

# ADDENDUM

## VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA PUGLIESE AD UNA RISOLUZIONE SPAZIALE DI 1KM<sup>2</sup>

1

ANNO 2023

## Introduzione

La presente relazione mostra gli esiti della valutazione integrata dello stato della qualità dell'aria condotta sull'intero territorio pugliese, per l'anno 2023, ad una risoluzione spaziale di dettaglio, pari ad 1km x 1km, utilizzando il modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM,. Tale attività rappresenta un'importantissima evoluzione del sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria regionale, le cui ricostruzioni retrospettive annuali sono state sino ad oggi condotte da ARPA Puglia ad una risoluzione spaziale di 4km, con focus di dettaglio ad 1km sulle sole province di Brindisi, Lecce e Taranto.

Tale aggiornamento si è reso possibile grazie al potenziamento delle risorse computazionali e di archivio del cluster HPC di ReCaS, avvenuto nel 2022, e ai fondi del Piano Nazionale Complementare degli Investimenti al P.N.R.R. impiegati nel corso del 2023 da ARPA Puglia<sup>1</sup> per potenziare il sistema modellistico per la valutazione e la previsione dello stato della qualità dell'aria. Tra i vari upgrade previsti è stata migliorata la catena valutativa del sistema modellistico con la quale si conducono le simulazioni annuali retrospettive dello stato della qualità dell'aria. Le aumentate potenzialità di calcolo hanno infatti consentito di ampliare l'estensione del dominio di simulazione così da includere anche le Isole Tremiti. La risoluzione spaziale è notevolmente migliorata passando da 4km a 1km. E' stato inoltre implementato l'aggiornamento del database emissivo in input al FARM, utilizzando, per le emissioni regionali ed extraregionali, i dati più recenti, a disposizione al 2023, consistenti rispettivamente nei dataset INEMAR 2015 ed ISPRA2019. Sono stati infine aggiornati alcuni layer informativi utilizzati dal pre-processore delle emissioni EMMA, al fine di rappresentare più realisticamente la distribuzione spaziale e la modulazione temporale delle emissioni prodotte dalla combustione residenziale a biomassa legnosa, che, come noto, rappresenta una sorgente emissiva che influenza in modo significativo lo stato della qualità dell'aria pugliese. Diversi test condotti nel corso del 2024 hanno permesso di definire la configurazione finale della catena, descritta più nel dettaglio nei paragrafi successivi.

2

## Dominio di simulazione

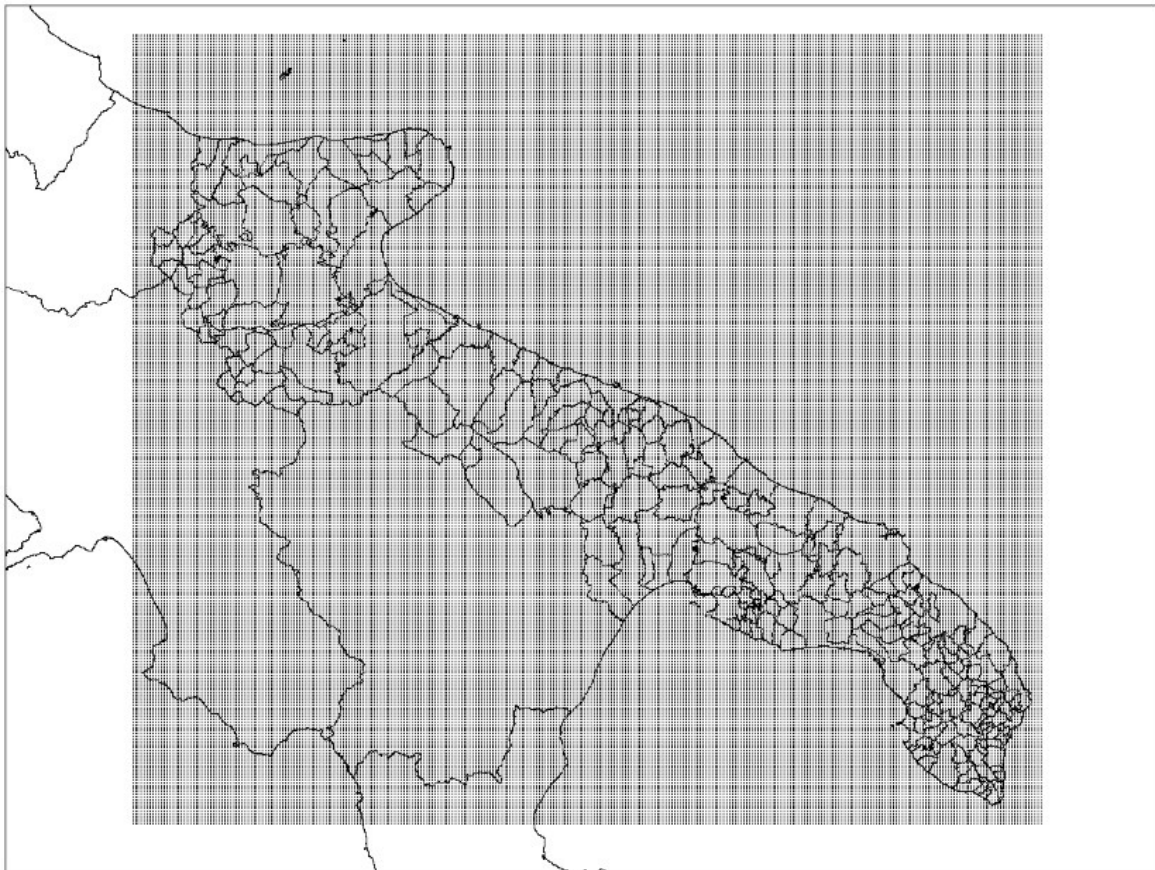
Il dominio di simulazione del modello FARM è stato esteso in direzione nord per includere le isole Tremiti così da comprendere un'area di estensione pari a 316x248 km<sup>2</sup>. Tale dominio, rappresentato in Figura 1, comprende quindi per intero la Puglia e la Basilicata, nonché parte della Campania, della Calabria e del Molise. La risoluzione spaziale è passata da 4km a 1km. Pur essendo rimasto invariato il numero di livelli verticali (pari a 16), il numero di celle di calcolo è aumentato significativamente passando da 78368 a 1385344.

---

<sup>1</sup> Deliberazione del Direttore Generale n.536/2022

I campi meteorologici di analisi, utilizzati per la valutazione modellistica, sono stati elaborati dal SAF di Arpa Puglia con il modello meteorologico prognostico WRF (Weather Research and Forecasting) ad una risoluzione spaziale di dettaglio (2km x 2km).

Le condizioni al contorno per il 2023 sono state derivate dai sistemi modellistici previsionali operativi come QualeAria (per gli inquinanti in fase omogenea, gassosa e particellare, su base temporale tri-oraria), interpolati opportunamente ad una risoluzione spaziale di 1km<sup>2</sup> sul top e sul bordo del nuovo dominio di simulazione.



**Figura 1:** Nuovo dominio di simulazione della catena modellistica valutativa FARM ad una risoluzione spaziale di 1km<sup>2</sup>.

## Emissioni antropogeniche e naturali

Relativamente alla componente antropica la simulazione è stata alimentata con una base dati emissiva aggiornata al 2015 ad eccezione del traffico lineare<sup>2</sup>. Come base di partenza sono state utilizzate, per la regione Puglia, le stime emissive dell'Inventario INEMAR 2015 di ARPA Puglia e, per le regioni confinanti, le stime dell'Inventario nazionale ISPRA 2019. Anche le emissioni industriali tarantine dello stabilimento siderurgico AdI non hanno subito un ulteriore aggiornamento perché nel precedente input emissivo risultavano già riferite al 2015.

Relativamente alle emissioni biogeniche di COV, in analogia alle precedenti valutazioni modellistiche, è stato attivato sul nuovo dominio di simulazione il modulo MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature, Guenther et al., 2006; <http://acd.ucar.edu/~guenther/MEGAN/MEGAN.htm/>), al fine di stimare dinamicamente sulle celle del dominio di simulazione, in funzione delle condizioni meteorologiche relative all'anno 2023, le emissioni orarie 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).

Le emissioni di aerosol di origine terrigena nonché di metalli pesanti sono state stimate con il modulo SurfPro, 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. Le emissioni di aerosol e dei metalli dal mare sono state stimate sempre con il SurfPro, utilizzando l'approccio proposto da Zhang et al. (2005).

---

<sup>2</sup>Per il traffico regionale lineare non è stato possibile utilizzare le stime emissive di Inemar 2015 poiché non si disponeva della relativa spazializzazione su grafo stradale adottato dallo stesso inventario.

## Confronto tra la base dati emissiva in input al modello e la versione precedente.

In tabella 1 si mostrano i totali annuali regionali, suddivisi per macrosettore, delle emissioni che costituiscono la base dati in input alla simulazione corrente, mentre in tabella 2 vengono esplicitati per inquinante i contributi percentuali di tutti i macrosettori.

**Tabella 1 – Emissioni annuali del caso emissivo 2015 per Macrosettore**

Caso emissivo 2015	CO	NMVOC	NOx	SO2	PM10	As	Cd	Ni	Pb
	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	kg	kg	kg	kg
1 - Produzione energia	13072	266	12371	7944	342	67	88	914	612
2 - Comb. non industriale	59986	22783	3343	339	6841	9.6	118	61	128
3 - Comb. nell'industria	69439	629	7320	4649	196	252	124	272	1239
4 - Proc. produttivi	2324	2741	2305	381	733	105	181	618	2052
5 - Estr. e distrib. combustibili	3	2813	31	1	12	0.4	0.1	1.8	10.4
6 - Uso di solventi	0.5	9107	0.3	0.0001	32		0.0003		107.9
7 - Trasporto su strada	36393	8414	33857	164	2021	9.4	24.5	160	1603
8 - Altre sorgenti mobili	5509	1744	11837	351	863	42.9	3.0	2020	18
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	2635	91	165	10	226	14.8	3.7	1.1	19.7
10 - Agricoltura	406	32962	589	8	148	1.4	2.5	0.7	1.1
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	7523	16482	265	53	578				
<b>Totale</b>	<b>197291</b>	<b>98032</b>	<b>72082</b>	<b>13901</b>	<b>11992</b>	<b>503</b>	<b>545</b>	<b>4048</b>	<b>5791</b>

**Tabella 2 – Contributi percentuali dei macrosettori per inquinante per il caso emissivo 2015**

	CO	NMVOC	NOx	SO2	PM10	As	Cd	Ni	Pb
1 - Produzione energia	7%	0.3%	17%	57%	3%	13%	16%	23%	11%
2 - Comb. non industriale	30%	23%	5%	2%	57%	2%	22%	2%	2%
3 - Comb. nell'industria	35%	1%	10%	33%	2%	50%	23%	7%	21%
4 - Proc. produttivi	1%	3%	3%	3%	6%	21%	33%	15%	35%
5 - Estr. e distrib. combustibili	0.001%	3%	0.04%	0.01%	0.1%	0%	0%	0%	0%
6 - Uso di solventi	0.0002%	9%	0.0004%	0%	0.3%	0%	0%	0%	2%
7 - Trasporto su strada	18%	9%	47%	1%	17%	2%	4%	4%	28%
8 - Altre sorgenti mobili	3%	2%	16%	3%	7%	9%	1%	50%	0%
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	1%	0.1%	0%	0.1%	2%	3%	1%	0%	0%
10 - Agricoltura	0.2%	34%	1%	0.1%	1%	0%	0%	0%	0%
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	4%	17%	0.4%	0.4%	5%				

Dalle tabelle si rileva come per il monossido di carbonio (CO) a livello regionale il contributo emissivo maggiore (35%) provenga dalla combustione industriale, seguito dalla combustione residenziale. Per gli ossidi di azoto (NOx) la principale sorgente emissiva è il trasporto su strada (47%), per l'NMVOC è l'agricoltura (34%) seguita dalla combustione non industriale, per l'anidride solforosa (SO2) è la produzione di energia elettrica (57%) seguita dalla combustione nell'industria e per il particolato nella frazione PM10 è la combustione non industriale (57%). Per As, Cd e Pb i macrosettori che hanno maggior peso sono quelli legati alla combustione nell'industria e/o ai processi produttivi. Per il Ni il principale contributo deriva dal macrosettore "Altre sorgenti mobili", in particolare dai Porti.

Il confronto tra il caso emissivo 2015 in input alla corrente simulazione ed il caso emissivo "Inemar 2010 attualizzato 2013", utilizzato in tutte le precedenti simulazioni retrospettive condotte con il FARM, è mostrato in tabella 3, che evidenzia la variazione percentuale del caso emissivo 2015 rispetto al precedente per inquinante e per macrosettore.

Nel caso emissivo 2015 si osserva una diminuzione generale dei valori emissivi per i macroinquinanti, con alcune eccezioni. Ad esempio, per il macrosettore 2 legato ai processi di combustione non industriale si rileva un aumento delle emissioni per tutte le specie analizzate.

Per i microinquinanti, invece, non si osserva una tendenza prevalente. Solo per alcuni macrosettori si rilevano degli aumenti significativi, presumibilmente dovuti a nuove procedure di stima attivate in Inemar 2015.

**Tabella 3** – Variazione percentuale per macrosettore e per inquinante del caso emissivo 2015 rispetto ad Inemar 2010 attualizzato 2013.

	CO	NH3	NM VOC	NOx	SO2	PM10	DIOX	As	Cd	Ni	Pb
1 - Produzione energia	-6%	33%	-39%	-5%	-24%	-32%	-60%	21%	40%	29%	406%
2 - Comb. non industriale	19%	12%	20%	56%	13%	9%	42%	285%	43%	3078%	130%
3 - Comb. nell'industria	-2%	-57%	-12%	-40%	-8%	-25%	-5%	25%	-7%	-75%	-26%
4 - Proc. produttivi	473%	-99%	-27%	33%	56%	-18%	0%	35%	4%	18%	3%
5 - Estr. e distrib. combustibili			54%			-80%		-16%	-35%	-70%	-9%
6 - Uso di solventi	0%	20679%	-63%	339%	-100%	-16%	-100%				solo 2015
7 - Trasporto su strada	-28%	-32%	-13%	-20%	-38%	-25%			-8%	-14%	3%
8 - Altre sorgenti mobili	-1%	-6%	-6%	-20%	3%	-20%		242237%	77%	16555%	236%
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	-95%	-79%	-94%	-77%	-92%	-95%	-30%	-99%	-100%		80%
10 - Agricoltura	-88%	82%	23%	20%	-88%	-66%					
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	-74%	-74%	523%	-74%	-74%	-70%	-100%				

Nella tabella successiva si confrontano le stime complessive assegnate nei due casi emissivi alle attività legate alla combustione residenziale a biomassa (attività 020206 Camino aperto tradizionale, 020207 Stufa tradizionale a legna, 020208 Camino chiuso o inserto, 020209 Stufa o caldaia innovativa, 020210 Stufa automatica a pellet o cippato o BAT Legna).

**Tabella 4** - Confronto tra le stime emissive di Inemar 2015 e Inemar 2010 att 2013 assegnate complessivamente alla combustione residenziale a biomassa e variazione percentuale del nuovo input rispetto al vecchio

Flussi di massa (ton/anno) complessivi per attività 020206-7-8-9-10	Q_CO	Q_NOX	Q_SO2	Q_HG	Q_As	Q_Cd	Q_Ni	Q_APb	Q_C6H6	Q_BaP	Q_PM10	Q_PM2.5
Inemar 2010 att 2013	46209	673	86	0.00281	0	0.07700	0	0.04186	507.6059	1.00247	6206	5972
Inemar 2015	55406	1091	143	0.00441	0	0.10593	0	0.05296	667.2628	1.63594	6734	6517
Variazione	20%	62%	67%	57%		38%		27%	31%	63%	8%	9%

Le stime presenti in INEMAR 2015 mostrano un aumento delle emissioni regionali per tutti gli inquinanti. A tale aumento contribuisce l'incremento del 43% del consumo della legna, registrato dall'ISTAT in Puglia nel 2015 rispetto al 2010. Per il PM10 e PM2.5 l'incremento è solo pari all'8% perché compensato dalla riduzione dei fattori di emissione adottati in INEMAR 2015 per tutte le attività, ad eccezione della 020206. L'aumento significativo delle emissioni di B(a)P, invece, è dovuto sostanzialmente all'incremento del consumo di legna e all'introduzione in Inemar 2015 delle stime emissive di B(a)P anche per le attività 020207-8-9-10.

Nelle figure successive si confrontano infine graficamente le stime emissive totali e la ripartizione dei contributi dei singoli macrosettori sia per i macroinquinanti che i microinquinanti.

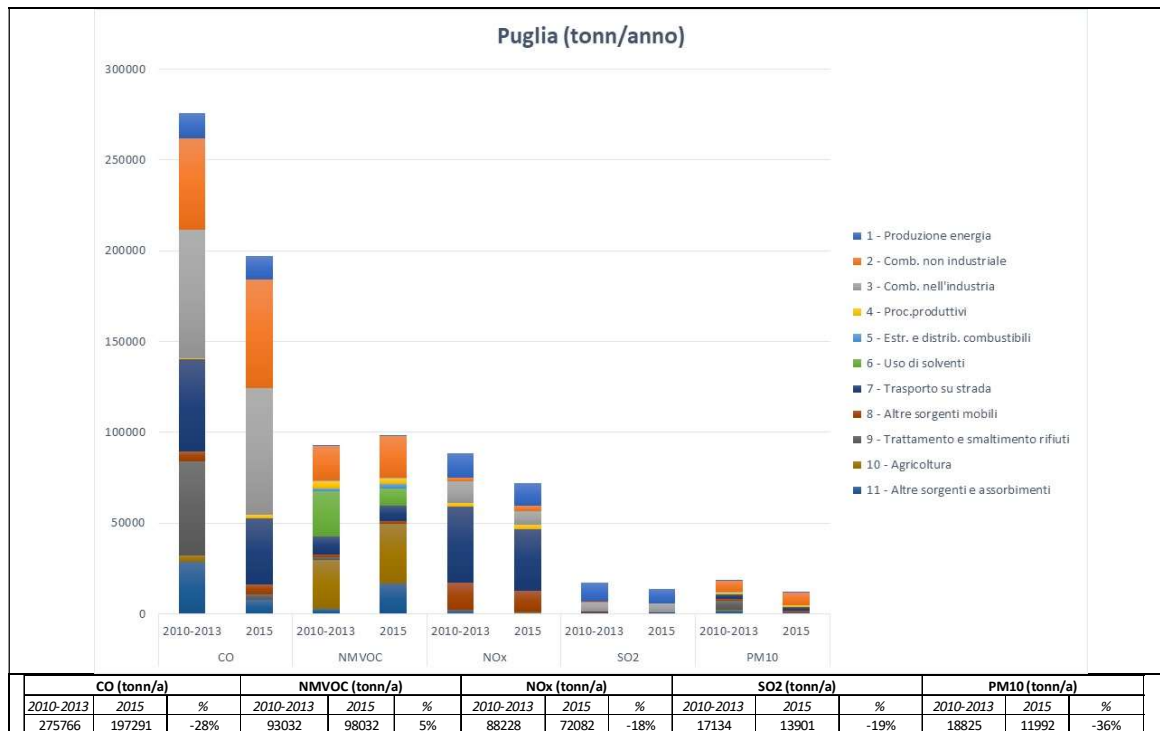


Figura 2: Confronto tra le emissioni dei macroinquinanti dell'inventario 2010 aggiornato al 2013 e l'inventario 2015

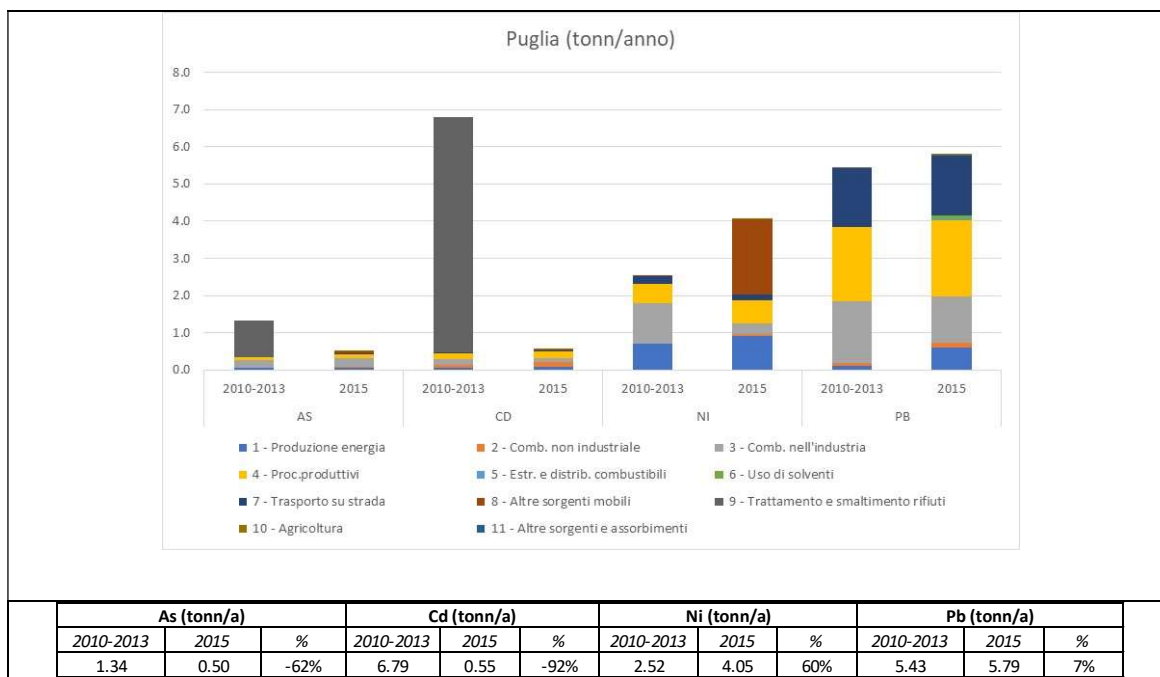
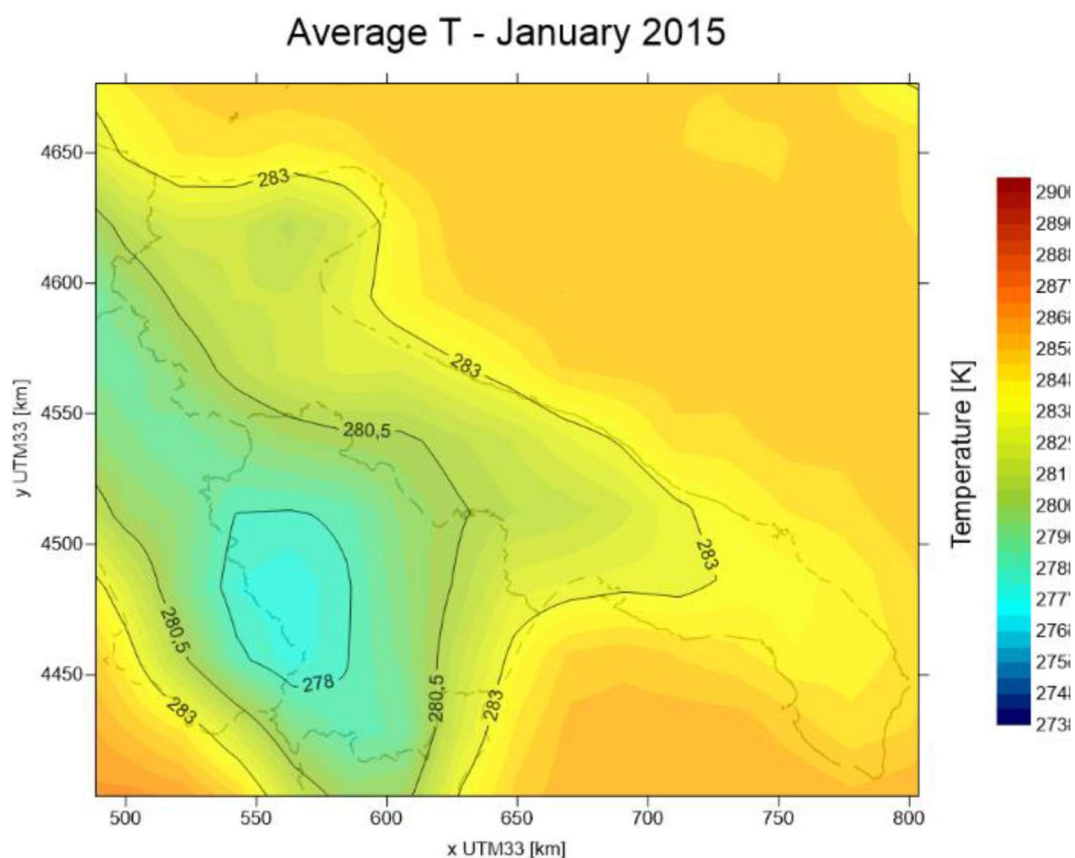


Figura 3: Confronto tra le emissioni dei metalli dell'inventario 2010, aggiornato al 2013 e l'inventario 2015

## Modulazione dinamica e spazializzazione delle emissioni da riscaldamento residenziale a biomassa legnosa

Le emissioni da riscaldamento sono state modulate dinamicamente in modo da tenere conto delle eventuali anomalie termiche che hanno caratterizzato il 2023 (anno della simulazione) rispetto al 2015 (anno della base dati emissiva). A tal fine è stato quindi aggiornato il campo di temperatura da assumere come valore di riferimento medio su base mensile.

A partire dal set di dati di temperatura di rianalisi ERA5 prodotti da ECMWF relativamente al 2015 (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>) è stato predisposto un file "climatico" mensile di temperatura. Successivamente il dato è stato rimappato sul dominio di simulazione alla risoluzione spaziale di 1 km e il file così ottenuto è stato integrato nel caso emissivo. La figura successiva mostra, a titolo di esempio, la mappa della temperatura media mensile riferita a gennaio 2015.

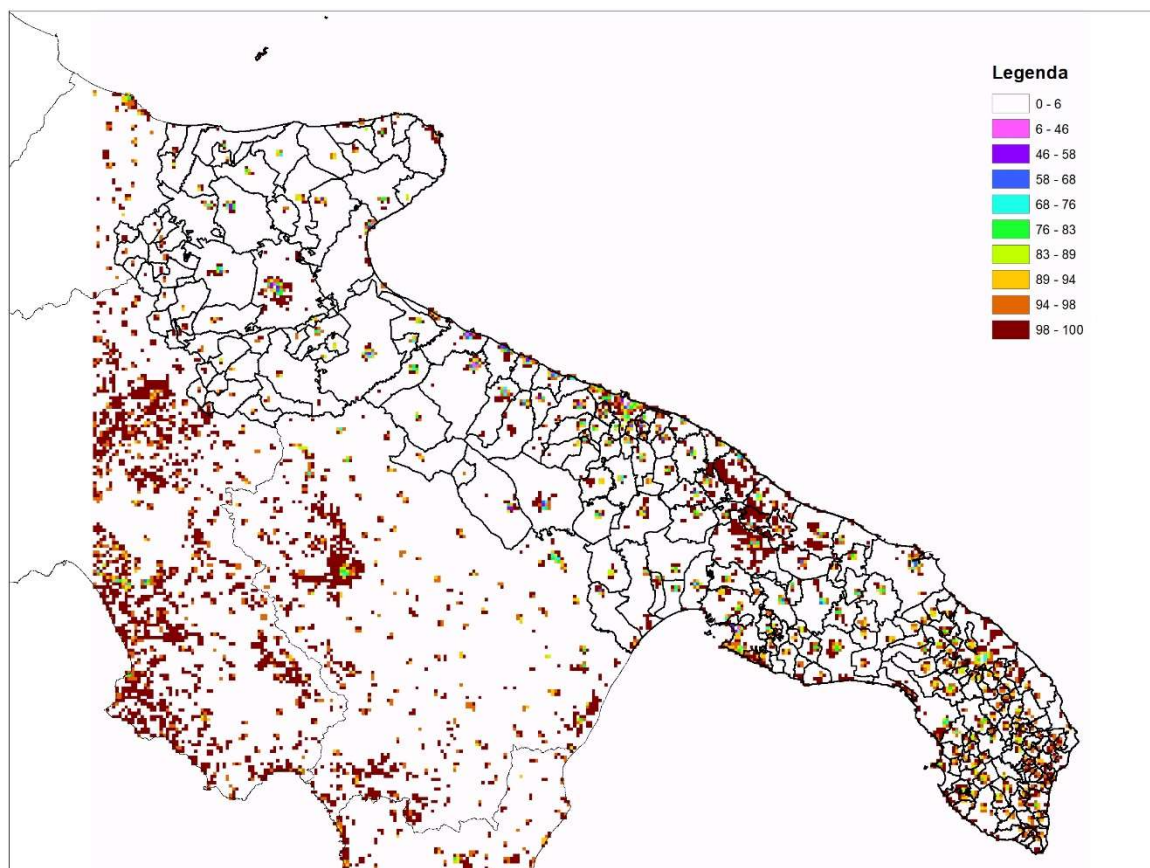


**Figura 4:** Mappa sul nuovo dominio di simulazione della temperatura media mensile (K) relativa a gennaio 2015

Per ricostruire al meglio l'impatto delle emissioni prodotte dalla combustione residenziale a biomassa legnosa è stato predisposto un nuovo layer di spazializzazione rispetto al quale distribuire la suddetta emissione sulle



celle del dominio. Tale layer è stato predisposto a partire dallo strato informativo relativo al numero di edifici residenziali ad 1, 2 e 3 piani, ricavati dai dati ISTAT (censimento 2011, classi E17-E18-E19) e dai layer sulle aree edificate identificate dal Corine Land Cover. L'utilizzo di tale layer, in pratica, spazializza l'emissione comunale solo sulle aree abitate, dando un peso maggiore là dove risultano maggiormente presenti le case ad un solo piano. Il nuovo layer, mostrato nella figura successiva, sostituisce il precedente, che spazializzava le emissioni solo in base alla densità di popolazione residente definita da Censimento Istat 2011.



**Figura 5:** Mappa del nuovo layer *casebasse\_clc* adottato per spazializzare sul nuovo dominio di simulazione le emissioni prodotte dalla combustione residenziale a biomassa legnosa.

## SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 1: VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE DEL SISTEMA MODELLISTICO

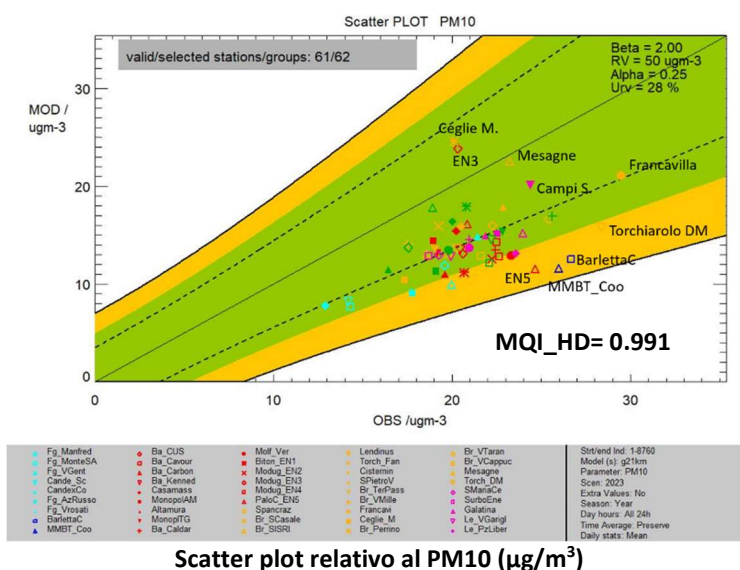
A cura di Annalisa Tanzarella - Ufficio di Modellistica - CRA

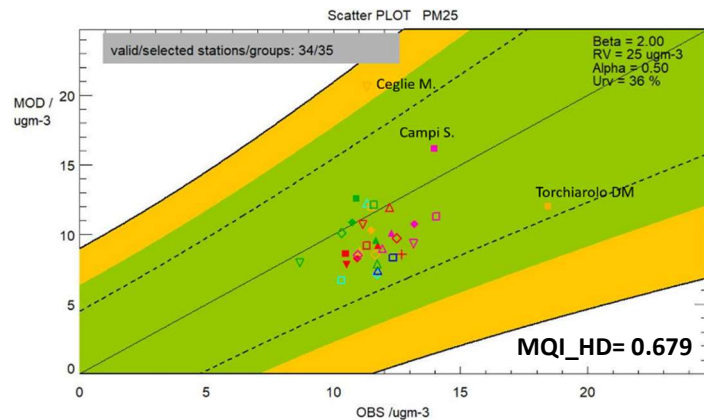
Il DELTA TOOL definisce un criterio di performance del modello (MQO) quale livello minimo di qualità che deve essere raggiunto dal modello per *policy use*. Questo criterio è definito sulla base dell'incertezza delle misure. Partendo dall'assunzione che il modello ha una buona performance quando ha un grado di incertezza confrontabile con quello delle corrispondenti misure, l'obiettivo di qualità del modello nel DELTA TOOL si raggiunge se l'indicatore di qualità del modello (MQI) risulta  $\leq 1$  per almeno il 90% delle stazioni disponibili. L'MQO è quindi espresso come  $MQI_{90^{\circ}perc} \leq 1$ .

Tale criterio di performance del modello è attivato per O<sub>3</sub> (relativamente alla massima concentrazione media mobile giornaliera su 8 ore), NO<sub>2</sub> (relativamente alla concentrazione oraria), PM10 (relativamente alla concentrazione media giornaliera) e PM2.5 (relativamente alla concentrazione media giornaliera) sull'anno. 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. Con il miglioramento della risoluzione del FARM da 4km a 1km, sono state considerate, per il confronto, tutte le centraline della RRQA. Si precisa inoltre che affinché i dati di una centralina di monitoraggio siano utilizzati dal DELTA TOOL è necessario che la centralina disponga almeno del 75% di dati validi del periodo temporale selezionato per la statistica.

Si fa presente infine che, poiché il modello FARM non è in grado di ricostruire il contributo sul PM10 prodotto dalle avvezioni sahariane, nel set di dati modellati e misurati presso le stazioni di monitoraggio sono stati eliminati i dati corrispondenti ai giorni in cui si sono verificati superamenti dovuti a intrusioni sahariane.

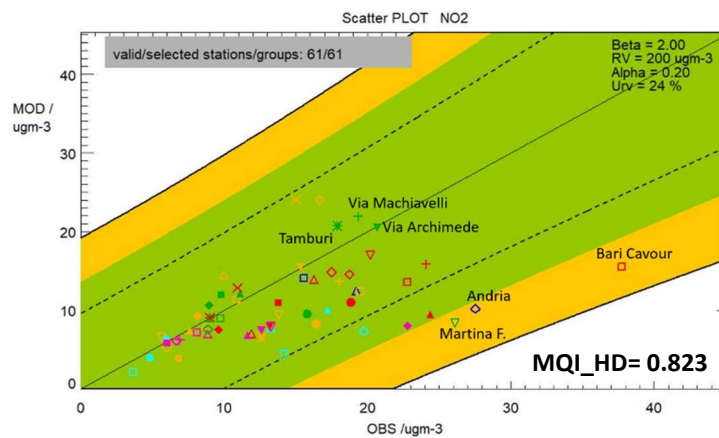
Di seguito si riportano, quindi, i risultati del confronto ottenuti con l'ausilio del DELTA TOOL in termini di *scatter plot* tra le concentrazioni modellate, estratte con il metodo *nearest point*, e misurate in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio. L'appartenenza di una centralina alla zona arancione indica il soddisfacimento dell'MQI; inoltre l'uso di analoghi colori per i simboli associati alle diverse centraline indica l'appartenenza di queste ad una stessa provincia. Il valore dell'MQI associato al 90° percentile delle stazioni (indicato in basso a destra in ogni *scatter plot*) risulta sempre minore di 1, soddisfacendo quindi l'obiettivo di qualità per tutte le specie indicate.





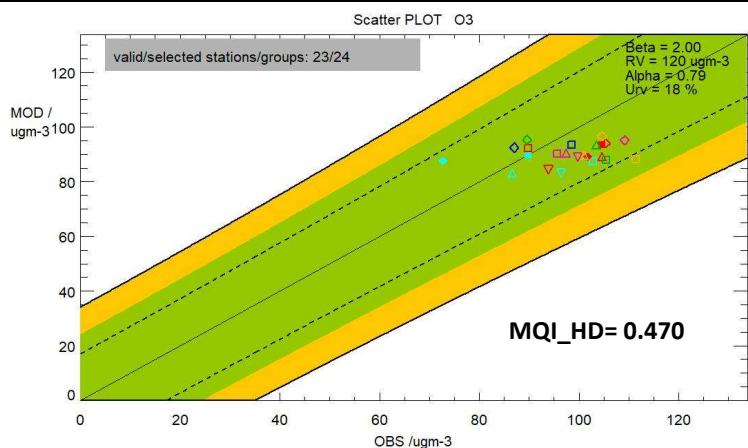
Fg_VGent	Altamura	Br_VTaran	StalleSE	Str/ind ind: 1-8760
Fg_AzRusso	MonopITG	Torch_DM	Talsano	Model (s): g21m
Fg_Vrosato	Ba_Caldar	SMariaCe	SS7_Wind	Parameter: PM25
BarettaC	Bion_EH1	Galatina	Ta_PaleM	Scen: 2023
MMBT_Coo	Modug_EN2	Le_VGangi	Ta_VArchi	Extra Values: No
Ba_Cavour	Br_Scasale	Le_PULiber	Ta_VIacchi	Season: Year
Ba_Kenned	Torch_Fan	Maglie	Ta_VAltoA	Day hours: All 24h
Casamass	Br_TerPass	Campi_Sa		Time Average: Presence
MonopAM	Ceglie_M	Cobacem		Daily stats: Mean

Scatter plot relativo al PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



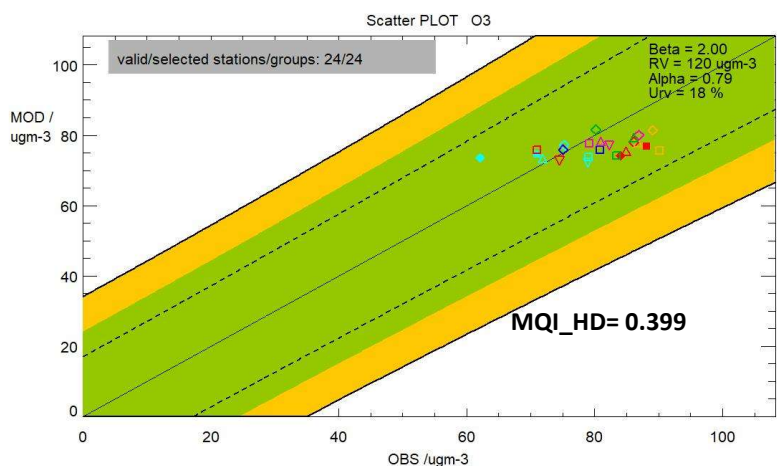
Fg_Manfred	MMBT_Coo	Ba_Caldar	Br_SISRi	Br_Pennino	Str/ind ind: 1-8760
Fg_MorreSA	Ba_CUS	Mol_Ver	Lendinus	Br_VTaran	Model (s): g21m
Fg_VGent	Ba_Cavour	Bion_EH1	Torch_Fan	Br_VIacpoc	Parameter: NO2
Candè_Sc	Ba_Carbon	Modug_EN2	Castamin	Messagne	Scen: 2023
CandèCo	Br_Kenned	Modug_EN3	SPietroV	Torch_DM	Extra Values: No
Fg_AzRusso	Casamass	Modug_EN4	Br_TerPass	SMariaCe	Season: Year
Fg_Vrosato	MonopAM	Paloc_EN5	Br_VMille	SarboCne	Day hours: All 24h
Andria	Altamura	Spacraz	Francav	Galatina	Time Average: Presence
BarettaC	MonopITG	Br_Scasale	Ceglie_M	Le_VGangi	Daily stats: presence

Scatter plot relativo all'NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Fg_VGent	Casamass	Maglie	Stir/End Ind: 1-8760
Cande_Sc	Altamura	Amesano	Model (s): g21km
CandecoCo	Biton_EN1	Ta_SVito	Parameter: O3
Fg_AzRusso	Modug_EN2	Grottagl	Scen: 2023
Fg_Vrosati	Br_SCasale	Talsano	Extra Values: No
BariettaC	Cisternin		Season: Summer
MMBT_Coo	Br_TerPass		Day hours: All 24h
Ba_CUS	SMariaCe		Time Average: 8h
Ba_Kenned	Galatina		Daily stats: Max

Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), per la sola stagione estiva (G-L-A)



Fg_MonteSA	Ba_Kenned	Galatina	Stir/End Ind: 1-8760
Fg_VGent	Casamass	Maglie	Model (s): g21km
Cande_Sc	Altamura	Amesano	Parameter: O3
CandecoCo	Biton_EN1	Ta_SVito	Scen: 2023
Fg_AzRusso	Modug_EN2	Grottagl	Extra Values: No
Fg_Vrosati	Br_SCasale	Talsano	Season: Year
BariettaC	Cisternin		Day hours: All 24h
MMBT_Coo	Br_TerPass		Time Average: 8h
Ba_CUS	SMariaCe		Daily stats: Max

Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), per l'anno

Gli esiti della valutazione della performance condotta con il DELTA TOOL sulla simulazione 2023, con risoluzione a 1km, dimostrano quindi il soddisfacimento degli obiettivi di qualità per tutti gli inquinanti considerati.

## Integrazione dei risultati del modello con le misure della Rete Regionale di Qualità dell'Aria

La valutazione statistica condotta con il DELTA TOOL ha evidenziato per gli inquinanti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> la capacità del modello di ricostruire adeguatamente, anche ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione spaziale, le concentrazioni misurate sull'intero territorio pugliese poiché il criterio di qualità è risultato essere sempre soddisfatto. Ciononostante, al fine di migliorare la ricostruzione modellistica dei livelli di concentrazione nonché la relativa distribuzione spaziale, il D.Lgs 155/2010 raccomanda comunque l'utilizzo di tecniche di modellazione in combinazione alle misurazioni in siti fissi.

Tale integrazione, denominata assimilazione, rappresenta la modalità migliore per giungere ad una valutazione realistica dello stato di qualità dell'aria, valorizzando al massimo ogni tipo di misura o stima, ciascuno col proprio grado di precisione e di affidabilità.

Nel presente lavoro l'assimilazione dei dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della rete, gestita da ARPA, nei campi di concentrazione al suolo, prodotti dal modello FARM, è stata effettuata mediante l'utilizzo del modulo ARpMEAS (ARchive plus MEASurements), sviluppato da Arianet, che implementa metodi basati sia su schemi empirici (quali il Successive Correction Method (SCM), l'Observational Data Assimilation (ODA) e le tecniche di Nudging) che su schemi statistici costanti come l'Optimal Interpolation (OI).

Tali tecniche si definiscono di tipo passivo poiché l'assimilazione viene effettuata integrando a posteriori i risultati di simulazioni modellistiche con le informazioni sperimentali fornite dalla rete osservativa ("data fusion").

In queste tecniche il campo bidimensionale di concentrazione, prodotto dal modello chimico, rappresenta il campo di *background* con il quale viene inizializzata la procedura di interpolazione; tale campo viene successivamente modificato con l'introduzione delle osservazioni nella griglia del modello attraverso uno specifico schema di interpolazione.

La disponibilità per la prima volta di un campo di background ad una risoluzione spaziale di dettaglio su tutta la regione ha tuttavia reso necessario un'intensa attività di *tuning*, volta ad individuare sia la configurazione che lo schema di assimilazione più idonei per determinati inquinanti. L'assimilazione è infatti una procedura puramente matematica che in taluni casi può dare risultati fisicamente poco realistici. Si è reso quindi necessario condurre più test, accompagnati da un'attenta verifica delle mappe ottenute (denominate di analisi) al fine di garantire una ricostruzione dello stato della qualità dell'aria quanto più realistica e coerente con le informazioni fornite dalle postazioni di monitoraggio, condizionata il meno possibile da artefatti di natura matematica.

Per inquinanti quali il CO, il benzene, l'SO<sub>2</sub>, l'NO<sub>2</sub> l'integrazione (su base oraria) delle misure con i corrispondenti campi modellati è avvenuta tramite l'Optimal Interpolation; invece per il PM<sub>10</sub> ed il PM<sub>2.5</sub>, per i quali l'assimilazione viene condotta su base giornaliera, è stato utilizzato lo schema ODA. Relativamente alla specie O<sub>3</sub>, invece, si è ritenuta fisicamente più realistica la ricostruzione fornita dal solo modello.

Si fa anche presente che:

- per alcune stazioni di monitoraggio (ad es. *Mesagne, San Pietro Vernotico, Arnesano, Campi S.na, Talsano*, ecc.), si è scelto di attribuire un raggio di influenza differente per la stagione invernale per quegli inquinanti (ad. es. PM<sub>10</sub>) le cui misure mostravano un andamento temporale fortemente stagionale;
- dal processo di assimilazione sono state escluse le misure di PM<sub>10</sub> acquisite nei giorni in cui si sono registrati superamenti del valore limite per effetto delle avvezioni sahariane, dal momento che la normativa prevede lo scorporo di tali superamenti per la valutazione della conformità dello stato della QA per il valore limite giornaliero prescritto per il PM<sub>10</sub>;
- per alcune centraline (ad es. di tipo industriale o urbane da traffico o allocate in piccoli comuni), si è scelto di adottare raggi di influenza inferiori ad 1km per limitarne l'influenza nell'area circostante.

La tabella seguente mostra l'elenco delle centraline di cui sono state assimilate le misure (contrassegnate dalla lettera X).

**Tabella 5 – Elenco delle stazioni di monitoraggio e delle specie assimilate**

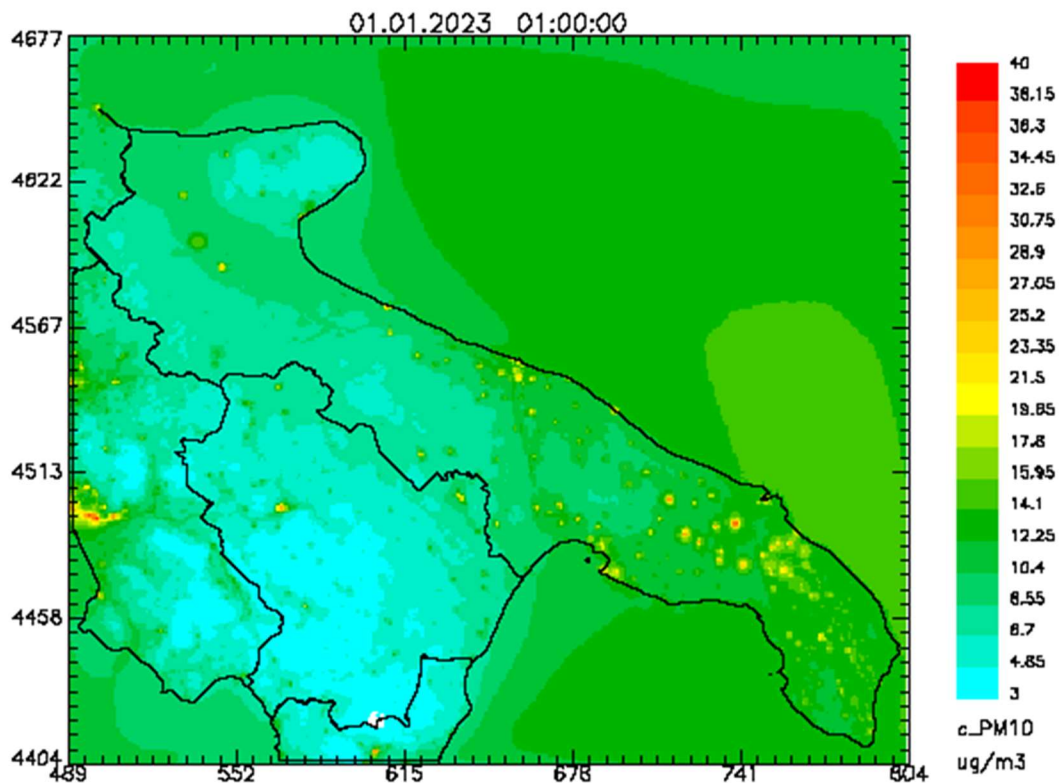
Provincia	Stazione	NO2	PM10	PM2.5	CO	C6H6	SO2
FG	Manfredonia	x	x		x	x	
FG	Monte S. Angelo	x	x				
FG	Candela Scuola	x	x		x	x	x
FG	Candela exCo.	x	x		x		
FG	Municipio San Severo	x	x	x	x		
FG	Fg-Azienda Russo	x	x	x			
FG	Rosati	x	x	x	x	x	
BAT	Andria	x	x	x	x	x	
BAT	Barletta	x	x	x		x	
BAT	Mezzo Mobile Via Trani	x	x	x	x		x
BA	Ba-CUS	x	x				
BA	Ba-Carbonara	x	x				
BA	Ba-Kennedy	x	x				
BA	Casamassima	x	x	x			
BA	Monopoli	x	x	x	x	x	
BA	Altamura	x	x	x			
BA	Monopoli (liceo art.)	x	x	x		x	
BA	Caldarola	x	x	x	x	x	
BA	Molfetta Verdi	x	x			x	
BA	Cavour	x	x	x	x	x	
BA	Bitonto_EN1	x			x		
BA	Modugno_EN2	x			x		
BA	Modugno_EN3	x			x		
BA	Modugno_EN4	x			x		
BA	Palo_EN5	x			x		
TA	Archimede	x	x	x	x		x
TA	Machiavelli	x	x	x	x	x	x
TA	Alto Adige		x	x	x	x	
TA	Martina Franca	x	x			x	
TA	Massafra	x	x			x	x
TA	Tamburi	x				x	
TA	StatteSE	x	x	x	x		x
TA	San Vito	x	x		x		x
TA	Grottaglie	x	x				
TA	Talsano	x	x	x			x
TA	SS7_Wind	x	x	x			x
TA	PaoloVI	x	x	x	x	x	x
BR	Terminal Passeggeri	x	x	x	x	x	x
BR	Via dei Mille	x	x			x	
BR	FrancaVilla	x	x			x	
BR	Ceglie Messapica	x	x	x	x	x	x
BR	Perrino	x	x		x		x
BR	Via Taranto	x	x	x	x	x	
BR	Cappuccini	x	x		x		x
BR	Mesagne	x	x				
BR	Torchiarolo Don Minzoni	x	x	x	x	x	x
BR	SanPancrazio	x	x				
BR	Casale	x	x	x			
BR	SISRI	x	x		x	x	x
BR	Lendinuso	x	x				x
BR	Torchiatolo-Fanin	x	x	x			x
BR	Cisternino	x	x				x
BR	SPietroVernotico	x	x				
LE	SMariaCerrate	x	x	x			
LE	SurboEnel	x	x				x
LE	Galatina	x	x	x	x		
LE	Via Garigliano	x	x	x		x	
LE	Piazza Libertini	x	x	x	x	x	
LE	Guagnano	x	x				
LE	Arnesano		x				
LE	Maglie	x	x	x	x		x
LE	Campi Salentina	x	x	x			
LE	Colacem	x	x	x	x	x	x

## LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA REGIONE PUGLIA RICOSTRUITO PER IL 2023 AD UNA RISOLUZIONE DI 1KM<sup>2</sup>

### PM10

La simulazione modellistica per il PM10 è stata condotta anche per il 2023 escludendo il contributo del dust desertico di origine transfrontaliera. Dal processo di assimilazione, come già detto, sono state inoltre escluse le misure di PM10 acquisite nei giorni in cui si sono registrati superamenti del valore limite per effetto delle avvezioni sahariane, dal momento che la normativa prevede lo scorporo di tali superamenti per la valutazione della conformità dello stato della qualità dell'aria per il valore limite giornaliero prescritto per il PM10.

Nella figura successiva si mostra la mappa di analisi riferita alla concentrazione media annuale ricostruita ad una risoluzione spaziale di 1km<sup>2</sup> sul dominio di simulazione.



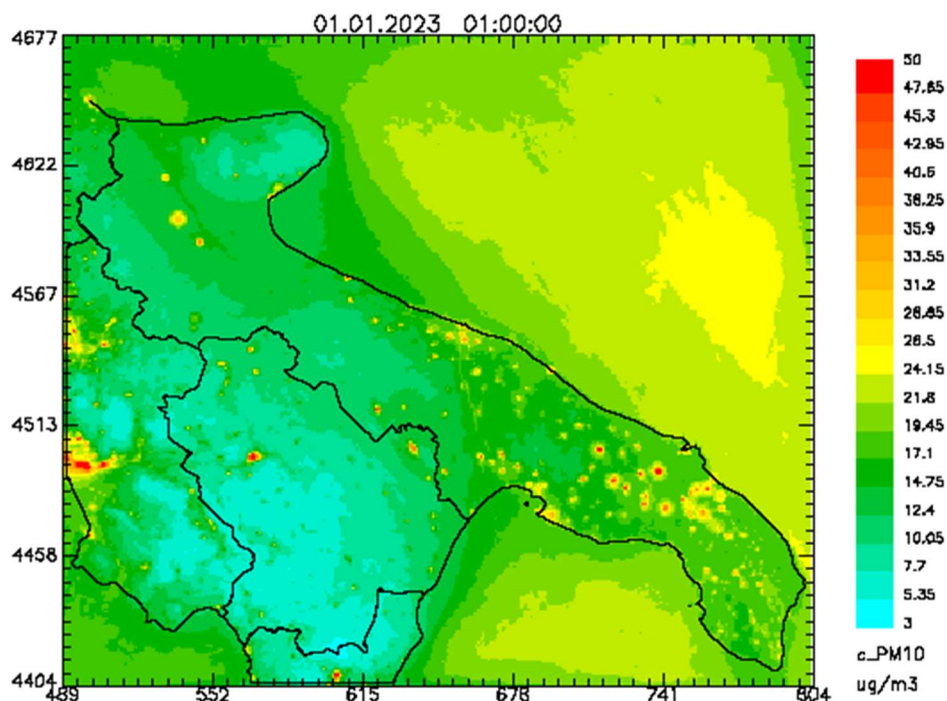
**Figura 6:** Mappa della concentrazione media annuale di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sul dominio di simulazione ad 1km<sup>2</sup> ottenuta sulla regione Puglia tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

Sul territorio regionale il modello non stima alcun superamento del valore limite annuale prescritto per il PM10. A livello regionale si rileva che la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale è non



uniforme e non omogenea, con un effetto del tipo a “macchia di leopardo”, che raggiunge i valori più elevati in corrispondenza delle zone urbanizzate. Analogamente a quanto ricostruito nelle precedenti valutazioni annuali retrospettive i valori più elevati si riscontrano nelle aree urbane di alcuni comuni della provincia di Brindisi (32.6µg/m<sup>3</sup> a Mesagne, 29.8 µg/m<sup>3</sup> a Francavilla Fontana, 27.5 µg/m<sup>3</sup> a Ceglie Messapica e a Latiano). Come già ampiamente trattato e approfondito da Arpa Puglia nel corso degli anni, la causa di ciò è da attribuirsi alle emissioni locali prodotte dal riscaldamento residenziale a legna.

Riguardo al valore limite giornaliero per il PM10, da non superare per più di 35 volte all’anno, la mappa di analisi, riportata in figura successiva e relativa all’indicatore del 90.4° percentile<sup>3</sup>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere, mostra alcune non conformità sul territorio regionale.

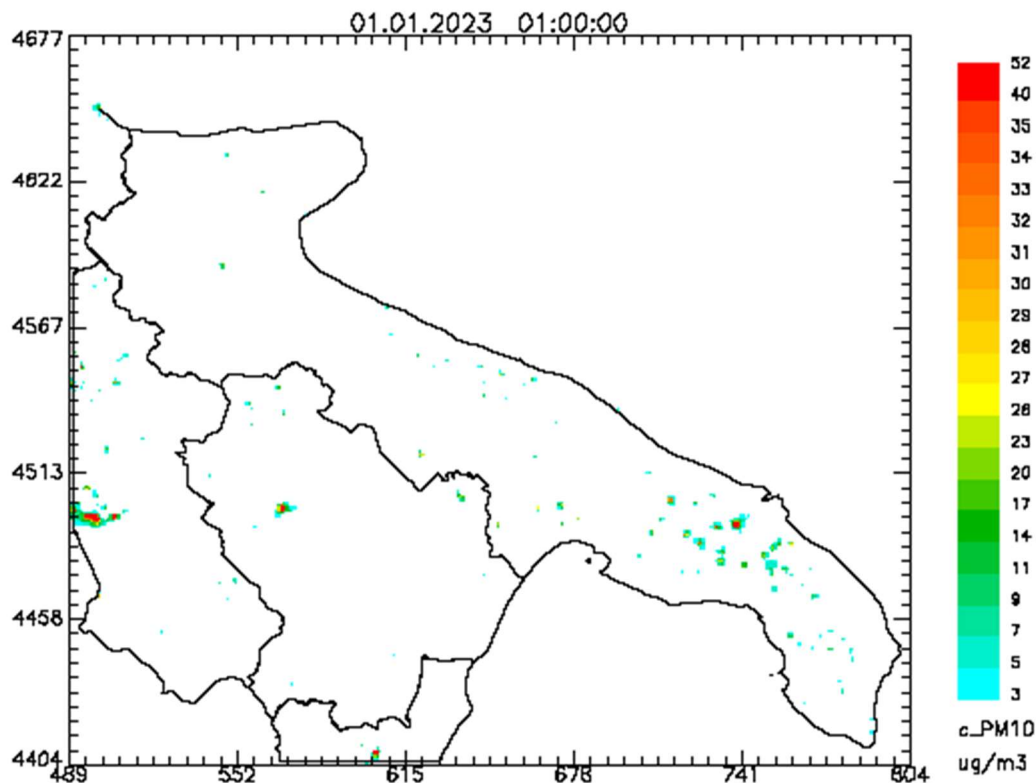


**Figura 7:** Mappa del 90.4° percentile di PM10 (µg/m<sup>3</sup>), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere, ottenuta tramite l’assimilazione delle misure della RRQA.

<sup>3</sup> I valori limite ed obiettivo, prescritti dal D. Lgs n.155/2010, possono essere espressi dal punto di vista statistico sia come numero massimo di superamenti che come percentili. Di seguito si riporta la tabella di associazione per tipologia di inquinante e media temporale:

Inquinante	Periodo temporale di mediazione	Numero massimo di superamenti	Percentile
SO <sub>2</sub>	giorno	3	99.2
	ora	24	99.73
NO <sub>2</sub>	ora	18	99.79
PM <sub>10</sub>	giorno	35	90.4
O <sub>3</sub>	giorno	25	93.2

A conferma di ciò nella figura successiva si riporta la mappa di analisi relativa al numero di superamenti del valore limite giornaliero prescritto per il PM10.



18

**Figura 8:** Mappa del numero annuale di superamenti del valore limite sulla media giornaliera di PM10, ottenuta sulla regione Puglia tramite l'assimilazione delle misure dalla RRQA.

La tabella successiva riporta l'elenco dei comuni per i quali il numero totale dei superamenti valutati è superiore al massimo numero di 35 consentito in un anno. Per tutti i comuni in elenco i superamenti si verificano in almeno una delle celle poste all'interno dell'area urbanizzata. E' opportuno precisare che in corrispondenza di queste celle non sono presenti postazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria che possano confermare o meno la reale sussistenza del superamento. Viceversa, là dove sono presenti le centraline che misurano il PM10, la ricostruzione modellistica conferma l'assenza di superamenti del valore limite.

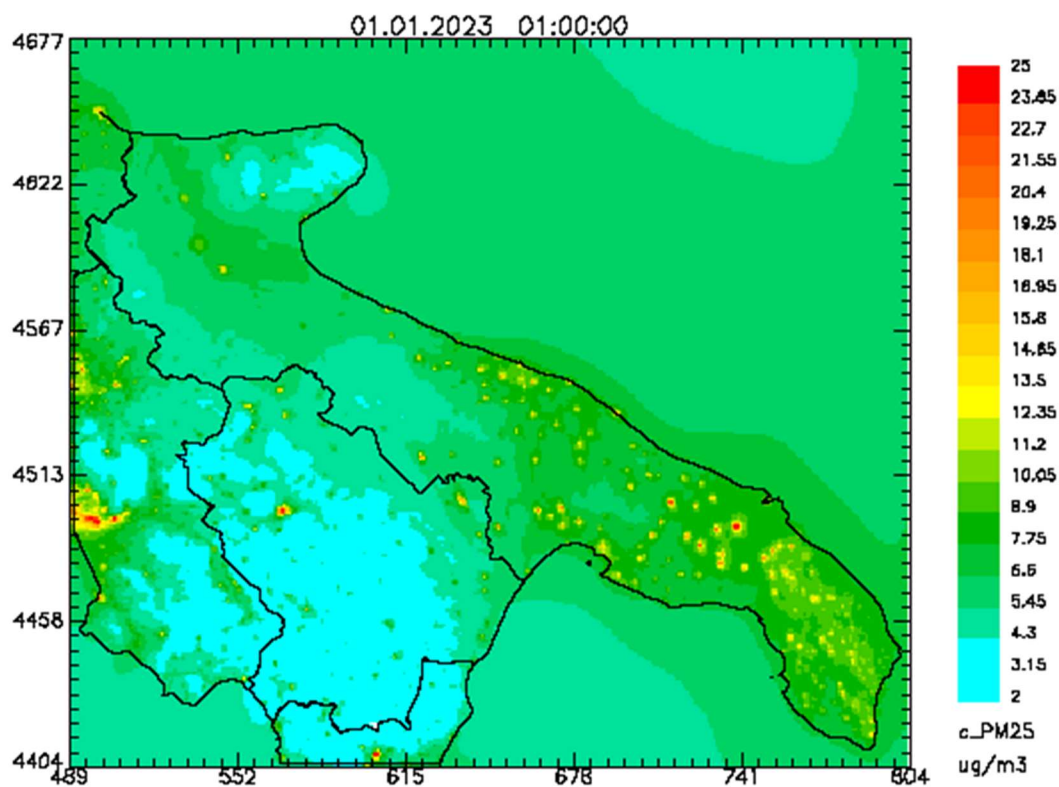
**Tabella 6** - Comuni con numero dei superamenti (ottenuti tramite assimilazione sul territorio regionale delle misure della RRQA) del valore limite giornaliero per il PM10 superiore a 35

Comune	Provincia	Numero superamenti del valore limite giornaliero per il PM10
Mesagne	BR	52
Latiano	BR	41
Oria	BR	38

## PM2.5

Il sistema modellistico a 1km di risoluzione spaziale prevede sul territorio regionale il superamento del limite annuale per il PM2.5 solo nell'area urbana del comune di Mesagne (BR) dove la concentrazione media annuale risulta pari a 26.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A livello regionale valori elevati si riscontrano anche a Latiano (23.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e a Oria (23.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sempre in provincia di Brindisi.

Il superamento ricostruito dal modello si rileva in celle nelle quali non sono presenti centraline di monitoraggio, che possano confermarne o meno la sussistenza. Anche per tali superamenti<sup>4</sup> vale quanto già detto per il PM10 sulle possibili cause.



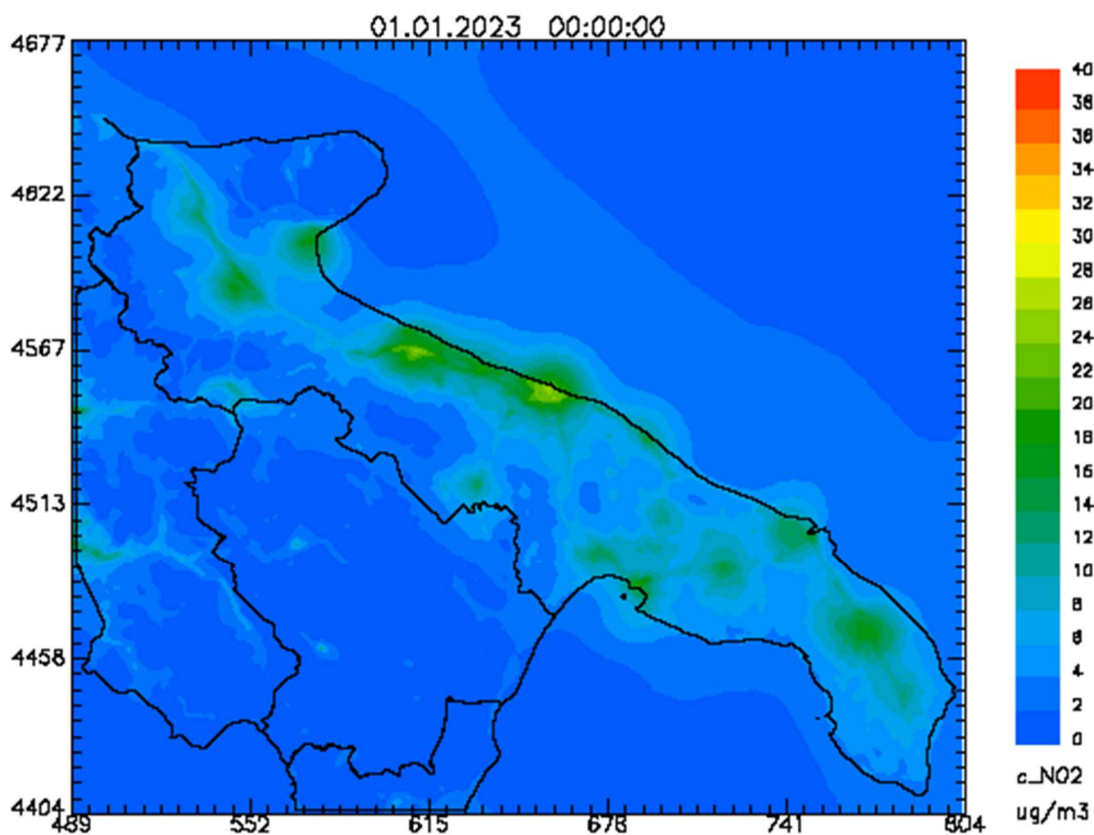
**Figura 9:** Mappa della concentrazione media annuale di PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sul dominio di simulazione ad 1km<sup>2</sup> ottenuta sulla regione Puglia tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

<sup>4</sup> La rappresentazione grafica della serie temporale delle concentrazioni orarie modellate di PM2.5, estrapolate sull'intero anno in corrispondenza delle aree urbanizzate dei suddetti comuni, mostra infatti analogamente al PM10 un andamento fortemente stagionale, con aumenti significativi nel periodo invernale.

## BIOSSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)

Ad 1km<sup>2</sup> il sistema modellistico non ricostruisce per il 2023 alcun superamento dei valori limite prescritti per l'NO<sub>2</sub> sul territorio regionale.

Le mappe presentate di seguito evidenziano come le concentrazioni di NO<sub>2</sub> più elevate si verificano in corrispondenza delle aree industriali ed urbane; in particolare dalle mappe relative agli indicatori statistici di breve periodo emergono chiaramente anche le aree portuali e le strade che a livello regionale risultano caratterizzate da importanti volumi di traffico.



**Figura 10:** Mappa della concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> ad 1km di risoluzione spaziale, ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

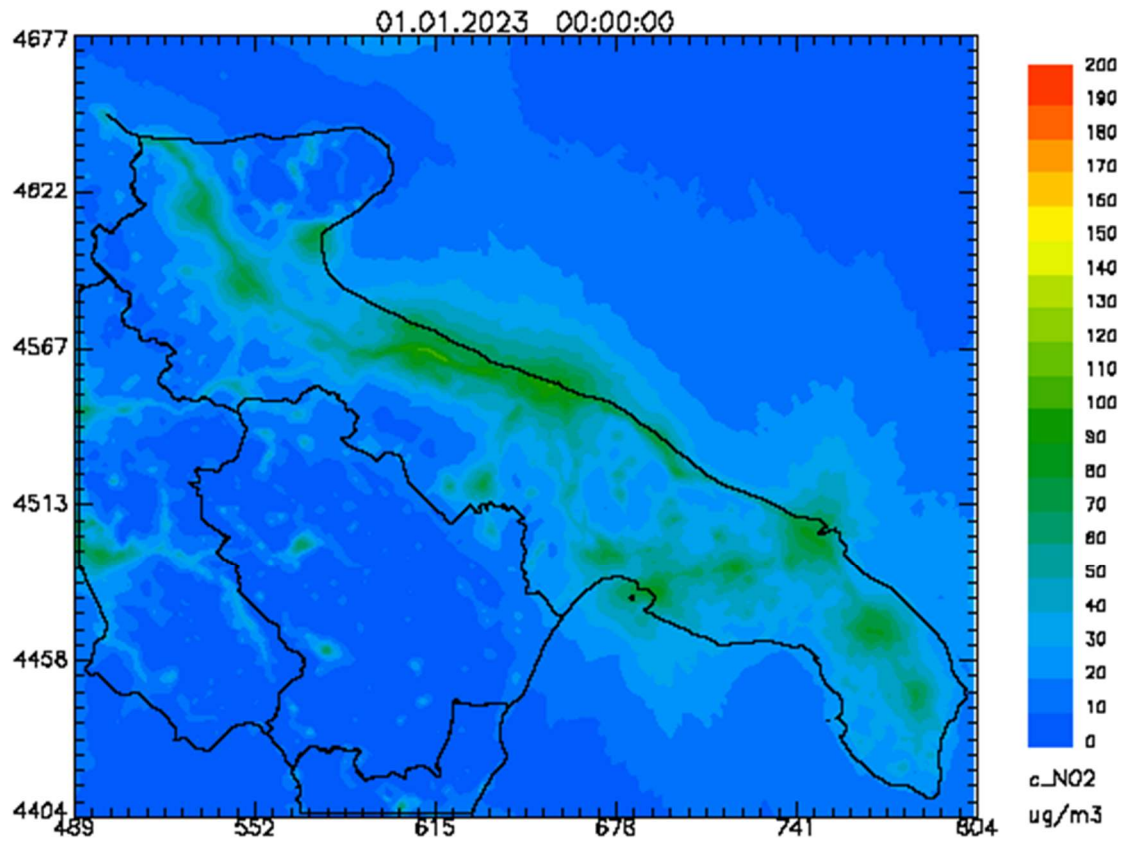


Figura 11: Mappa ad 1km di risoluzione spaziale del 99.8° percentile di NO<sub>2</sub>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie. La mappa è ottenuta con l'assimilazione delle misure della RRQA.

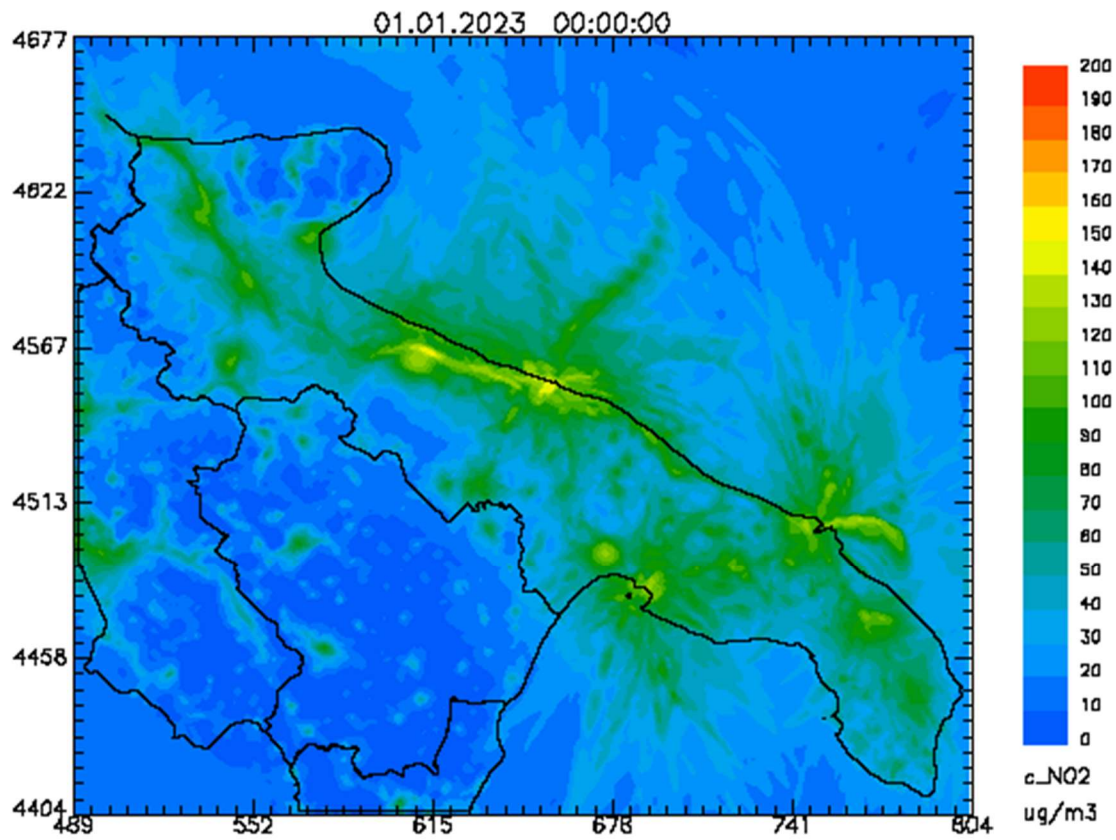


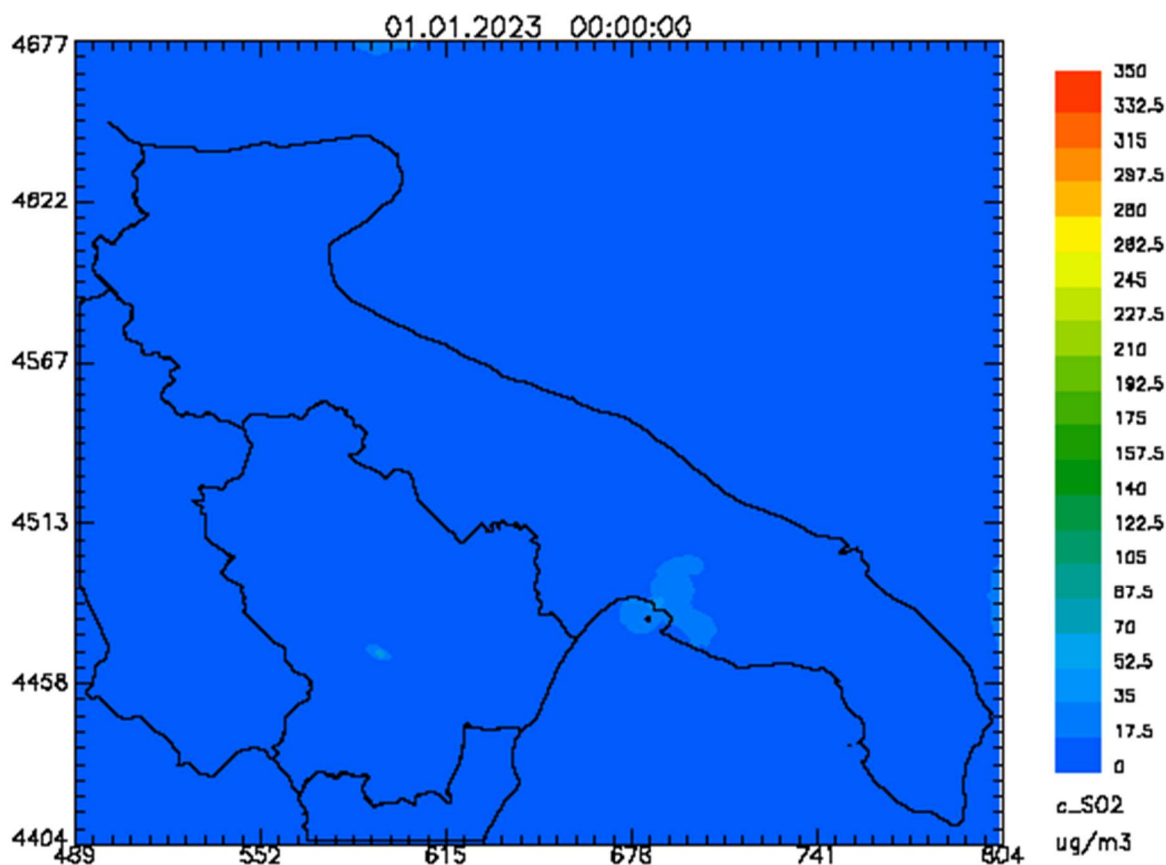
Figura 12: Mappa della concentrazione massima oraria di NO<sub>2</sub>, ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

## BIOSSIDO DI ZOLFO (SO<sub>2</sub>)

Il D. Lgs 155/2010 fissa un valore limite orario di 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno, un valore limite giornaliero di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno e una soglia di allarme di 500 µg/m<sup>3</sup> su tre ore consecutive.

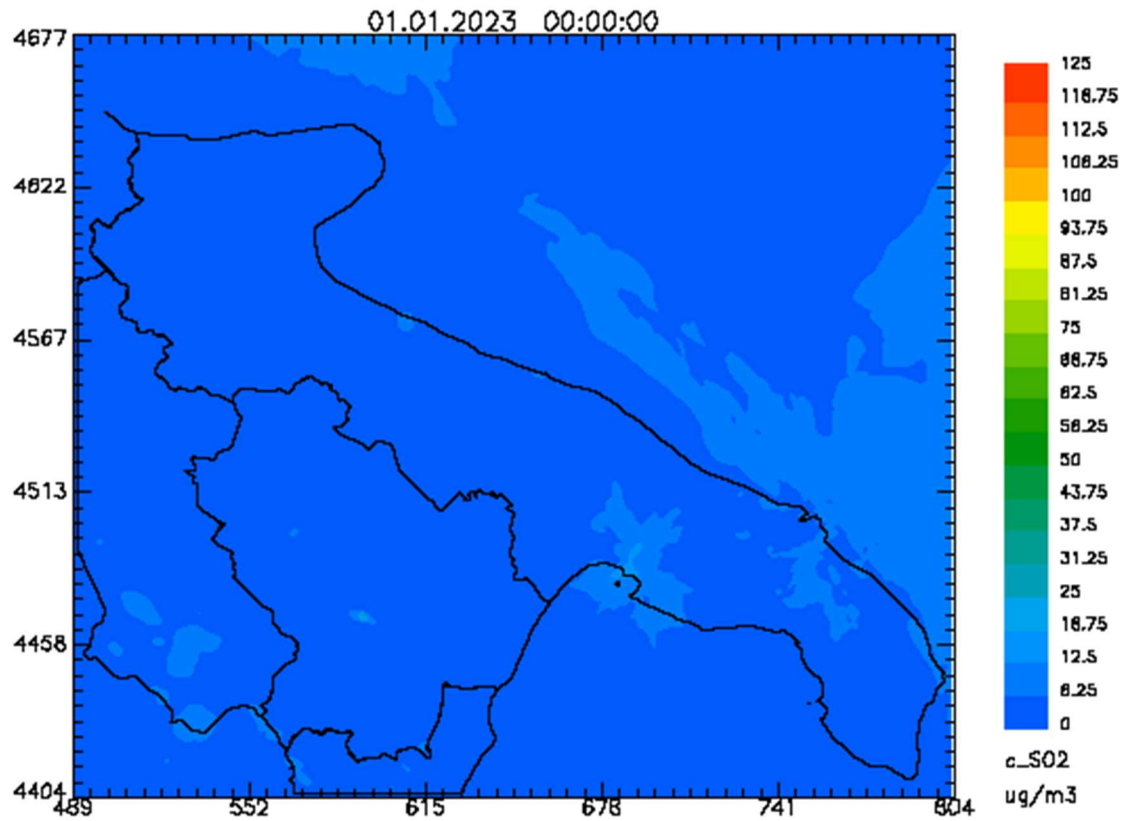
Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile
Media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile
Media oraria	Soglia di allarme: 500 µg/m <sup>3</sup> su 3 ore consecutive

Come mostrato nelle mappe successive, relativamente agli indicatori 99.7° e 99.2° percentile (cfr. nota 3), non si verifica sul dominio regionale alcun superamento dei valori limite prescritti per l'SO<sub>2</sub>. I valori più elevati per tali indicatori vengono stimati in provincia di Taranto, in corrispondenza dell'area industriale.



**Figura 13:** Mappa ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione spaziale del 99.7° percentile di SO<sub>2</sub>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie. La mappa è ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.





**Figura 14:** Mappa ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione del 99.2° percentile di SO<sub>2</sub>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni giornaliere. La mappa è ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

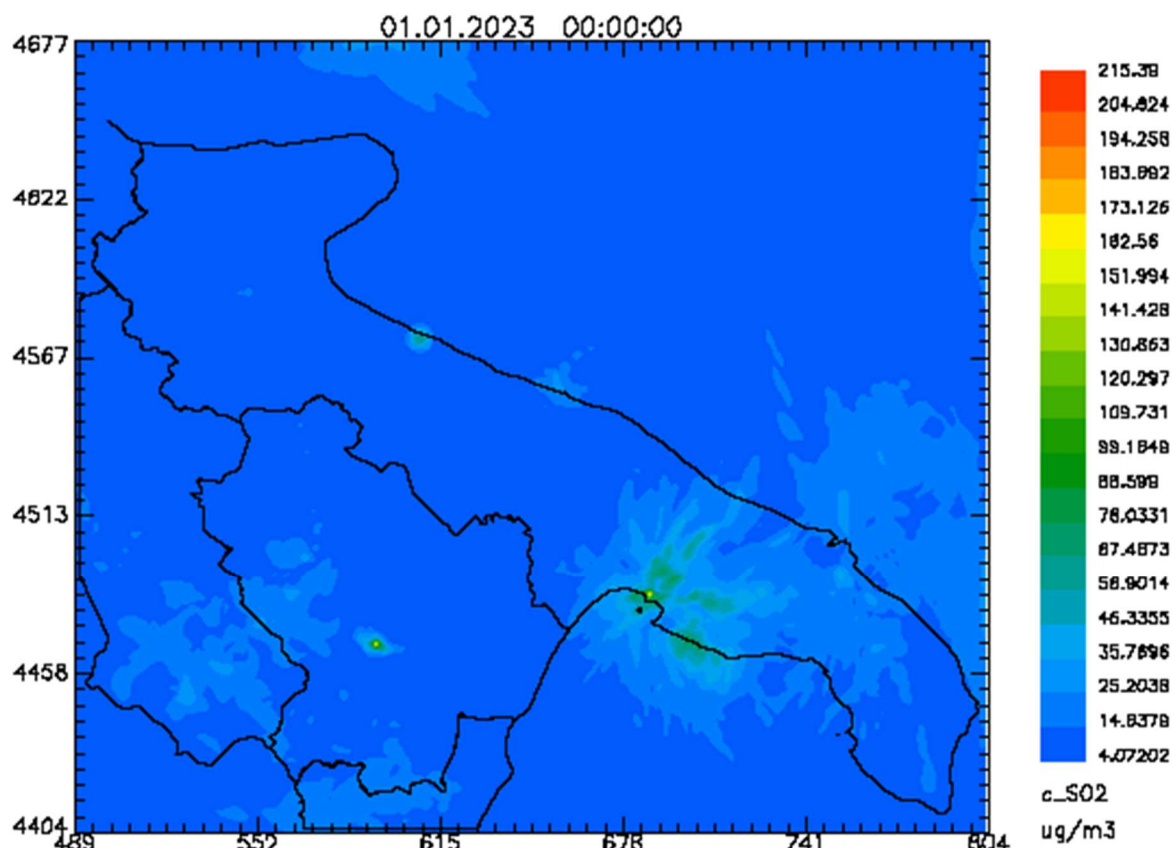


Figura 15: Mappa ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione spaziale della concentrazione massima oraria di SO<sub>2</sub>, ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

## METALLI NEL PM10

Il D. Lgs 155/2010 prevede la determinazione dei metalli pesanti contenuti nel PM<sub>10</sub> fissando i seguenti valori obiettivi annui: Arsenico: 6,0 ng/m<sup>3</sup>; Cadmio: 5,0 ng/m<sup>3</sup>; Nichel 20,0 ng/m<sup>3</sup>. Per il Piombo è invece in vigore un limite annuo di 500 ng/m<sup>3</sup>.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore obiettivo D.LGS.155/2010
Arsenico	Media annuale	6.0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Media annuale	5.0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Media annuale	20.0 ng/m <sup>3</sup>
		<b>Valore Limite D.LGS.155/2010</b>
Piombo	Media annuale	500 ng/m <sup>3</sup>

Per l'Arsenico non si osservano sul territorio regionale ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana sul dominio di simulazione.

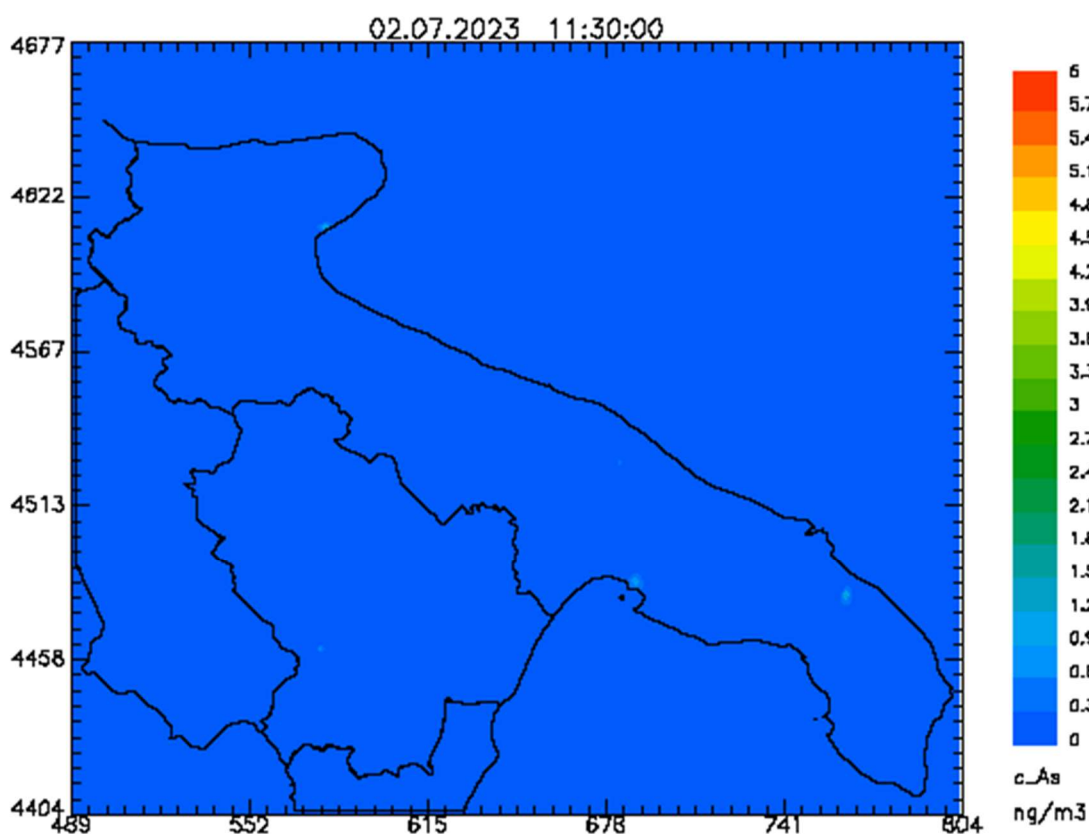
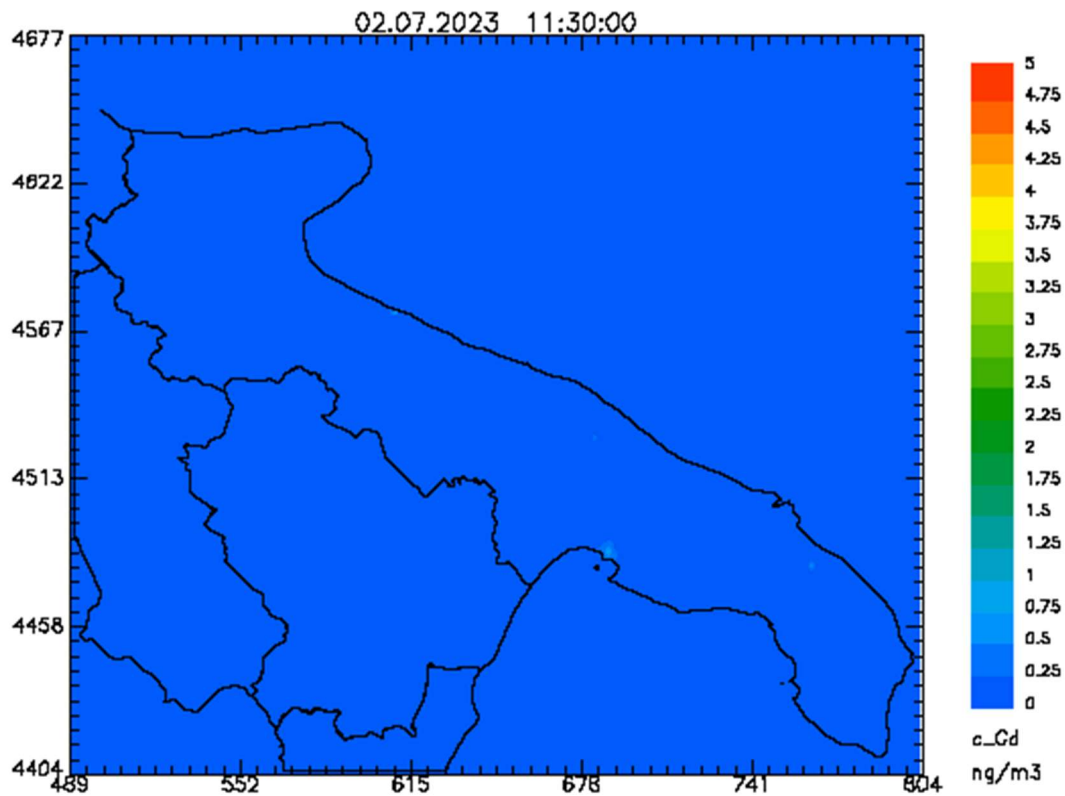
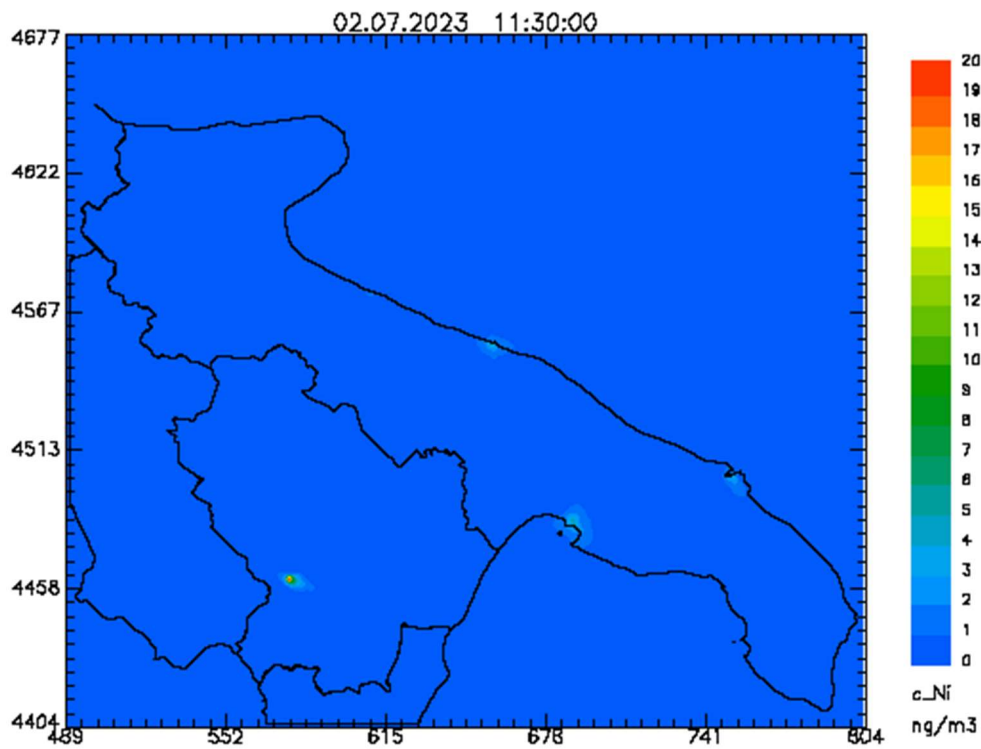


Figura 16: Mappa ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione della concentrazione media annuale di Arsenico, ottenuta dal solo modello FARM.

Anche per il Cadmio non si rilevano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.



**Figura 17:** Mappa ad 1km<sup>2</sup> della concentrazione media annuale di Cadmio, ottenuta dal solo modello FARM.  
Per il Nichel non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.



**Figura 18:** Mappa ad 1km<sup>2</sup> della concentrazione media annuale di Nichel, ottenuta dal solo modello FARM.

Per il Piombo non si rilevano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

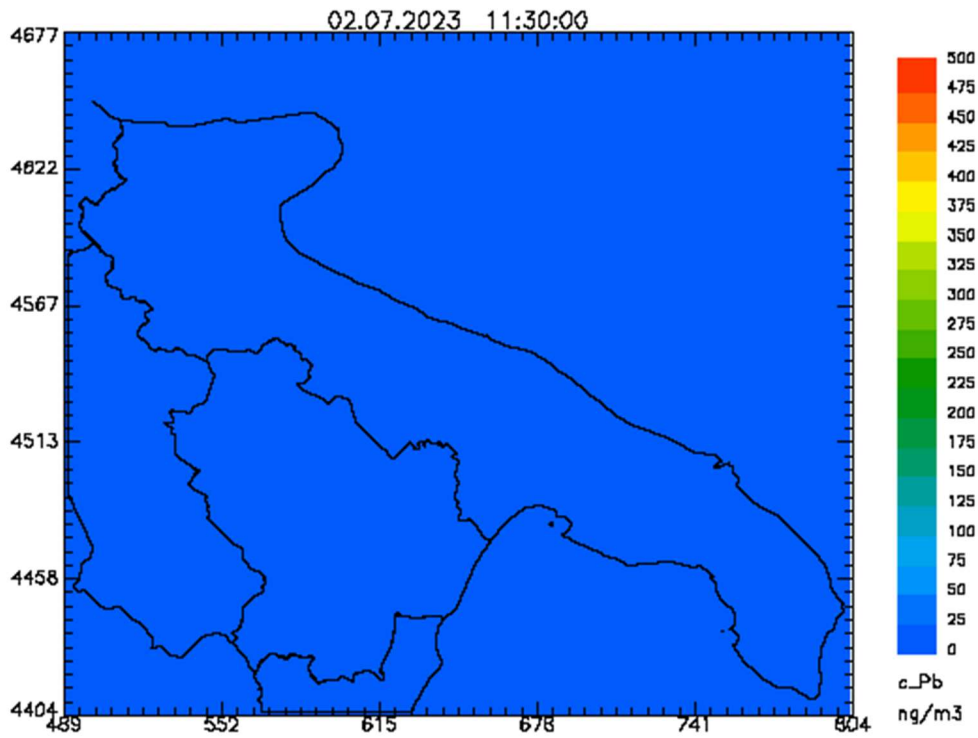


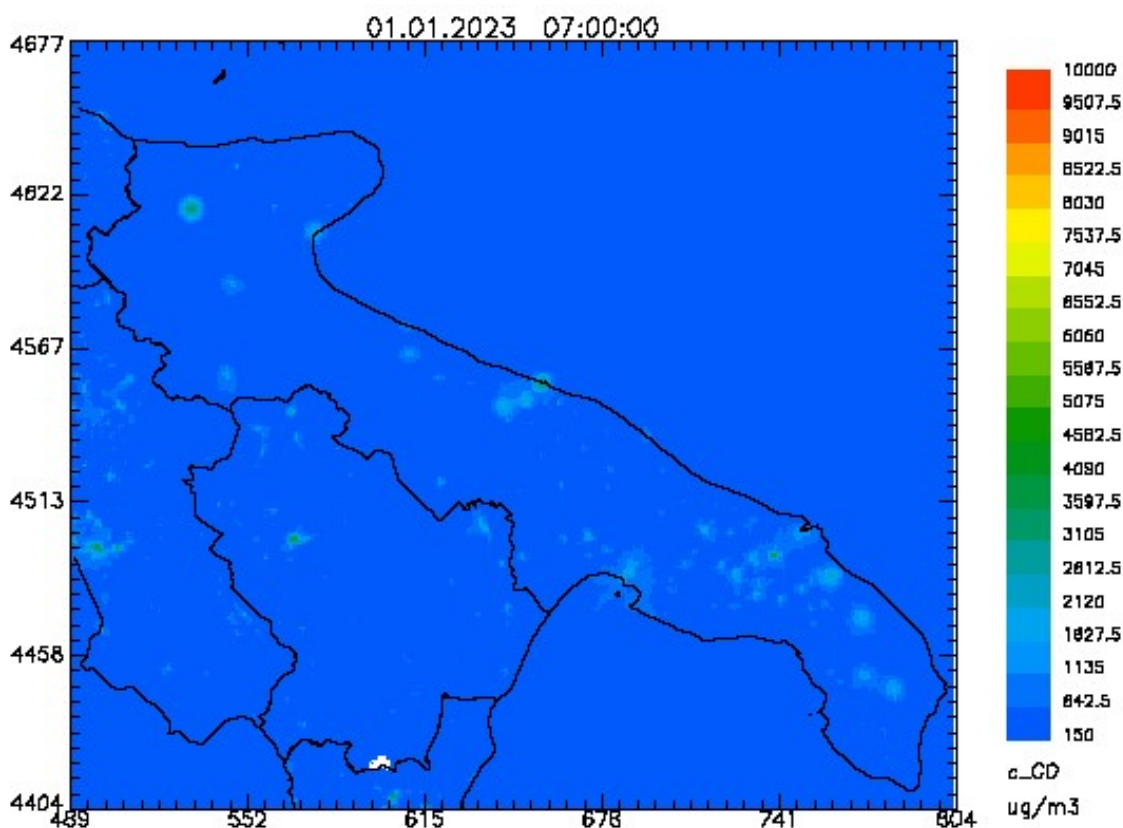
Figura 19: Mappa ad 1km<sup>2</sup> della concentrazione media annuale di Piombo, ottenuta dal solo modello FARM.

### MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il D. Lgs 155/2010 fissa un valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> calcolato come massimo sulla media mobile delle 8 ore.

Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>

La mappa di analisi relativa alla massima concentrazione media mobile su 8 ore ricostruita per il 2023 ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione non evidenzia sul territorio regionale alcun superamento del valore limite prescritto per il CO.



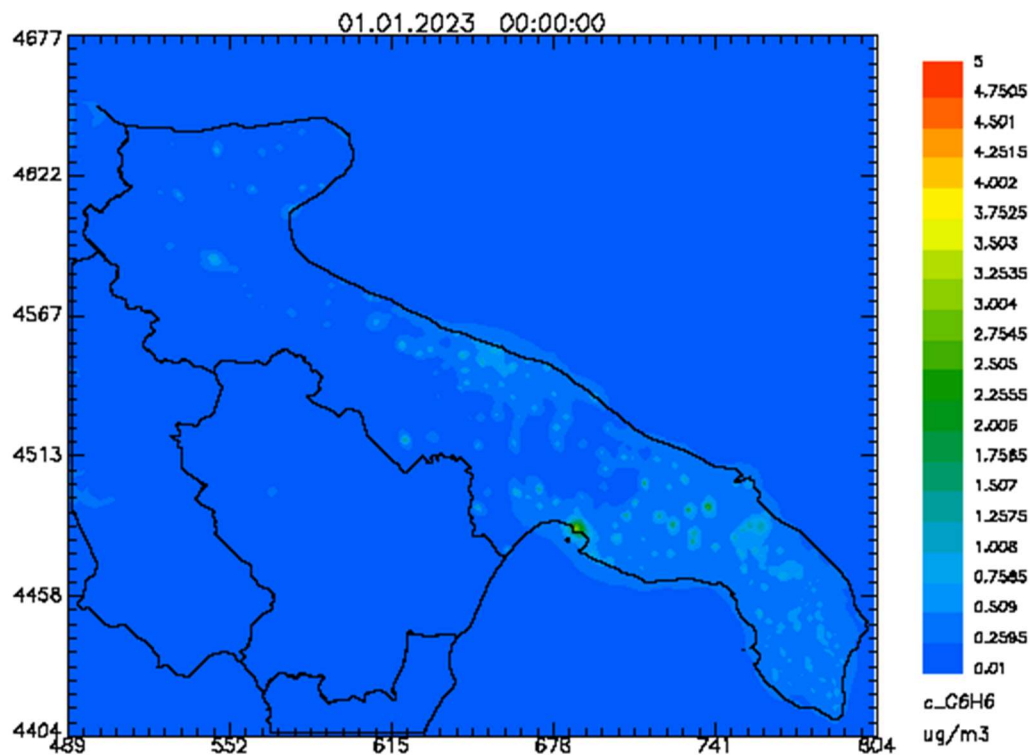
**Figura 20:** Mappa della massima concentrazione media mobile su 8 ore di CO, ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

## BENZENE

La normativa vigente prevede una concentrazione limite annua pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
Anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Per il benzene il modello ad  $1\text{km}^2$  di risoluzione non stima superamenti del valore limite per la protezione della salute umana sul territorio regionale.



**Figura 21:** Mappa della concentrazione media annuale di benzene, ottenuta tramite l'assimilazione delle misure della RRQA.

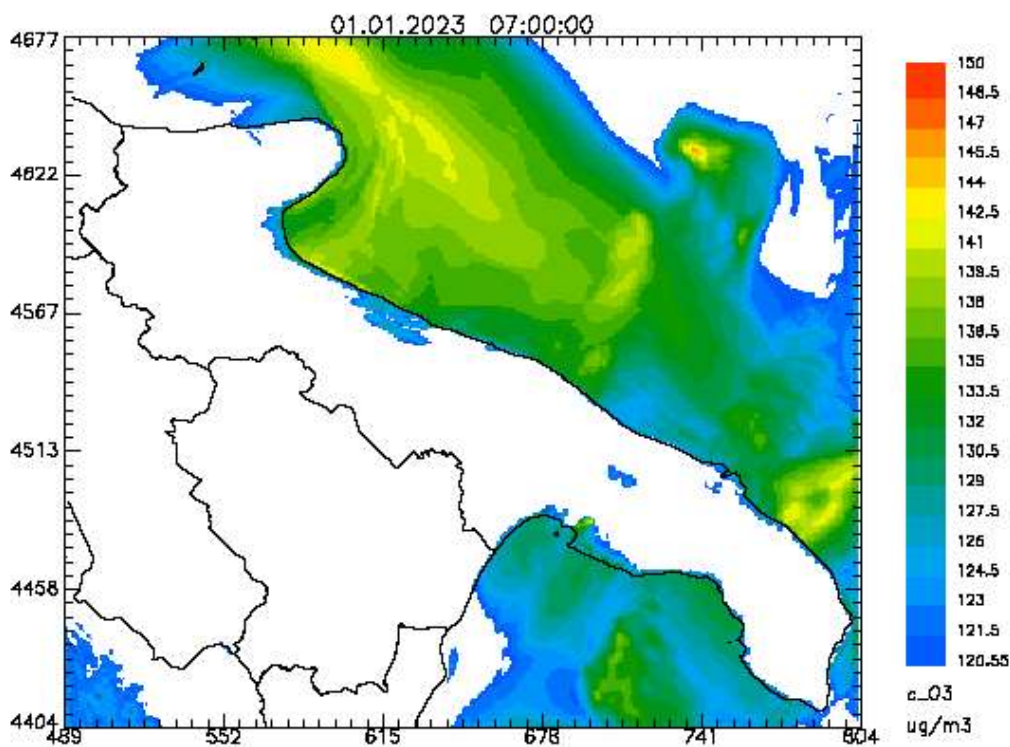


## OZONO (O<sub>3</sub>)

Il D. Lgs. 155/10 fissa un valore bersaglio per la protezione della salute umana pari a 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile delle 8 ore, da non superare più di 25 volte l'anno e un valore obiettivo a lungo termine, pari a 120 µg/m<sup>3</sup>.

Finalità	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore D.LGS. 155/2010
Protezione della salute umana	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup> , da non superarsi più di 25 volte per anno civile, come media su tre anni
	Obiettivo a lungo termine	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno	120 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme	Media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>

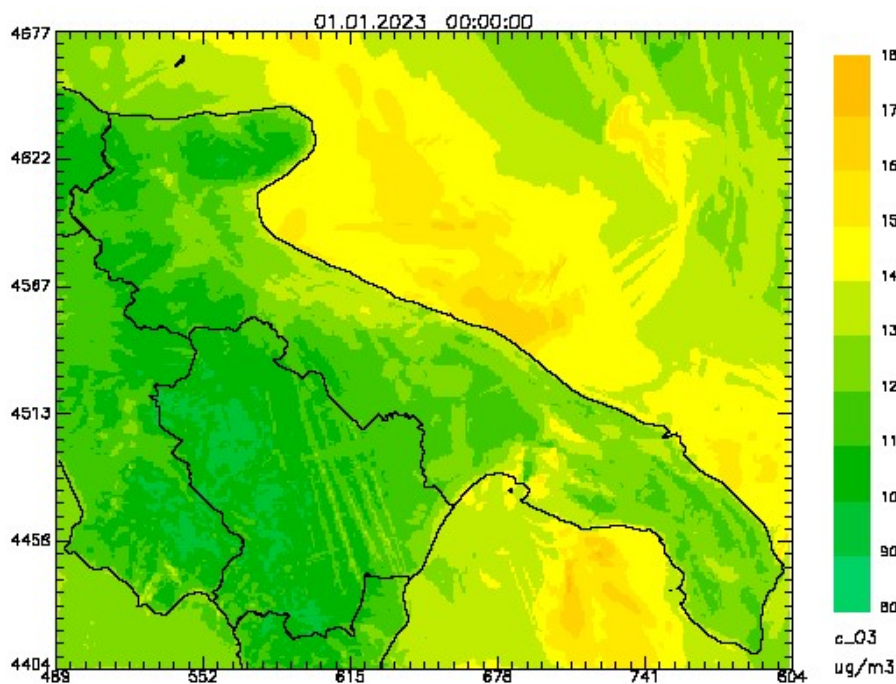
Il sistema modellistico ad 1km<sup>2</sup> di risoluzione spaziale ricostruisce il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte della costa del territorio regionale e sul mare.



33

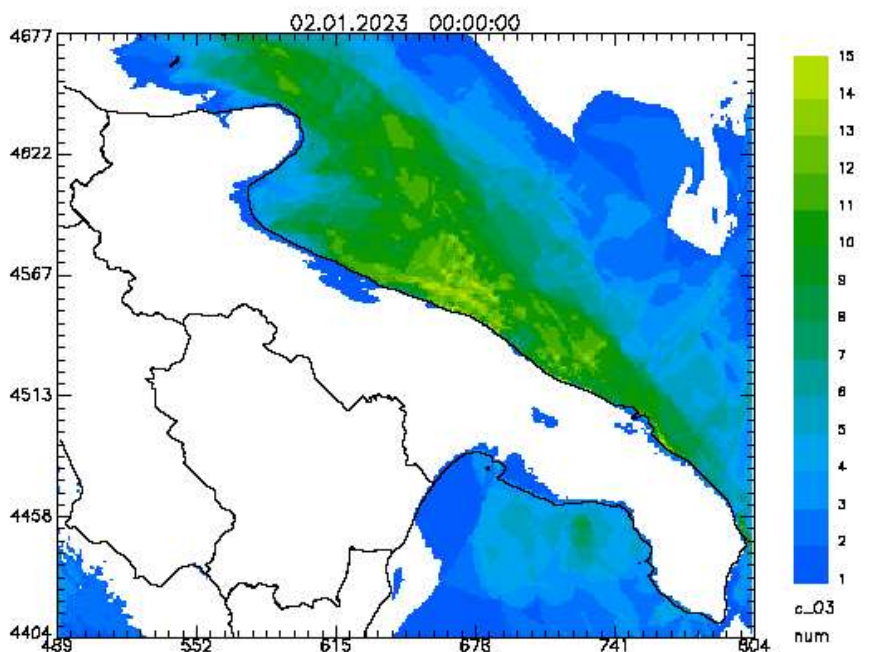
**Figura 22:** Mappa dei valori della concentrazione media mobile massima su 8 ore di O<sub>3</sub> superiori al valore obiettivo a lungo termine, solo modello FARM.

Il sistema modellistico non ricostruisce alcun superamento della soglia di informazione e di allarme prescritta per l'ozono sul territorio pugliese.



**Figura 23:** Mappa della massima concentrazione oraria di O<sub>3</sub>, solo modello FARM.

La mappa relativa al numero annuale dei superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana non mostra in nessuna cella del dominio di simulazione un numero di superamenti superiore a 25.



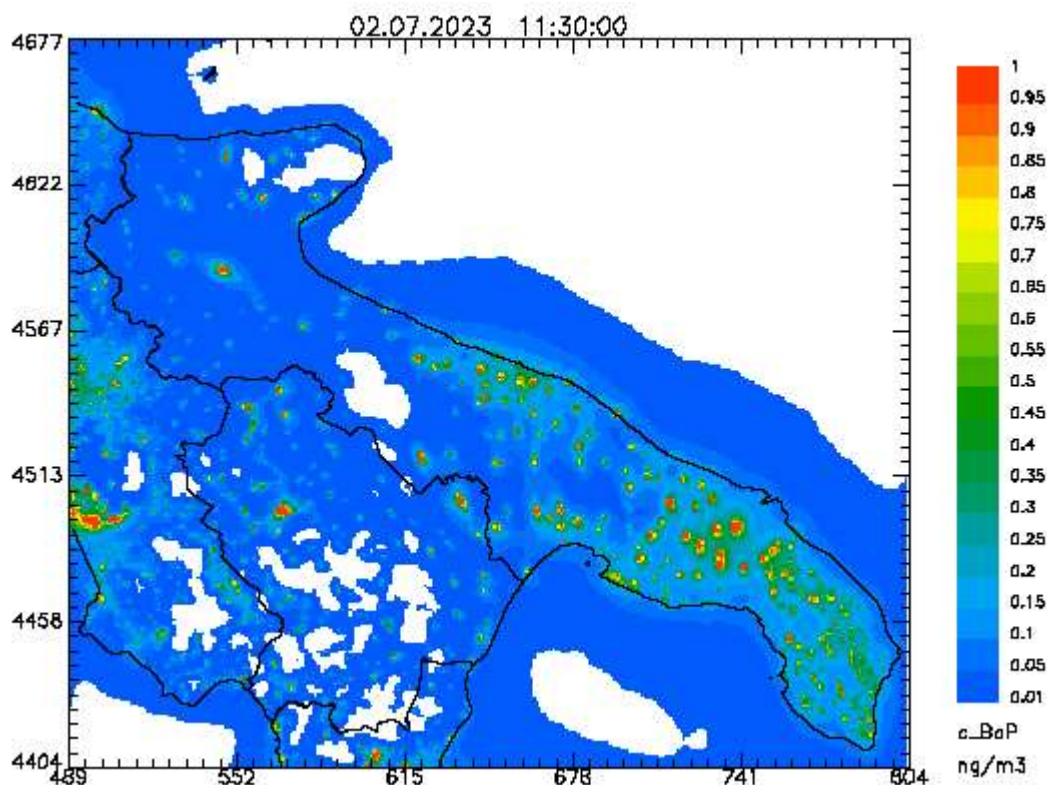
**Figura 24:** Mappa del numero annuale di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana per O<sub>3</sub>, solo modello FARM.

### Benzo(a)Pirene nel PM<sub>10</sub>

La normativa prevede la determinazione del Benzo(a)pirene contenuto nel PM<sub>10</sub> e fissa un valore obiettivo di 1 ng/m<sup>3</sup>, da calcolare su base annua.

Periodo di mediazione	Valore obiettivo D.LGS.155/2010
Media annuale	1 ng/m <sup>3</sup>

Di seguito si mostra la mappa della concentrazione media annuale ricostruita per il 2023 dal sistema modellistico sul dominio di simulazione ad una risoluzione spaziale di 1km<sup>2</sup>.

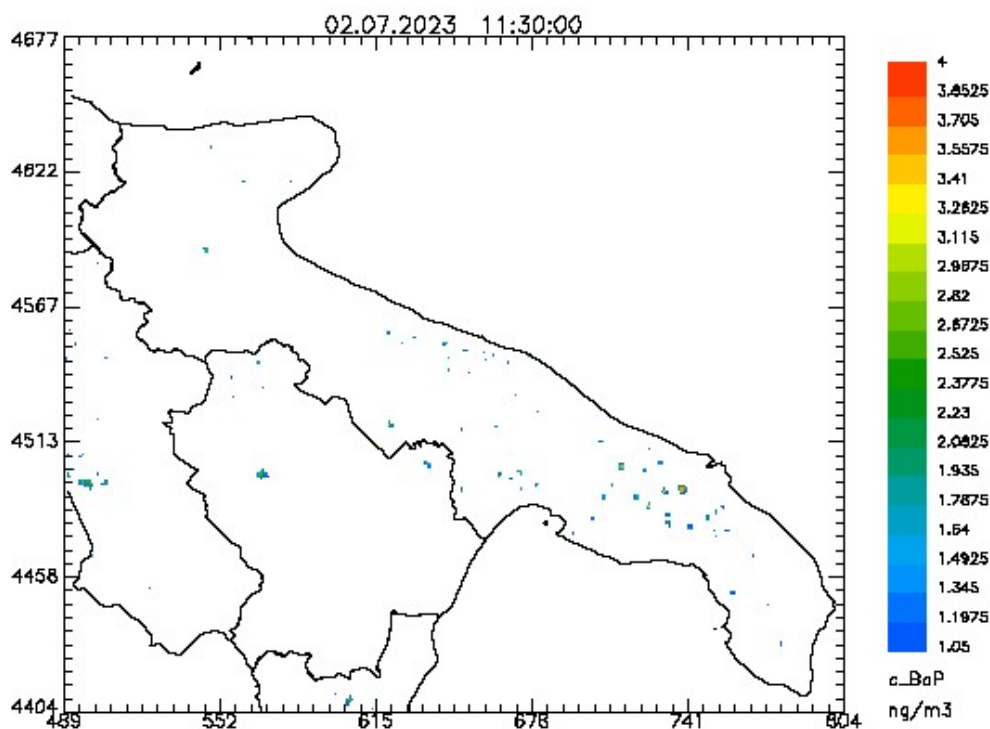


35

**Figura 25:** Mappa della concentrazione media annuale di Benzo(a)Pirene sulla regione Puglia ottenuta dal solo modello FARM.

A tale risoluzione il sistema modellistico ricostruisce sulla Puglia diversi superamenti<sup>5</sup> del valore obiettivo. Nella mappa successiva si individuano le celle del dominio di simulazione in corrispondenza delle quali si verifica il superamento. Tali celle cadono all'interno di aree urbanizzate.

<sup>5</sup>È opportuno precisare che si verifica un superamento del valore obiettivo annuale su una cella del dominio di simulazione quando la concentrazione media annuale, ivi stimata, supera il valore di 1.055 ng/m<sup>3</sup>.



**Figura 26:** Mappa dei valori modellati di concentrazione media annuale di Benzo(a)Pirene superiori ai valori obiettivo. Nella tabella successiva si fornisce l'elenco dei comuni, per i quali il modello prevede per il 2023 il superamento del valore obiettivo.

**Tabella 9** - Comuni sul cui territorio si prevede il superamento del valore limite annuale per il B(a)P.

PROV	Comune	Concentrazione media annua B(a)P modellata (ug/m3)	PROV	Comune	Concentrazione media annua B(a)P modellata (ug/m3)	PROV	Comune	Concentrazione media annua B(a)P modellata (ug/m3)
FG	Sannicandro Garganico	1.9	BA	Corato	1.8	BR	Ceglie Messapica	2.8
FG	San Giovanni Rotondo	1.9	BA	Ruvo di Puglia	1.4	BR	Villa Castelli	2.8
FG	Monte S. Angelo	1.2	BA	Terlizzi	1.5	BR	Cisternino	1.5
FG	Manfredonia	1.4	BA	Bitonto	1.7	BR	Francavilla Fontana	2.0
FG	Foggia	2.6	BA	Gioia del Colle	1.5	BR	Oria	3.2
TA	Mottola	2.7	BA	Modugno	2.4	BR	Latiano	3.2
TA	Castellaneta	2.4	BA	Palo del Colle	1.4	BR	Torre Santa Susanna	2.1
TA	Ginosa	2.4	BA	Grumo Appula	1.8	BR	Erchie	2.4
TA	Palagianello	1.1	BA	Sannicandro di Bari	1.1	BR	San Pancrazio Salentino	1.6
TA	Palagianello	1.6	BA	Bari	1.2	BR	Mesagne	3.7
TA	Massafra	2.3	BA	Valenzano	1.1	BR	San Vito dei Normanni	1.5
TA	Taranto	1.1	BA	Triggiano	1.9	BR	San Michele Salentino	1.5
TA	San Giorgio Jonico	1.2	BA	Noicattaro	1.2	BR	Carovigno	1.2
TA	Grottaglie	1.8	BA	Mola di Bari	1.2	BR	San Donaci	2.0
LE	Guagnano	1.2	BA	Turi	1.5	BR	Cellino San Marco	2.2
LE	Salice Salentino	1.5	BA	Gravina in Puglia	2.8	BR	San Pietro Vernotico	1.3
LE	Campi Salentina	1.4	BA	Putignano	1.2			
LE	Nardò	1.1	BA	Monopoli	1.6			
LE	Cutrofiano	1.3	BA	San Teramo in Colle	1.1			
LE	Ruffano	1.2						

Ad eccezione della BAT tutte le province pugliesi sono interessate da superamenti. Come già ampiamente trattato in precedenti valutazioni (alle cui relazioni, disponibili sul sito [https://www.arpa.puglia.it/pagina3097\\_report-modellistica.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3097_report-modellistica.html), si rimanda per ulteriori dettagli) la causa di ciò è da attribuirsi alle emissioni locali prodotte dal riscaldamento residenziale a biomassa legnosa. Tuttavia, rispetto alle valutazioni modellistiche ad 1km di risoluzione relative agli anni precedenti, si rileva per il 2023 un aumento significativo del numero dei comuni interessati dai superamenti. Si rilevano superamenti anche in corrispondenza dei capoluoghi di provincia, come ad esempio nel quartiere “Ceglie del Campo” di Bari, nell’area urbana di Foggia e nella frazione Talsano di Taranto. Ciò è da attribuirsi principalmente alle nuove stime emissive che Inemar 2015 assegna al BaP relativamente alle attività SNAP 020205-6-7-8-9-10 ovvero Combustione non Industriale (02)– Impianti Residenziali (02)- Altri sistemi (stufe, caminetti, cucine ecc.)(05), Camino aperto tradizionale (06), Stufa tradizionale a legna (07), Camino chiuso o inserto (08), Stufa o caldaia innovativa (09), Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna (10). Come già detto prima, l’emissione complessiva di B(a)P da combustione residenziale a biomassa legnosa subisce in Inemar 2015 un aumento in percentuale pari al 63% rispetto al precedente input emissivo (Inemar 2010 aggiornato 2013). D’altro canto è opportuno richiamare gli esiti degli approfondimenti condotti da ARPA nella relazione dal titolo “Confronto Tra I Dati Misurati E Modellati Di Benzo(A)Pirene Nel Pm10 Ex D. Lgs. N.155/2010 In Alcuni Comuni Delle Province Di Lecce, Brindisi E Taranto Per Gli Anni 2020-2021”. In questa relazione era stata condotta una specifica attività di verifica sperimentale dei risultati, per il B(a)P e per il PM10, prodotti dalla catena modellistica valutativa con base emissiva “Inemar 2010 aggiornato 2013”. Da tale attività era emersa una evidente sovrastima del B(a)P, presumibilmente legata alla qualità della stima emissiva, condizionata dall’utilizzo di un fattore di emissione meno solido rispetto a quello dei macroinquinanti.

Le stime in concentrazione di B(a)P prodotte dal modello per il 2023 potrebbero quindi essere fortemente sovrastimate e pertanto vanno considerate con cautela e solo a livello indicativo.

## Conclusioni

In questa relazione sono stati descritti gli esiti della valutazione integrata dello stato della qualità dell'aria per l'anno 2023 condotta con il modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM ad una risoluzione spaziale di dettaglio, pari ad 1km x 1km, sull'intero territorio pugliese. Tale attività rappresenta un'importantissima evoluzione del sistema modellistico per la valutazione e la previsione della qualità dell'aria regionale, gestito da Arpa Puglia, le cui ricostruzioni retrospettive annuali sono state sino ad oggi condotte ad una risoluzione spaziale di 4km sul territorio regionale, con focus di dettaglio ad 1km sulle sole province di Brindisi, Lecce e Taranto.

Tale aggiornamento si è reso possibile grazie al potenziamento delle risorse computazionali e di archivio del cluster HPC di ReCaS, avvenuto nel 2022, e ai fondi del Piano Nazionale Complementare degli Investimenti al P.N.R.R. impiegati nel 2023 da ARPA Puglia per potenziare il sistema modellistico per la valutazione e la previsione dello stato della qualità dell'aria.

La valutazione modellistica della qualità dell'aria è stata ottenuta, per gli inquinanti NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, dalla combinazione dei campi di concentrazione al suolo, forniti dal sistema modellistico con le misure da rete fissa mediante l'assimilazione a posteriori.

I risultati di tale valutazione hanno evidenziato per i suddetti inquinanti quanto segue:

- per le specie NO<sub>2</sub>, benzene, CO e SO<sub>2</sub> l'analisi modellistica non ha evidenziato alcun superamento dei limiti previsti dalla normativa;
- riguardo al valore limite annuale per il PM<sub>10</sub> l'analisi modellistica non ha evidenziato alcun superamento sull'intero territorio regionale.
- riguardo al valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, da non superare per più di 35 volte all'anno, l'analisi modellistica ha evidenziato la presenza di non conformità all'interno dell'area urbana di Mesagne, Latiano ed Oria, in provincia di Brindisi.
- riguardo al valore limite annuale prescritto per il PM<sub>2.5</sub> l'analisi modellistica condotta ad 1km di risoluzione spaziale ha evidenziato la presenza di non conformità all'interno dell'area urbana del comune di Mesagne.

La valutazione modellistica condotta con l'ausilio del solo modello per i metalli pesanti As, Cd, Ni e Pb, per il B(a)P e l'O<sub>3</sub> ha evidenziato quanto segue:

- per i metalli pesanti non sono presenti superamenti dei limiti previsti;
- per l'ozono il sistema modellistico prevede il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte della costa pugliese e sul mare; in riferimento alle soglie di informazione e di allarme e al valore bersagli per la protezione della salute umana il modello non individua alcun superamento sul territorio regionale.
- per il B(a)P il modello identifica un possibile rischio di superamento del valore obiettivo nelle aree urbane di diversi comuni della provincia di Taranto, Brindisi, Foggia, Bari e Lecce.

I superamenti individuati dal sistema modellistico per PM10, PM2.5 e B(a)P sono dovuti alle emissioni prodotte dal riscaldamento civile a biomassa legnosa. Tuttavia nel caso del B(a)P si ritiene plausibile che le stime modellistiche siano affette da una importante sovrastima dovuta all'utilizzo in Inemar 2015 di un fattore di emissione meno solido rispetto a quello utilizzato per i macroinquinanti. Per tale motivo tali stime vanno considerate con cautela e solo a livello indicativo.