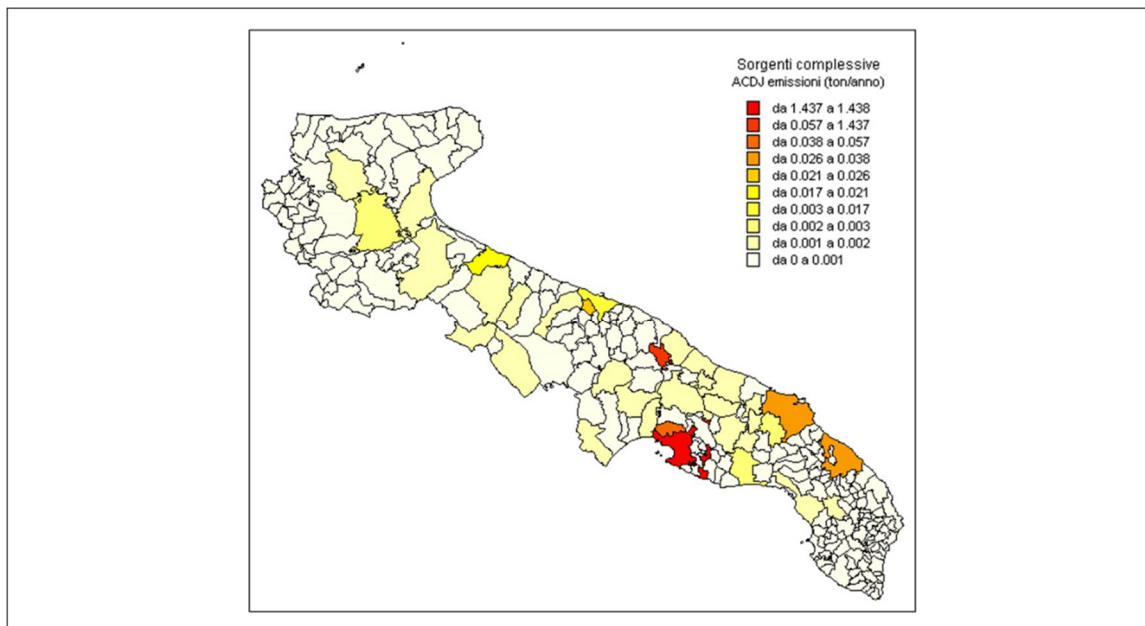


**Figura 14 È Emissioni totali annuali di PM<sub>10</sub> su base comunale**

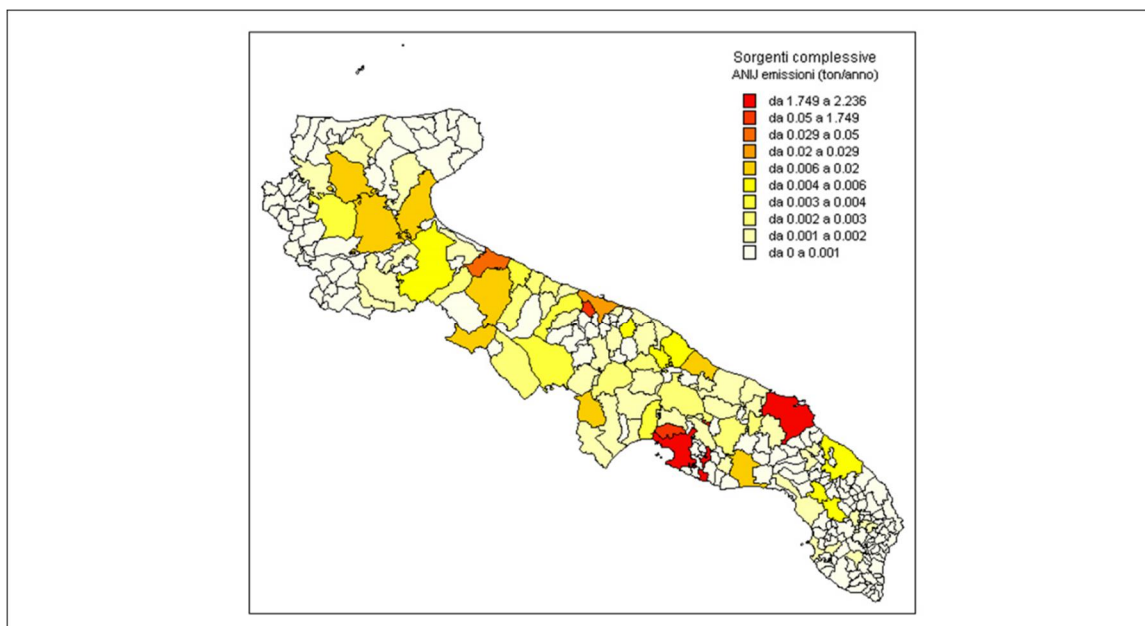


**Figura 15 È Emissioni totali annuali di Arsenico su base comunale**

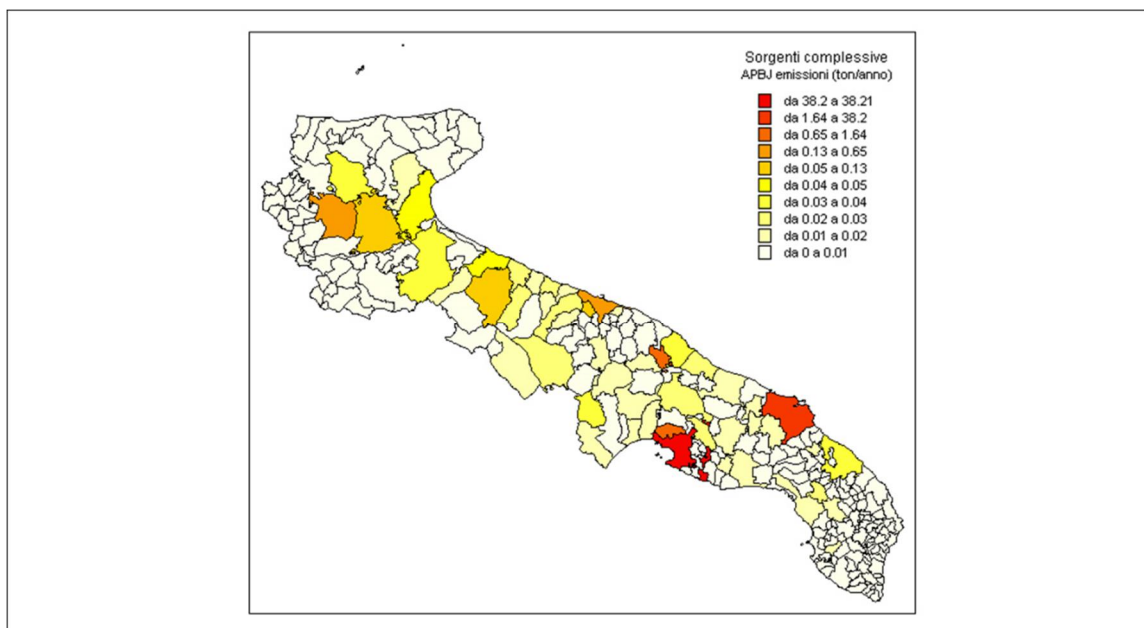




**Figura 16** È Emissioni totali annuali di Cadmio su base comunale



**Figura 17** È Emissioni totali annuali di Nichel su base comunale



**Figura 18** È Emissioni annuali totali di Piombo su base comunale

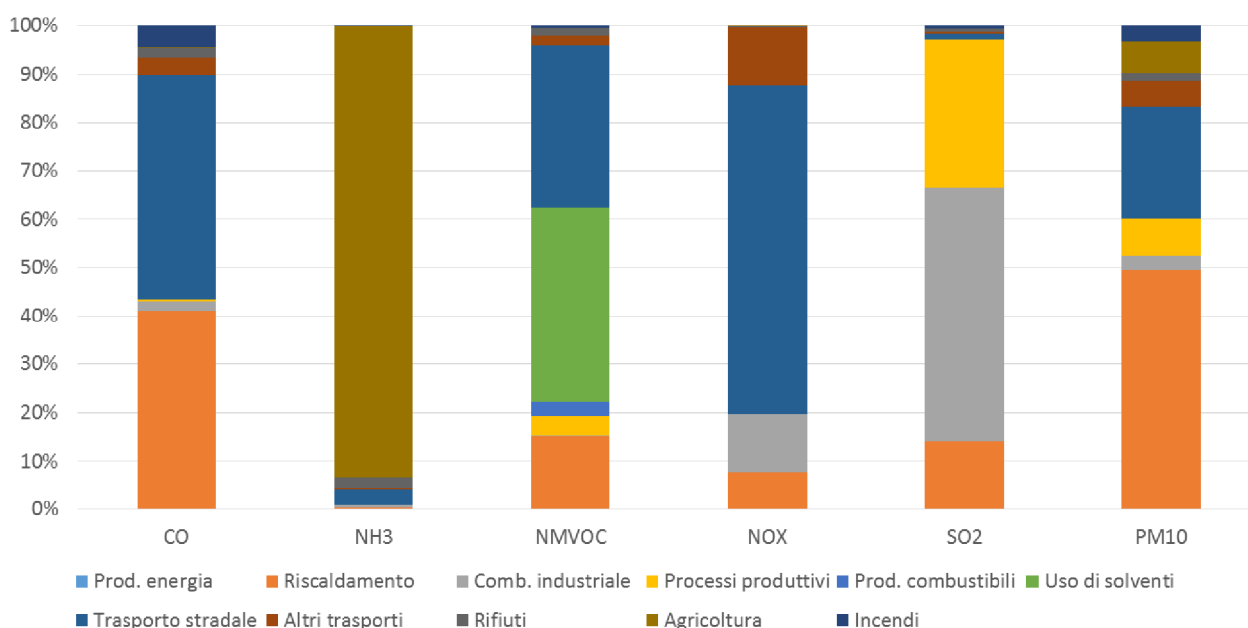
Dalle figure è evidente come i comuni con le emissioni maggiori siano quelli dove risiedono le principali sorgenti industriali, ovvero i comuni di Taranto e Brindisi.

### Emissioni sulle regioni limitrofe

Per ricostruire lo stato della QA nel dominio di simulazione, che si estende (Figura 2) ben oltre i confini della regione Puglia, è stato opportuno alimentare il modello anche con le emissioni, espresse su base provinciale, dell'inventario nazionale ISPRA, riferito all'anno 2010. Relativamente al macrosettore 11 del suddetto database sono state considerate solo le emissioni degli incendi, in quanto le emissioni biogeniche di VOC e le emissioni naturali di aerosol e metalli, di origine terrigena e marina, sono state calcolate, come già detto, su base oraria nel corso della simulazione con specifici moduli (MEGAN e SURFPro). Dall'inventario nazionale ISPRA sono state inoltre acquisite sull'intero dominio di simulazione le emissioni di particolato di origine antropogenica dovute al risollevarimento da traffico stradale e da attività agricole. Nella tabella 5 sono mostrati i totali annuali delle emissioni afferenti alle regioni confinanti con la Puglia, suddivisi per macrosettore, il cui peso relativo è mostrato in Figura 19.

**Tabella 5** È Totali emissivi per macrosettore È emissioni diffuse È macroinquinanti (t/anno)

Macrosettore	CO	NH3	NMVOG	NOX	SO2	PM10
Prod. energia	0	0	0	0	0	0
Riscaldamento	115791	123	16005	6264	676	8561
Comb. industriale	5605	169	197	9385	2503	537
Processi produttivi	660	0	4228	66	1462	1306
Prod. combustibili	0	0	3180	0	0	0
Uso di solventi	0	0	42335	0	0	1
Trasporto stradale	131288	1185	35639	54338	53	4016
Altri trasporti	9855	2	2186	9630	23	942
Rifiuti	5583	900	1526	280	22	252
Agricoltura	855	33365	113	27	0	1142
Incendi	12339	41	483	10	37	562



**Figura 19** È Peso relativo dei macrosettori È emissioni diffuse È macroinquinanti

## Condizioni iniziali ed al contorno

Per stimare il flusso di inquinanti che entra nel dominio a risoluzione 4km, ad ogni ora di simulazione, per tutti i livelli compreso il *top*, devono essere fornite al modello FARM le condizioni al contorno, generalmente costituite dall'output di un altro modello fotochimico che simula lo stesso periodo di *run* su una scala più vasta e con risoluzione più bassa. A tal fine sono stati utilizzati i campi tridimensionali prodotti dai sistemi modellistici QualeAria, relativamente agli inquinanti in fase omogenea gassosa e particellare (Figura 20), ed EMEP-MSCE, relativamente ai metalli pesanti, diossine e furani. I primi sono relativi all'anno 2013 e sono disponibili su base temporale trioraria<sup>6</sup>; i campi prodotti dal modello EMEP-MSCE sono invece di tipo climatologico (giorno tipo mensile su base temporale trioraria) e sono stati pertanto opportunamente interpolati nel tempo al fine di produrre campi giornalieri per ciascun giorno dell'anno in esame. I campi prodotti dai due sistemi modellistici sono stati quindi elaborati mediante l'utilizzo di una procedura (schematizzata nella Figura 21) al fine di estrarre le condizioni iniziali ed al contorno (laterali ed al top).

<sup>6</sup> Tali campi sono successivamente interpolati su base oraria nel corso della simulazione.

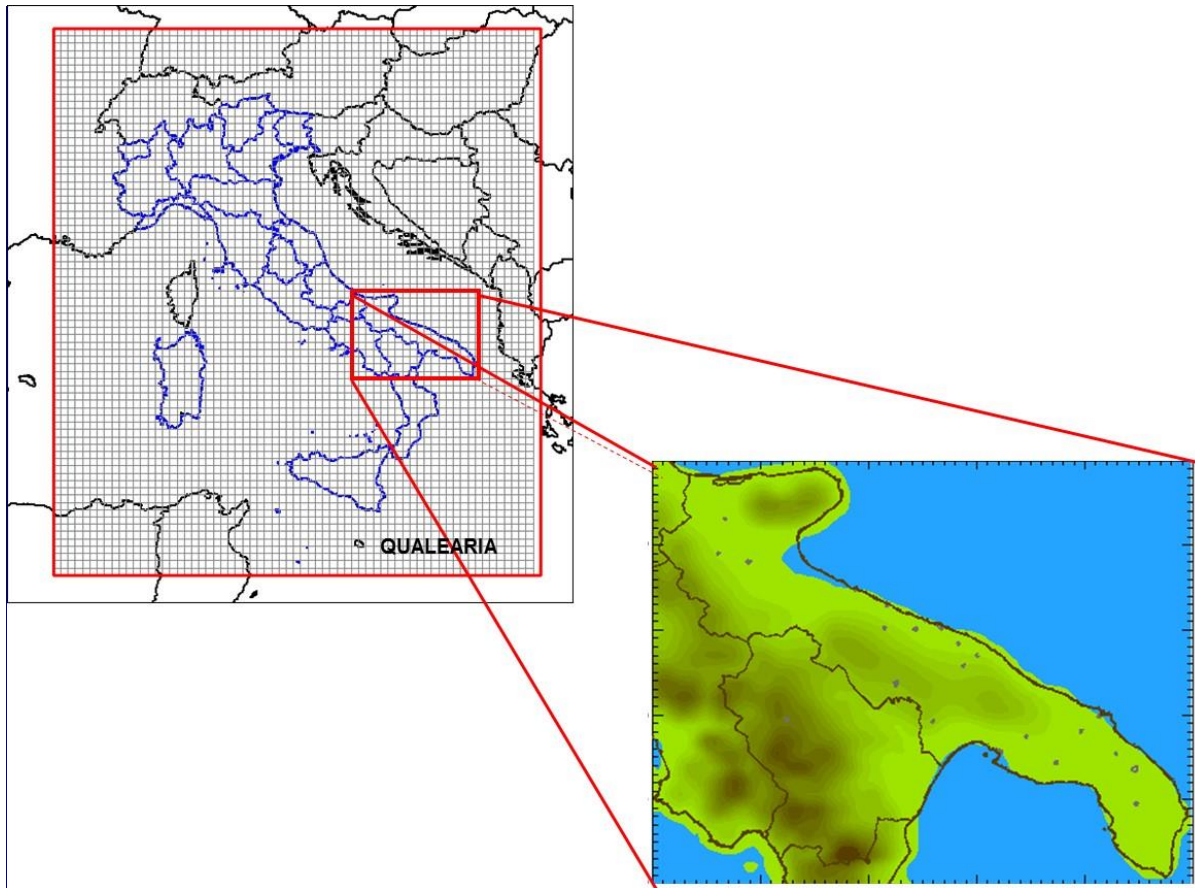


Figura 20 È Schematizzazione della griglia di calcolo utilizzata dal sistema modellistico Quale Aria e dalla griglia di FARM.

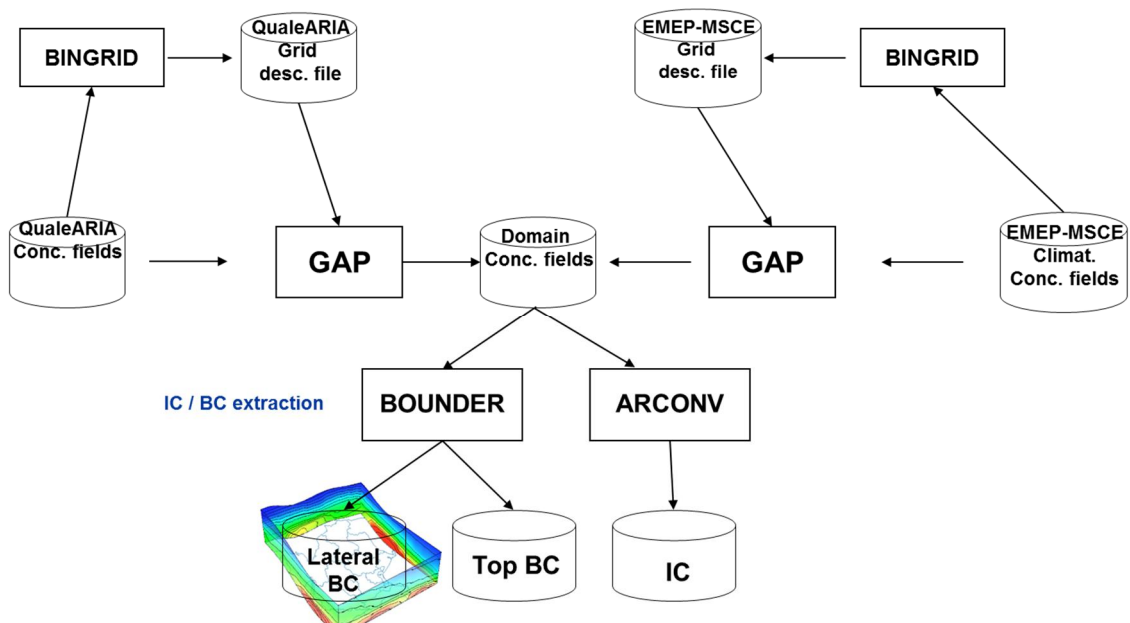


Figura 21È Procedura per la preparazione delle condizioni iniziali ed al contorno.

## Analisi dei risultati

La simulazione è stata effettuata per l'intero anno 2013 su base temporale oraria. I campi di concentrazione al suolo, prodotti sul Salento da FARM ad una risoluzione spaziale 1kmx1km, sono stati quindi opportunamente elaborati al fine di:

- a) confrontare le mappe modellistiche dei relativi indicatori, prescritti dal D.lgs 155/2010, con i corrispondenti valori limite, previsti per la protezione della salute umana;
- b) valutare la performance del modello, confrontando le concentrazioni modellate con quelle puntuali, rilevate dalle centraline della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

## Analisi della conformità dello stato della QA, riprodotta dal modello FARM sul Salento

Di seguito si mostrano i risultati della verifica della conformità dello stato della QA sul Salento, a partire dalle mappe relative alla distribuzione spaziale degli indicatori normati dal D.lgs 155/2010 (medie annue, percentili, massimi). In particolare per i suddetti indicatori, in presenza di una non conformità, verranno identificati i corrispondenti comuni interessati dal superamento e per ognuno di essi verrà fornito il valore massimo dell'indicatore, calcolato sulle celle che ricoprono il relativo territorio.

Per ogni inquinante, normato dal D.lgs 155/2010, si riportano in forma tabellare i relativi limiti ivi prescritti.

**Tabella 6** Valori limite e soglie di allarme per **NO<sub>2</sub>**  
**Biossido di azoto** **NO<sub>2</sub>**

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 18 volte per anno civile, <b>200 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Soglia di allarme <b>400 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010
	<b>400 µg/m<sup>3</sup></b>	(rilevati su 3 ore consecutive)	Allegato XII

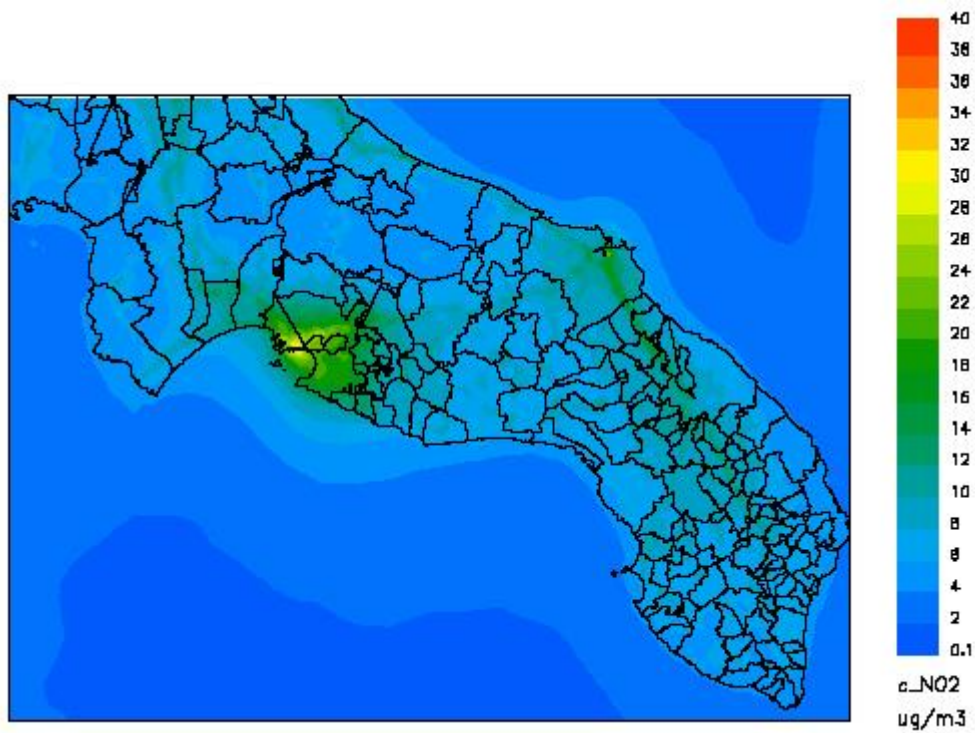


Figura 22 È Mappa della concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

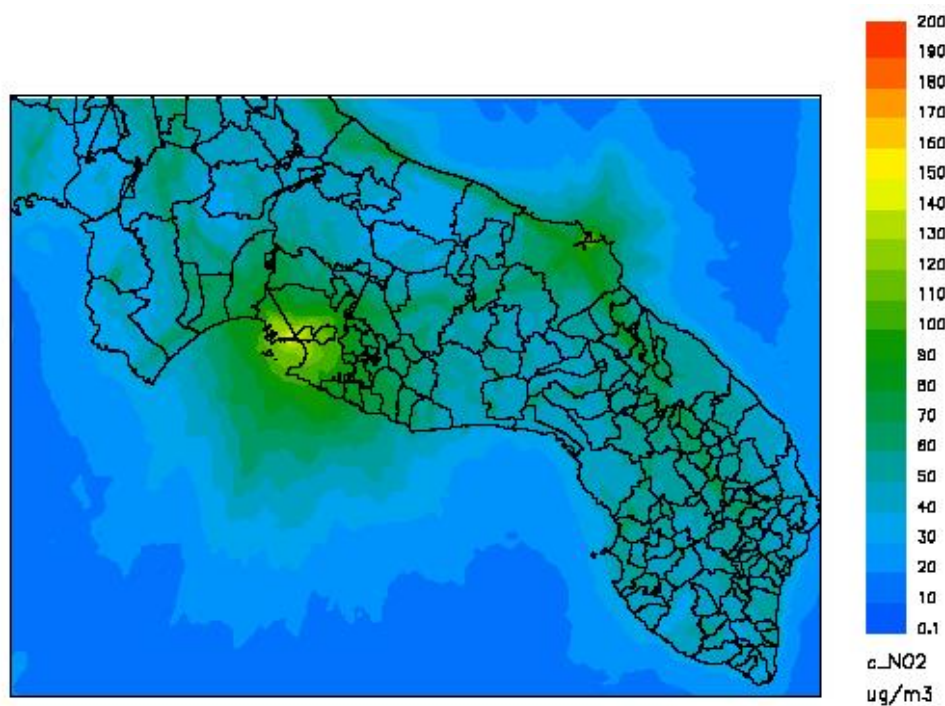
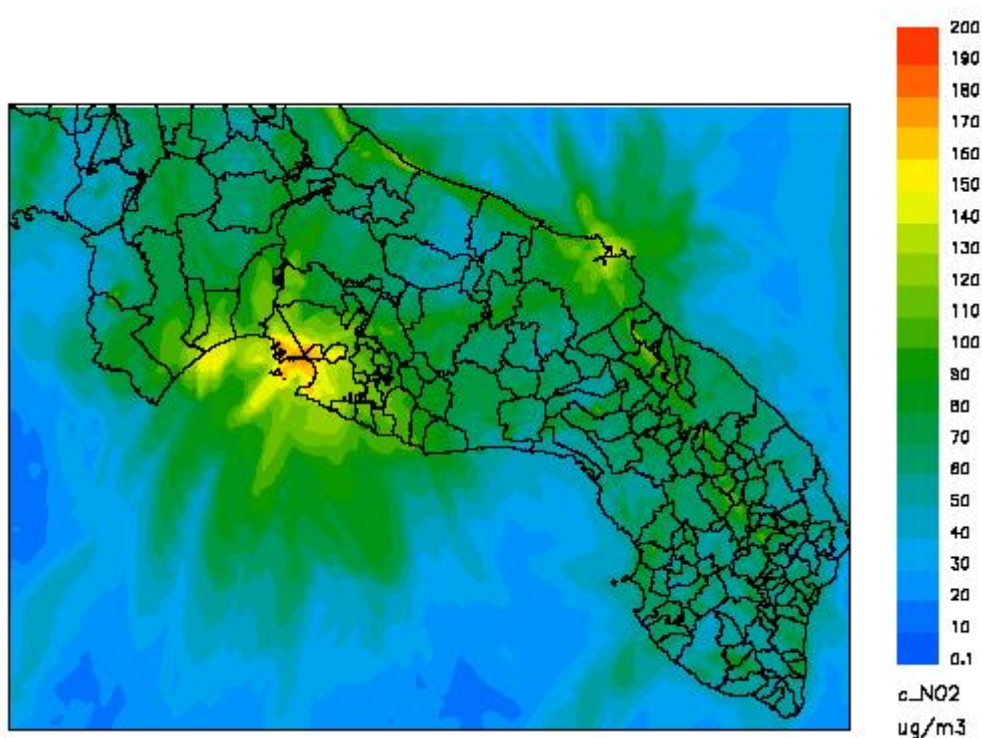


Figura 23 È Mappa del 99.8 percentile (µg/m<sup>3</sup>), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>, modellate da FARM



**Figura 24** È Mappa della concentrazione massima oraria di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

Dalle suddette mappe si evince la conformità dello stato della QA simulato ai valori limiti di legge. Le concentrazioni di biossido di azoto più elevate vengono simulate in corrispondenza delle aree industriali<sup>7</sup> ed urbane. Nelle figure inoltre emergono chiaramente anche le aree portuali e le strade caratterizzate da importanti volumi di traffico.

**Tabella 7** È Valori limite e soglie di allarme per SO<sub>2</sub>

**Biossido di zolfo**

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana	1 ora	D.L. 155/2010
	da non superare più di 24 volte per anno civile,		Allegato XI
	<b>350 µg/m<sup>3</sup></b>		
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	D.L. 155/2010
	da non superare più di 3 volte per anno civile,		Allegato XI
	<b>125 µg/m<sup>3</sup></b>		
Soglia di allarme	1 ora	D.L. 155/2010	
<b>500 µg/m<sup>3</sup></b>	(rilevati su 3 ore consecutive)	Allegato XII	

<sup>7</sup> In particolare i valori più elevati relativi alla media annuale (33.8 µg/m<sup>3</sup>) e al 98° percentile (157.2 µg/m<sup>3</sup>) vengono simulati nella zona industriale di Taranto.

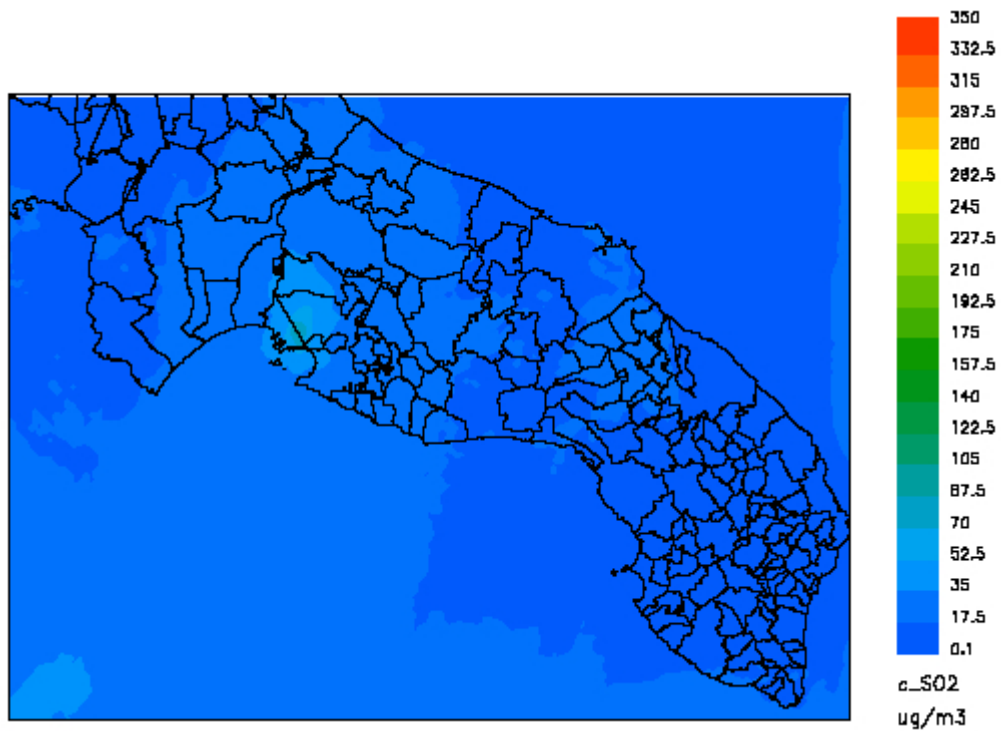


Figura 25 È Mappa del 99.7 percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie di  $\text{SO}_2$ , modellate da FARM

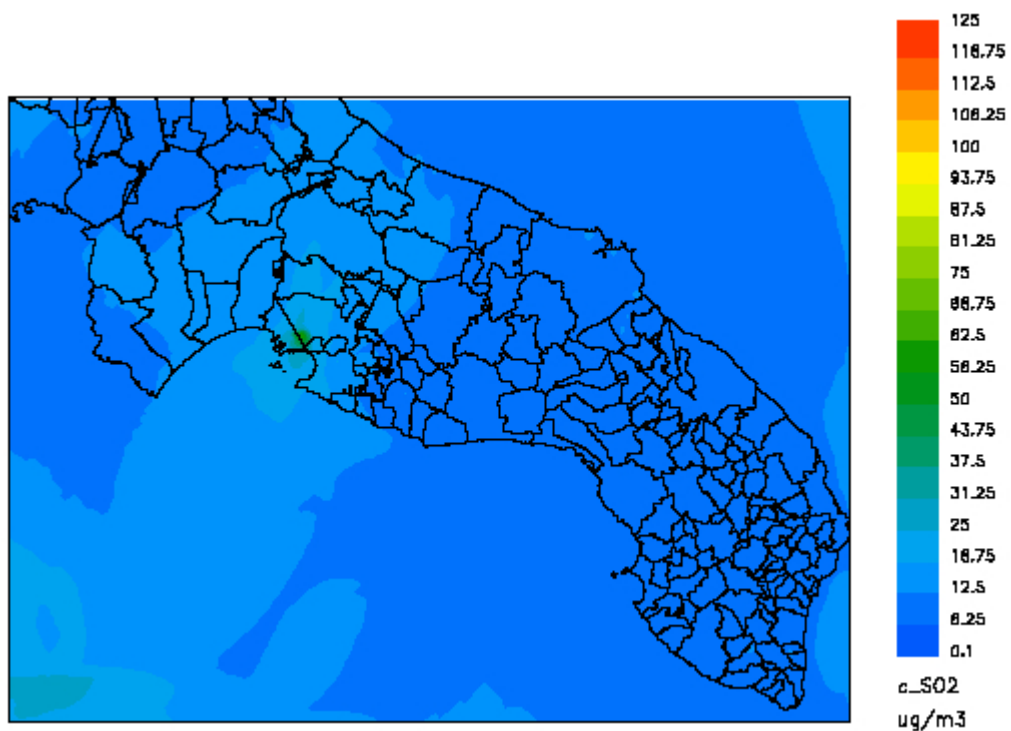


Figura 26 È Mappa del 99.2 percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni giornaliere di  $\text{SO}_2$ , modellate da FARM



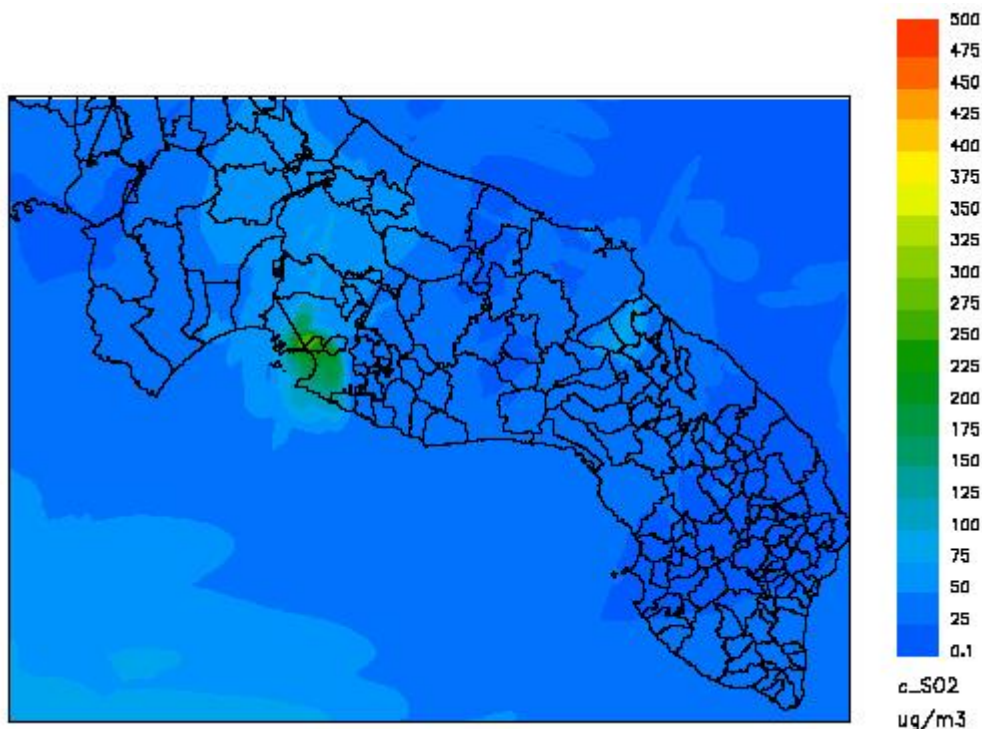


Figura 27 È Mappa della concentrazione massima oraria di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

Le concentrazioni simulate per lo SO<sub>2</sub> risultano in tutto il dominio al di sotto dei valori limite prescritti dalla normativa. I valori più elevati vengono stimati in corrispondenza dell'area industriale di Taranto. Non ci sono superamenti della soglia di allarme.

Tabella 8 È Valori limite per PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>

Particolato Fine È PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Particolato Fine</b> <b>(PM<sub>10</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 35 volte per anno civile, <b>50 µg/m<sup>3</sup></b>	24 ore	D.L. 155/2010
			Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010
			Allegato XI
<b>Particolato Fine</b> <b>(PM<sub>2.5</sub>)</b> <b>FASE I</b>	Valore limite, da raggiungere entro il 1° gennaio 2015, <b>25 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010
			Allegato XI

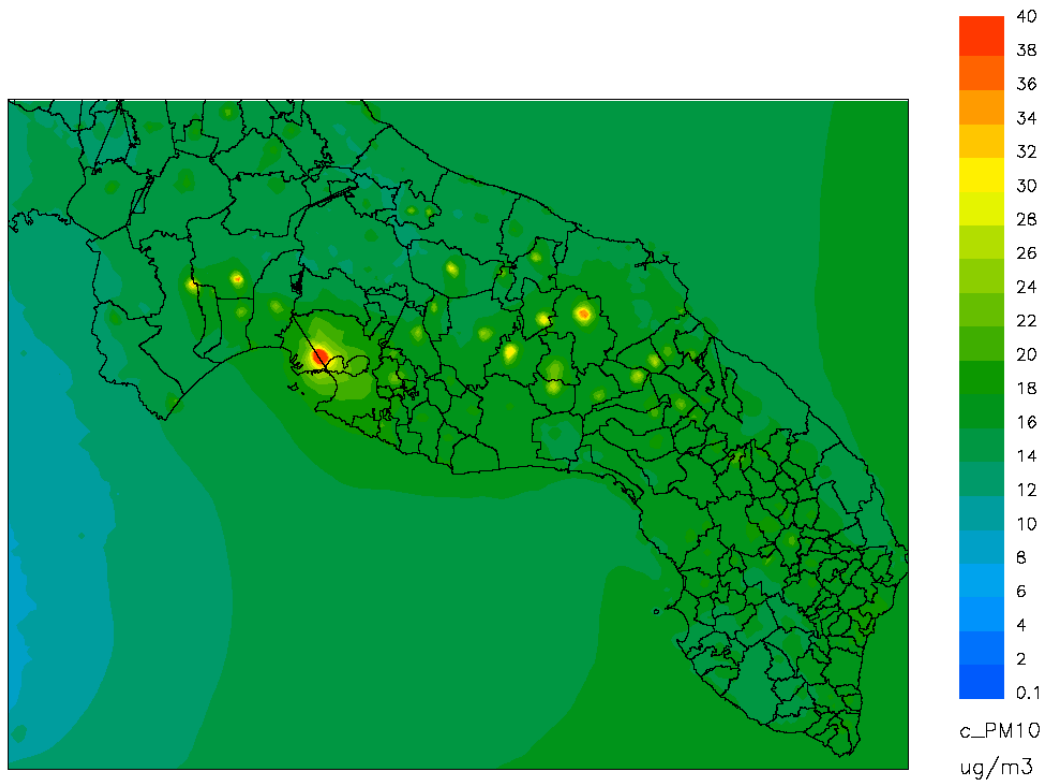


Figura 28 - Mappa della concentrazione media annuale di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

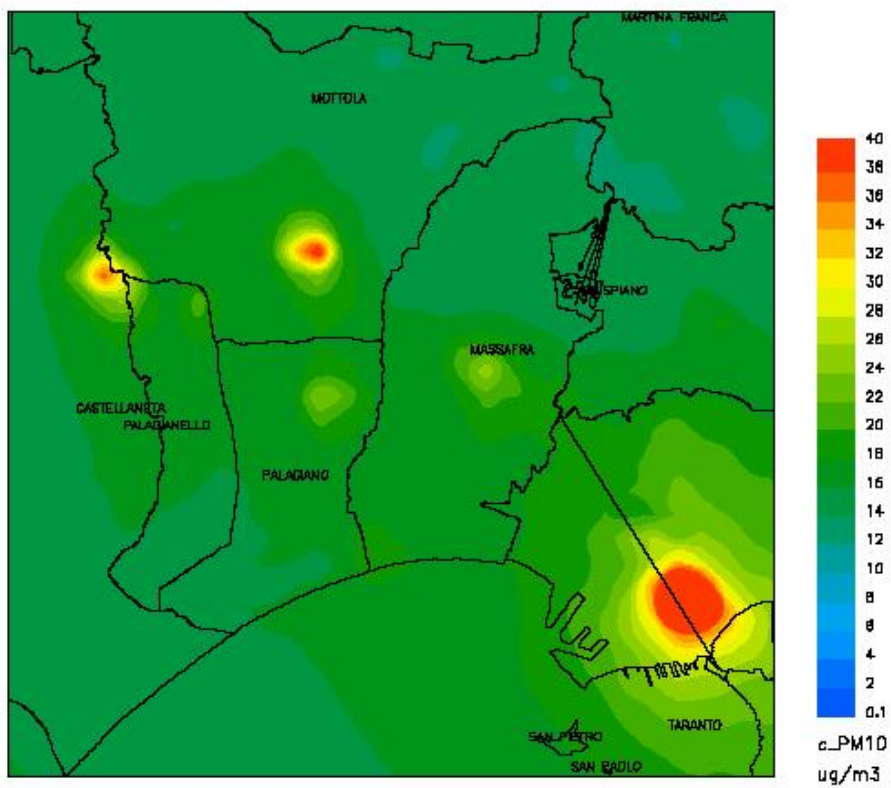


Figura 29 È Dettaglio della mappa della concentrazione media annuale di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM a nord di Taranto

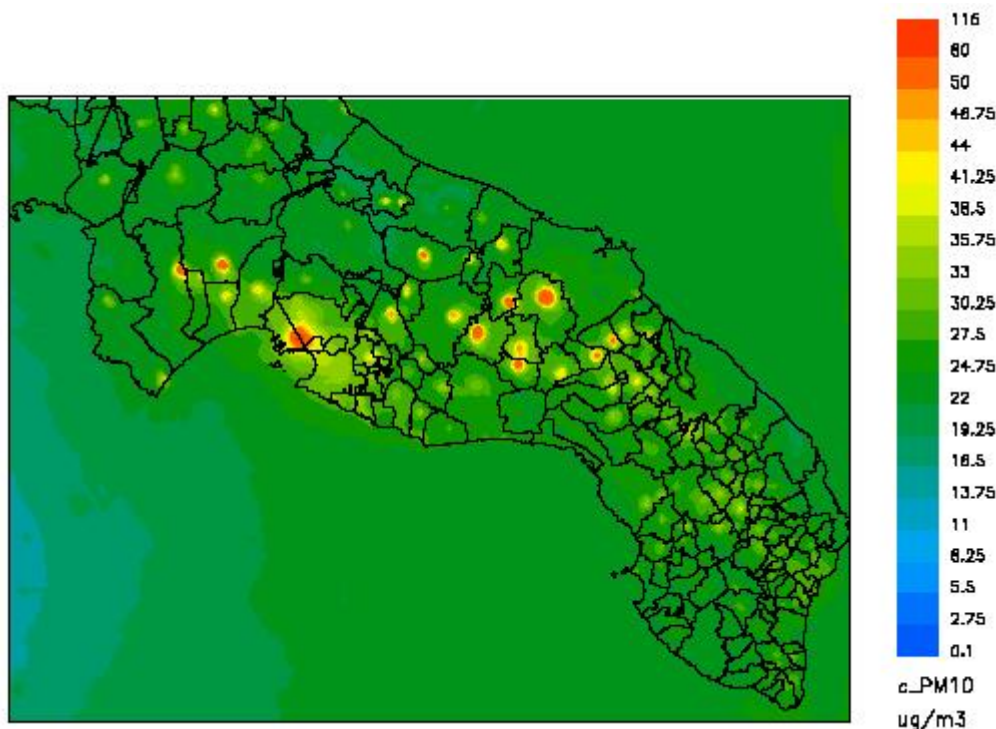
Per il PM10, come si desume dalle mappe, si stimano alcuni superamenti<sup>8</sup> del valore limite annuale. Le concentrazioni medie annuali più elevate, simulate da FARM, vengono stimate in corrispondenza sia dell'area industriale di Taranto che nella parte del quartiere Tamburi ad essa più prossima. In corrispondenza delle centraline, site in Via Machiavelli e Via Archimede, il modello non prevede il superamento del valore limite, coerentemente con quanto misurato nel 2013.

Un altro superamento si rileva presso il comune di Mottola e risulta attribuibile presumibilmente a sorgenti locali (ad es. riscaldamento residenziale con biomassa legnosa).

Nella tabella successiva si riporta per i suddetti comuni il massimo tra i valori di concentrazione media annuale, calcolati sulle celle del dominio che ricoprono i relativi territori.

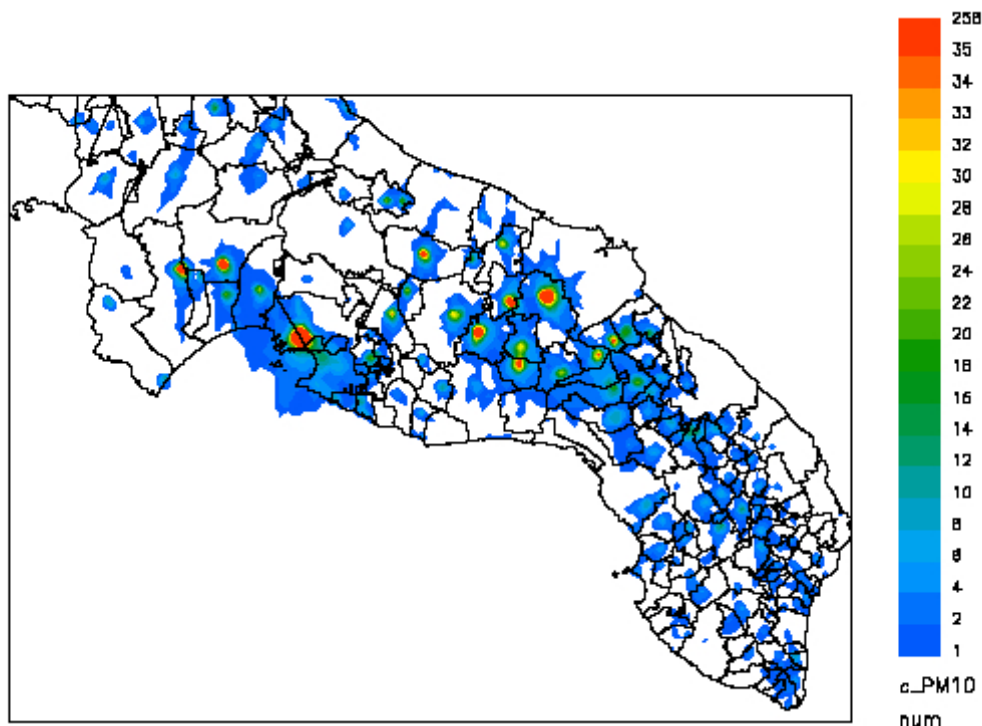
**Tabella 9** È Comuni sul cui territorio si prevede il superamento del valore limite annuale per il PM10

Comune	Provincia	Concentrazione media annuale PM10 (ug/m3)
Quartiere Tamburi - Taranto	TA	63.7
Mottola	TA	41.7



**Figura 30** È Mappa del 90.4 percentile, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni giornaliere per il PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), modellata da FARM

<sup>8</sup> Si verifica un superamento del valore limite annuale quando la concentrazione media annuale modellata supera il valore di 40.55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 31** È Mappa del numero annuale di superamenti del valore limite sulla media giornaliera di PM<sub>10</sub>, stimati da FARM

Riguardo al valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, da non superare per più di 35 volte all'anno, il modello prevede alcune non conformità sia in corrispondenza della città di Taranto e provincia (nei comuni di Mottola, Castellaneta e Grottaglie), che in diversi comuni dell'area brindisina, come evidenziato dalla tabella successiva che riporta per questi il numero totale dei superamenti modellati.

**Tabella 10 - Comuni nei quali il numero dei superamenti del valore limite giornaliero per il PM10 è superiore a 35**

Comune	Provincia	Numero superamenti del valore limite giornaliero per il PM10
Quartiere Tamburi - Taranto	TA	216
Mottola	TA	91
Castellaneta	TA	77
Grottaglie	TA	39
Mesagne	BR	82
Latiano	BR	66
Oria	BR	62
Ceglie Messapica	BR	57
Cellino San Marco	BR	47
Erchie	BR	44
San Donaci	BR	44
FrancaVilla Fontana	BR	38

Per quanto riguarda il comune di Torchiarolo, la simulazione ad 1 km, pur migliorando la stima della concentrazione media annuale e del numero di superamenti rispetto al run a 4km, non riproduce la non conformità sul valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, riscontrata nel 2013 dalla centralina di monitoraggio sita in Via Don Minzoni. Ciò può essere verosimilmente dovuto o ad una sottostima delle emissioni locali (ad esempio la combustione residenziale della biomassa), o alla presenza di sorgenti non adeguatamente risolte alla risoluzione della simulazione.

Per quanto riguarda il comune di Taranto il modello prevede presso le centraline site in Via Machiavelli e Via Archimede un numero di superamenti superiore a 35, ma tali superamenti non sono confermati dalle misure. Tale sovrastima potrebbe essere dovuta alla metodologia utilizzata per aggiornare le emissioni ILVA al 2013. L'aggiornamento, infatti, è stato condotto utilizzando i soli dati di produttività, senza tenere conto dei cambiamenti nei metodi di gestione e funzionamento degli impianti che possono aver contribuito ad una ulteriore riduzione delle emissioni.

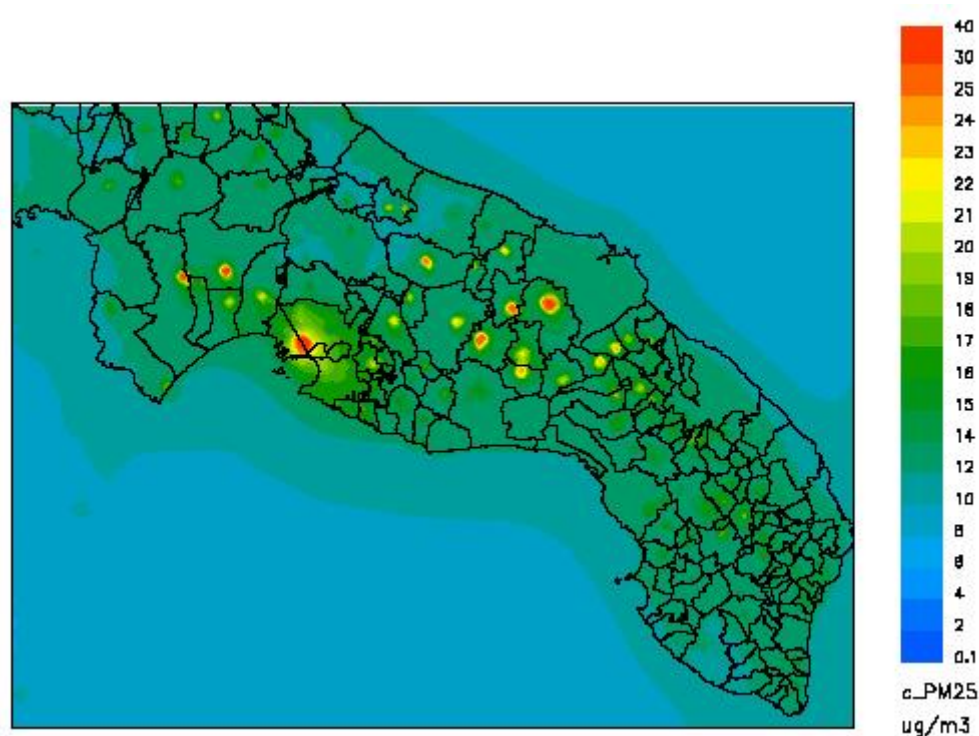


Figura 32 È Mappa della concentrazione media annuale di PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>), stimata da FARM

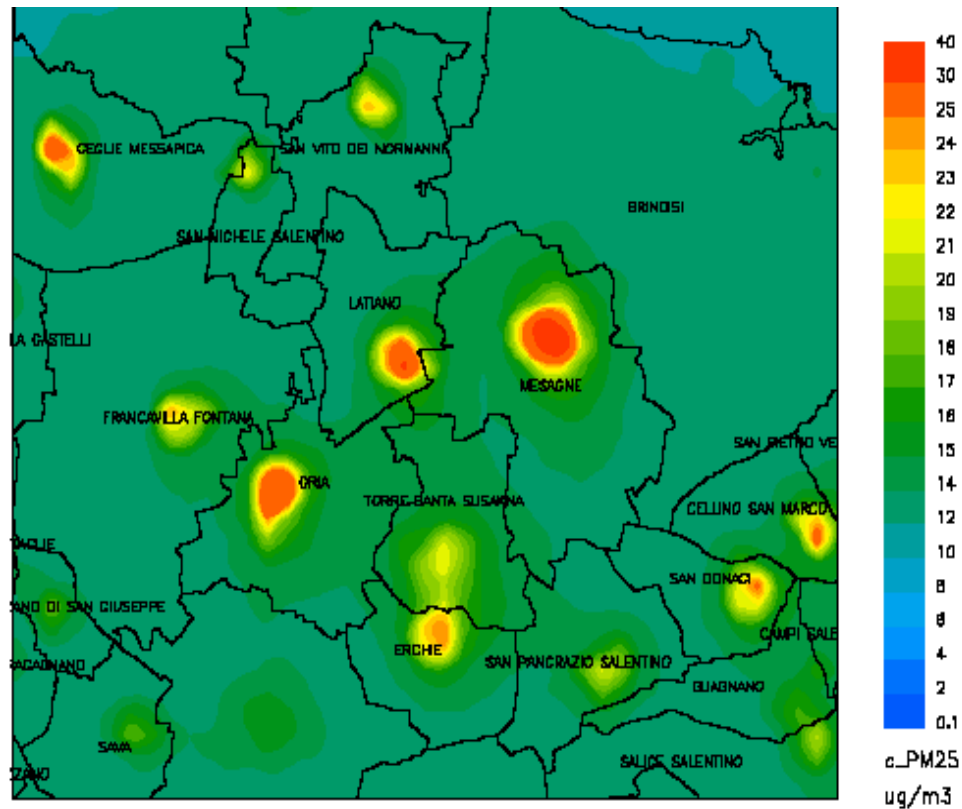


Figura 33È Dettaglio della mappa della concentrazione media annuale di PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM in provincia di Brindisi

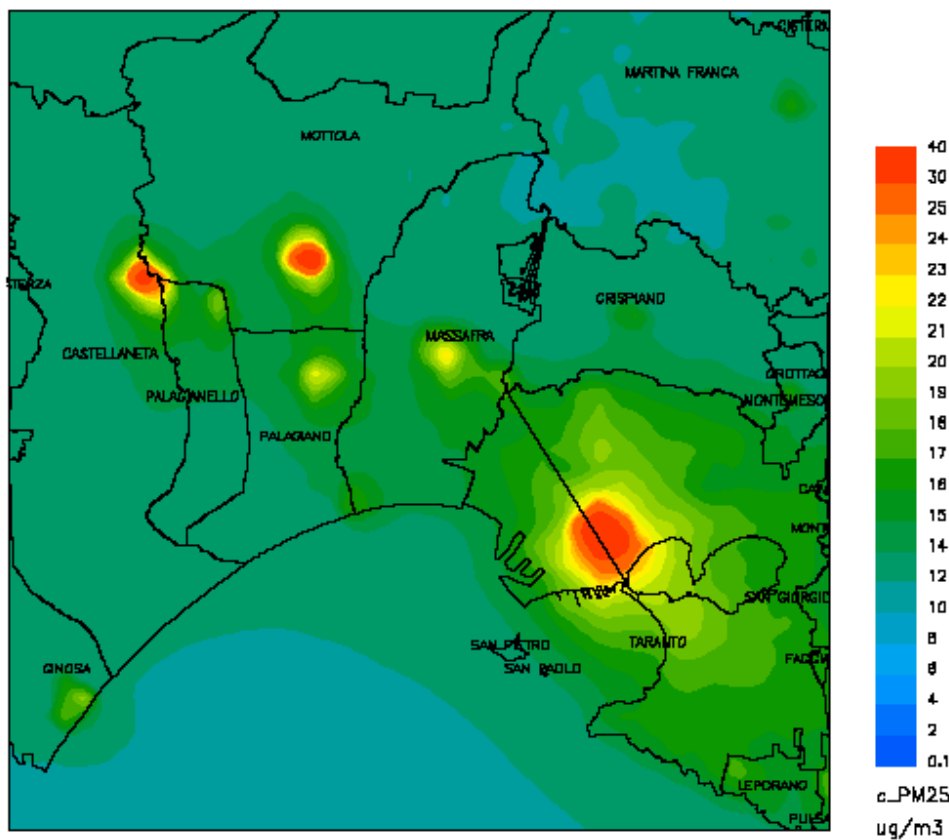


Figura 34È Dettaglio della mappa della concentrazione media annuale di PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>), modellata da FARM a nord di Taranto

**Tabella 11 - Comuni sul cui territorio si prevede il superamento del valore limite annuale per il PM2.5**

<b>Comune</b>	<b>Provincia</b>	<b>Concentrazione media annuale PM2.5 (ug/m3)</b>
Quartiere Tamburi - Taranto	TA	40.4
Mottola	TA	39.2
Castellaneta	TA	35.1
Mesagne	BR	35.4
Latiano	BR	31.3
Oria	BR	30.2
Ceglie Messapica	BR	30.1
Cellino San Marco	BR	26.9
San Donaci	BR	26.2

Anche relativamente alla media annuale del PM<sub>2.5</sub> il modello prevede sul dominio di simulazione per il 2013 diversi superamenti del valore limite vigente. In provincia di Taranto tali superamenti sono stimati sia presso il quartiere Tamburi che nei comuni di Mottola e Castellaneta. In provincia di Brindisi i superamenti interessano i comuni di Mesagne, Latiano, Ceglie Messapica, Oria, Cellino San Marco e San Donaci.

Riguardo all'area di Taranto è opportuno precisare che il modello vede un superamento del valore limite anche in corrispondenza della centralina di Via Machiavelli (con un valore medio pari a 26 µg/m<sup>3</sup>), ma tale superamento non è confermato dalle misure, svolte presso la stessa centralina. Come già detto, ciò potrebbe essere imputabile alla emissione utilizzata per ILVA, che è stata scalata per il 2013 solo sui dati di produttività.

**Tabella 12 È Valori limite per O<sub>3</sub>**

**Ozono È O<sub>3</sub>**

Inquinante	Valore limite	Periodo di mediazione	Legislazione
Ozono (O <sub>3</sub> )	Valore obiettivo per la protezione della salute umana, da non superare più di 25 volte per anno civile come media sui tre anni	Max media	D.L. 155/2010
	120 ug/m <sup>3</sup>	8 ore	Allegato VII
	Soglia di informazione	1 ora	D.L. 155/2010
	180 ug/m <sup>3</sup>		Allegato XII
	Soglia di allarme	1 ora	D.L. 155/2010
	240 ug/m <sup>3</sup>		Allegato XII
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max media	D.L. 155/2010	
120 ug/m <sup>3</sup>	8 ore	Allegato VII	

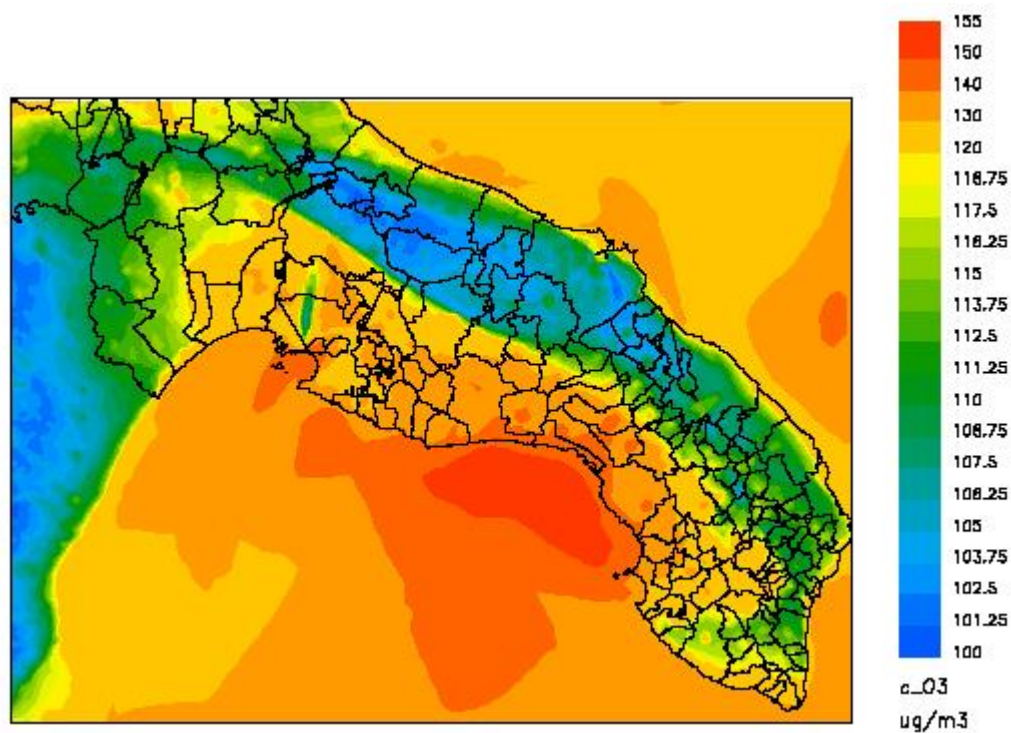


Fig. 35 È Mappa della concentrazione media mobile massima su 8 ore di O<sub>3</sub>(µg/m<sup>3</sup>)



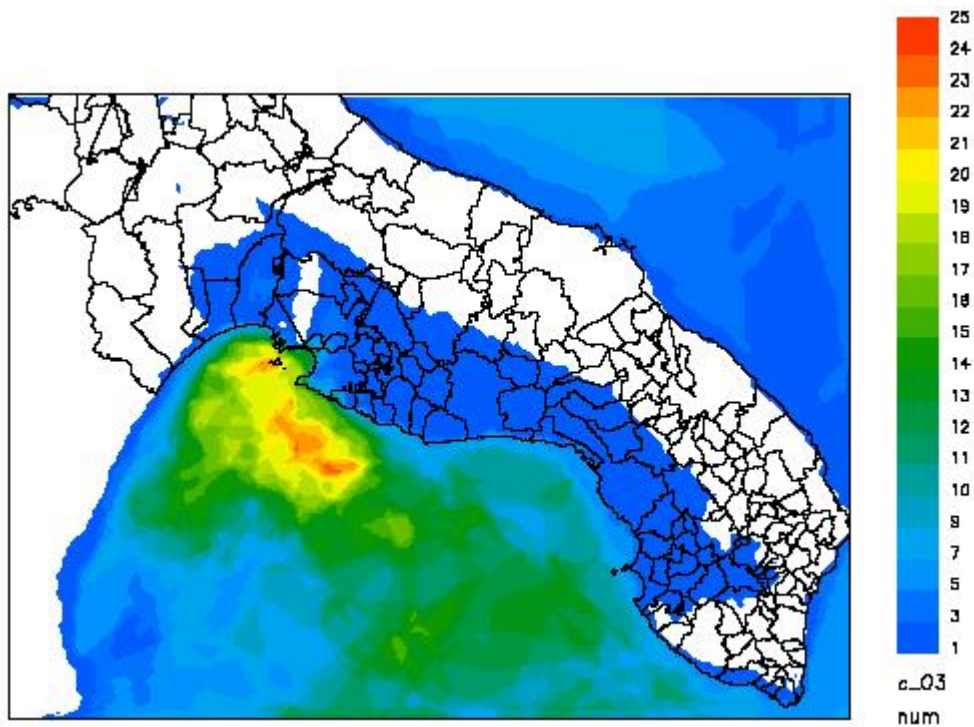


Fig. 36 È Mappa del numero annuale di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per O<sub>3</sub>

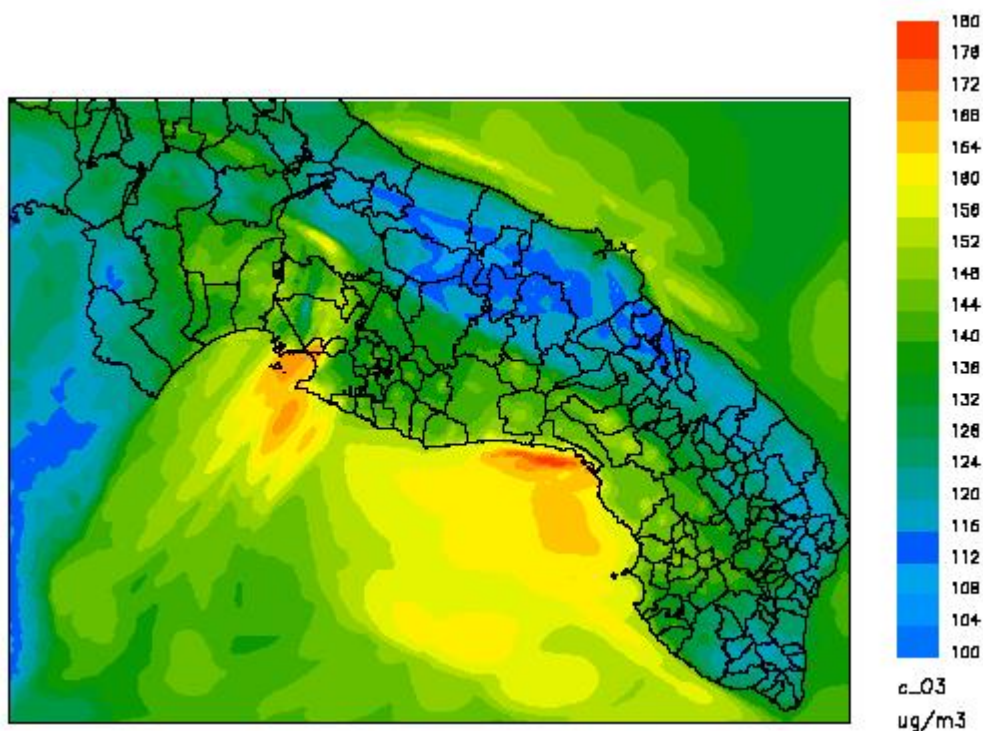


Fig. 37 È Mappa della massima concentrazione oraria per O<sub>3</sub>(µg/m<sup>3</sup>), simulata da FARM

Sul Salento non si osservano superamenti per l'O<sub>3</sub> del valore obiettivo per la protezione della salute umana né delle relative soglie<sup>9</sup>.

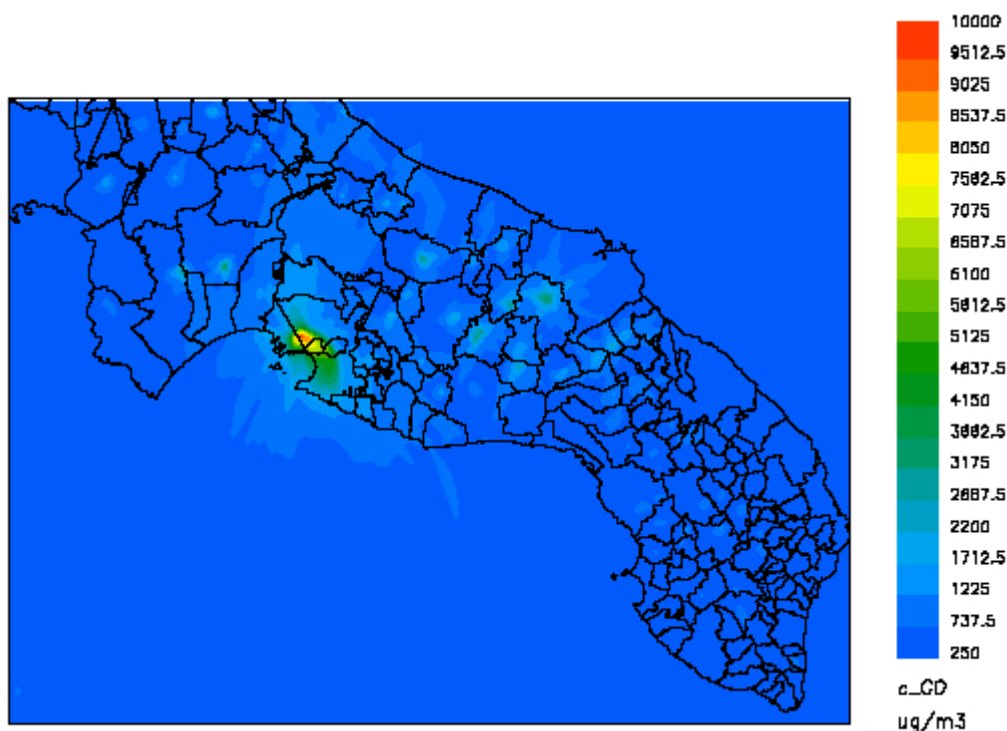
<sup>9</sup> La massima concentrazione oraria modellata risulta pari a 179 µg/m<sup>3</sup> e si rileva sul mare in prossimità della costa ionica meridionale.

Si rilevano invece superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. In particolare dalla mappa mostrata in Fig. 37 è possibile rilevare che le concentrazioni più elevate di O<sub>3</sub> si osservano sulla parte ionica della penisola salentina.

**Tabella 13 È Valore limite per CO**

**Monossido di Carbonio È CO**

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Monossido di Carbonio (CO)</b>	Valore limite protezione salute umana,	Max media giornaliera calcolata su 8 ore	D.L. 155/2010
	<b>10 mg/m<sup>3</sup></b>		Allegato XI



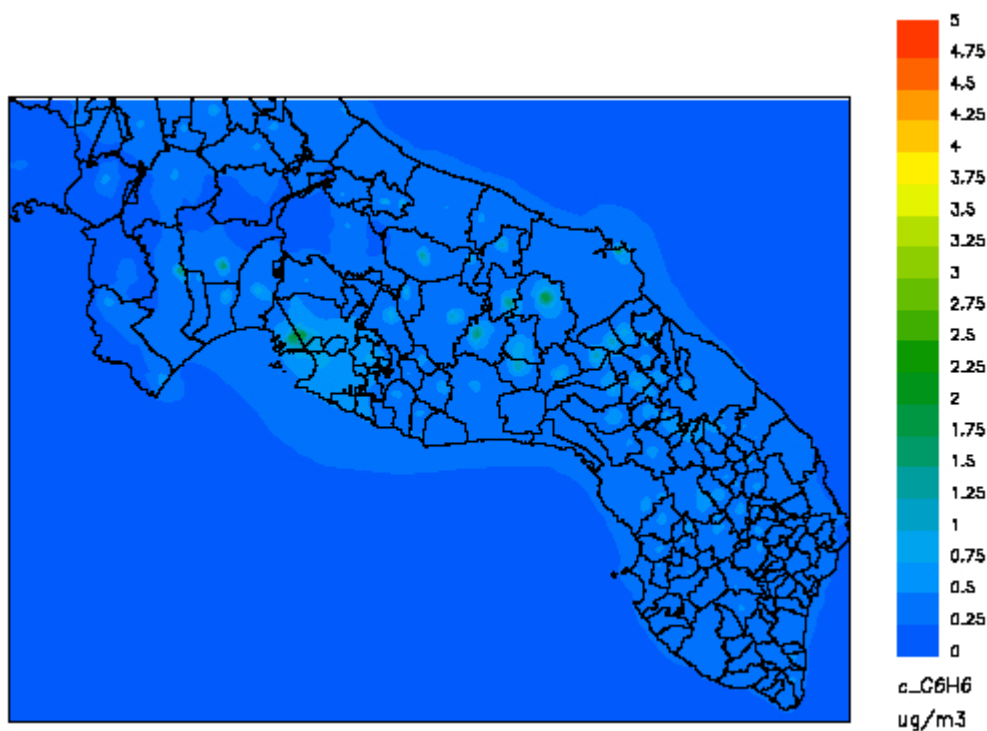
**Figura 38 È Mappa della concentrazione media mobile massima su 8 ore di CO, stimata da FARM ed espressa in µg/m<sup>3</sup>**

Sul Salento non si riscontrano superamenti del valore limite per la protezione della salute umana. I valori più elevati si osservano sull'area industriale di Taranto.

**Tabella 14 È Valore limite per Benzene, BaP e metalli pesanti**

## Altri inquinanti normati È Benzene, BaP e metalli pesanti

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
	5 µg/m <sup>3</sup>		
<b>Benzo(a)pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)</b>	Valore obiettivo,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XIII
	1 ng/m <sup>3</sup>		
<b>Piombo (Pb)</b>	Valore limite,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
	0,5 µg/m <sup>3</sup>		
<b>Arsenico (Ar)</b>	Valore obiettivo,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XIII
	6,0 ng/m <sup>3</sup>		
<b>Cadmio (Cd)</b>	Valore obiettivo,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XIII
	5,0 ng/m <sup>3</sup>		
<b>Nichel (Ni)</b>	Valore obiettivo,	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XIII
	20,0 ng/m <sup>3</sup>		



**Figura 39 È Mappa della concentrazione media annuale (µg/m<sup>3</sup>) di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, stimata da FARM**

Sul Salento non si verificano superamenti del valore limite per la protezione della salute umana. Le concentrazioni medie annuali più elevate di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> si osservano in corrispondenza dell'area industriale di Taranto.

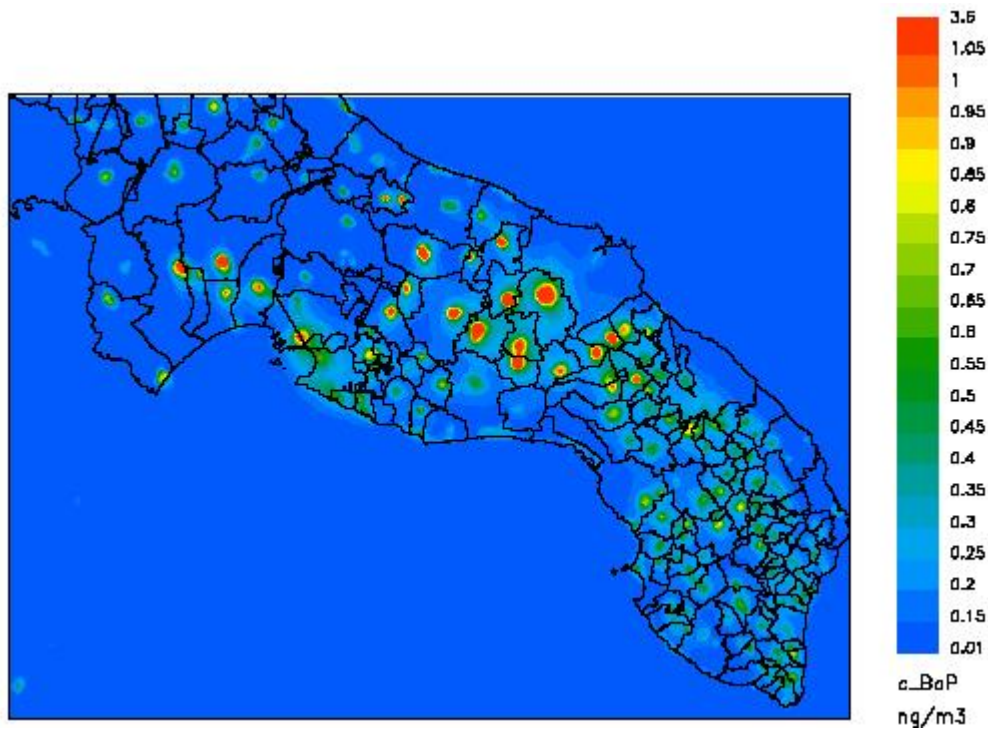


Figura 40 È Mappa della concentrazione media annuale di B(a)P (ng/m<sup>3</sup>), stimata da FARM

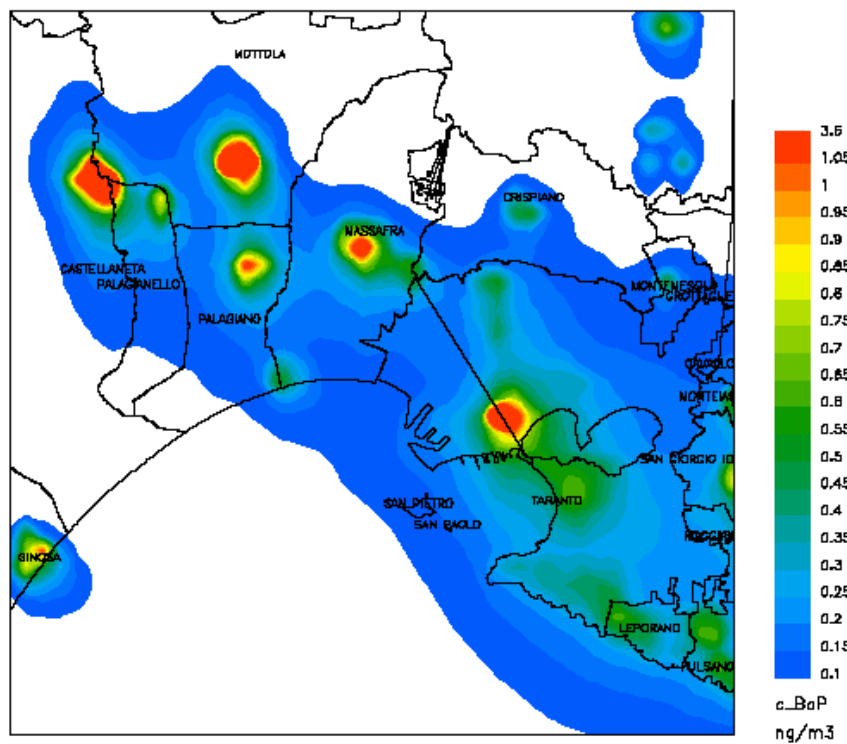


Figura 41È Dettaglio sulla provincia di Taranto della mappa della concentrazione media annuale di BaP (ng/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

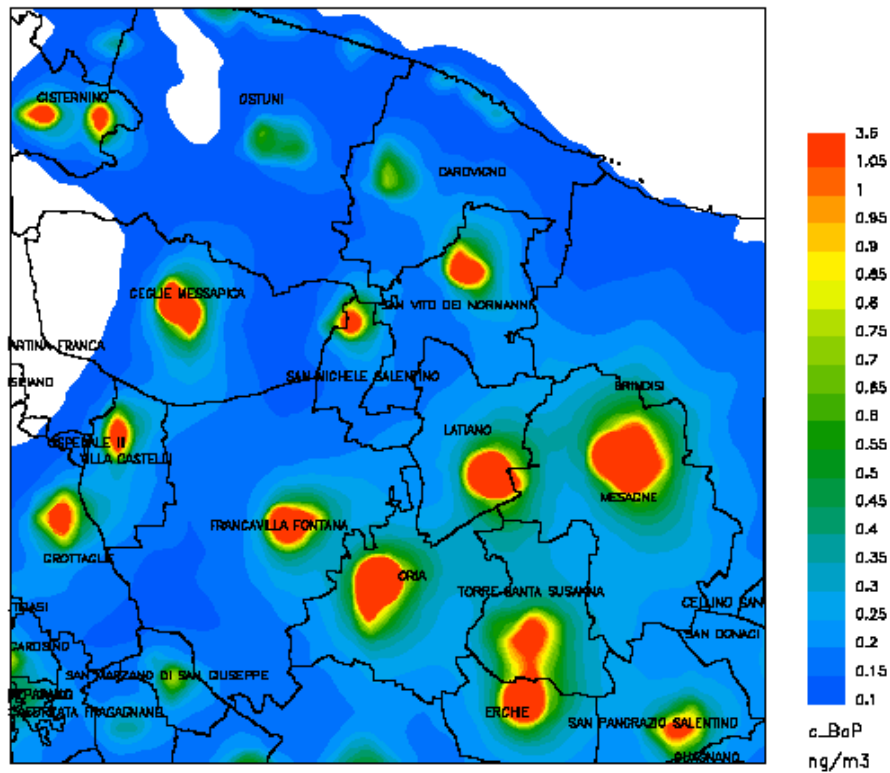


Figura 42 È Dettaglio sulla provincia di Brindisi della mappa della concentrazione media annuale di BaP (ng/m<sup>3</sup>), modellata da FARM

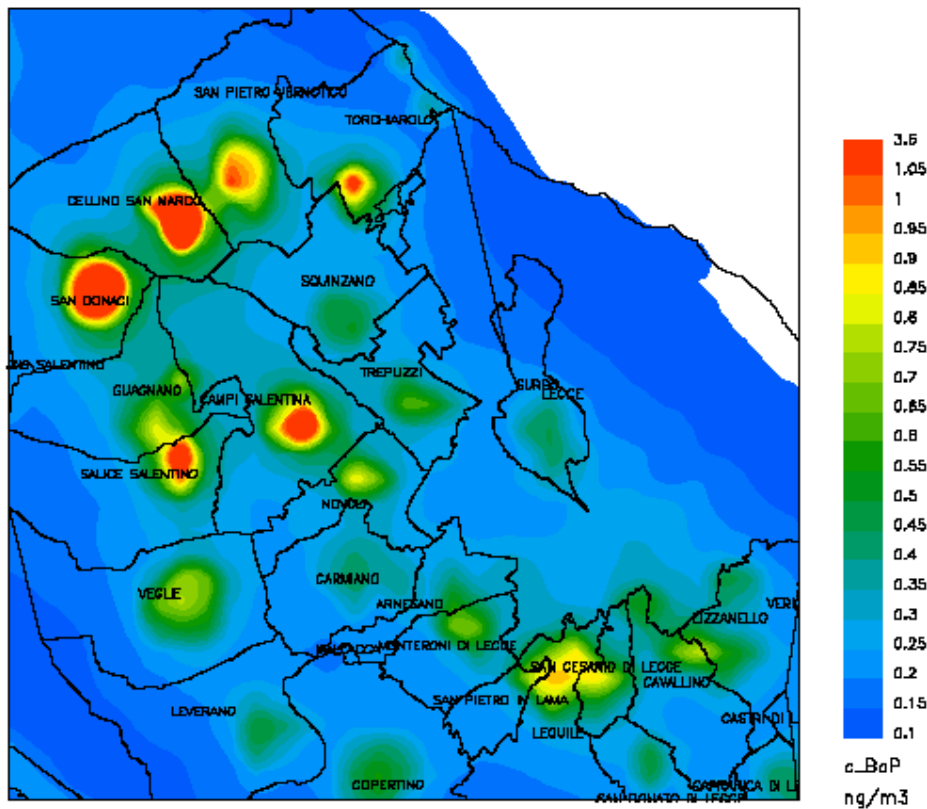


Figura 43 È Dettaglio relativo all'area a Nord di Lecce della mappa della concentrazione media annuale di BaP (ng/m<sup>3</sup>), modellata da FARM.

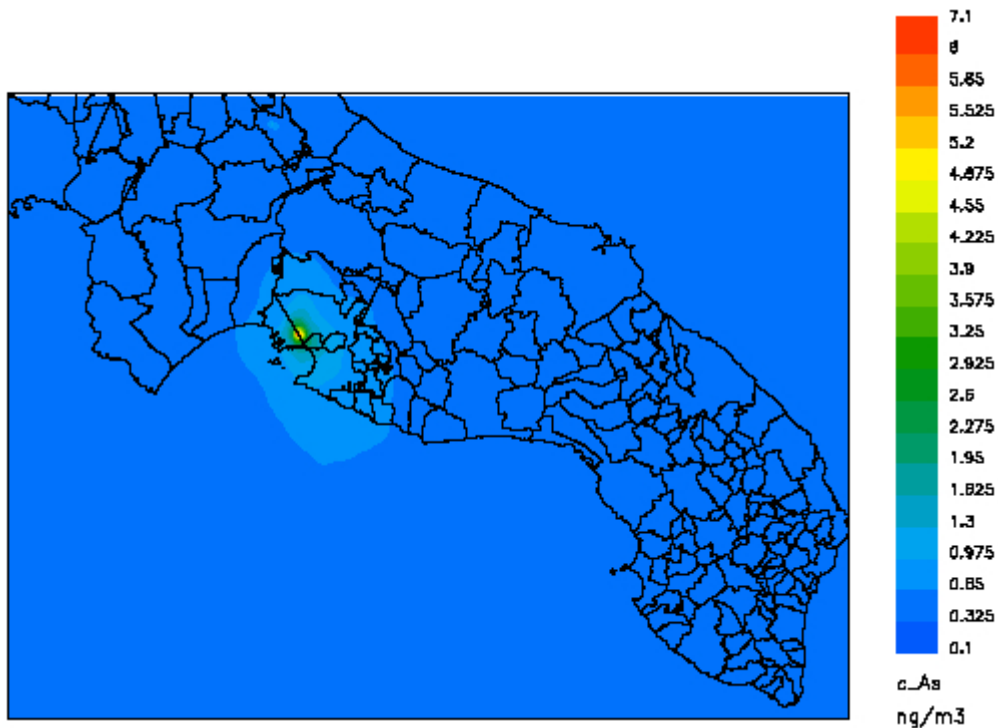
**Tabella 15 - Comuni sul cui territorio si prevede il superamento del valore limite annuale per il BaP**

<b>Comune</b>	<b>Provincia</b>	<b>Concentrazione media annuale BaP (ng/m3)</b>
Mottola	TA	3.6
Castellaneta	TA	3.1
Massafra	TA	1.4
Grottaglie	TA	1.4
Palagiano	TA	1.2
Quartiere Tamburi	TA	1.2
Ginosa	TA	1.1
Mesagne	BR	3.2
Latiano	BR	2.7
Ceglie Messapica	BR	2.5
Oria	BR	2.5
Cellino San Marco	BR	2.1
San Donaci	BR	2
Francavilla Fontana	BR	1.8
Erchie	BR	1.8
Cisternino	BR	1.7
San Vito dei Normanni	BR	1.7
San Michele Salentino	BR	1.5
Villa Castelli	BR	1.5
Torre Santa Susanna	BR	1.4
San Pancrazio Salentino	BR	1.3
Torchiarolo	BR	1.2
San Pietro Vernotico	BR	1.1
Campi Salentina	LE	1.4
Salice Salentino	LE	1.4

Relativamente al BaP la simulazione evidenzia la presenza di numerosi superamenti sia nell'area a nord di Taranto che nel territorio brindisino. In provincia di Lecce i superamenti riguardano i comuni di Campi Salentina e Salice Salentino. Le concentrazioni più elevate di BaP si riscontrano in particolare nei comuni di Mottola, Castellaneta e Mesagne, con valori modellati superiori ai 3 ng/m<sup>3</sup>.

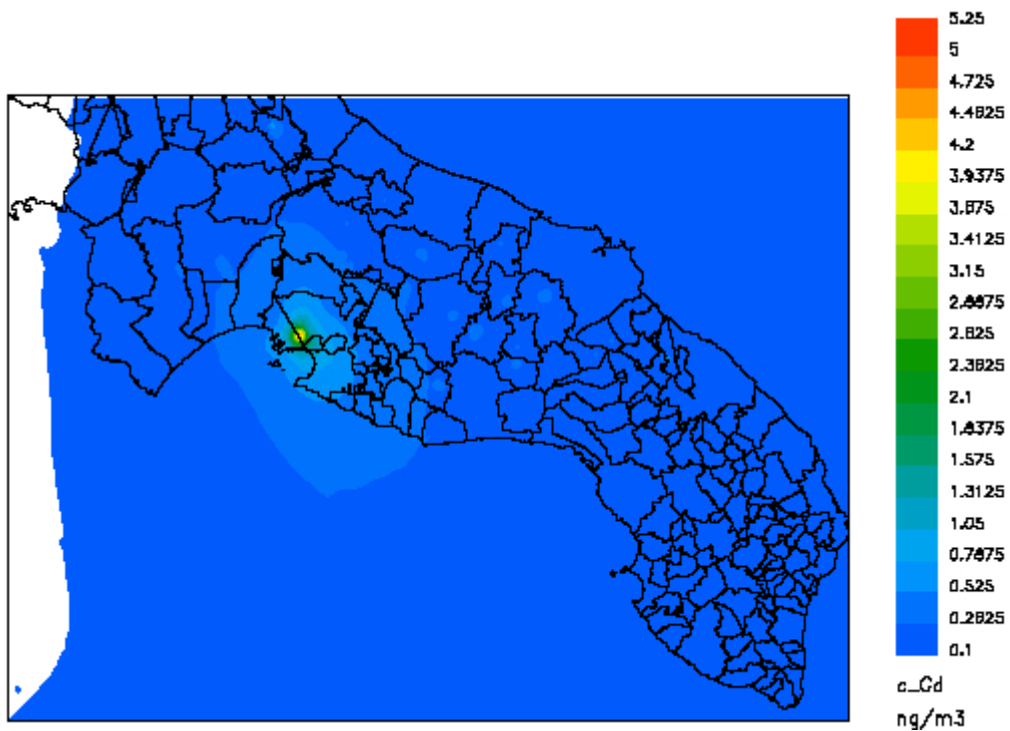
In particolare nel comune di Torchiarolo la simulazione rileva un superamento, ma non in corrispondenza della centralina sita in Via don Minzoni, coerentemente con quanto misurato nel 2013.

Nel quartiere Tamburi di Taranto la simulazione rileva un superamento, ma non in corrispondenza della centralina sita in Via Machiavelli, coerentemente con quanto misurato nel 2013.



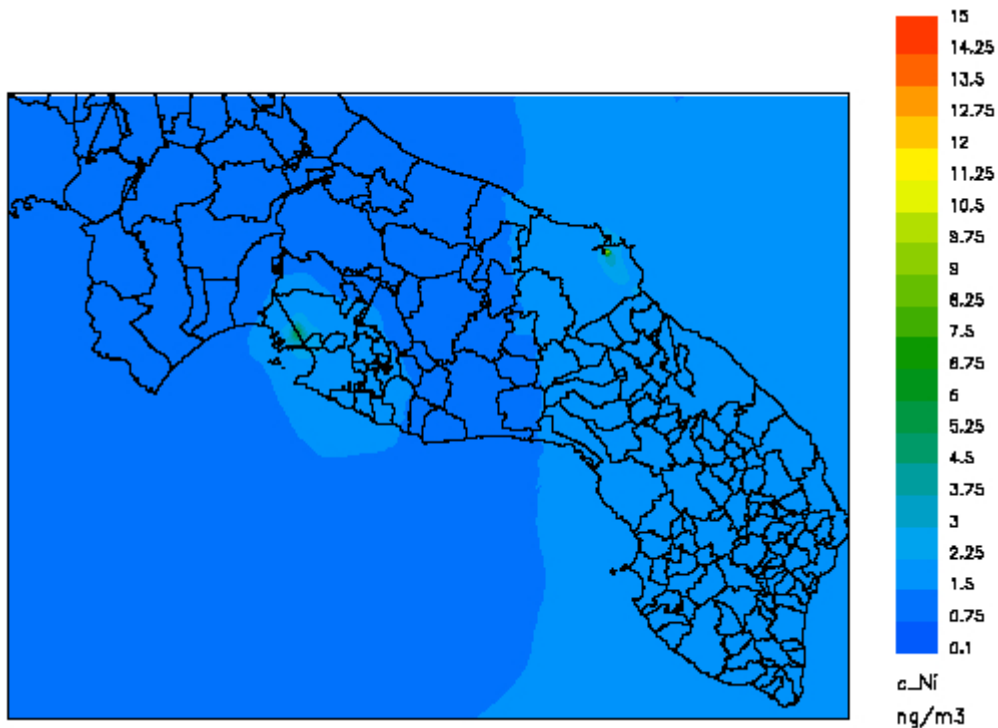
**Figura 44** È Mappa della concentrazione media annuale di As ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ), stimata da FARM

Relativamente all'As la simulazione evidenzia la presenza di un superamento del valore limite in corrispondenza della zona industriale di Taranto.



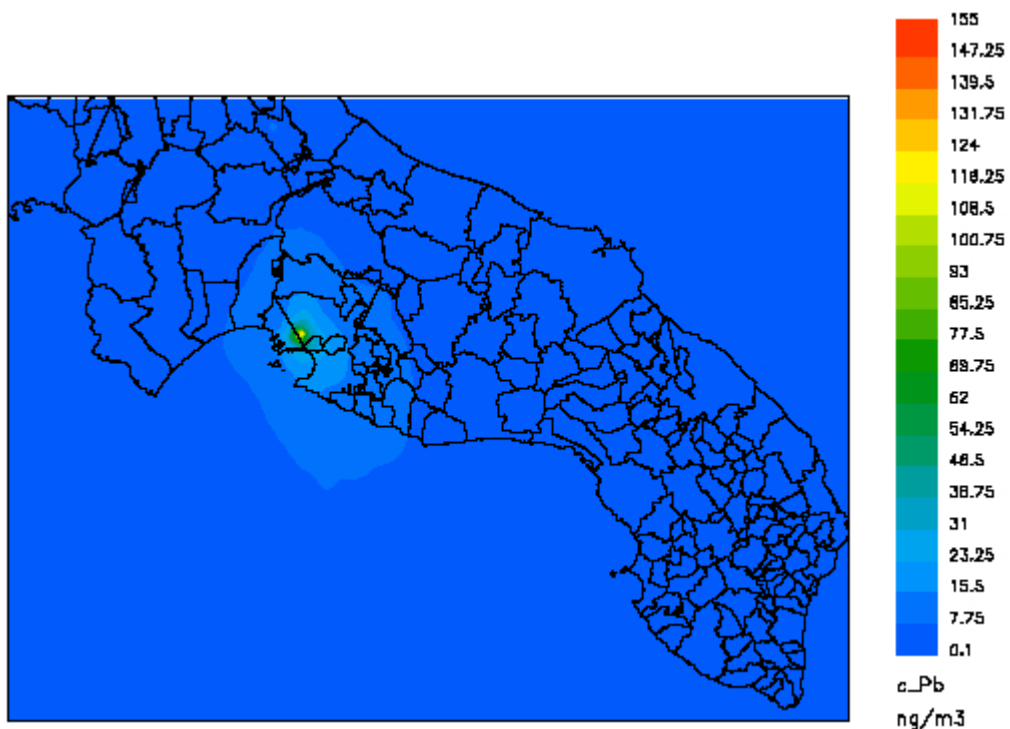
**Figura 45** È Mappa della concentrazione media annuale di Cd ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ), stimata da FARM

Relativamente al Cd la simulazione evidenzia la presenza di un superamento del valore limite in corrispondenza della zona industriale di Taranto.



**Figura 46** È Mappa della concentrazione media annuale di Ni (ng/m<sup>3</sup>), stimata da FARM

Relativamente al Ni la simulazione non evidenzia alcun superamento sul dominio di simulazione.



**Figura 47** È Mappa della concentrazione media annuale di Pb (ng/m<sup>3</sup>), stimata da FARM

Le concentrazioni annuali più elevate di Pb, si osservano in corrispondenza dell'area industriale di Taranto. Non si riscontrano superamenti del corrispondente valore limite.



## Valutazione delle performance del modello

Al fine di garantire l'attendibilità dei risultati modellizzati e quindi la confrontabilità con altri modelli è importante sottoporre gli stessi ad una rigorosa procedura di valutazione della performance. Nell'appendice III del D. Lgs 155/2010 vengono indicati una serie di metodi. Tra questi vi è l'analisi statistica, ovvero il confronto dei risultati della simulazione con i dati ottenuti dalle stazioni di monitoraggio, al fine di ricavare una serie di indicatori (indicatori di qualità) che descrivono la capacità del modello di avvicinarsi alle misure. Tali indicatori sono molteplici e possono essere di tipo quantitativo (ad esempio coefficiente di correlazione R, fractional bias, ecc.) e/o qualitativo, ovvero di tipo grafico (ad esempio diagrammi di dispersione, diagramma di Taylor, ecc.).

Di seguito verrà mostrato l'esito della valutazione della performance del modello sul Salento condotta con il DELTA TOOL, un software di analisi statistica, realizzato dal JRC nell'ambito del FAIRMODE, per valutare la performance del modello in applicazioni specifiche, condotte ai sensi del D. Lgs 155. Tale software fornisce una valutazione esaustiva delle performance del modello sia attraverso la produzione di specifici grafici di confronto (p.e., scatter plot), che permettono una prima analisi qualitativa dei risultati, che attraverso il calcolo di una serie di indicatori statistici, indicati in Tabella 16. Nelle formule O indica il dato osservato e M il dato modellato.

**Tabella 16** È Indicatori statistici

$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - M_i)$	$R = \frac{\sum_{i=1}^n O_i M_i - \bar{O} \bar{M}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n O_i^2 - n \bar{O}^2)(\sum_{i=1}^n M_i^2 - n \bar{M}^2)}}$	$FB = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - M_i)}{\bar{M}} = \frac{\bar{O} - \bar{M}}{\bar{M}}$
$NMB = \frac{\bar{O} - \bar{M}}{\bar{O}}$	$NMSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - M_i)^2$	$FAC2 = NMB + NMSD$
$FAC2 = (\bar{O} - \bar{M})^2 - 2\bar{O}\bar{M}(1 - R)$	$FAC2 = 1 - R \cdot NMSD / \bar{O} \bar{M}$	FAC2 fraction of data satisfy $0.5 \leq  \bar{O}/\bar{M}  \leq 2$

Questi indicatori statistici sono confrontati in genere con criteri di performance che si trovano in letteratura (Derwent at al. 2010). Tali criteri si basano su un ampio database di valutazioni modellistiche effettuate su un esteso range di inquinanti e rappresentano il minimo livello di accettabilità che un modello deve raggiungere per *policy application*. Tra questi si ritengono accettabili valori di FAC2 50% e di NMB compresi tra -20% e +20%, definiti indipendentemente dall'inquinante e dal periodo di mediazione.

Inoltre, proprio nell'ambito delle attività del FAIRMODE, sono stati calcolati degli ulteriori valori di accettabilità del modello (*model performance criteria*) per gli indicatori NMB e NMSD, basati sull'incertezza delle misure, relativamente alla media giornaliera del PM10, la media oraria dell'NO2 e la massima media mobile su 8h dell'O3. In particolare per il PM10 tali valori sono stati stimati pari al 65% e 116%, rispettivamente per NMB e NMSD (Pernigotti at al. , 2013), per l'NO2 il 79% (NMB) e 117% (NMSD) (Pernigotti at al. , 2013), per l'O3 il 41% (NMB) e 97% (NMSD), per le stazioni urbane e il 37% (NMB) e 107% (NMSD) per quelle rurali (Thunis at al. 2013).

Da altro canto nel DELTA TOOL si definisce un criterio di performance del modello quale livello di qualità che deve essere verificato per un dato inquinante per almeno il 90% delle stazioni di monitoraggio disponibili.

Partendo dall'assunzione che il modello ha una buona performance quando ha un grado di incertezza confrontabile con quello delle corrispondenti misure, l'obiettivo di qualità del modello (MQO) è definito nel DELTA TOOL nel modo seguente:

$$RMSE = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - M_i)^2} \leq 1,$$

dove per una data centralina RMSE è la radice dell'errore quadratico medio tra i dati osservati e modellati ed RMSU è l'incertezza delle misure, definita come:

$$RMSU = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - O_{i,obs})^2}$$

Se MQO  $\leq 0.5$ , allora  $RMSE < RMSU$ , per cui i risultati del modello sono in media all'interno del range dell'incertezza delle osservazioni e quindi soddisfacenti, se  $0.5 < MQO \leq 1$ , RMSE è maggiore del RMSU, ma i risultati del modello possono considerarsi ancora soddisfacenti; se  $MQO > 1$  le differenze tra le osservazioni ed i risultati del modello diventano significative ed il modello relativamente a quella postazione non soddisferà il criterio di qualità.

Il criterio di performance del modello è attivato solo per O3 (relativamente alla concentrazione massima media mobile giornaliera su 8 ore), NO2 (relativamente alla concentrazione oraria), PM10 (relativamente alla concentrazione media giornaliera) e PM2.5 (relativamente alla concentrazione media giornaliera) sull'anno.

Il DELTA TOOL consente inoltre di visualizzare la MQO su un diagramma specifico, denominato target plot, i cui assi X e Y rappresentano rispettivamente il CRMSE ed il BIAS, normalizzati rispetto all'incertezza delle osservazioni. L'area colorata in verde identifica il raggiungimento del criterio di performance. La percentuale di stazioni che soddisfano il criterio di qualità è indicato in alto a sinistra del diagramma. La parte negativa e positiva delle ordinate identificano rispettivamente un bias negativo e positivo, mentre le zone a sinistra e a destra dell'asse Y identificano gli errori dominati rispettivamente dalla correlazione o dalla deviazione standard, secondo il rapporto:

$$\frac{(O_i - M_i)}{RMSU} > 1 \quad \text{correlazione} \quad \frac{(O_i - M_i)}{RMSU} < 1 \quad \text{deviazione standard}$$

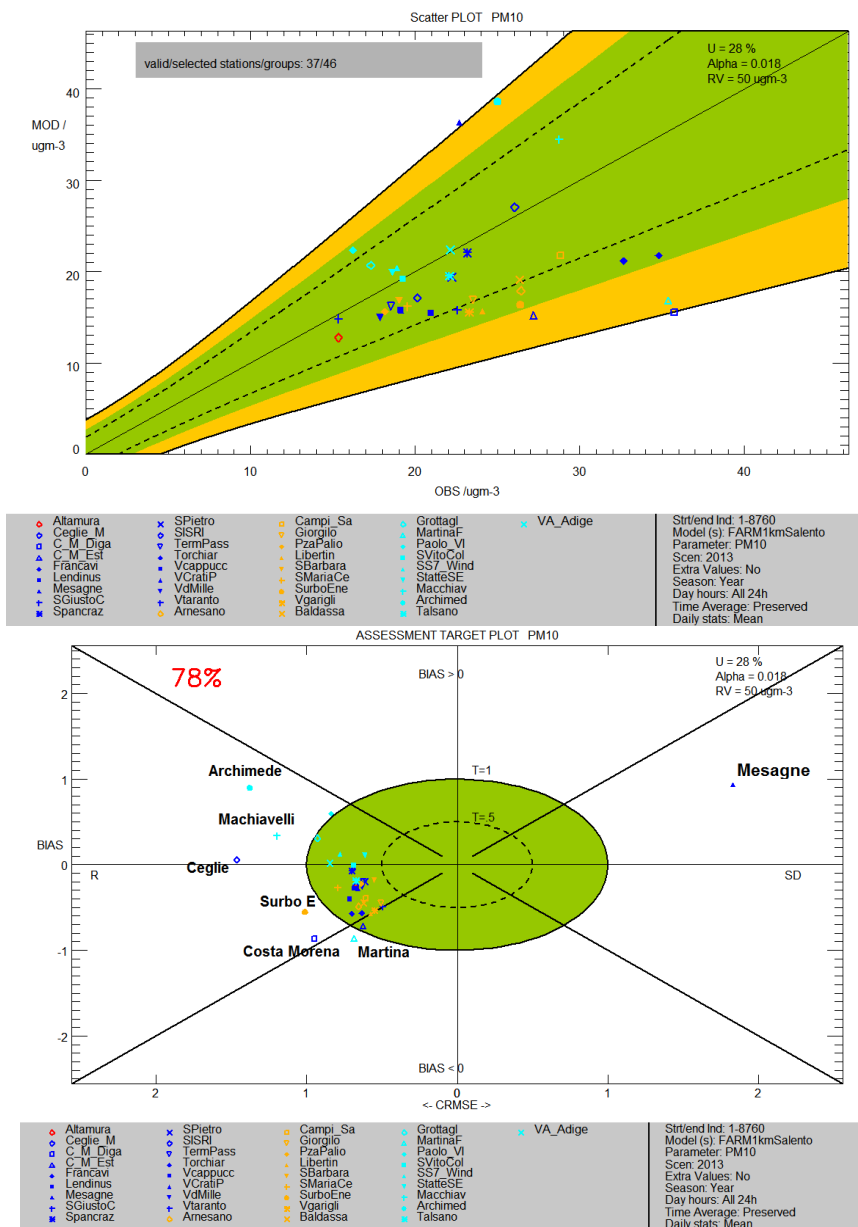
Di seguito si riportano quindi i risultati del confronto tra le concentrazioni modellate e misurate rilevate nel Salento, ottenuti con l'ausilio del DELTA TOOL in termini di scatter plot e target plot. A seguire le tabelle degli indicatori statistici descritti in precedenza e calcolati sempre attraverso questo tool.

Riguardo alle stazioni di monitoraggio da considerare nel confronto, è importante osservare che nella stessa appendice del D.Lgs 155/2010 si precisa l'opportunità di considerare solo le centraline la cui rappresentatività risulti almeno confrontabile con la risoluzione spaziale adottata dal modello, poiché il modello non può essere in grado di riprodurre fenomeni che avvengono a scale inferiori alla risoluzione spaziale adottata. Nel confronto sono quindi state considerate 46 centraline della Rete regionale localizzate all'interno del dominio. Affinché i dati di una centralina di monitoraggio siano utilizzati nel DELTA TOOL è necessario che relativamente al periodo temporale selezionato per la statistica la centralina disponga di almeno il 75% di dati validi.

Si precisa infine che, poiché il modello utilizzato non è stato configurato in modo tale da tener conto del contributo dovuto alle avvezioni sahariane, dal calcolo della media annua misurata per il PM10, sono stati eliminati i giorni i cui superamenti sono dovuti alle suddette intrusioni.

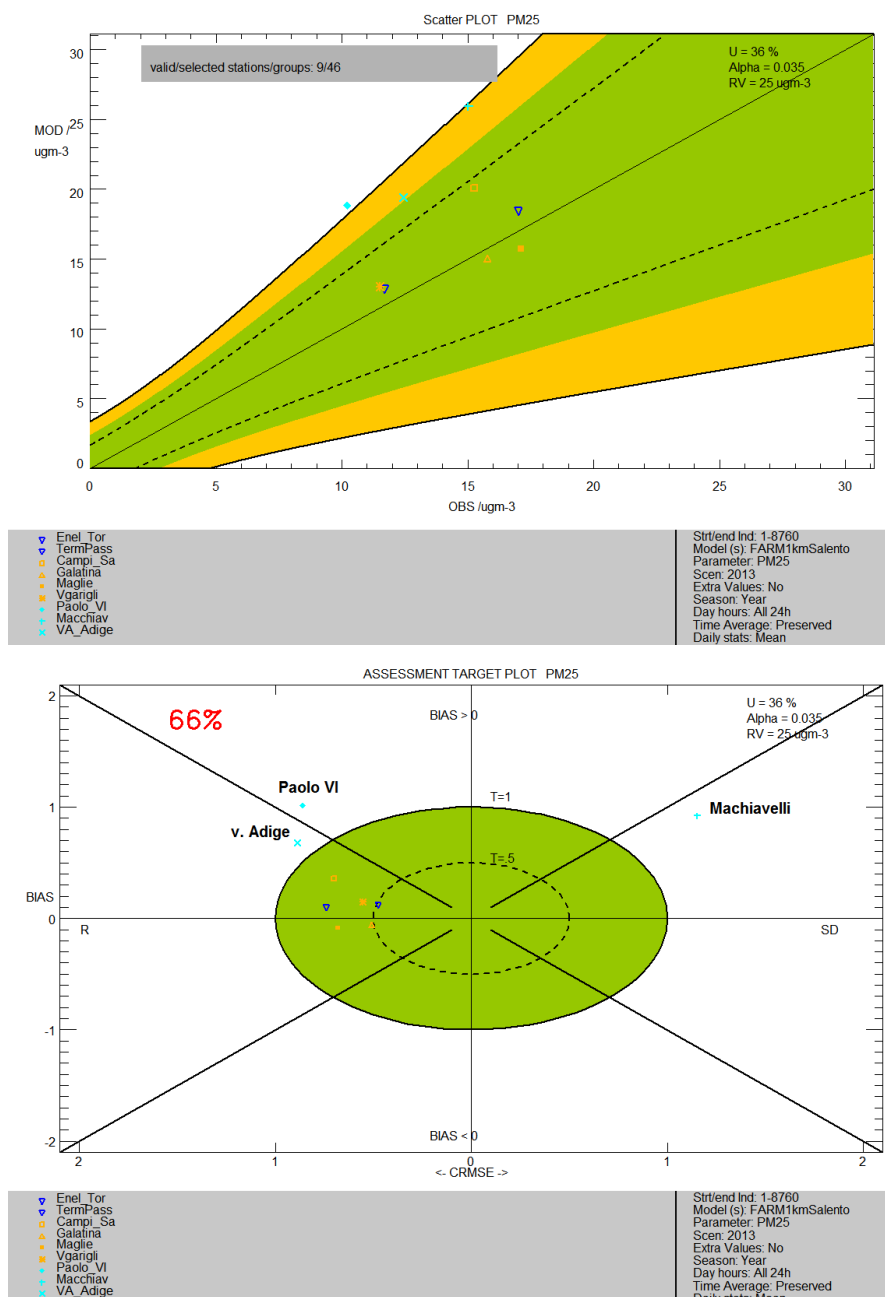
La Figura 48 mostra lo scatter plot e il target plot per il PM10. Nello scatter le linee continue e tratteggiate rappresentano rispettivamente il rapporto NMB/2RMS<sub>U</sub> pari rispettivamente a 0.5 e 1. Il confronto tra le medie annue misurate e modellate nelle 37 stazioni con una percentuale di dati validi superiore al 75%, risulta soddisfacente, con una leggera sovrastima nelle postazioni della provincia di Taranto e una leggera sottostima in quelle delle province di Brindisi e Lecce, eccetto per la postazione di Mesagne. Il target plot mostra che l'MQO è verificato per il 78% delle stazioni, quindi per un valore inferiore a quello accettabile (90%). È possibile però osservare che per le centraline che non soddisfano il criterio, l'errore prodotto nella stima modellistica trova giustificazione in una non corretta rappresentazione delle emissioni: tra queste vi sono quelle poste nel q.re Tamburi (via Archimede e via Machiavelli) che risentono della possibile sovrastima delle emissioni dell'area industriale vicina, la postazione di Mesagne anch'essa influenzata da un possibile sovrastima delle emissioni comunali dovute al riscaldamento da biomassa, la postazione di Costa Morena, in prossimità del porto, per cui vi può essere una sottostima delle emissioni prodotta dalla movimentazione del carbone.

Dallo stesso grafico si osserva che per tutte le centraline l'errore risulta dominato dalla correlazione, tranne che nella centralina di Mesagne, dove viceversa prevale un errore legato alla deviazione standard.



**Figura 48 : Scatter plot e target plot relativo al PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Per il PM2.5 (Figura 49) dal confronto tra le concentrazioni medie osservate e modellate per 9 stazioni (75% dati validi) si osserva una sovrastima del modello, evidenziata nel target plot dal bias positivo e da un errore dominato anche in questo caso dalla correlazione, eccetto nella postazione di via Machiavelli. L'MQO è verificato per il 66% delle stazioni e quelle che non soddisfano il criterio sono proprio le centraline del comune di Taranto.



**Figura 49: Scatter plot e Target plot relativo al PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Per quanto riguarda il confronto relativo all'NO2 (Figura 50) e agli NOx (Figura 51) i relativi grafici mostrano, in generale, la capacità del sistema modellistico a riprodurre con un buon livello di accuratezza le concentrazioni misurate. L'MQO per l'NO2 è soddisfatto per il 92% delle stazioni. Sia

il target plot per  $\text{NO}_2$  che lo scatter plot per gli  $\text{NO}_x$  evidenziano in generale una tendenza del modello a sovrastimare le concentrazioni modellate per le centraline poste a sud e a nord dell'area industriale di Taranto, più frequentemente sottovento alle ricadute delle emissioni industriali. Tale sovrastima potrebbe essere dovuta quindi ad una sovrastima delle emissioni industriali.

Come già accennato per le polveri, si precisa che di fatto una sovrastima delle stime modellistiche è attesa poiché nello scenario emissivo considerato non sono state prese in considerazione per lo stabilimento ILVA né le variazioni delle modalità di gestione ed esercizio degli impianti, introdotte a seguito delle attività della magistratura e all'attuazione del Piano di Risanamento, né tanto meno si è tenuto conto delle variazioni introdotte dal piano delle misure, previsto in attuazione ai decreti AIA. Il bias negativo per Libertini e Martina Franca può essere determinato da una sottostima delle emissioni prodotte dal traffico veicolare.

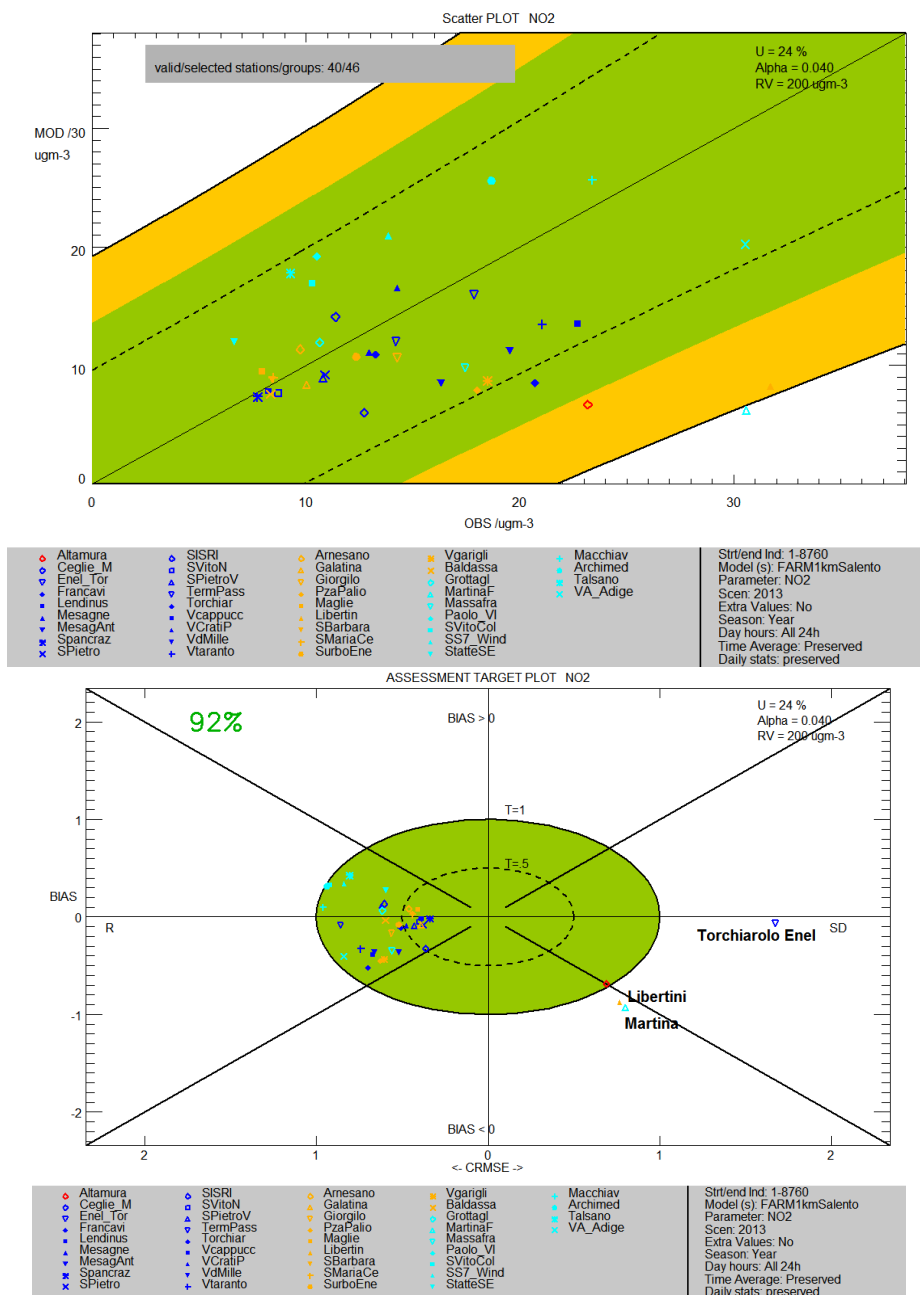
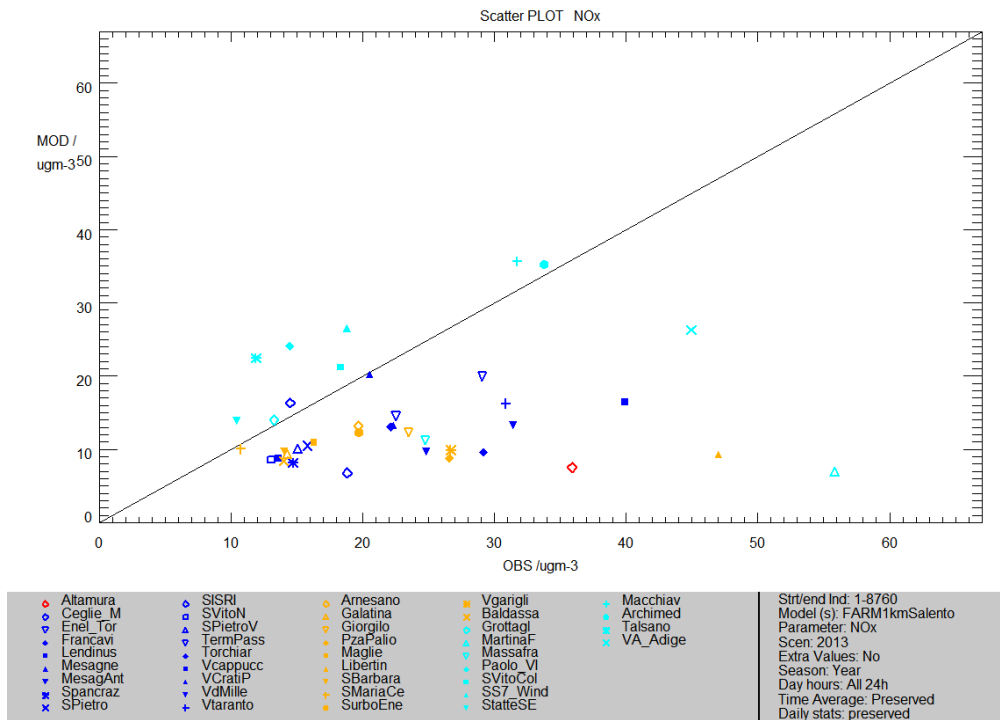
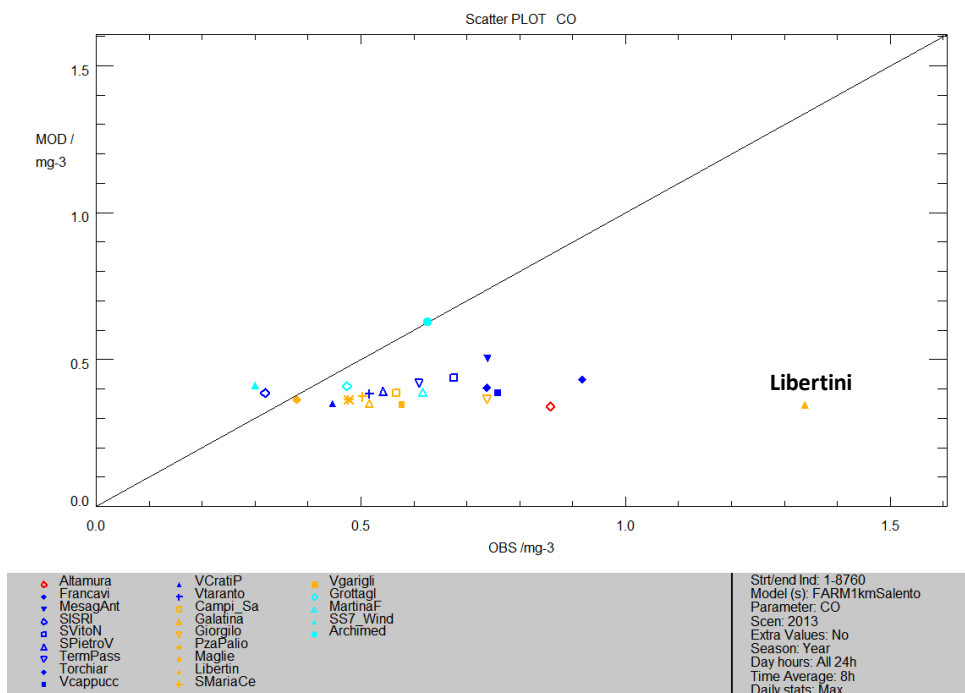


Figura 50: Scatter plot e Target plot relativo a  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



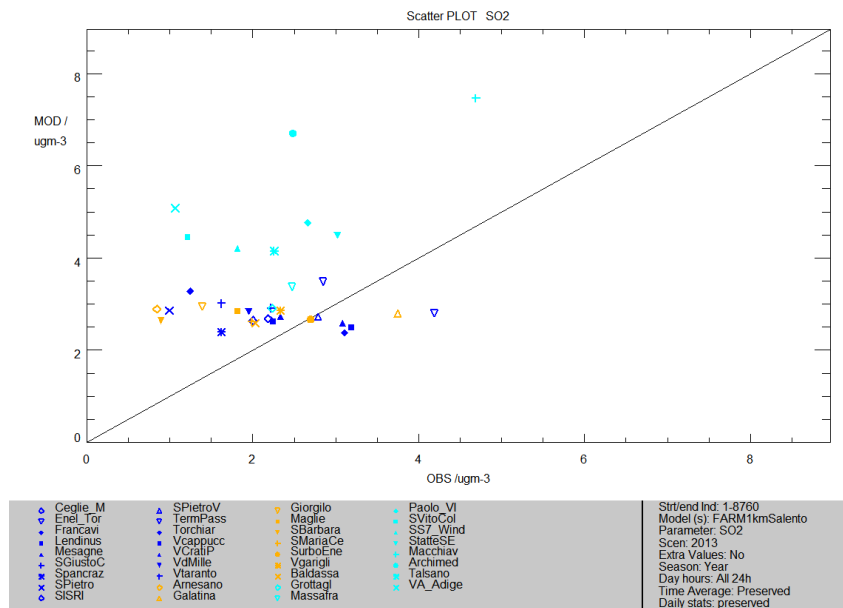
**Figura 51: Scatter plot di confronto tra le concentrazioni medie annuali misurate e modellate di NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Per quanto riguarda il monossido di carbonio, dallo scatter plot (Figura 52) risulta evidente una generale sottostima del dato misurato, in particolare presso la centralina di traffico Lecce-Libertini. Tale sottostima è attribuibile da un lato ad una presumibile non corretta stima delle emissioni locali ma anche, relativamente alle misure, ad alcuni problemi di carattere strumentale.



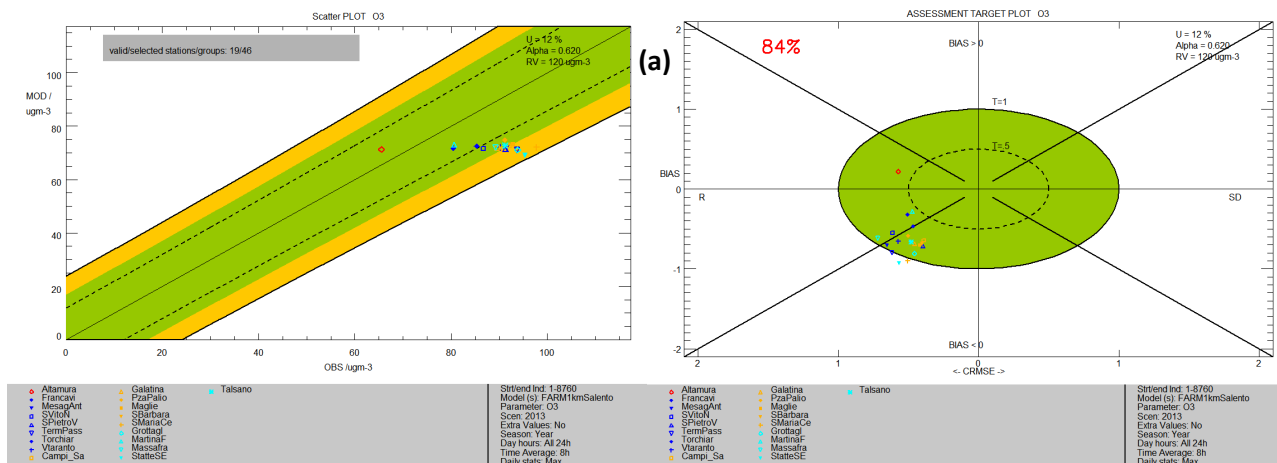
**Figura 52: Scatter plot di confronto tra i massimi annuali delle concentrazioni medie mobili su 8 ore misurate e modellate di CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )**

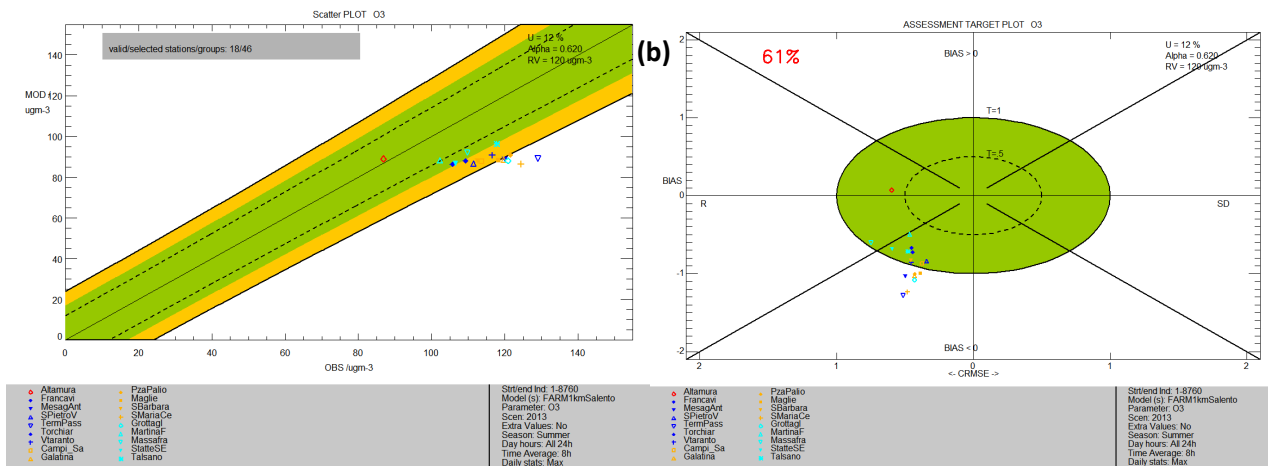
Per la specie SO2 il confronto è in generale soddisfacente (Figura 53). Si rileva una tendenza da parte del modello a sovrastimare le concentrazioni modellate. Tale sovrastima potrebbe essere dovuta anche in questo caso ad una sovrastima delle emissioni industriali, molto più evidente per le postazioni localizzate nel comune di Taranto (simboli color ciano). È comunque opportuno rilevare che i valori misurati sono generalmente molto bassi, vicini ai limiti di rilevabilità degli strumenti e quindi potenzialmente affetti da errori di misura.



**Figura 53: Scatter plot di confronto tra le concentrazioni medie annuali misurate e modellate di SO2 (µg/m3)**

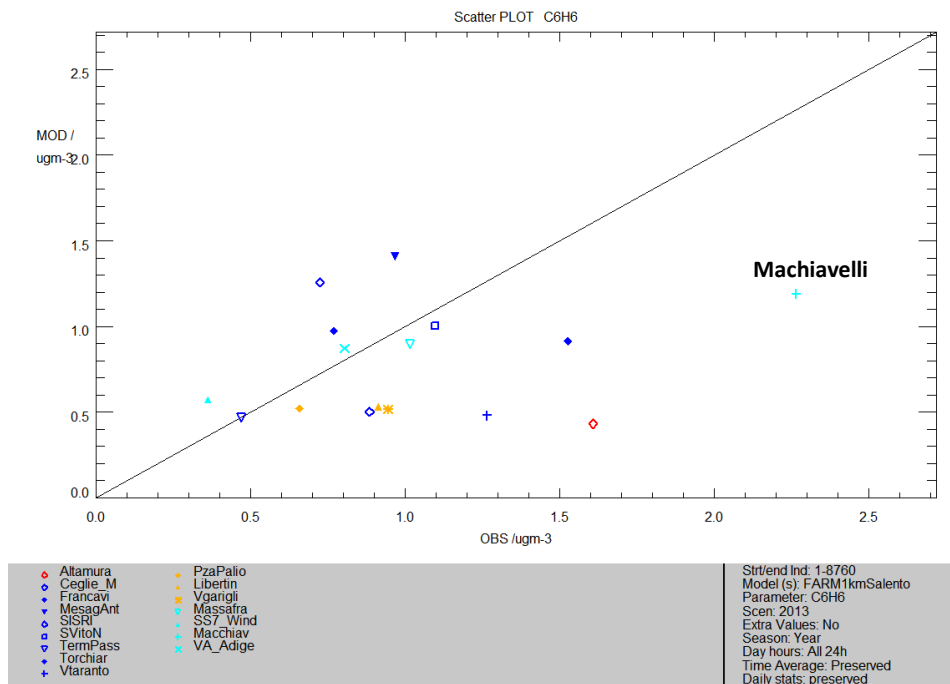
Per quanto riguarda l'ozono (Figura 54), il confronto sulle 19 postazioni (con il 75% dei dati validi) mette in luce una tendenza del modello alla sottostima rispetto ai valori osservati della massima media mobile su 8 ore calcolata sull'anno. Tale sottostima è più marcata nei mesi estivi (Fig 54-b). L'MQO per questo inquinante si raggiunge solo per il 14% delle stazioni durante tutto l'anno e per il 61% durante i mesi estivi (G-L-A) e l'errore risulta associato alla correlazione.





**Figura 54: Scatter plot e target plot relativi ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), per l'anno (a) e per la sola stagione estiva (G-L-A) (b).**

Infine per quanto riguarda il benzene, il confronto fra le medie annue misurate e modellate, rappresentato nello scatter plot di Figura 55, mostra una evidente sottostima nella centralina di via Machiavelli, nel q.re Tamburi. Per le altre il confronto risulta soddisfacente.



**Figura 55: Scatter plot di confronto tra le concentrazioni medie annuali misurate e modellate di C6H6 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Nelle tabelle in basso (Tab. 17) sono riportati i valori degli indicatori statistici definiti precedentemente per ogni inquinante e per ogni stazione.

Per il PM10 e il PM2.5 viene anche riportato in tabella l'errore relativo come indicato nel D.lgs 155. Il Decreto stabilisce infatti gli obiettivi di qualità per i modelli, indicati nella Tabella 1 dell'Allegato 1. L'incertezza è calcolata nel seguente modo. Per ciascun punto in relazione al quale si confrontano dati ottenuti dalle stazioni di misura con quelli ottenuti dalla simulazioni, si definisce l'errore relativo (ER) come:

$$ER = \frac{|O_{vl} - M_{vl}|}{VL}$$



dove  $O_M$  concentrazione misurata più vicina al valore limite (o obiettivo) e  $M_M$  è la corrispondente concentrazione fornita dal modello nella distribuzione quantile-quantile. Il massimo valore di ER trovato utilizzando il 90% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello è il Massimo Errore Relativo (MER) e corrisponde all'incertezza della tecnica di modellizzazione definita nella Tabella (Allegato I, Dlgs.155).

**Tabella 17: Indicatori statistici per il PM10, PM2.5, NO2, CO, SO2, C6H6 ed O3**

PM10	media osservato	media modellato	BIAS	R	RMSE	IOA	NMB	NMSD	FA2	Errore relativo medie giornaliere (d.lgs 155/10)	Errore relativo medie annuali (d.lgs 155/10)
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Altamura	15.33	12.74	-2.58	0.35	7.16	0.60	-16.85	-8.64	86	42%	6%
Ceglie_M	26.04	27.02	0.99	0.21	25.62	0.40	3.78	42.98	75	20%	2%
C_M_Diga	35.74	15.51	-20.23	0.005	29.97	0.42	-56.60	-71.75	50	63%	51%
C_M_Est	27.19	15.20	-11.99	0.32	15.87	0.49	-44.09	-43.84	63	45%	30%
Enel_Torchiarolo	<75%										
Francavilla F.	32.67	21.14	-11.53	0.53	18.17	0.65	-35.29	6.64	57	29%	29%
Lendinuso	20.96	15.44	-5.52	0.49	11.22	0.61	-26.31	-41.97	82	40%	14%
Mesagne	22.68	36.30	13.62	0.68	29.97	0.56	60.08	188.45	69	93%	34%
Sgiusto Casale	15.35	14.80	-0.55	0.39	6.95	0.64	-3.57	-7.77	92	34%	1%
Q.re Bozzano	<75%										
S Pancrazio	23.16	22.05	-1.11	0.74	10.63	0.85	-4.79	22.62	90	1%	3%
S Pietro	22.22	19.39	-2.83	0.71	9.17	0.82	-12.73	8.00	89	16%	7%
SISRI	20.13	17.08	-3.05	0.28	9.00	0.56	-15.16	-22.51	88	28%	8%
Terminal Passeggeri	18.53	16.17	-2.36	0.36	7.58	0.58	-12.74	-20.93	92	29%	6%
Torchiariolo	34.80	21.73	-13.08	0.75	19.61	0.73	-37.57	-35.85	72	37%	33%
V Cappuccini	19.12	15.74	-3.38	0.30	8.85	0.58	-17.67	-16.58	86	39%	8%
V CratiP	19.13	15.79	-3.34	0.37	8.64	0.61	-17.46	-20.50	87	33%	8%
V dei Mille	17.86	14.96	-2.91	0.39	7.63	0.63	-16.28	-3.42	86	23%	7%
V Taranto	22.55	15.78	-6.77	0.57	9.62	0.63	-30.03	-26.73	83	34%	17%
Arnesano	26.41	17.88	-8.53	0.70	14.25	0.67	-32.29	-47.15	79	43%	21%
Campi_Salenina	28.81	21.73	-7.09	0.68	13.02	0.77	-24.60	6.17	80	15%	18%
Giorgilorio	23.51	16.90	-6.61	0.69	9.95	0.74	-28.11	-17.93	84	25%	17%
Pza Palio	18.17	15.59	-2.58	0.50	7.76	0.70	-14.19	-2.57	87	24%	6%
Libertini	24.07	15.66	-8.41	0.44	11.90	0.57	-34.94	-10.86	73	32%	21%
SBarbara	19.03	16.82	-2.22	0.64	7.05	0.77	-11.64	-16.80	93	28%	6%
S Maria Cerrate	19.54	16.15	-3.39	0.29	10.59	0.51	-17.34	-30.34	90	39%	8%
Surbo_Enel	26.39	16.35	-10.04	0.15	20.84	0.40	-38.05	-60.37	70	49%	25%
V Garigliano	23.29	15.50	-7.79	0.59	11.12	0.65	-33.43	-24.89	77	34%	19%
Baldassarre	26.35	19.07	-7.28	0.59	12.49	0.70	-27.62	-0.29	76	21%	18%
Grottaglie	17.30	20.69	3.39	0.50	10.72	0.62	19.57	72.40	86	26%	8%
Manduria	<75%										
MartinaF	35.35	16.82	-18.53	0.26	23.68	0.46	-52.42	-40.30	44	57%	46%
Paolo_VI	16.23	22.36	6.13	0.40	10.53	0.51	37.74	56.69	81	9%	15%
SVitoCol	19.25	19.14	-0.11	0.51	8.28	0.70	-0.58	19.44	87	1%	0%
SS7_Wind	18.89	20.37	1.48	0.36	9.45	0.58	7.83	4.33	88	14%	4%
StatteSE	18.60	19.89	1.29	0.63	7.41	0.78	6.92	5.11	94	7%	3%
Macchiavelli	28.74	34.45	5.70	0.23	21.12	0.37	19.84	156.48	77	75%	14%
Archimede	25.02	38.59	13.58	0.18	24.83	0.29	54.27	147.65	71	67%	34%
Talsano	22.07	19.51	-2.57	0.49	9.51	0.69	-11.62	14.46	85	4%	6%
VA_Adige	22.13	22.36	0.23	0.42	11.32	0.59	1.05	75.72	85	19%	1%

PM2.5	media osservato	media modellato	BIAS	R	RMSE	IOA	NMB	NMSD	FA2	Errore relativo medie annuali (d.lgs 155/10)
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Ceglie_M	<75%									
Enel_Torchiarolo	17.02	18.40	1.39	0.62	10.66	0.76	8.14	37.22	84	6%
Terminal Passeggeri	11.70	12.84	1.14	0.66	4.71	0.79	9.78	15.32	94	5%
Campi_Salenina	15.25	20.07	4.82	0.77	10.54	0.81	31.58	44.05	81	19%
Galatina	15.78	15.03	-0.75	0.73	6.91	0.85	-4.77	-5.90	87	3%
Maglie	17.13	15.71	-1.42	0.67	11.35	0.76	-8.26	-36.95	88	6%
V Garigliano	11.51	13.01	1.50	0.70	5.85	0.82	13.02	-2.74	83	6%
Paolo_VI	10.22	18.83	8.61	0.59	11.29	0.47	84.29	118.82	57	34%
Macchiavelli	15.03	25.94	10.91	0.52	17.50	0.43	72.62	175.89	66	44%
VA_Adige	12.45	19.40	6.96	0.68	11.41	0.60	55.87	116.15	77	28%

<b>NO2</b>	<i>media osservato</i>	<i>media modellato</i>	<i>BIAS</i>	<i>R</i>	<i>RMSE</i>	<i>IOA</i>	<i>NMB</i>	<i>NMSD</i>	<i>FA2</i>
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		%	%	%
Altamura	23.2	6.7	-16.5	0.62	23.4	0.54	-71.2	-65.1	19
Ceglie_M	12.7	6.0	-6.7	0.62	10.0	0.65	-52.8	-33.8	31
Enel_Torchiarolo	14.2	12.0	-2.2	0.12	55.5	0.10	-15.5	-80.1	58
FrancaVilla F.	20.7	8.5	-12.2	0.59	20.4	0.58	-59.0	-56.7	33
Lendinuso	8.2	7.8	-0.4	0.47	7.7	0.64	-5.2	60.0	54
Mesagne	12.9	11.1	-1.9	0.61	10.1	0.76	-14.5	-8.5	69
Mesagne Antonucci	16.3	8.5	-7.8	0.42	13.5	0.59	-47.9	-20.2	38
Sgiusto Casale	<75%								
Q.re Bozzano	<75%								
S Pancrazio	7.7	7.3	-0.4	0.55	6.7	0.72	-5.1	13.6	63
S Pietro	10.9	9.2	-1.7	0.57	7.8	0.73	-15.5	25.3	61
SISRI	11.4	14.1	2.7	0.45	12.7	0.64	23.8	25.4	62
S Vito d. Normanni	8.7	7.6	-1.1	0.47	8.0	0.67	-12.2	-5.4	61
S Pietro Vernotico	10.8	8.9	-1.9	0.44	8.9	0.65	-17.5	15.7	56
Terminal Passeggeri	17.9	15.9	-1.9	0.19	19.3	0.46	-10.7	-15.5	55
Torchiarolo	13.3	10.9	-2.3	0.53	10.9	0.71	-17.6	-5.7	58
V Cappuccini	22.7	13.5	-9.2	0.55	18.3	0.66	-40.6	-31.5	51
V CratiP	14.2	16.5	2.3	0.37	13.4	0.58	16.1	-9.2	66
V dei Mille	19.5	11.2	-8.3	0.47	17.2	0.63	-42.6	-28.4	47
V Taranto	21.0	13.5	-7.6	0.38	18.7	0.58	-36.0	-26.0	53
Arnesano	9.7	11.3	1.6	0.51	9.4	0.67	16.6	41.3	70
Campi_Salenina	<75%								
Galatina	10.0	8.4	-1.6	0.58	8.0	0.75	-16.5	-8.1	61
Giorgilorio	14.3	10.6	-3.6	0.58	12.6	0.71	-25.5	-27.7	61
Pza Palio	18.0	7.9	-10.1	0.57	17.3	0.60	-56.1	-51.1	37
Maglie	8.0	9.5	1.5	0.59	8.3	0.75	18.9	10.3	70
Libertini	31.7	8.2	-23.5	0.57	31.2	0.51	-74.1	-64.4	17
SBarbara	8.4	8.8	0.4	0.52	8.9	0.70	4.2	-2.2	67
S Maria Cerrate	8.5	9.0	0.5	0.48	8.8	0.66	5.8	33.4	60
Surbo_Enel	12.4	10.7	-1.6	0.52	10.8	0.71	-13.1	1.5	61
V Garigliano	18.5	8.7	-9.8	0.60	16.8	0.63	-53.0	-48.1	42
Baldassarre	8.3	7.6	-0.7	0.19	12.1	0.42	-9.0	-31.7	57
Grottaglie	10.6	11.9	1.3	0.42	12.7	0.63	12.2	4.6	56
Manduria	<75%								
MartinaF	30.6	6.2	-24.4	0.34	32.2	0.46	-79.7	-71.1	13
Massafra	17.4	9.8	-7.7	0.54	14.5	0.66	-43.9	-31.3	46
Paolo_VI	10.5	19.2	8.7	0.37	18.5	0.50	82.8	61.3	47
SVitoCol	10.3	16.9	6.6	0.33	19.9	0.47	63.8	97.2	40
SS7_Wind	13.8	20.9	7.1	0.24	18.9	0.44	51.2	63.1	56
StatteSE	6.6	12.0	5.3	0.38	12.9	0.50	80.3	65.2	50
Macchiavelli	23.4	25.7	2.3	0.30	22.4	0.53	9.6	44.7	61
Archimede	18.7	25.6	6.9	0.34	21.9	0.53	36.9	50.4	59
Talsano	9.3	17.8	8.5	0.44	18.3	0.48	91.7	122.4	53
VA_Adige	30.5	20.2	-10.3	0.40	23.8	0.61	-33.8	5.2	41



<b>SO2</b>	<i>media osservato</i>	<i>media modellato</i>	<i>BIAS</i>	<i>R</i>	<i>RMSE</i>	<i>IOA</i>	<i>NMB</i>	<i>NMSD</i>	<i>FA2</i>
	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)		(µg/m3)		%	%	%
Ceglie_M	2.2	2.7	0.49	0.03	3.41	0.28	22.5	49.9	46
Enel_Torchiarolo	2.8	3.5	0.63	0.19	4.07	0.40	22.3	87.9	46
Francavilla F.	3.1	2.4	-0.73	0.14	4.38	0.39	-23.5	-37.6	44
Lendinuso	3.2	2.5	-0.70	0.16	3.29	0.46	-22.0	-11.4	46
Mesagne	3.1	2.6	-0.50	0.05	2.97	0.36	-16.2	58.4	43
Sgiusto Casale	1.6	3.0	1.39	-0.04	3.32	0.22	86.0	126.3	40
Q.re Bozzano	<75%								
S Pancrazio	1.6	2.4	0.77	0.05	2.75	0.28	47.5	140.3	47
S Pietro	1.0	2.9	1.87	0.19	3.83	0.26	187.6	202.5	31
SISRI	2.0	2.6	0.64	0.05	3.02	0.32	31.8	47.3	44
S Pietro Vernotico	2.8	2.7	-0.06	0.14	3.58	0.36	-2.2	68.7	50
Terminal Passeggeri	4.2	2.8	-1.39	0.00	4.93	0.30	-33.1	-35.0	49
Torchiarolo	1.2	3.3	2.03	0.06	4.31	0.27	163.0	112.7	26
V Cappuccini	2.2	2.6	0.36	0.25	2.60	0.48	16.2	55.3	53
V CratiP	2.3	2.7	0.40	0.23	2.57	0.44	17.0	81.1	55
V dei Mille	1.9	2.8	0.88	0.04	3.19	0.32	45.1	41.7	40
V Taranto	2.2	2.9	0.69	-0.03	3.72	0.25	31.1	8.5	40
Arnesano	0.8	2.9	2.05	0.03	3.45	0.14	242.3	376.4	30
Galatina	3.7	2.8	-0.95	0.02	3.23	0.40	-25.4	24.8	46
Giorgiorio	1.4	2.9	1.55	0.04	3.25	0.24	111.5	97.6	41
Maglie	1.8	2.8	1.02	0.09	3.12	0.36	55.9	29.8	38
SBarbara	0.9	2.6	1.74	0.09	3.10	0.20	194.2	153.5	32
S Maria Cerrate	2.0	2.6	0.63	0.10	3.17	0.37	31.5	18.1	41
Surbo_Enel	2.7	2.7	-0.03	0.13	2.87	0.42	-1.2	35.9	49
V Garigliano	2.3	2.9	0.53	-0.05	3.03	0.25	22.5	80.4	47
Baldassarre	2.0	2.6	0.55	0.11	3.00	0.32	27.3	123.8	47
Grottaglie	2.2	2.9	0.67	-0.02	4.11	0.23	29.9	48.6	41
Massafra	2.5	3.4	0.90	0.13	4.66	0.31	36.4	97.4	44
Paolo_VI	2.7	4.8	2.10	0.22	6.94	0.35	78.9	115.6	42
SVitoCol	1.2	4.4	3.23	0.09	6.27	0.10	265.1	669.8	31
SS7_Wind	1.8	4.2	2.40	0.10	6.30	0.21	132.0	182.9	36
StatteSE	3.0	4.5	1.46	0.14	6.67	0.23	48.4	246.8	44
Macchiavelli	4.7	7.5	2.78	0.08	12.06	0.23	59.2	77.3	42
Archimede	2.5	6.7	4.22	0.10	10.87	0.12	169.9	399.9	40
Talsano	2.3	4.1	1.89	0.06	6.10	0.23	83.8	156.5	36
VA_Adige	1.1	5.1	4.02	0.05	8.02	0.10	377.7	566.2	21

C6H6	media osservato	media modellato	BIAS	R	RMSE	IOA	NMB	NMSD	FA2
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		%	%	%
Altamura	1.61	0.43	-1.18	0.18	1.95	0.41	-73.15	-79.88	22
Ceglie_M	0.72	1.26	0.53	0.47	2.28	0.45	73.47	191.74	64
Francavilla F.	0.77	0.97	0.20	0.58	1.26	0.71	26.26	41.22	65
Mesagne Antonucci	0.97	1.41	0.44	0.32	2.59	0.36	45.63	175.13	40
SISRI	0.89	0.50	-0.38	0.24	0.97	0.43	-43.42	-37.87	41
S Vito d. Normanni	1.10	1.00	-0.09	0.48	1.75	0.65	-8.58	-10.79	59
Terminal Passeggeri	0.47	0.47	0.00	0.27	0.74	0.48	-0.58	-20.58	55
Torchiaruolo	1.53	0.91	-0.61	0.58	2.04	0.66	-40.12	-44.10	47
V Taranto	1.26	0.48	-0.78	0.25	1.20	0.47	-62.04	-46.42	27
Pza Palio	0.66	0.52	-0.14	0.54	0.73	0.67	-20.92	-40.64	47
Libertini	0.91	0.53	-0.38	0.45	1.23	0.51	-41.76	-59.22	45
S Maria Cerrate	<75%								
V Garigliano	0.94	0.52	-0.43	0.64	1.12	0.60	-45.32	-60.80	43
Massafra	1.02	0.90	-0.12	0.58	1.04	0.73	-11.73	35.49	45
SS7_Wind	0.36	0.57	0.21	0.14	0.74	0.36	58.61	7.59	42
Macchiavelli	2.26	1.19	-1.07	0.01	11.45	0.04	-47.42	-88.36	43
VA_Adige	0.80	0.87	0.07	0.51	0.81	0.68	8.57	32.61	60

O3	media osservato	media modellato	BIAS	R	RMSE	IOA	NMB	NMSD	FA2	R estate	NMB estate	NMSD estate
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		%	%	%		%	%
Altamura	65.51	71.25	5.74	0.71	16.00	0.82	8.77	-10.78	99	0.46	2.30	-50.17
Francavilla F.	85.33	72.51	-12.83	0.83	18.10	0.81	-15.03	-19.08	99	0.43	-19.43	-45.16
Mesagne Antonucci	91.51	71.66	-19.85	0.83	27.06	0.75	-21.69	-38.74	99	0.14	-26.13	-49.52
S Vito d. Normanni	86.72	71.56	-15.16	0.78	22.74	0.76	-17.48	-32.41	99	<75%		
S Pietro Vernotico	91.31	71.44	-19.88	0.86	22.76	0.75	-21.77	-19.70	99	0.49	-22.28	-43.79
Terminal Passeggeri	93.70	71.08	-22.61	0.84	28.58	0.75	-24.14	-35.54	99	0.00	-30.95	-46.40
Torchiaruolo	80.47	71.74	-8.74	0.81	16.28	0.84	-10.86	-24.33	99	0.08	-18.42	-39.33
V Taranto	90.24	72.03	-18.21	0.79	24.27	0.74	-20.18	-27.50	99	0.06	-22.07	-41.51
Arnesano	<75%											
Campi Salenina	89.61	71.71	-17.91	0.86	20.93	0.78	-19.98	-11.33	99	0.32	-22.75	-29.08
Galatina	92.08	72.88	-19.20	0.86	23.09	0.77	-20.85	-23.19	99	0.32	-26.09	-24.22
Pza Palio	91.22	74.87	-16.35	0.87	21.59	0.81	-17.93	-29.25	100	0.09	-25.22	-43.18
Maglie	92.89	73.08	-19.81	0.87	23.01	0.77	-21.32	-19.92	99	0.26	-25.42	-21.60
SBarbara	90.46	71.27	-19.18	0.84	22.23	0.75	-21.21	-5.82	98	0.26	-21.93	-7.58
S Maria Cerrate	97.73	72.00	-25.74	0.82	29.50	0.69	-26.33	-28.11	97	0.25	-30.55	-56.38
Grottaglie	93.81	71.08	-22.73	0.82	26.14	0.72	-24.23	-14.22	97	0.35	-27.18	-18.95
Manduria	<75%											
MartinaF	80.65	73.05	-7.60	0.83	14.92	0.85	-9.43	-25.77	99	0.31	-13.89	-47.91
Massafra	89.22	71.96	-17.26	0.75	26.51	0.74	-19.35	-33.05	99	0.45	-16.20	-45.77
SVitoCol	<75%											
StatteSE	95.34	68.98	-26.36	0.67	30.85	0.61	-27.65	-15.14	94	0.42	-18.74	-50.18
Talsano	91.20	72.76	-18.44	0.83	22.81	0.78	-20.22	5.47	94	0.51	-18.27	1.95

Relativamente al PM10, il bias tra dato misurato e modellato è quasi sempre negativo ad eccezione delle postazioni di Taranto, specie quelle in prossimità o sottovento all'area industriale. Gli indici peggiori sono proprio nelle centraline di via Archimede e via Machiavelli. NMB e NMSD soddisfano in generale i criteri di accettabilità del modello indicati in letteratura rispettivamente in Derwent at al. (2010) ed in Pernigotti at al. (2013), eccetto proprio nelle due postazioni dei Tamburi e in quella di Mesagne. Il massimo errore relativo (MER), calcolato sul 90% delle stazioni contenute nel dominio di calcolo e che definisce appunto l'incertezza della tecnica di modellizzazione, risulta al di sotto del 50% (49% per la media giornaliera e 33% per la media annua), verificando quindi quanto richiesto dal D. Lgs 155/2010.

Gli indicatori relativi al PM2.5 mostrano una soddisfacente performance del modello nel riprodurre questo inquinante. Il dato medio annuo di via Machiavelli risulta quello maggiormente sovrastimato, ma il MER, calcolato sulle medie annue, considerando tutte le postazioni, risulta al di sotto del 50% (44%).

Gli indicatori relativi all'NO<sub>2</sub> mostrano risultati in linea con quanto affermato per le polveri. Il modello tende a sottostimare un po' ovunque, eccetto che nelle centraline della area di Taranto. NMB e NMSD soddisfano in generale i criteri di accettabilità del modello indicati in letteratura (Pernigotti et al., 2013). Il FA2 risulta peggiore (<50%) per tutte quelle centraline che risentono maggiormente dell'influenza del traffico e per le quali il bias tra misurato e modellato è maggiore, a dimostrare l'effetto di una sottostima delle emissioni da traffico.

Per quanto riguarda il CO, gli indicatori confermano quanto detto relativamente all'analisi qualitativa dello scatter plot. La sottostima è evidente su tutte le postazioni. L'NMB e il FAC2 migliori, secondo i criteri proposti da Derwent, vengono calcolati nelle postazioni SISRI, P.zza Palio, Grottaglie e via Archimede.

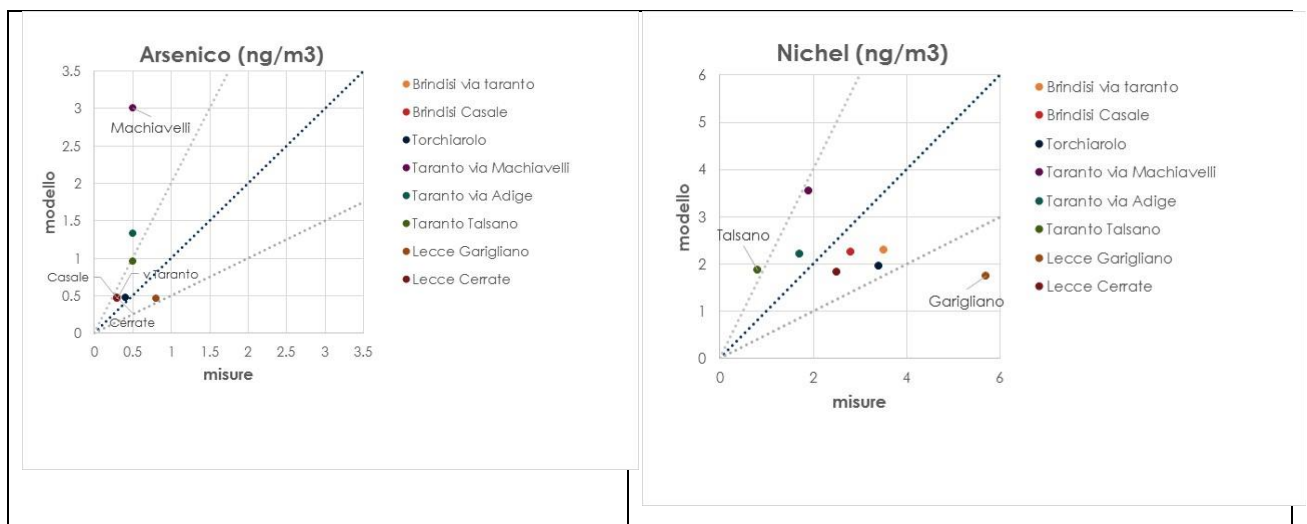
Per lo SO<sub>2</sub> gli indicatori mostrano una generale sovrastima del modello. Emergono in alcune centraline valori di NMB e NMSD molto elevati, probabilmente a causa sia delle basse concentrazioni misurate che della mancanza di variabilità temporale del dato misurato, che risulta avere per tutto l'anno un andamento abbastanza uniforme.

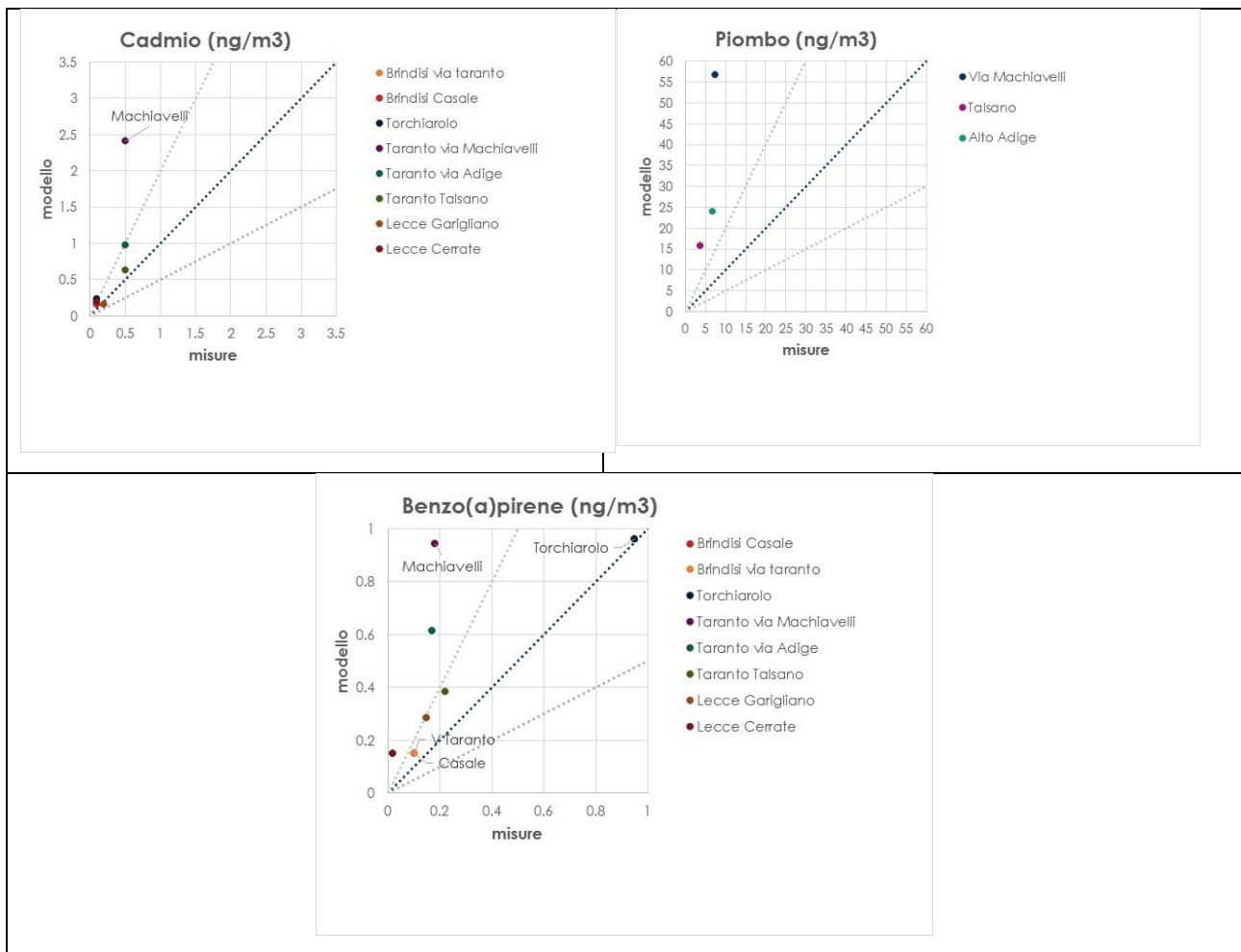
E' evidente quindi che le performance peggiori del modello, sia per CO che per SO<sub>2</sub>, sono dovute alla combinazione di diversi fattori quali la stima delle emissioni e la limitata sensibilità strumentale a bassi valori di concentrazione.

Per il C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, come già detto, gli indicatori peggiori si osservano per le centraline di Altamura e via Machiavelli.

Gli indicatori per l'O<sub>3</sub>, nonostante la generale sottostima del modello, risultano soddisfare i criteri di performance indicati in letteratura (Thunis et al., 2013). La correlazione durante l'anno risulta maggiore di 0.6 in tutte le stazioni, ma l'indicatore peggiore è stato con valori al di sotto di 0.5.

Per quanto riguarda i metalli pesanti As, Ni, Cd, Pb e per il BaP, normati dal D.Lgs. n.155/2010, di seguito (Figura 56) si riportano gli scatter plot relativi al confronto tra i valori medi annui modellati e misurati.





**Figura 56: Scatter plot relativi alle concentrazioni medie annuali misurate/modellate per i metalli As, Ni, Cd, Pb e BaP.**

Il confronto appare abbastanza soddisfacente per tutte queste specie, ad eccezione di qualche singola postazione e del piombo che, nelle tre centraline disponibili, viene sovrastimato dal modello. In particolare si osserva una sovrastima di arsenico, cadmio e BaP in via Machiavelli e una sottostima del dato misurato di nichel in via Garigliano (Lecce). La sovrastima di via Machiavelli risulta con buona probabilità legata ad una sovrastima delle emissioni. Da notare per il BaP il buon accordo tra il dato misurato e quello modellato nella centralina di Torchiarolo, sita in Via Don Minzoni.

## Conclusioni

La valutazione modellistica della qualità dell'aria sulla regione Puglia, condotta ai sensi del D. lgs 155/2010 relativamente all'anno 2013 con il modello euleriano di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM ad una risoluzione spaziale pari a 4 km x 4km, aveva rilevato la presenza di alcune non conformità dello stato della QA sul territorio brindisino.

Nel presente rapporto sono stati quindi mostrati i risultati della valutazione modellistica della qualità dell'aria, condotta relativamente all'anno 2013 sulle provincie di Brindisi, Taranto e Lecce ad una risoluzione pari ad 1km, al fine di caratterizzare con un miglior dettaglio le aree di superamento.

Il confronto condotto tra i dati di concentrazione misurati presso le postazioni di monitoraggio di qualità dell'aria ed i valori simulati con il modello, estratti in corrispondenza della cella della griglia di calcolo contenente la centralina di misura, ha in generale dimostrato la buona capacità del sistema modellistico utilizzato nel simulare le concentrazioni degli inquinanti gassosi, del particolato e dei microinquinanti.

Il confronto con i limiti della normativa prescritti dal D. lgs 155/2010 ha evidenziato per gli inquinanti NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, O<sub>3</sub>, As, Cd, Ni e Pb la conformità dello stato della QA sul dominio di simulazione, così come ricostruito dal modello fotochimico.

Come atteso le criticità già emerse nel run a 4km per il PM<sub>10</sub>, per il BaP e per il PM<sub>2.5</sub>, nella nuova simulazione si sono ulteriormente accentuate ed estese, interessando buona parte dei comuni del brindisino ed alcuni comuni del territorio tarantino e leccese.

In particolare per il PM<sub>10</sub> si è riscontrato il superamento del valore limite annuale sia nel comune di Taranto nel quartiere Tamburi e nel comune di Mottola.

Riguardo al valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, da non superare per più di 35 volte all'anno, il modello prevede alcune non conformità sia in corrispondenza della città di Taranto e provincia (nei comuni di Mottola, Castellaneta e Grottaglie), che in diversi comuni dell'area brindisina (Mesagne, Latiano, Oria, Ceglie Messapica, Cellino San Marco, San Donaci, Erchie e Francavilla Fontana).

Anche relativamente alla media annuale del PM<sub>2.5</sub> il modello prevede sul dominio di simulazione per il 2013 diversi superamenti del valore limite vigente. In provincia di Taranto tali superamenti sono stimati sia presso il quartiere Tamburi che nei comuni di Mottola e Castellaneta. In provincia di Brindisi i superamenti interessano i comuni di Mesagne, Latiano, Ceglie Messapica, Oria, Cellino San Marco e San Donaci.

Infine relativamente al BaP la simulazione evidenzia la presenza di numerosi superamenti sia nell'area a nord di Taranto (nei comuni di Mottola, Castellaneta, Ginosola, Massafra, Grottaglie, Palagianò e Taranto - quartiere Tamburi) che nel territorio brindisino (nei comuni di Mesagne, Latiano, Ceglie Messapica, Oria, Cellino San Marco, San Donaci, Francavilla Fontana, Erchie, Cisternino, San Vito dei Normanni, San Michele Salentino, Villa Castelli, Torre Santa Susanna, San Pancrazio Salentino, Torchiarolo, San Pietro Vernotico) interessando anche 2 comuni della provincia di Lecce (Campi Salentina e Salice Salentino).