



# **Valutazione integrata della Qualità dell'Aria in Puglia**

---

**Anno 2022**

**ARPA Puglia**  
**Centro Regionale Aria**



La Valutazione integrata della Qualità dell'Aria in Puglia – Anno 2022 è stata redatta dal Centro Regionale Aria dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente della Puglia.

**AUTORI:**

Lorenzo Angiuli, Paolo Rosario Dambruoso, Fiorella Mazzone, Livia Trizio - Ufficio Qualità dell'Aria di Bari.  
Angela Morabito, Francesca Intini, Ilenia Schipa, Annalisa Tanzarella - Ufficio Modellistica.

L'Ufficio Qualità dell'Aria di Bari ha redatto le sezioni relative ai dati rilevati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'ufficio Modellistica ha redatto le sezioni relative all'analisi delle condizioni meteorologiche e alle stime modellistiche.

I dati di qualità dell'aria delle province di Bari, BAT e Foggia sono validati ed elaborati dal personale del Centro Regionale Aria - Ufficio Qualità dell'Aria di Bari: Paolo Rosario Dambruoso, Fiorella Mazzone, Livia Trizio, Lorenzo Angiuli.

I dati di qualità dell'aria delle province di Brindisi, Lecce, Taranto sono validati ed elaborati dal personale del Centro Regionale Aria - Ufficio Qualità dell'Aria di BR-LE-TA: Pietro Caprioli, Daniele Cornacchia, Maria Mantovan, Valerio Margiotta, Aldo Pinto, Gaetano Saracino, Alessandra Nocioni.

I campi meteorologici di analisi, utilizzati in input alle simulazioni di qualità dell'aria, sono stati forniti dal Servizio Agenti Fisici di ARPA Puglia.

Il Direttore del Centro Regionale Aria è l'Ing. Vincenzo Campanaro, Direttore Scientifico di ARPA Puglia.

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
1.1. Normativa di riferimento	
1.2. La rete di monitoraggio della qualità dell'aria	
1.3. Il sistema modellistico di ARPA Puglia	
<b>2. SINTESI DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE</b>	<b>21</b>
<b>3. LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</b>	<b>26</b>
<b>3.1. PM<sub>10</sub></b>	<b>26</b>
3.1.1. Dati di qualità dell'aria	
3.1.2. Dati modellati	
<b>3.2. PM<sub>2.5</sub></b>	<b>42</b>
3.2.1. Dati di qualità dell'aria	
3.2.2. Dati modellati	
<b>3.3. NO<sub>2</sub></b>	<b>47</b>
3.3.1. Dati di qualità dell'aria	
3.3.2. Dati modellati	
<b>3.4. O<sub>3</sub></b>	<b>53</b>
3.4.1. Dati di qualità dell'aria	
3.4.2. Dati modellati	
<b>3.5. Benzene</b>	<b>58</b>
3.5.1. Dati di qualità dell'aria	
3.5.2. Dati modellati	
<b>3.6. CO</b>	<b>62</b>
3.6.1. Dati di qualità dell'aria	
3.6.2. Dati modellati	
<b>3.7. SO<sub>2</sub></b>	<b>64</b>
3.7.1. Dati di qualità dell'aria	
3.7.2. Dati modellati	
<b>3.8. Benzo(a)Pirene nel PM<sub>10</sub></b>	<b>69</b>
3.8.1. Dati di qualità dell'aria	
3.8.2. Dati modellati	
<b>3.9. Metalli nel PM<sub>10</sub></b>	<b>73</b>
3.9.1. Dati di qualità dell'aria	
3.9.2. Dati modellati	
<b>4. CONCLUSIONI</b>	<b>76</b>
<b>5. ALLEGATI</b>	<b>80</b>
Allegato 1: efficienza strumentale nel 2022	
Allegato 2: elaborazione dati meteorologici – ANNO 2022	
Allegato 3: Soglie di Valutazione Superiore e Inferiore	

## 1 INTRODUZIONE

L'art. 18, comma 3, del D. Lgs. 155/2010 stabilisce che “le Regioni e le Province Autonome elaborano e mettono a disposizione del pubblico **relazioni annuali** aventi a oggetto tutti gli inquinanti disciplinati dal presente decreto e contenenti una sintetica illustrazione circa i superamenti dei valori limite, dei valori obiettivo, degli obiettivi a lungo termine, delle soglie di informazione e delle soglie di allarme con riferimento ai periodi di mediazione previsti, con una sintetica valutazione degli effetti di tali superamenti [...]”.

Di seguito si presenta la Valutazione Integrata annuale della Qualità dell'aria sul territorio regionale per il 2022, condotta nel rispetto dei requisiti tecnici contenuti nella norma.

Tale valutazione comprende:

- il riepilogo dei dati di qualità dell'aria registrati nel corso del 2022 dalla **Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA)**, costituita da 53 stazioni fisse (di cui 41 di proprietà pubblica e 12 di proprietà privata), riportando anche i dati forniti da 9 stazioni di interesse locale;
- le stime in concentrazione prodotte dal **Sistema modellistico della qualità dell'aria** di ARPA Puglia sulla regione Puglia (a 4 km di risoluzione spaziale) e sulle province di Brindisi, Taranto e Lecce (a 1 km di risoluzione). Tale sistema ricostruisce lo stato della qualità dell'aria sul territorio regionale, anche assimilando le misure fornite dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'integrazione di tali strumenti, seppur molto diversi, permette di utilizzare appieno e valorizzare l'insieme delle informazioni che vengono prodotte in materia di qualità dell'aria sul territorio regionale.

Dopo una sezione introduttiva, dedicata all'inquadramento normativo del monitoraggio della qualità dell'aria e all'illustrazione dei diversi strumenti conoscitivi impiegati, nella seconda parte della Valutazione vengono analizzate le condizioni meteorologiche osservate nel corso del 2022, con particolare riferimento alle variabili (vento, temperatura, radiazione solare e precipitazione) che influenzano la dispersione, l'abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici e la formazione di inquinanti secondari. Nella terza parte vengono invece mostrate le concentrazioni degli inquinanti registrate nel 2022, il loro andamento nel periodo 2010-2022 e la stima dei livelli di concentrazione elaborata per il 2022 con il sistema modellistico, a una risoluzione spaziale di 4 km per il territorio regionale e a 1 km di risoluzione sulle province di Brindisi, Lecce e Taranto.

Nelle schede di approfondimento si affrontano argomenti di carattere più specifico e degni di particolare attenzione. Gli allegati riportano invece le elaborazioni condotte sulle grandezze meteorologiche misurate nel corso del 2022 e le informazioni sull'efficienza strumentale degli analizzatori impiegati.



Oltre al report annuale di qualità dell'aria, ARPA Puglia pubblica giornalmente i dati di qualità dell'aria validati (<http://old.arpa.puglia.it/web/guest/qariainq2>) e i report con gli andamenti mensili delle concentrazioni ([https://www.arpa.puglia.it/pagina2873\\_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina2873_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html)). All'indirizzo [https://www.arpa.puglia.it/pagina3070\\_report-campagne-con-laboratori-mobili.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3070_report-campagne-con-laboratori-mobili.html) sono disponibili i report delle campagne di monitoraggio realizzate con i laboratori mobili e gli ulteriori rapporti di monitoraggio prodotti da ARPA Puglia.

Sul sito <http://www.arpa.puglia.it/web/guest/modellistica> sono anche disponibili le relazioni che riportano i risultati delle valutazioni modellistiche dello stato della qualità dell'aria sulla regione Puglia, condotte negli anni passati.

Inoltre ARPA Puglia garantisce il flusso **UptoDate** dei dati di qualità dell'aria previsto dalla Decisione di Esecuzione della Commissione 2011/850/UE.

All'indirizzo <https://discomap.eea.europa.eu/Map/UTDViewer/UTDViewer/> sono visualizzabili i **dati grezzi** (cioè non ancora sottoposti ai processi di validazione) prodotti dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

Sul sito <http://cloud.arpa.puglia.it/previsioniqualitadellaria/index.html> sono disponibili giornalmente le previsioni a +72 ore, prodotte dal sistema modellistico di Arpa Puglia, dello stato della qualità dell'aria (con risoluzione spaziale rispettivamente di 4 km sulla Puglia e di 1 km sull'area di Taranto) e la ricostruzione (detta analisi) dello stato della qualità dell'aria relativa al giorno precedente (ieri), ottenuta mediante assimilazione dei dati misurati.

## 1.1 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria è il D. Lgs. 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" entrato in vigore il 13 agosto 2010 e modificato dal D. Lgs. 250 del 24 dicembre 2012.

Oltre alla definizione di zonizzazione (art. 3) e classificazione (art. 4) del territorio, il Decreto definisce i criteri per la valutazione della qualità dell'aria ambiente (art. 5). Tali criteri comprendono sia le misurazioni in siti fissi, sia le tecniche di valutazione modellistica e/o di stima obiettiva; nello specifico i commi 2, 3 e 4 dello stesso articolo, definiscono le situazioni in cui devono essere utilizzate obbligatoriamente le misure, le misure in combinazione con i modelli o solo le tecniche modellistiche.

Il Decreto inoltre definisce le modalità per la redazione di Piani e misure per il raggiungimento dei valori limite e dei valori obiettivi (art. 9) di seguito riportati.

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico e periodo di mediazione	Valore
PM10 Particolato con diametro < 10 µm	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 35 volte in 1 anno civile)	Media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup>
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM 2.5 Particolato con diametro <2,5 µm	Limite annuale	Media annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
NO2 Biossido di azoto	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	Media oraria	200 µg/m <sup>3</sup>
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	400 µg/m <sup>3</sup>
O3 - Ozono	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media massima giornaliero calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup> , da non superarsi più di 25 volte per anno civile, come media su 3 anni
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24 medie mobili su 8 ore	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>
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato su valori medi orari da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> * h come media su 5 anni
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato su valori medi orari da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> * h
	CO - Monossido di carbonio	Limite per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24 medie mobili su 8 ore
C6H6 - Benzene	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5 µg/m <sup>3</sup>

SO <sub>2</sub> Biossido di zolfo	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	Media oraria	350 µg/m <sup>3</sup>
	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	Media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	500 µg/m <sup>3</sup>
Pb - Piombo	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0,5 µg/m <sup>3</sup>
B(α)P - Benzo(α)pirene	Valore obiettivo	Media annuale	1,0 ng/m <sup>3</sup>
Ni - Nichel	Valore obiettivo	Media annuale	20,0 ng/m <sup>3</sup>
As - Arsenico	Valore obiettivo	Media annuale	6,0 ng/m <sup>3</sup>
Cd - Cadmio	Valore obiettivo	Media annuale	5,0 ng/m <sup>3</sup>

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria, il Decreto stabilisce che la classificazione delle zone e degli agglomerati è effettuata, per ciascun inquinante normato, sulla base di soglie di valutazione superiori e inferiori che si riportano in allegato 3.

Il Decreto stabilisce inoltre tempi e modalità di informazione al pubblico (art. 18) e di trasmissione alle Autorità nazionali dei dati di qualità dell'aria (art. 19).

Il Decreto non chiarisce tuttavia se i superamenti dei valori limite rilevati con il solo ausilio delle tecniche modellistiche determinino o meno la necessità di adozione di Piani ex art.9 D. Lgs 155/2010 o se, viceversa, gli stessi debbano essere confermati da rilievi sperimentali prima dell'adozione dei relativi piani di risanamento. Tale quesito, pertanto, è stato rivolto dalla Regione Puglia e successivamente inoltrato al MITE (oggi MASE). Allo stato attuale si è in attesa del riscontro.

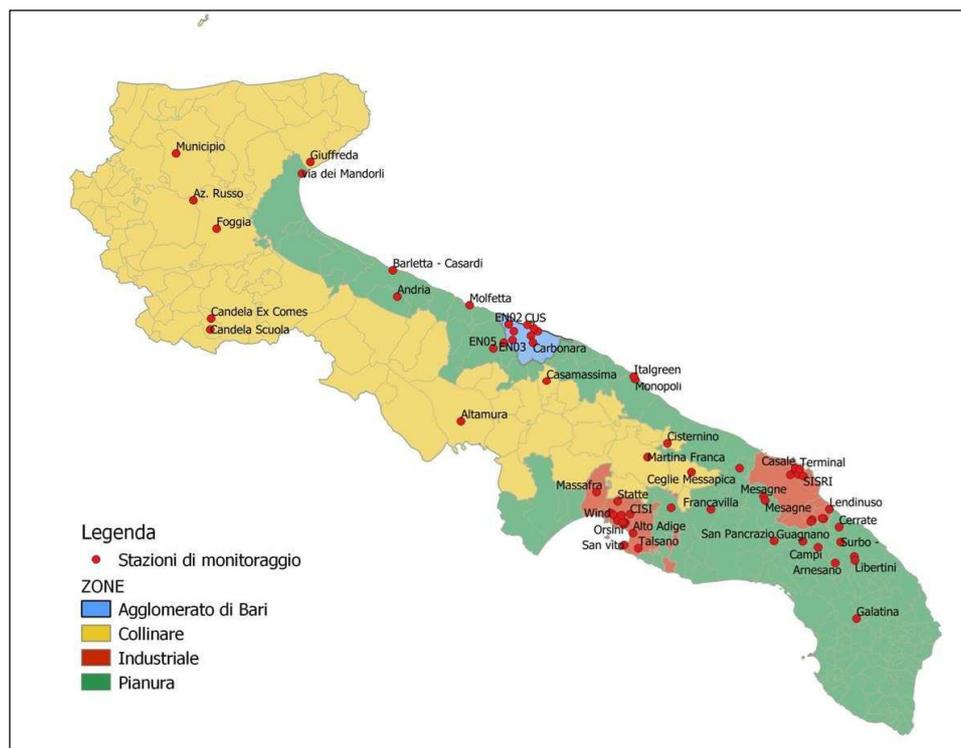
## 1.2 La rete di monitoraggio della qualità dell'aria

Il D. Lgs. 155/2010 assegna alle Regioni e alle Province Autonome il compito di realizzare la zonizzazione del territorio (art. 3) e la classificazione delle zone (art. 4). La Regione Puglia ha adottato il Progetto di adeguamento della zonizzazione del territorio regionale con la D.G.R. 2979/2011. Con la D.G.R. 1063/2020 è stata aggiornata la classificazione delle zone. La zonizzazione è stata eseguita sulla base delle caratteristiche demografiche, meteorologiche e orografiche regionali, della distribuzione dei carichi

emissivi e della valutazione del fattore predominante nella formazione dei livelli di inquinamento in aria ambiente, individuando le seguenti quattro zone:

1. ZONA IT1611: zona collinare;
2. ZONA IT1612: zona di pianura;
3. ZONA IT1613: zona industriale, costituita da Brindisi, Taranto e dai comuni che risentono maggiormente delle emissioni industriali dei due poli produttivi;
4. ZONA IT1614: agglomerato di Bari.

La Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA) è composta da 53 stazioni fisse (di cui 41 di proprietà pubblica e 12 private). Tali stazioni sono sia da traffico (urbana, suburbana) che di fondo (urbana, suburbana e rurale) e industriali (urbana, suburbana e rurale). La figura che segue riporta la zonizzazione del territorio e la collocazione delle 53 stazioni di monitoraggio della RRQA.



**Figura 1:** Zonizzazione del territorio regionale e RRQA

La tabella che segue riporta il quadro sinottico della RRQA, con l'indicazione dei siti di misura, della loro collocazione e degli inquinanti monitorati in ciascuno di essi.

ZONA	PROV	COMUNE	STAZIONE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	E(UTM33)	N(UTM33)	PM10	PM2.5	NO2	O3	BTX	CO	SO2
IT1611 collinare	FG	Foggia	Foggia - Rosati	Urbana	Fondo	545819	4589475	x	x	x		x	x	
	FG	Monte S. Angelo	Monte S. Angelo-Ciuffreda	Rurale	Fondo	578692	4613137	x		x	x			
	BA	Casamassima	Casamassima-La Penna	Suburbana	Fondo	661589	4535223	x	x	x	x			
	BA	Altamura	Altamura-via Santeramo	Suburbana	Fondo	631558	4520820	x	x	x	x			
	TA	Martina Franca	Martina Franca	Urbana	Traffico	697012	4508162	x		x		x		
	FG	San Severo	San Severo - Municipio	Rurale	Fondo	532294	4609076	x	x	x	x			
	FG	San Severo	San Severo - Az. Russo	Rurale	Fondo	537644	4599559	x	x	x	x			
	BR	Ceglie Messapica	Ceglie Messapica	Suburbana	Fondo	712432	4502847	x	x	x		x	x	x
IT1612 pianura	BR	Cisternino	Cisternino	Rurale	Fondo	703972	4513011	x		x	x			x
	BA	Molfetta	Molfetta-Verdi	Urbana	traffico	634595	4562323	x		x		x		
	BAT	Andria	Andria - Vaccina	Urbana	Traffico	609209	4565364	x	x	x		x		
	BA	Monopoli	Monopoli - Aldo Moro	Suburbana	Traffico	692701	4535752	x	x	x		x	x	
	BA	Monopoli	Monopoli - Liceo Artistico Russo	Suburbana	Traffico	692229	4537004	x	x	x		x		
	FG	Manfredonia	Manfredonia - Mandorli	Suburbana	Traffico	575770	4609022	x		x		x	x	
	LE	Lecce	Lecce - Garigliano	Urbana	Traffico	769536	4473048	x	x	x		x	x	
	LE	Lecce	Lecce - P.zza Libertini	Urbana	Traffico	769785	4471666	x	x	x		x	x	
	LE	Surbo	Surbo - via Croce	Rurale	Industriale	764807	4478158	x		x				x
	BR	San Pancrazio Salentino	San Pancrazio	Suburbana	Fondo	741444	4478597	x		x				
	LE	Campi. S.na	Campi Salentina	Suburbana	Fondo	756857	4476277	x	x	x				
	LE	Lecce	Lecce - S.M. Cerrate	Rurale	Fondo	764242	4483446	x	x	x	x			
	BR	Mesagne	Mesagne - via Udine	Suburbana	Fondo	737714	4494370	x		x				
	LE	Arnesano	Arnesano - Riesci	Suburbana	Fondo	762876	4470790	x			x			
	LE	Guagnano	Guagnano - Villa Baldassarre	Suburbana	Fondo	751513	4478431	x		x				
IT1613 industriale	BR	Francavilla	Francavilla Fontana	Suburbana	Traffico	719236	4489711	x		x		x		
	TA	Grottaglie	Grottaglie	Suburbana	Fondo	705279	4490271	x		x	x			
	BAT	Barletta	Barletta - Casardi	Urbana	Fondo	607646	4574709	x	x	x	x	x		
	LE	Galatina	Galatina-La Porta	Suburbana	Industriale	770356	4451121	x	x	x	x			x
	BR	Brindisi	Brindisi - Via dei Mille	Urbana	traffico	748464	4502808	x		x		x		
	BR	Brindisi	Brindisi - via Taranto	Urbana	Traffico	749277	4503418	x	x	x		x	x	
	BR	Brindisi	Brindisi - Casale	Urbana	Fondo	748879	4504259	x	x	x	x			
	BR	Brindisi	Brindisi - Perrino	Suburbana	Fondo	749892	4502036	x		x				x
	BR	Brindisi	Brindisi - Terminal Passeggeri	Suburbana	Industriale	750422	4503838	x	x	x	x	x	x	x
	BR	Torchiarolo	Torchiarolo - Don Minzoni	Suburbana	Industriale	758842	4486404	x	x	x		x	x	x
	BR	Torchiarolo	Torchiarolo - via Fanin	Suburbana	Industriale	758263	4486545	x	x	x				x
	BR	San Pietro V.co	San Pietro Vernotico	Suburbana	Industriale	754781	4486042	x		x				
	BR	Brindisi	Brindisi - SISRI	Suburbana	Industriale	751700	4501449	x		x		x	x	x
	TA	Taranto	Taranto - Via Alto Adige	Urbana	Traffico	691924	4481337	x	x	x		x	x	x
	TA	Taranto	Taranto - Talsano	Suburbana	Fondo	693783	4475985	x		x	x			x
	TA	Taranto	Taranto - San Vito	Suburbana	Fondo	688778	4477122	x		x	x			x
	TA	Taranto	Taranto - Machiavelli	Suburbana	Industriale	688642	4484370	x	x	x		x	x	x
TA	Taranto	Taranto - Archimede	Suburbana	Industriale	689238	4485033	x	x	x		x	x	x	
TA	Statte	Statte - via delle Sorgenti	Suburbana	Industriale	686530	4492525	x		x				x	
TA	Taranto	Taranto - CISI	Rurale	Industriale	690889	4488018	x	x	x		x	x	x	
TA	Statte	Statte - Ponte Wind	Rurale	Industriale	684114	4488423	x		x				x	
IT1614 agglomerato di Bari	TA	Massafra	Massafra	Urbana	Industriale	679111	4495815	x		x		x		x
	BA	Bari	Bari - Caldarola	Urbana	traffico	658520	4553079	x	x	x		x	x	
	BA	Bari	Bari - Cavour	Urbana	traffico	657197	4554020	x	x	x		x	x	
	BA	Bari	Bari - Kennedy	Urbana	Fondo	656105	4551478	x		x	x			
	BA	Bari	Bari - Carbonara	Suburbana	Fondo	654377	4598816	x		x				
	BA	Bari	Bari - CUS	Suburbana	Traffico	654877	4553353	x		x	x			
	BA	Modugno	Modugno - END2	Suburbana	Industriale	648305	4555516	x	x	x	x			x
	BA	Modugno	Modugno - END3	Urbana	Industriale	649647	4549969	x		x				x
BA	Modugno	Modugno - END4	Suburbana	Industriale	650120	4553064	x		x				x	

**Tabella 1 – Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell’Aria (RRQA)**

Alle 53 stazioni della RRQA se ne aggiungono altre 9, di interesse locale, che non concorrono alla valutazione della qualità dell’aria sul territorio regionale ma forniscono comunque informazioni utili sui livelli di concentrazione di inquinanti in specifici contesti. Queste stazioni, elencate nella tabella 1b, nel seguito del documento sono contraddistinte con il simbolo “\*”.

PROV	COMUNE	STAZIONE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	E [UTM33]	N [UTM33]	PM10	PM2,5	NO2	O3	BTX	CO	SO2
BA	Bitonto	Bitonto - EN01*	Suburbana	Industriale	646607	4549012	x	x	x	x		x	
BA	Palo del Colle	Palo del Colle - EN05*	Suburbana	Industriale	642913	4546965	x	x	x			x	
BR	Brindisi	Brindisi - Cappuccini*	Urbana	Traffico	747098	4501881	x		x			x	x
BR	Torchiarolo	Torchiarolo - Lendinuso*	Rurale	Industriale	760838	4489753	x		x				x
FG	Candela	EX Comes*	Rurale	Fondo	544178	4557978	x		x	x		x	
FG	Candela	Scuola*	Suburbana	Fondo	543482	4553626	x		x	x	x	x	x
LE	Maglie	Maglie*	Suburbana	Traffico	780702	4446683		x	x	x	x	x	x
LE	Galatina	Galatina-Colacem*	Rurale	Industriale	771953	4450838	x	x	x			x	x
TA	Taranto	Taranto-Orsini*	Suburbana	Industriale/Traffico	688634	4485012	x	x	x			x	

**Tabella 1b** – Stazioni di monitoraggio di interesse locale

Oltre agli inquinanti riportati nelle tabelle 1 e 1b, nelle stazioni di monitoraggio *Martina Franca, Taranto - Machiavelli, Taranto – Talsano, Taranto- Alto Adige e Lecce - Via Garigliano* vengono monitorati anche gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e i metalli pesanti normati dal D. Lgs.155/10. Il monitoraggio di IPA e metalli viene condotto anche in altri siti, appartenenti sia alla RRQA che a stazioni di interesse locale. I risultati di tali monitoraggi, seppur non contribuiscano alla valutazione della qualità dell'aria della Regione Puglia, sono riportati in questo report per completezza di informazione (stazioni indicate con "\*\*\*").

Il D. Lgs. 155/2010 prevede, all'art. 17 co. 3, che le Regioni e le Province Autonome o, su delega, le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente effettuino le attività di controllo volte ad accertare che il gestore delle stazioni di misurazione rispetti le procedure di garanzia di qualità. Il Centro Regionale Aria di ARPA Puglia svolge le attività di controllo di qualità sulla RRQA dal 2013. All'iniziale verifica degli analizzatori di Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>) e Ozono (O<sub>3</sub>) sono stati aggiunti nel tempo i controlli sugli analizzatori di Monossido di Carbonio (CO), la verifica dei flussi di campionamento degli analizzatori/campionatori di particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) e, dal 2020, la verifica degli analizzatori di BTEX.

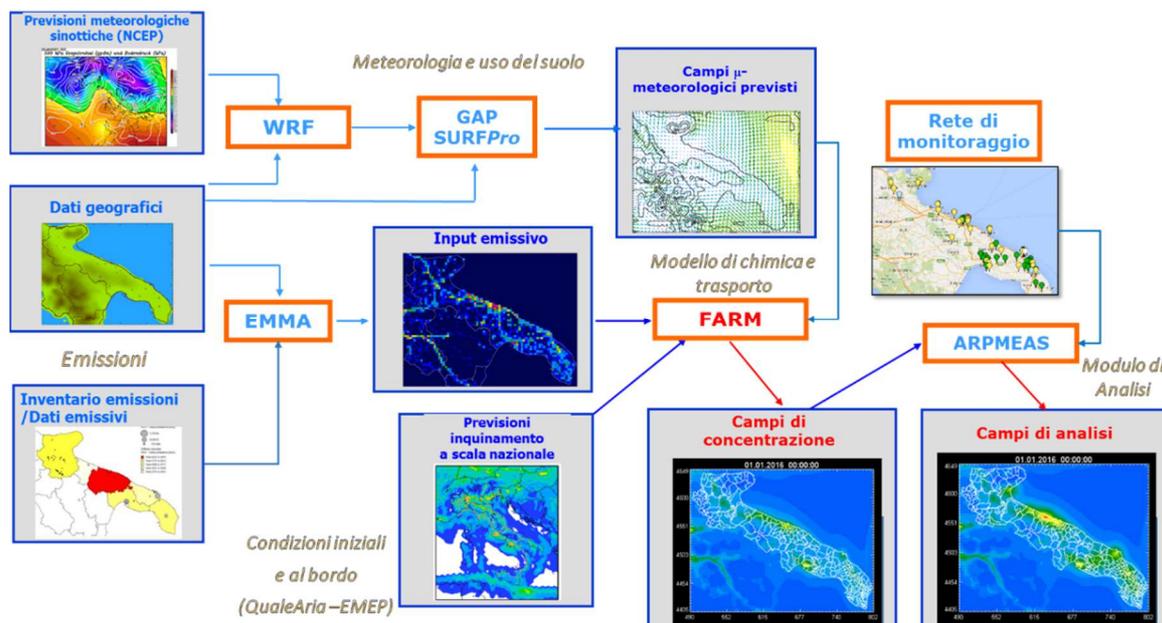
Dal 2016 le attività di QA/QC sono state affidate alla Ditta responsabile del servizio di manutenzione della RRQA. Il Centro Regionale Aria effettua, quindi, le verifiche di seconda parte. Le attività vengono condotte in coerenza con il Manuale ISPRA n.108/2014 "Linee guida per le attività di assicurazione/controllo qualità (QA/QC) per le reti di monitoraggio per la qualità dell'aria ambiente, ai sensi del D. Lgs. 155/2010 come modificato dal D. Lgs. 250/2012" recepito con D.M. 30/03/2017 "Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura".

### 1.3 Il sistema modellistico di Arpa Puglia

La normativa europea e nazionale richiede l'utilizzo di tecniche di modellazione quale supporto per la conoscenza e la gestione della qualità dell'aria. ARPA Puglia si è dotata da alcuni anni di un sistema modellistico atto a simulare le concentrazioni di inquinanti gassosi e di particolato. Tale sistema è

incentrato sul modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM<sup>1</sup> (Flexible Air quality Regional Model) 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 2 viene riportato lo schema del sistema modellistico, implementato sulla piattaforma computazionale ReCaS<sup>2</sup>.



**Figura 2:** Sistema modellistico utilizzato per la Valutazione annuale della Qualità dell'aria.

Il sistema modellistico utilizza in ingresso molteplici *dataset* che vengono elaborati opportunamente dai pre-processor EMMA, GAP e SURFPRO in modo da produrre, sui domini di simulazione, tutti i dati necessari al modello chimico di qualità dell'aria FARM. In particolare, per lo svolgimento della simulazione relativa all'anno 2021, FARM è stato alimentato con:

<sup>1</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).

<sup>2</sup> ReCaS è un datacenter, gestito da UNIBA ed INFN, che garantisce le caratteristiche computazionali e di storage necessarie a sostenere le complesse procedure di calcolo del sistema modellistico di ARPA, sia per la componente meteorologica che per quella chimica. ReCaS comprende un cluster HPC (High Performance Computing) costituito da 20 server, ciascuno con 40 core, per complessivi 800 core.

- i campi meteorologici di analisi, elaborati per il 2022 dal Servizio Agenti Fisici di ARPA Puglia ([www.arpa.puglia.it/web/guest/servizio\\_meteo](http://www.arpa.puglia.it/web/guest/servizio_meteo)) e prodotti con il modello meteorologico prognostico WRF (Weather Research and Forecasting);
- gli inventari delle emissioni, INEMAR per la regione Puglia e ISPRA per le regioni limitrofe, opportunamente integrati ed aggiornati con le informazioni disponibili;
- le condizioni al contorno per il 2022, derivate dai sistemi modellistici previsionali operativi come QualeAria (per gli inquinanti in fase omogenea, gassosa e particellare, su base temporale tri-oraria). Per i metalli pesanti, le diossine e i furani sono state utilizzate le elaborazioni climatologiche prodotte dai modelli EMEP-MSCE.

Il sistema modellistico 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 province di Brindisi, Lecce e Taranto<sup>3</sup> (Figura 3) con risoluzione di 1 km.

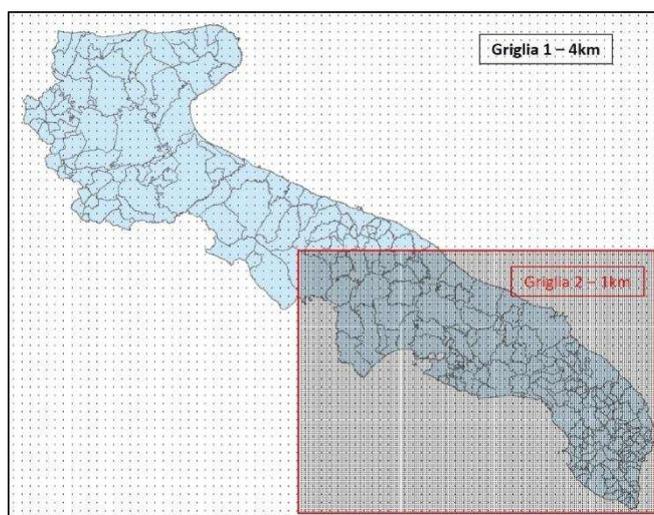


Figura 3: Domini di calcolo del sistema modellistico.

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.

<sup>3</sup>La scelta di ricostruire con migliore dettaglio lo stato della qualità dell'aria nelle sole province di Brindisi, Lecce e Taranto, condizionata dalla indisponibilità di risorse di calcolo utili ad estendere tale ricostruzione all'intera regione, è stata effettuata per meglio rappresentare l'impatto delle aree industriali di Brindisi e Taranto.

Dominio	Denominazione	Estensione	Risoluzione spaziale
Griglia 1	Regione Puglia	316 x 248 km <sup>2</sup>	4km x 4km
Griglia 2	Province di Lecce, Brindisi e Taranto	172 x 128 km <sup>2</sup>	1km x 1km

**Tabella 2** - Caratteristiche spaziali dei domini di simulazione

L'estensione verticale dei due domini è pari a 9050 m, con i seguenti 16 livelli di calcolo espressi in metri sopra l'orografia: 10, 35, 70, 120, 195, 305, 465, 695, 1025, 1505, 2200, 3205, 4550, 6050, 7550, 9050.

#### 1.4.1 Input emissivo

L'input emissivo che ha alimentato la simulazione modellistica relativa al 2022 è sostanzialmente analogo a quello utilizzato per la valutazione modellistica condotta da ARPA Puglia per gli anni precedenti. Nello specifico il database emissivo utilizzato è stato realizzato partendo dall'inventario regionale INEMAR di ARPA Puglia su base comunale al 2010 e dall'inventario nazionale ISPRA su base provinciale al 2010. La base dati regionale è stata aggiornata al 2013 secondo i trend nazionali estrapolati dai dati annuali ISPRA<sup>4</sup> per i settori della combustione non industriale (riscaldamento civile e commerciale-istituzionale, macrosettore 2), del trasporto su strada (macrosettore 7) e rispetto ai principali insediamenti industriali, per i quali i dati di partenza sono quelli utilizzati nelle VDS condotte ai sensi della L.R. 21/2012 per gli impianti indicati dal Regolamento Regionale n. 24 del 3 ottobre 2012. Inoltre, le emissioni eoliche e da movimentazione prodotte dai parchi a servizio di Acciaierie d'Italia sono state aggiornate al 31/12/2019.

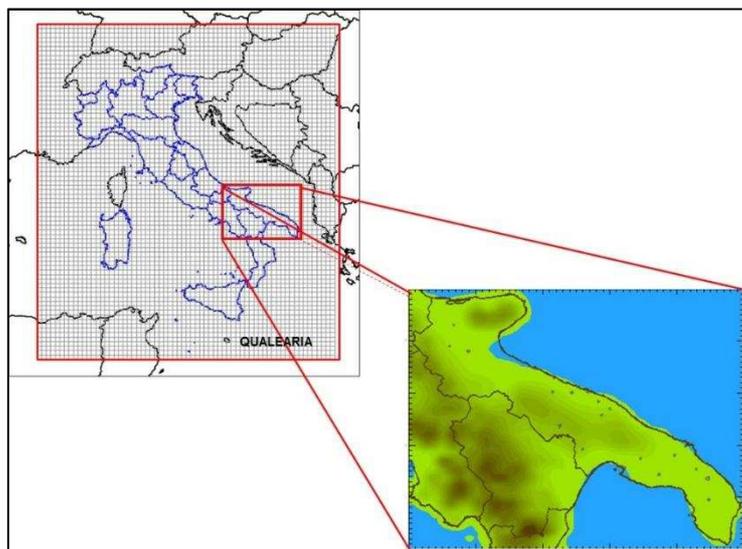
Per una descrizione dettagliata dell'input emissivo si rimanda, quindi, alla relazione "Valutazione modellistica della Qualità dell'Aria nella regione Puglia con focus sul Salento - Anno 2016", pubblicata sul sito di ARPA al link <http://www.arpa.puglia.it/web/guest/modellistica>.

#### 1.4.2 Condizioni al contorno

Lo stato della qualità dell'aria può essere influenzato anche dagli inquinanti prodotti da sorgenti esterne al dominio di simulazione o da processi dominati da scale spaziali più ampie di quella urbana (come lo smog fotochimico). Questi effetti possono essere opportunamente considerati attraverso le cosiddette "condizioni al contorno", che sono campi in concentrazione generalmente determinati da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria a scala nazionale.

<sup>4</sup> <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>

Per stimare il flusso di inquinanti, che entra nel dominio regionale a risoluzione 4km, a ogni ora di simulazione per tutti i livelli, compreso il *top*, devono essere, quindi, fornite al modello FARM le condizioni al contorno, che sono costruite a partire dall'output di un altro modello fotochimico, che opera su una scala spaziale più vasta e con risoluzione peggiore. A tal fine sono stati utilizzati i campi tridimensionali prodotti dai sistemi modellistici QualeAria, per gli inquinanti in fase omogenea gassosa e particellare (Figura 4), ed EMEP-MSCE per metalli pesanti, diossine e furani. I primi sono riferiti all'anno 2021 e sono disponibili su base temporale trioraria<sup>5</sup>; i secondi sono 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.



**Figura 4:** Schematizzazione della griglia di calcolo utilizzata dal sistema modellistico Quale Aria e dalla griglia di FARM.

### 1.4.3 Validazione dei risultati e Integrazione dei dati sperimentali nel sistema modellistico

Per garantire un uso corretto e adeguato dei modelli, l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) e il Centro di ricerca della Commissione europea (JRC) hanno costituito il gruppo di lavoro FAIRMODE con lo scopo di identificare e promuovere l'utilizzo di buone pratiche nelle attività di modellazione della qualità dell'aria. Per la valutazione dello stato della qualità tramite i modelli, il FAIRMODE raccomanda l'utilizzo per i modelli di obiettivi di qualità standardizzati, da utilizzare per valutare la qualità di una data applicazione modellistica, condotta nell'ambito delle direttive europee sulla qualità dell'aria.

<sup>5</sup> Tali campi sono successivamente interpolati su base oraria nel corso della simulazione.

Nella scheda di approfondimento successiva si riporta la sintesi degli esiti della valutazione della performance della simulazione modellistica condotta per il 2022<sup>6</sup>. La qualità della simulazione è stata valutata con l'ausilio del DELTA TOOL (versione 7.1, 2022), un software di analisi statistica realizzato nell'ambito del FAIRMODE per valutare la performance del modello in applicazioni specifiche condotte proprio ai sensi del D. Lgs 155/2010. Tale software, ampiamente utilizzato dalla comunità scientifica e dalle ARPA, si basa sul confronto statistico tra dati modellati e misurati dalle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e offre una rapida valutazione delle prestazioni del modello in termini di vari indicatori e diagrammi statistici. Il DELTA TOOL tratta gli inquinanti PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM2.5.

## 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  $MQI_{90^{o}perc} \leq 1$ .

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.

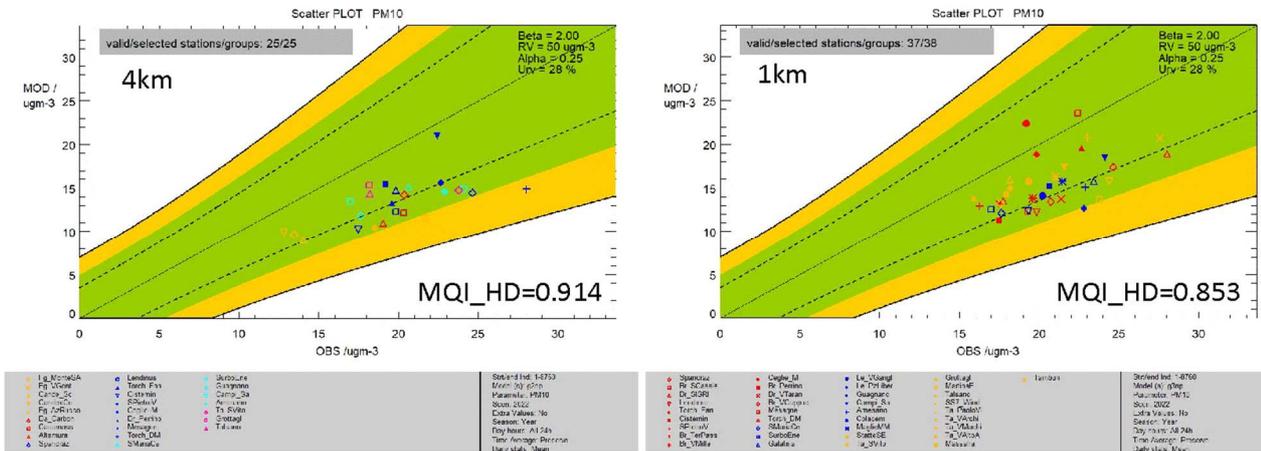
Riguardo alle stazioni di monitoraggio da considerare nel confronto, è importante osservare che nella stessa appendice del D. Lgs 155/2010 si precisa l'opportunità di considerare solo le centraline la cui rappresentatività risulti almeno confrontabile con la risoluzione spaziale adottata dal modello, poiché il modello non può essere in grado di riprodurre fenomeni che avvengono a scale inferiori alla risoluzione spaziale adottata. 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. Quindi, la variabilità del numero di stazioni da considerare nel confronto per ogni inquinante è legata non solo al raggiungimento del 75% di dati validi, ma alla rappresentatività della centralina rispetto alla risoluzione spaziale adottata.

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.

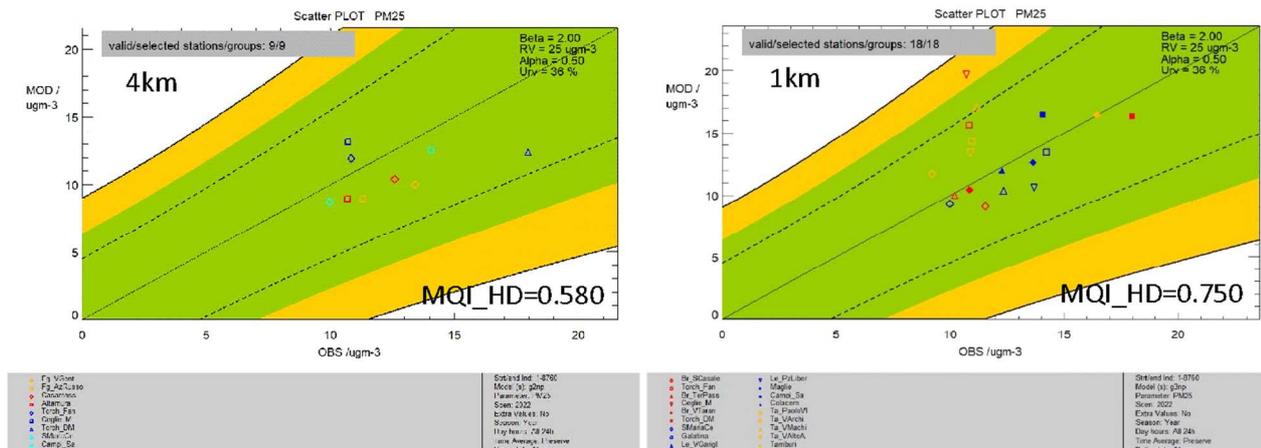
Di seguito si riportano, quindi, i risultati del confronto in termini di *scatter plot* tra le concentrazioni modellate, estratte con il metodo *nearest point*, e misurate nei due domini di simulazione in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio, ottenuti con l'ausilio del DELTA TOOL. L'appartenenza 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

<sup>6</sup>I risultati della valutazione modellistica integrata con i dati misurati dalle stazioni di monitoraggio saranno mostrati al par.3.

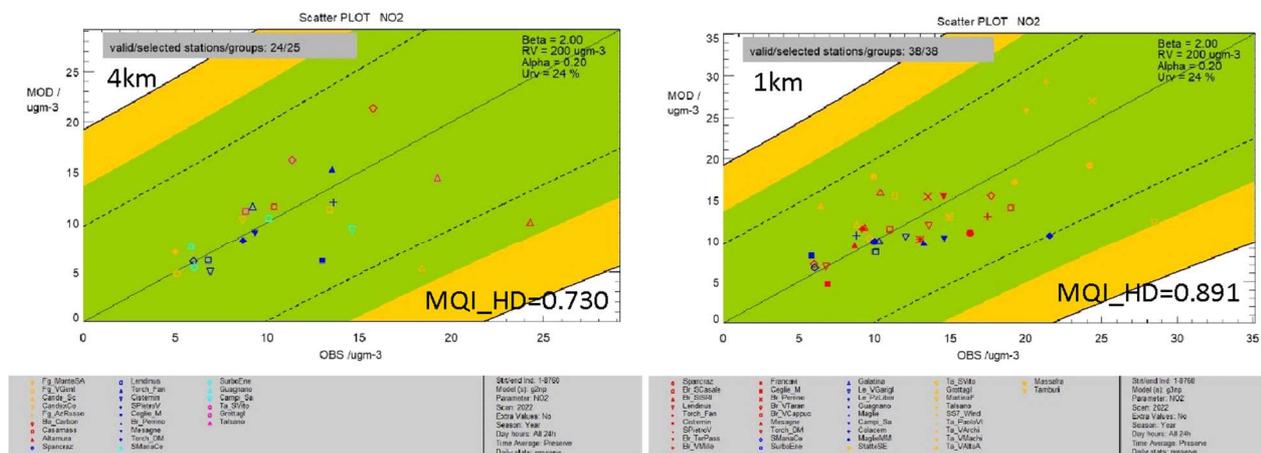
sempre minore di 1, soddisfacendo quindi l'obiettivo di qualità su entrambi i domini di simulazione per tutte le specie indicate.



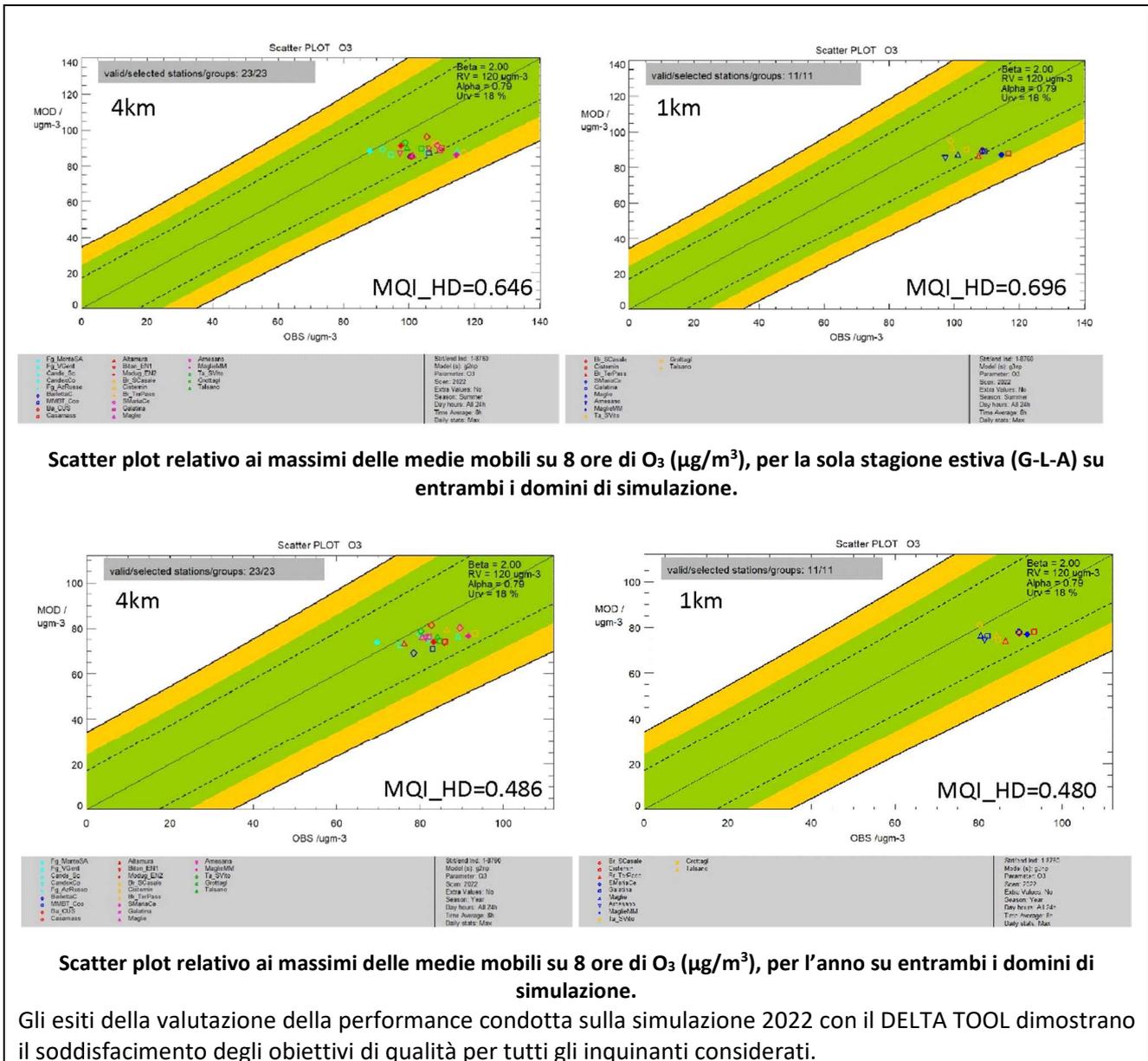
Scatter plot relativo al PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) su entrambi i domini di simulazione.



Scatter plot relativo al PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) su entrambi i domini di simulazione.



Scatter plot relativo all'NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) su entrambi i domini di simulazione.



Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), per la sola stagione estiva (G-L-A) su entrambi i domini di simulazione.

Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), per l'anno su entrambi i domini di simulazione.

Gli esiti della valutazione della performance condotta sulla simulazione 2022 con il DELTA TOOL dimostrano il soddisfacimento degli obiettivi di qualità per tutti gli inquinanti considerati.

La valutazione statistica condotta con il DELTA TOOL ha evidenziato per gli inquinanti PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> la capacità del modello di ricostruire adeguatamente le concentrazioni misurate sia sulla griglia regionale che su quella a scala urbana, poiché il criterio di qualità risulta essere sempre soddisfatto. Ciononostante, al fine di migliorare la ricostruzione modellistica dei livelli di concentrazione e la relativa distribuzione spaziale, il D.Lgs 155/2010 prevede che le simulazioni modellistiche siano comunque combinate con i dati misurati. 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.

Nelle tecniche di assimilazione 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.

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 tecniche cosiddette di "observational nudging" (Stauffer e Seaman, 1990) che di "objective analysis" (es. "Optimal Interpolation").

Nello specifico è stato utilizzato il metodo dell'*Optimal Interpolation* (OI), che permette di interpolare le osservazioni localizzate su un dominio, utilizzando, come prima approssimazione, il campo di fondo (o di *background*) prodotto dal modello. Dal momento che sia le osservazioni che il campo di fondo possono contenere errori, l'OI costruisce il campo di analisi minimizzando le varianze degli errori delle osservazioni e del campo di fondo. Il campo ottenuto è ottimale nel senso che ha la varianza minima<sup>7</sup>.

L'assimilazione ha coinvolto gli inquinanti NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, CO e C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> monitorati dalle reti di monitoraggio della QA gestite da ARPA. In particolare, l'assimilazione è avvenuta su base oraria per le specie NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO e C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, mentre per le specie PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> è avvenuta su base giornaliera. Si fa presente che:

- per alcune stazioni di monitoraggio (ad es. *Mesagne, San Pietro Vernotico, Arnesano, Campi S.na, Talsano*, ecc.), caratterizzate da un andamento temporale tipicamente stagionale per alcuni inquinanti (ad es. PM<sub>10</sub>), si è scelto di attribuire un raggio di influenza differente per la stagione invernale;
- 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 di tipo industriale dell'area di Taranto, si è scelto di utilizzare per la specie SO<sub>2</sub> un raggio di influenza inferiore ad 1km.

---

<sup>7</sup> La messa a punto di tale metodo richiede innanzitutto la definizione/ottimizzazione dei parametri che gestiscono l'assimilazione, come la rappresentatività/raggio di influenza dei punti di misura e la correlazione orizzontale e correlazione verticale, definiti in base alle caratteristiche dei singoli inquinanti e delle singole stazioni di monitoraggio. Non esiste infatti un criterio standard di assegnazione del raggio di influenza ad ogni punto di misura, ma la scelta va fatta per ogni caso specifico in funzione quindi della cosiddetta rappresentatività del punto di misura stesso; quest'ultima è stata assegnata in base alla tipologia del punto di misura (ad esempio traffico, industriale o di fondo) e alla caratteristica della zona (ad esempio urbana, rurale, suburbana).



L'assimilazione è stata effettuata sia sui campi di concentrazione al suolo relativi al dominio regionale (risoluzione di 4 km x 4 km) che su quelli relativi al dominio su scala urbana (risoluzione di 1km x 1km).

Nella successiva Tabella 3 si indicano con il simbolo “x” le specie chimiche assimilate per ciascuna centralina, sia sul dominio regionale che su quello locale.

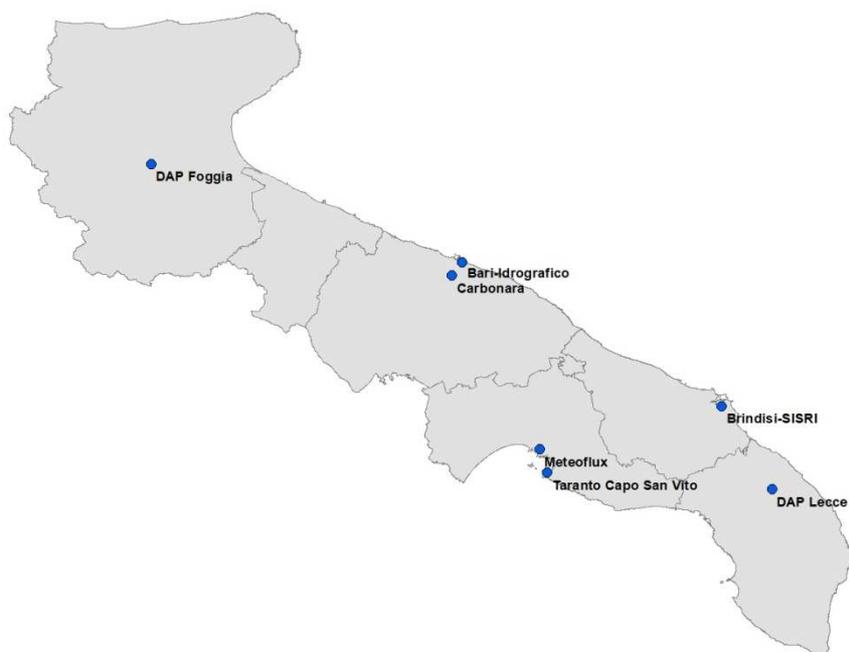
Provincia	stazione	Dominio regionale	Dominio locale	PM2.5	PM10	NO2	O3	CO	C6H6	SO2
FG	Fg-Manfredonia	x			x	x		x		
FG	Monte S. Angelo	x			x	x	x			
FG	Candela Scuola	x			x	x	x	x	x	
FG	Candela Ex Comes	x			x	x	x	x		
FG	Az. Russo	x		x	x	x	x			
FG	Foggia Via Rosati	x		x	x	x		x	x	
FG	Foggia Via Gentile	x		x	x	x	x	x		
BAT	Andria	x			x	x		x	x	
BAT	Via Casardi - C. Sportivo	x		x	x	x	x		x	
BAT	Biton_EN1	x		x	x	x	x	x		
BA	CUS	x			x	x	x			
BA	Carbonara	x			x	x				
BA	Piazza Kennedy	x			x	x	x			
BA	Casamassima	x		x	x	x	x			
BA	Monopoli	x		x	x	x		x	x	
BA	Altamura	x		x	x	x	x			
BA	Monopoli ItalGreen	x		x	x	x			x	
BA	Caldarola	x		x	x	x		x	x	
BA	Corso Cavour	x		x	x	x		x	x	
BA	Modug_EN2	x			x	x	x	x		
BA	Modug_EN3	x			x	x		x		
BA	Modug_EN4	x			x	x		x		
BA	PaloC_EN5	x			x	x		x		
TA	STATTE sc. elementare	x	x		x	x		x		x
TA	S.VITO Colonia Marina	x	x		x	x	x	x		
TA	Grottaglie	x	x		x	x	x			
TA	Talsano	x	x		x	x	x			x
TA	SS7 Wind	x	x		x	x				x
TA	Paolo VI - CISI	x	x	x	x	x		x	x	x
TA	Molfetta Verdi	x	x		x	x			x	
TA	TA V. Archimede	x	x	x	x	x		x		x
TA	TA V. Machiavelli	x	x	x	x	x		x	x	x
TA	TAR v. Alto Adige	x	x	x	x	x		x	x	x
TA	Martina Franca	x	x		x	x			x	
TA	Massafra (TA) Via Frappietri	x	x		x	x			x	x
TA	TAMBURI	x	x		x	x			x	
BR	S. Pancrazio S.	x	x		x	x				
BR	P.za San Giusto Casale	x	x		x	x				
BR	S.I.S.R.I.	x	x		x	x		x	x	x
BR	Lendinuso	x	x		x	x				x
BR	Enel Torchiareolo	x	x	x	x	x				x
BR	Cisternino	x	x		x	x	x			x
BR	S. Pietro Vermotico	x	x		x	x				
BR	Terminale Passeggeri	x	x	x	x	x	x	x	x	x
BR	Via dei Mille	x	x		x	x			x	
BR	Francavilla F.na Via F.Filzi	x	x			x			x	
BR	Ceglie - Messapica	x	x	x	x	x		x	x	x
BR	Via Crati-Rione Perrino	x	x		x	x		x		x
BR	Via Taranto	x	x	x	x	x		x	x	
BR	Via Cappuccini	x	x		x	x		x		x
BR	Mesagne	x	x		x	x				
BR	Torchiareolo	x	x	x	x	x		x	x	x
LE	Via Garigliano	x	x	x	x	x		x	x	
LE	Piazza Libertini	x	x	x	x	x		x	x	
LE	Villa Bandas sarre	x	x		x	x				
LE	Amesano	x	x		x		x			
LE	Maglie	x	x	x		x	x			x
LE	Campi Salentina	x	x	x	x	x				
LE	S.MARIA CERRATE	x	x	x	x	x	x			
LE	Surbo-Enel	x	x		x	x				x
LE	Galatina	x	x	x	x	x	x	x		
LE	Maglie Auditorium	x	x		x	x	x	x	x	x
LE	Colacem	x	x	x	x	x		x	x	x

Tabella 3 - Elenco delle stazioni di monitoraggio e delle specie assimilate

## 2. SINTESI DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

In questo paragrafo si riporta una sintesi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato il territorio regionale nel 2022. L'attenzione è stata dedicata ai parametri atmosferici vento, temperatura precipitazione e radiazione solare, che possono influenzare la dispersione e la rimozione degli inquinanti o determinare condizioni favorevoli alla formazione di inquinanti secondari. Per caratterizzare le condizioni meteorologiche osservate nel 2022, l'analisi è stata sviluppata utilizzando come termine di confronto sia i dati meteorologici relativi all'anno 2021 che i dati climatologici SCIA<sup>8</sup>.

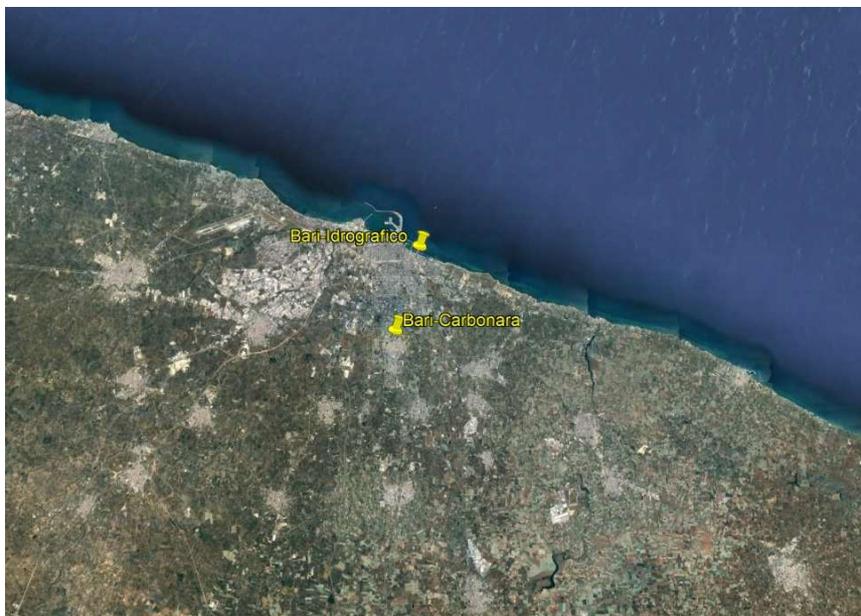
A tale scopo, sono stati elaborati i dati meteorologici acquisiti nel 2022 dalle stazioni di monitoraggio della rete ARPA. Per le province di Foggia e Lecce sono state individuate le centraline meteorologiche posizionate presso le sedi dei Dipartimenti Provinciali (DAP) di ARPA. Per l'area di Taranto è stata considerata la stazione meteorologica denominata Meteoflux. Tale stazione, collocata nell'area dello stabilimento ENI in prossimità del confine settentrionale, ad una distanza dalla costa pari a circa 2km, è rappresentativa delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la zona industriale tarantina. Poiché la suddetta stazione non dispone di un sensore per la misura della radiazione globale e, per il periodo preso in considerazione, di dati validi di precipitazione, per le suddette variabili è stata considerata la stazione della rete regionale di qualità dell'aria, sita a Capo San Vito, dotata anche di strumentazione di tipo meteorologico.



**Figura 5:** Localizzazione delle centraline considerate per la caratterizzazione della situazione meteorologica per il 2022

<sup>8</sup> SCIA è il sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA e alimentato con i dati degli organismi regionali che si occupano di monitoraggio dei parametri meteorologici (<http://www.scia.isprambiente.it>).

Per quanto riguarda la caratterizzazione meteorologica dell'area barese, non essendo disponibile un'unica postazione con tutti i parametri meteorologici di interesse, è stata considerata anche la stazione denominata "Bari-Idrografico" del Centro Funzionale Decentrato - Protezione Civile Regione Puglia, posizionata lungo la costa barese ad una distanza di circa 5km dalla centralina di ARPA Puglia (Figura 6), i cui dati sono stati forniti dal Servizio Protezione Civile della Regione Puglia. Di tale stazione sono stati utilizzati i dati di vento e di precipitazione, mentre per i dati di temperatura e radiazione solare globale si è fatto riferimento alla stazione di monitoraggio ARPA della qualità dell'aria denominata *Bari-Carbonara*.



**Figura 6:** Localizzazione delle centraline di Carbonara e Bari Idrografico.

In Tabella 4 si specificano le caratteristiche delle suddette centraline. In Tabella 5, invece, per ogni stazione meteorologica e per ciascun parametro, si riportano le percentuali di validità dei dati misurati nel corso del 2022. È opportuno osservare che per la maggior parte delle centraline si rileva una disponibilità di dati validi superiore al 75%; fanno eccezione la centralina *Meteoflux* per il parametro "precipitazione" e la stazione *Bari-Carbonara*, come già detto, per l'intensità e la direzione del vento. Per tale motivo, per la caratterizzazione anemologica del barese sono state considerate le misure di vento della stazione meteo *Bari-Idrografico* appartenente alla rete di monitoraggio della Protezione Civile regionale. Inoltre per la precipitazione, pur essendo presenti i dati misurati dalla stazione *Bari-Carbonara* in una percentuale pari al 91%, si è preferito utilizzare quelli di *Bari-Idrografico* perché disponibili con una migliore copertura (100%).

STAZIONE	PROV.	COORDINATE WGS84-UTM33		ALTEZZA sensori	PARAMETRI MISURATI
		X_UTM (km)	Y_UTM (km)	m	
Foggia (ARPA)	FG	545,749	4589,447	30	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 30 minuti)
Bari - Idrografico (Protezione Civile)	BA	657,991	4553,753	30	velocità e direzione del vento (ogni 10 minuti), temperatura, umidità relativa (ogni 30 minuti), precipitazione (ogni 5 minuti)
Carbonara (ARPA)	BA	656,837	4548,966	5	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
Taranto - Capo San Vito (ARPA)	TA	688,791	4477,122	10	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
MeteoFlux (ENI)	TA	685,952	4485,618	6	velocità e direzione del vento, temperatura, precipitazione (dati orari)
Brindisi - SISRI (ARPA)	BR	751,636	4501,354	10	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
Lecce (ARPA)	LE	769,867	4470,960	30	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 30 minuti)

**Tabella 4** - Caratteristiche delle centraline meteorologiche.

	2022				
	Temperatura	Precipitazione	Vel. vento	Dir. vento	Rad.glob.
Foggia (ARPA)	97%	98%	97%	97%	97%
Bari - Idrografico (Protezione Civile)	100%	100%	100%	100%	
Carbonara (ARPA)	99%	91%	0%	0%	99%
Taranto - Capo San Vito (ARPA)	99%	99%	99%	99%	99%
MeteoFlux (ENI)	99%	57%	99%	99%	
Brindisi - SISRI (ARPA)	99%	99%	96%	98%	99%
Lecce (ARPA)	98%	98%	98%	98%	80%

**Tabella 5** - Percentuali di dati validi per ciascuna centralina e ciascun parametro.

Per ciascuno di tali parametri sono state confrontate le elaborazioni statistiche relative all'anno in esame e all'anno precedente. Laddove possibile, è stato effettuato anche un confronto con i dati climatologici. Come riferimento climatologico, sono stati utilizzati i dati SCIA disponibili per le aree in esame. Tutte le elaborazioni ed i confronti effettuati sono riportati in dettaglio nell'Allegato 2 alla presente Relazione.

Nella Tabella 6 sono riportate le stazioni SCIA prese in considerazione nella presente analisi per la loro vicinanza ai siti di monitoraggio delle stazioni ARPA. Per ciascuna stazione sono riportate le coordinate (UTM33-WGS84), l'ente gestore, le variabili atmosferiche in esame ed il relativo periodo di disponibilità dei dati. In rosso sono indicate le variabili per le quali la disponibilità di dati è inferiore a 10 anni. Nelle elaborazioni presentate di seguito è stato considerato il dato climatologico laddove il periodo di mediazione è risultato superiore ai 10 anni.

Dati SCIA							
stazione	Ente	coord.X	coord.Y	variabile	disponibilità dati	periodo di mediazione	
Bari Palese Macchie	AM	649654	4555053	Tmedia	1951-2018	1988-2018	30 anni
				PREC cum	1951-2018	1988-2018	30 anni
Brindisi	AM	749424	4504089	Tmedia	1951-2018	1988-2018	30 anni
				PREC cum	1951-2018	1988-2018	30 anni
Lecce	AM	768001	4458046	Tmedia	2005-2018 con buchi	<10 anni	
				PREC cum	2005-2018 con buchi	<10 anni	
Foggia	UCEA UCST	545939	4588859	Tmedia	1975-1993	1975-1993	18 anni
				PREC cum	1975-1993	1975-1993	18 anni
Taranto	UCEA UCOS	695040	4480245	Tmedia	1961-2012	1978-2008	30 anni
				PREC cum	2000-2008	<10 anni	

Tabella 6 - Stazioni climatologiche SCIA.

Le elaborazioni statistiche condotte hanno evidenziato che, dal punto di vista anemologico, per tutte le postazioni considerate la distribuzione annuale dell'intensità del vento per settore di provenienza, riferita al 2022, è risultata abbastanza simile a quella del 2021 con qualche differenza nelle occorrenze delle componenti dei venti provenienti dai vari quadranti sia su base annuale che stagionale.

Dalle rose dei venti annuali, nel 2022 si osservano componenti prevalenti del vento proveniente dai quadranti occidentali per la postazione di Foggia e Bari-Idrografico, da NO per la stazione di Brindisi-SISRI, da NO e SO per la stazione Meteoflux nell'area industriale di Taranto, da NE e SO per la stazione di Lecce.

Su base annuale si rilevano solo piccole variazioni della velocità media del vento, ma si osserva un significativo aumento della percentuale delle calme di vento per le postazioni di Foggia, Meteoflux e Lecce ed una diminuzione per le stazioni di Bari-Idrografico e Brindisi-SISRI.

Con riferimento al quantitativo di precipitazione valutato su base annuale, nel 2022 si riscontra un generale aumento rispetto all'anno precedente, in tutte le postazioni ad esclusione di quella di Taranto-Capo San

Vito dove si rileva una diminuzione della cumulata annuale e del numero di giorni piovosi. Una diminuzione del numero di giorni piovosi si rileva anche per le stazioni di Foggia, Brindisi-SISRI e Lecce, nonostante l'aumento della precipitazione cumulata annuale. Su base stagionale si rileva un aumento sia delle precipitazioni che del numero dei giorni piovosi, durante la stagione estiva, per tutte le stazioni ad eccezione di Taranto-Capo San Vito. Nella stagione invernale, invece, si osserva una diminuzione del numero dei giorni piovosi (ad eccezione di Bari Idrografico), una diminuzione delle precipitazioni nelle stazioni di Bari Idrografico, Foggia e Taranto-Capo San Vito, ed un aumento delle precipitazioni nelle stazioni di Brindisi-SISRI e Lecce. Non si osservano, infine, variazioni di rilievo in primavera e in autunno.

Per quanto riguarda la temperatura, in tutte le postazioni per le quali è disponibile il dataset climatologico, si osservano per il 2022 valori medi mensili superiori ai valori medi climatologici, fatta eccezione per il mese di marzo e di agosto (per la sola postazione di Brindisi-SISRI).

Si rileva inoltre un aumento della temperatura nel periodo invernale in tutte le postazioni, ad eccezione della postazione MeteoFlux(ENI) dove la temperatura non subisce variazioni significative. Nella stagione estiva, invece, si osserva un aumento della temperatura per la postazione di Lecce e per la postazione Meteoflux(ENI).

Per la radiazione globale, infine, si osserva un aumento della radiazione globale media per tutte le postazioni nei mesi di gennaio, febbraio (ad eccezione di Foggia), aprile, luglio, ottobre, novembre, dicembre (ad eccezione di Brindisi-SISRI e Taranto-Capo San Vito). Se ne osserva invece una diminuzione in tutte le postazioni nei mesi di marzo, maggio (ad eccezione di Taranto-Capo San Vito), agosto.

### 3 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

#### 3.1 PM10

Il PM10 è l'insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m). Il PM10 può penetrare nell'apparato respiratorio, generando impatti sanitari la cui gravità dipende, oltre che dalla quantità, dalla tipologia delle particelle: numerose sostanze chimiche, come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i metalli (quali piombo, nichel, cadmio, arsenico, vanadio, cromo) possono aderire alla superficie delle polveri sottili e con esse essere veicolate all'interno dell'organismo della popolazione esposta. Il PM10 in base all'origine, si distingue in primario, generato direttamente da una fonte emissiva (antropica o naturale) e secondario, derivante cioè da altri inquinanti presenti in atmosfera attraverso reazioni chimiche. Il D. Lgs. 155/10 fissa due valori limite per il PM10: la media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte nell'anno solare e la media annua di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

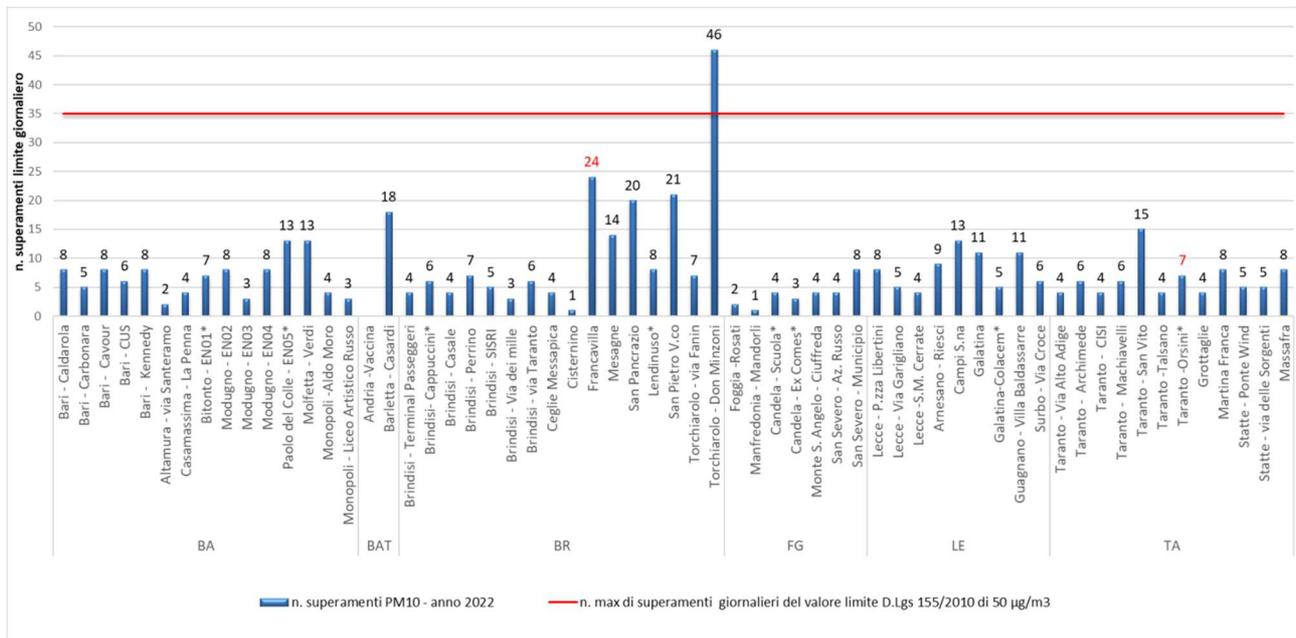
Periodo di mediazione	VALORE LIMITE D. LGS. 155/2010
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

##### 3.1.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022 il limite dei 35 superamenti del valore giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  consentito dal D. Lgs. 155/10 per il PM10 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio, tranne che nella stazione *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR) dove sono stati registrati 46 superamenti<sup>9</sup> (figura 7).

Un ulteriore superamento del limite giornaliero di concentrazione del PM10 è stato registrato nel sito *Andria-Vaccina*. Tuttavia, nel 2022 questo sito è stato interessato dalla contiguità a un cantiere edile di grandi dimensioni e di lunga durata le cui attività hanno sensibilmente alterato le concentrazioni di inquinanti in aria ambiente. Dato che l'all. III, punto 4, co. 2 del D. Lgs. 155/10 prescrive l'assenza di fonti di interferenza nei pressi delle stazioni di monitoraggio, i valori di PM10 e PM2.5 rilevati in questo sito non possono considerarsi conformi alla norma vigente né tantomeno essere utilizzati per la valutazione del rispetto dei limiti normativi e la conseguente adozione di piani di risanamento della qualità dell'aria.

<sup>9</sup> Tale dato include anche il contributo naturale delle avvezioni di polvere desertiche alle concentrazioni misurate. Scorporando tale contributo, come previsto dalla Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE, il numero di superamenti si riduce a 38, valore comunque superiore al massimo consentito.

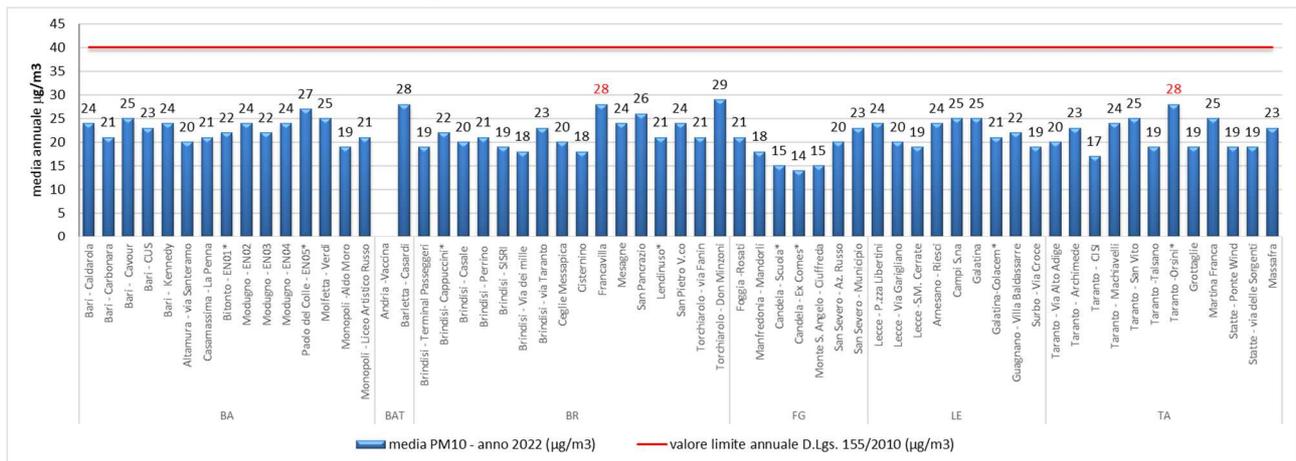


**Figura 7:** numero di superamenti del limite giornaliero per il PM10 – Valori al lordo delle avvezioni di polveri desertiche– anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Il valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2022 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio (Figura 8). La concentrazione più elevata ( $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stata misurata nella stazione *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR). Il valore medio registrato sul territorio regionale è stato di  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in linea con il dato del 2021 in cui la media annuale era stata pari a  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 8:** valori medi annui di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

**SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 3: CONTRIBUTO DELLE AVVEZIONI DI POLVERI SAHARIANE ALLE CONCENTRAZIONI DI PM10**

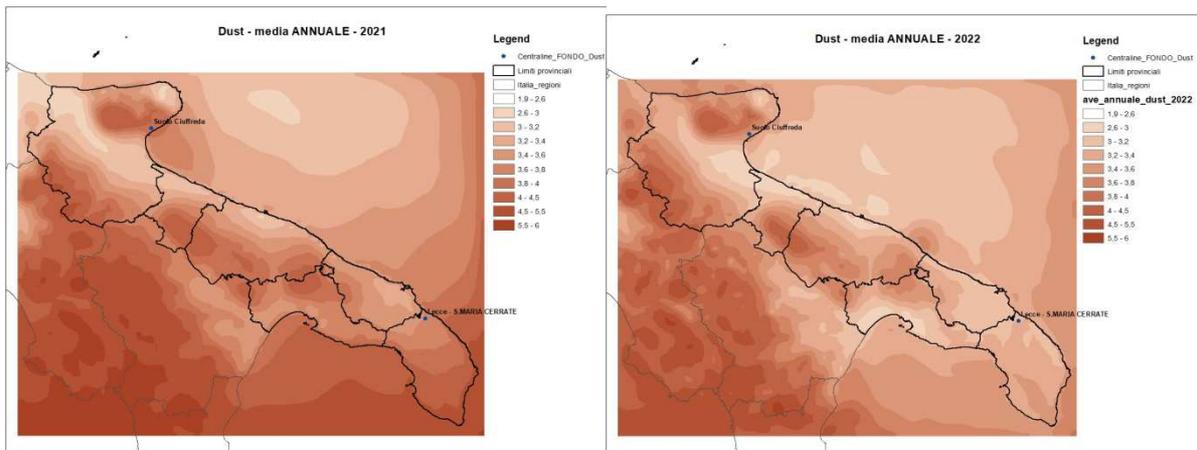
Livia Trizio – Ufficio Qualità dell’aria di Bari – CRA

Francesca Intini – Ufficio Modellistica CRA

Le intrusioni di polvere sahariana nel bacino del Mediterraneo possono provocare un anomalo innalzamento dei valori di concentrazione del PM10 e in alcuni casi contribuire al superamento dei valori limite previsti dalla normativa. È importante quindi identificare questo contributo, che può avere un impatto non trascurabile sul territorio regionale.

Il sistema modellistico per la previsione e la valutazione dello stato dell’aria di Arpa Puglia è in grado di simulare su base oraria l’impatto provocato dalle avvezioni transfrontaliere di polvere desertica. Attraverso infatti l’acquisizione delle condizioni al contorno, fornite dal sistema modellistico Quale Aria, vengono implicitamente acquisite anche le condizioni al contorno del modello globale C-IFS-TM5, prodotto da ECMWF come parte del servizio Copernicus. Le classi granulometriche assegnate al dust sahariano (“bins”) vengono tradotte nelle classi granulometriche/modi di AERO3. I vari modi sono trattati dal modello FARM come traccianti, soggetti però ai meccanismi di deposizione.

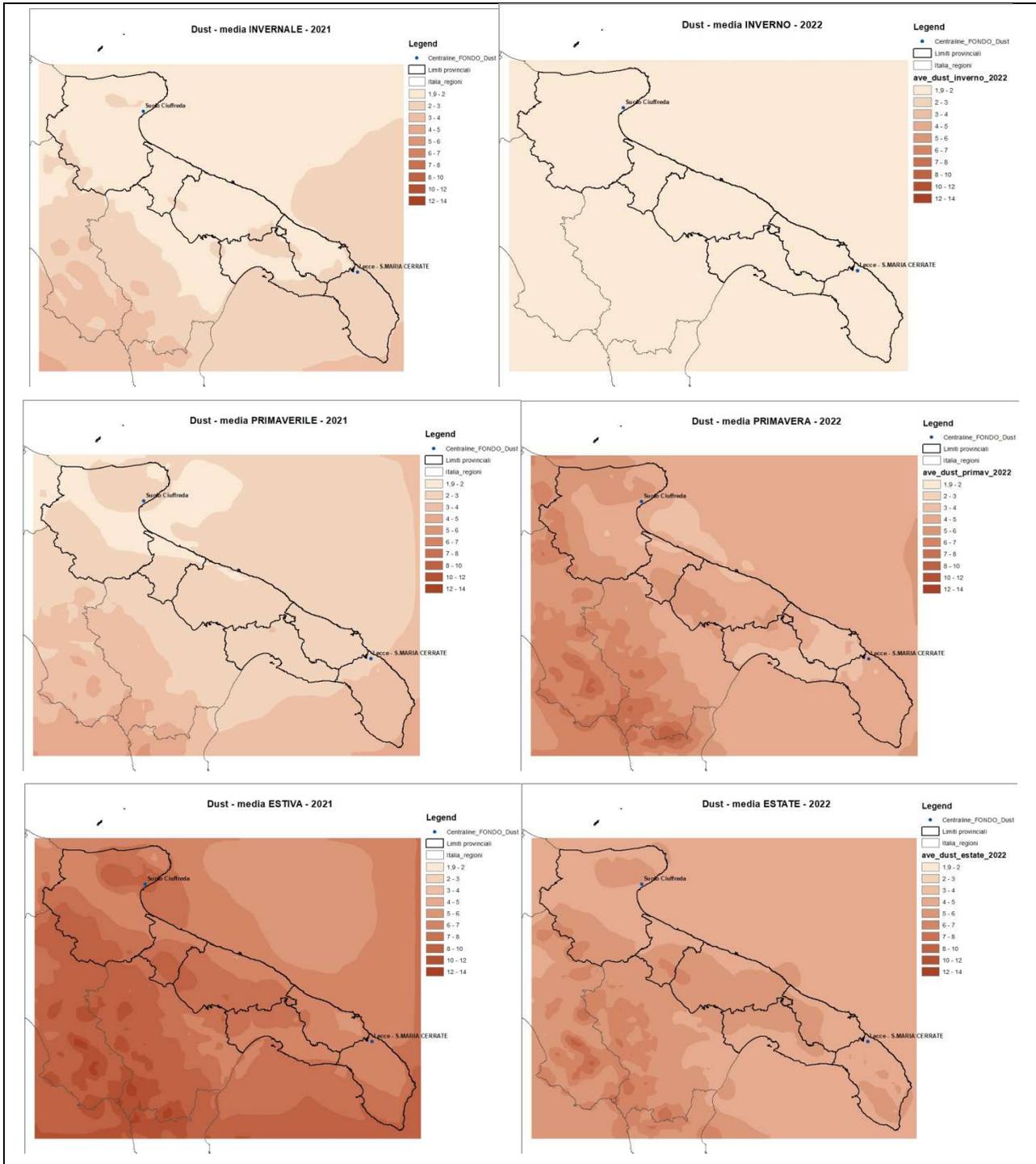
Di seguito si mostrano le mappe della concentrazione media annuale di dust sahariano, ricostruite dal modello FARM per gli anni 2022 e 2021 sul dominio a scala regionale, a una risoluzione spaziale di 4km.

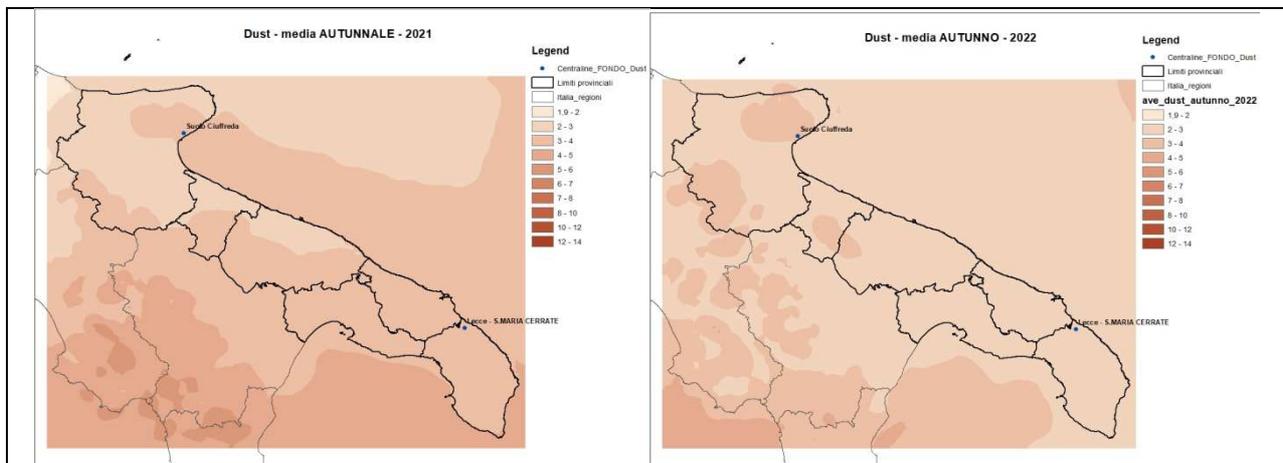


**Mappa della concentrazione media annuale di dust ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Anno 2021 e 2022**

Rispetto all’anno precedente si osserva nel 2022 una riduzione generale dei livelli di concentrazione media di dust, particolarmente marcata nel basso Salento. A livello regionale i valori della concentrazione media di dust risultano compresi tra 2.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel foggiano) e 4.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel sub Appennino Dauno). La distribuzione spaziale della concentrazione media annuale rimane comunque abbastanza simile a quella del 2021 perché comunque condizionata dalla presenza di rilievi collinari e montuosi.

Di seguito si mostrano le mappe medie stagionali di dust relative al 2022.



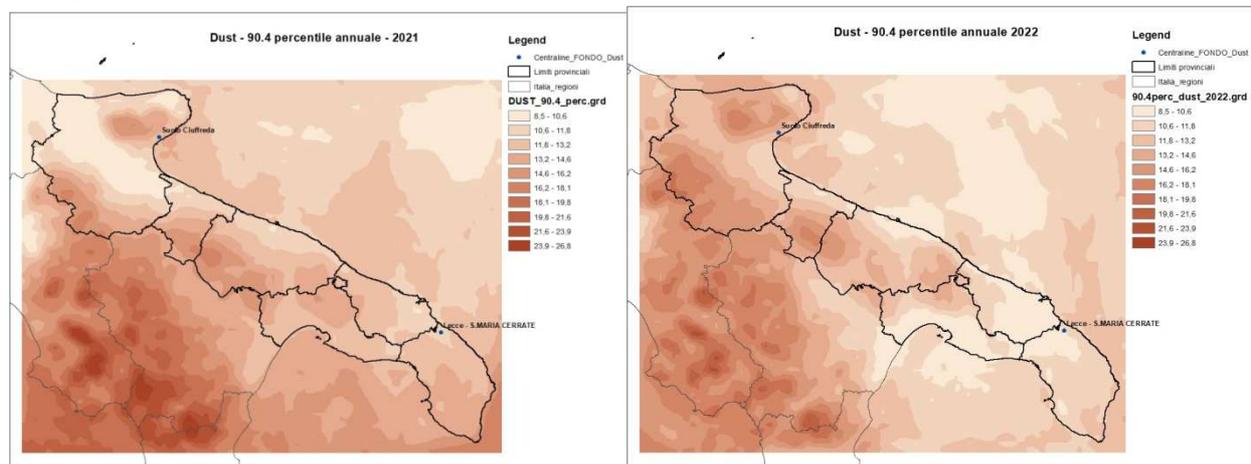


**Mappe medie stagionali di dust ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Anno 2021 e 2022**

Il confronto rispetto all'anno precedente evidenzia come i livelli medi di dust nel 2022 si siano ridotti in tutte le stagioni ad eccezione di quella primaverile.

Le mappe stagionali relative al 2022 indicano, inoltre, come il contributo medio di dust, prodotto dalle avvezioni transfrontaliere, raggiunga mediamente i valori più elevati nel periodo estivo, in analogia al 2021. I valori nel 2022 sono compresi tra  $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sul Tavoliere e  $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sul Sub Appennino Dauno.

La mappa relativa al 90.4 percentile di dust consente di valutare la distribuzione spaziale delle concentrazioni medie giornaliere più elevate<sup>10</sup>. Rispetto al 2021 si rileva un generale aumento dei livelli nel foggiano ed una riduzione nelle province di Brindisi, Lecce e Taranto.



**Mappa del 90.4 percentile della concentrazione media giornaliera di dust ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Anni 2021 e 2022**

Nel 2022 le concentrazioni medie giornaliere di dust più elevate, che si superano più di 35 volte in un anno, risultano comprese tra  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla costa tarantina e  $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sul sub Appennino Dauno.

La Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE permette agli Stati membri di sottrarre il contributo delle fonti naturali dai livelli di  $\text{PM}_{10}$ , prima di confrontare questi ultimi ai limiti di legge.

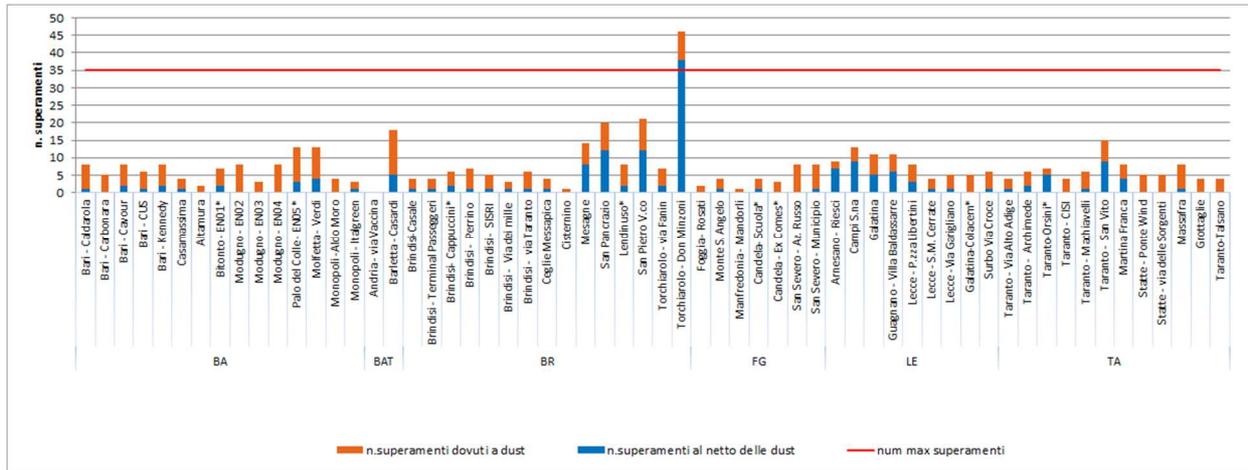
La procedura utilizzata per la sottrazione del contributo dovuto alle avvezioni di polveri desertiche, tratta

<sup>10</sup> Tale mappa fornisce in ogni punto del dominio il 330-esimo valore calcolato disponendo in ordine crescente le concentrazioni medie giornaliere di dust della serie annuale modellata, ovvero il 36-esimo valore più elevato della serie.

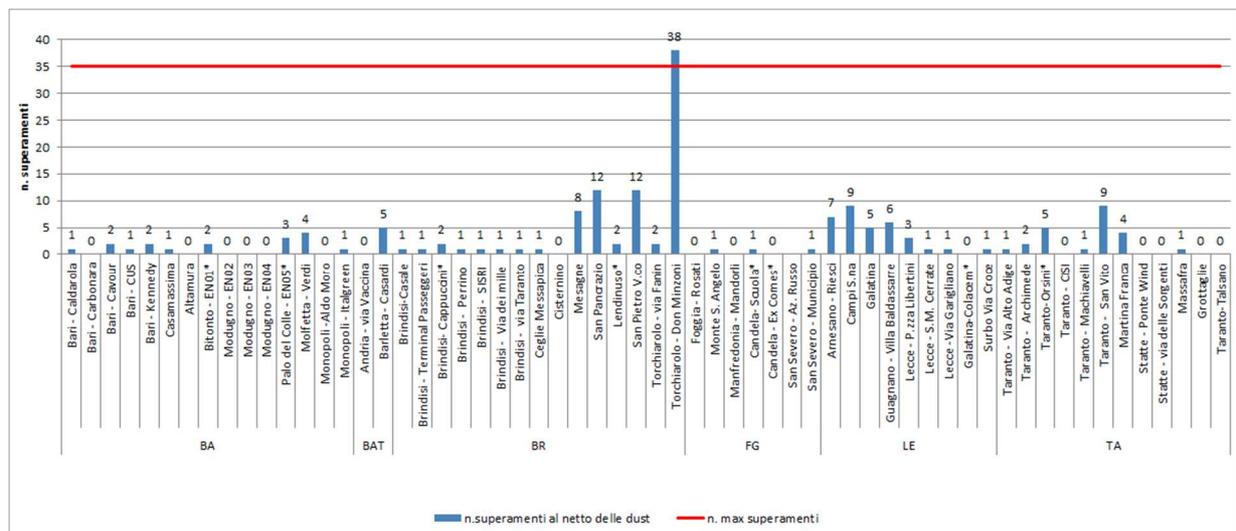
dalle linee guida redatte della Commissione Europea, è la seguente:

- Identificazione degli episodi di avvezioni sahariane.** Il primo passo è la scelta della stazione di fondo regionale che deve essere stata interessata dall'avvezione sahariana nel giorno in cui l'evento si è verificato. In Puglia sono utilizzate due stazioni di fondo: *Monte Sant'Angelo* per l'area nord della regione e *Lecce-Cerrate* per l'area sud.
- Quantificazione del contributo delle avvezioni sahariane.** Il contributo netto di polveri sahariane, o *net african dust*, è calcolato sottraendo dalla concentrazione di PM<sub>10</sub> della stazione di fondo nel giorno dell'evento di avvezione il valore medio di concentrazione dei 15 giorni precedenti e dei 15 successivi.
- Sottrazione del net african dust.** Sottraendo dalla concentrazione misurata in ciascuna cabina il net african dust, si ottiene il valore di concentrazione al netto dell'avvezione di polvere sahariana.

Di seguito, si riportano, il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 ug/m<sup>3</sup> dovuti a contributo antropico e contributo naturale e il numero di superamenti al netto delle dust.



Superamenti del limite giornaliero PM10 con avvezioni di polveri



Superamenti del limite giornaliero PM10 senza avvezioni di polveri

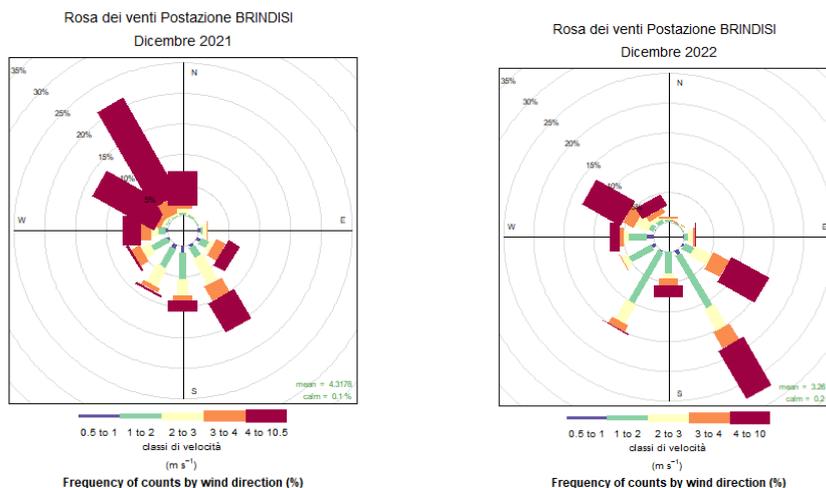
\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

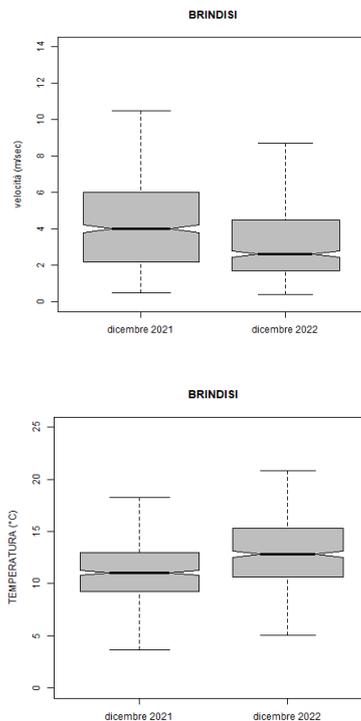
Come già detto, nel sito *Torchiarolo-Don Minzoni* nel 2022 si è quindi verificato il superamento del valore limite giornaliero, essendo stato rilevato un numero di superamenti al netto delle avvezioni transfrontaliere (38), superiore a quello ammesso (35). L'analisi condotta su base annuale e stagionale delle condizioni meteorologiche rilevate dalle stazioni meteorologiche selezionate, i cui esiti sono stati riportati al paragrafo 2, non consente di definire in modo univoco un nesso diretto con i dati di qualità dell'aria. Tuttavia, la valutazione condotta per il mese di dicembre in cui si è verificato il maggior numero di superamenti, pari a 18, nelle stazioni *Francavilla Fontana* e *Torchiarolo-Don Minzoni*, mette in evidenza come le condizioni meteorologiche verificatesi in questo mese possano aver favorito l'innescarsi di episodi di inquinamento in provincia di Brindisi, determinando più frequentemente, nei siti di monitoraggio posti in area urbana, il superamento del valore limite giornaliero del PM10. A tal fine nel box successivo si confrontano le condizioni anemologiche, termiche e pluviometriche riscontrate a dicembre 2022 rispetto a dicembre 2021.

**SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 4: CONFRONTO DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE OSSERVATE IN PROVINCIA DI BRINDISI A DICEMBRE 2022 E A DICEMBRE 2021**

Angela Morabito – Ufficio Modellistica CRA

Nella seconda metà di dicembre in Italia è prevalsa la presenza di un vasto promontorio anticiclonico (promontorio afro-atlantico), esteso dal nord Africa all'Europa centro-orientale, che ha portato masse d'aria piuttosto miti e condizioni di tempo in prevalenza stabile, pressoché senza precipitazioni. A livello locale ciò ha determinato condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo (calme di vento ed inversioni termiche) degli inquinanti nei bassi strati d'aria. Di seguito, si confrontano alcune elaborazioni statistiche allo scopo di evidenziare come le condizioni meteorologiche verificatesi in provincia di Brindisi nel 2022 siano state particolari rispetto all'anno precedente.





Nel mese di dicembre 2022 le condizioni anemologiche sono risultate molto diverse rispetto a quelle dell'anno precedente, sia in termini di direzioni di provenienza dei venti (nel 2022 sono prevalsi venti da SE) che di intensità del vento (con una riduzione significativa della mediana). La temperatura è risultata inoltre significativamente più elevata, ad evidenziare condizioni di insolita stabilità del tempo meteorologico che ha determinato l'innescarsi, specialmente in serata, di frequenti condizioni di inversione termica con accumulo degli inquinanti nei bassi strati d'aria.

Le precipitazioni cumulate relative a dicembre 2022 sono risultate leggermente superiori a quelle verificatesi a dicembre 2021 (rispettivamente 71mm e 46mm). Tuttavia il numero di giorni "piovosi" è risultato a dicembre 2022 leggermente inferiore rispetto a quello verificatosi l'anno precedente.

Nelle figure seguenti sono mostrati per provincia i box plot con la mediana, il minimo, il massimo, il 25° e il 75° percentile delle concentrazioni di PM10 registrati nei siti di monitoraggio.

Nelle province di Bari e BAT le mediane più alte sono registrate nelle stazioni *Modugno - EN04* e *Palo del Colle - EN05\**.

Nella provincia di Brindisi nel sito *Torchiarolo -Don Minzoni* si registra la mediana più alta, mentre valori più bassi si osservano nella stazione *Brindisi-Via dei Mille*. Nella provincia di Foggia i valori più alti si registrano nella stazione *San Severo-Municipio*, quelli più bassi nei siti *Candela-Scuola\** e *Candela- ex Comes\**. Nella provincia di Lecce i valori più alti si verificano nella stazione *Campi Salentina*, sia in termini di mediana che di massimi registrati. Nella provincia di Taranto i valori più alti in termini di mediana si registrano nella stazione industriale *Taranto-Orsini\**, con massimi più alti nella stazione *Taranto-San Vito*.

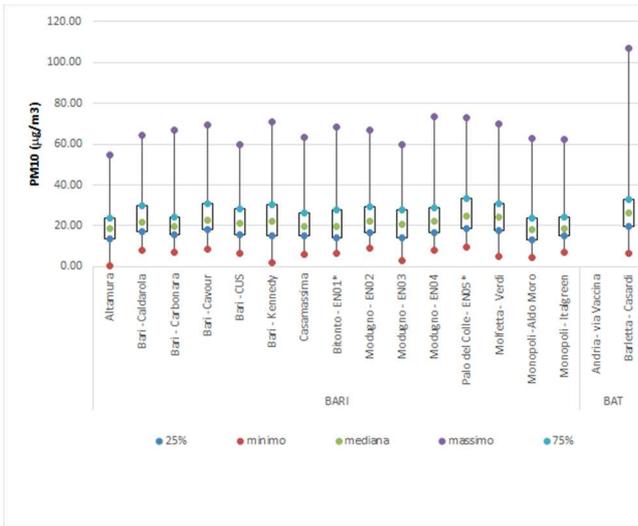


Figura 9: box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) -prov. BA-BAT

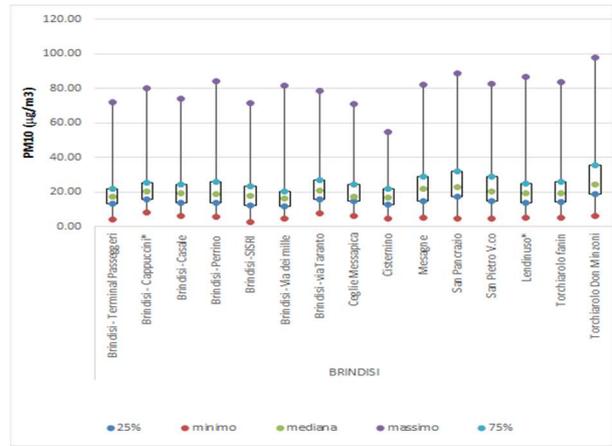


Figura 10: box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. BR

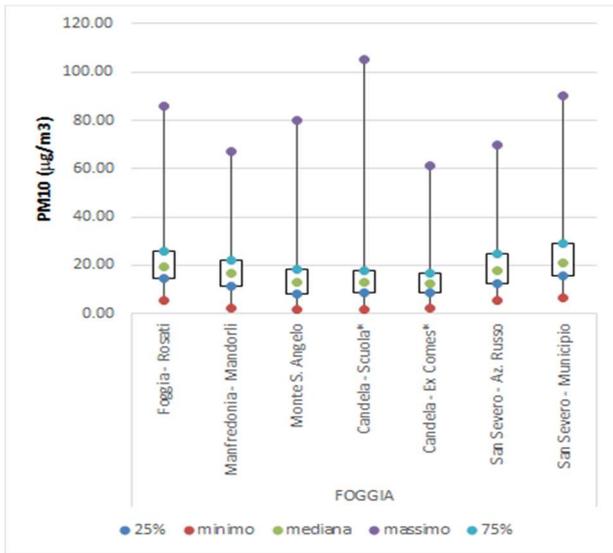


Figura 11: box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. FG

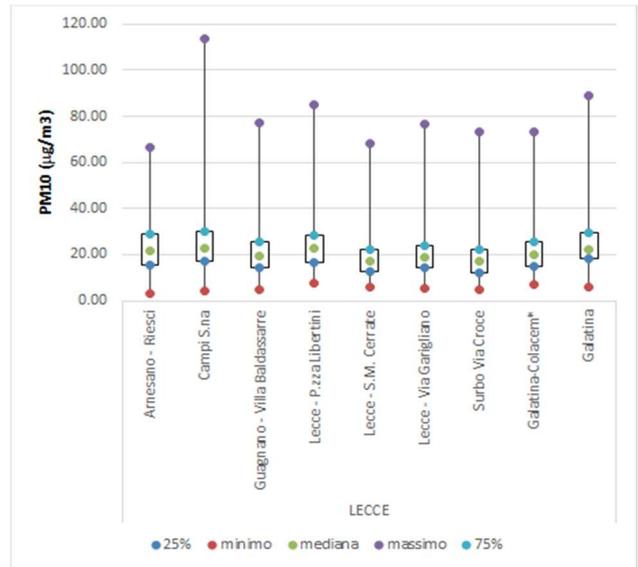


Figura 12: box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. LE

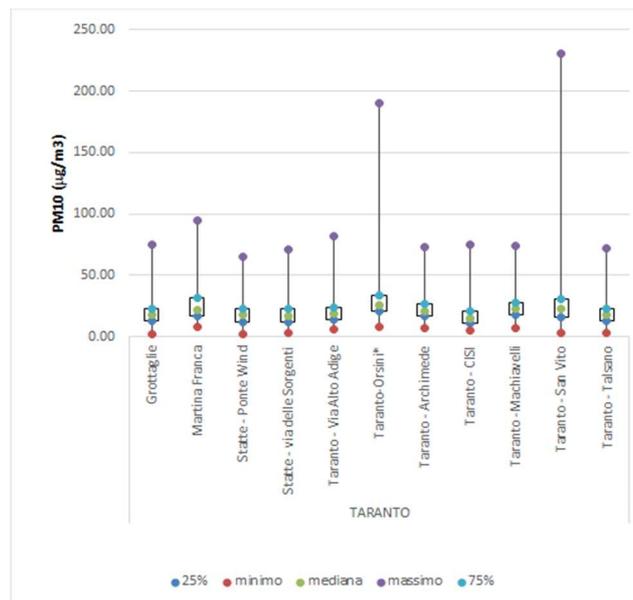
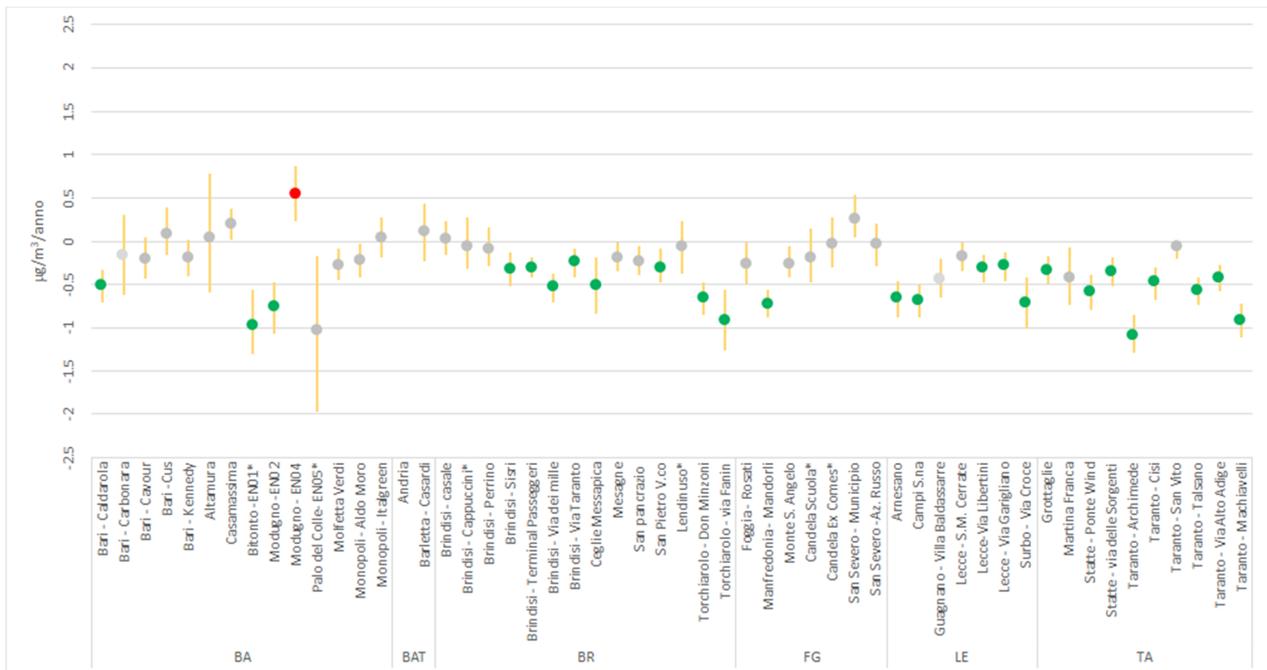


Figura 13: box plot concentrazioni di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – prov. TA

### Trend di concentrazione 2010-2022

L'andamento delle concentrazioni di PM10 è stato valutato con il metodo di Theil-Sen<sup>11</sup> utilizzando il software R. Il risultato viene presentato in forma sintetica nel grafico a barre di figura 14, nella quale i cerchi indicano il trend, il colore esprime la significatività statistica (verde=diminuzione significativa; rosso=aumento significativo; grigio=trend non significativo). La barra gialla identifica l'intervallo di confidenza del 95%.

<sup>11</sup> Il concetto alla base del metodo Theil-Sen è il seguente: date  $n$  coppie di valori  $x$  e  $y$ , viene calcolata la pendenza per ogni coppia di punti. La funzione Theil Sen restituisce la mediana di tutte le pendenze così calcolate. Il vantaggio dello stimatore di Theil-Sen è che tende a produrre intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e nel caso di eteroschedasticità (varianza dell'errore non costante). Inoltre, è un metodo robusto rispetto agli outliers che tiene conto anche del fatto che le serie storiche di dati di qualità dell'aria sono autocorrelate.



**Figura 14:** Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM10, 2010-2022

Si osserva, nel complesso, una situazione caratterizzata da una sostanziale stabilità delle concentrazioni o da una significativa diminuzione delle concentrazioni. Solo la stazione *Modugno-EN04* mostra un trend in aumento significativo da un punto di vista statistico. Quasi tutte le stazioni di monitoraggio della provincia di Taranto mostrano una diminuzione significativa della concentrazione di PM10. La stazione con il calo più marcato è *Taranto-Archimede*, seguita da *Taranto-Machiavelli*.

La figura 15 riporta il confronto, per provincia, delle medie annuali di PM10 registrate dal 2015 al 2022. Il confronto tra più anni mette meglio in evidenza concentrazioni pressoché costanti, con un leggero aumento di concentrazioni nel 2022 rispetto al 2021 in tutte le province ad eccezione di quella foggiana. Per la provincia BAT occorre precisare che per il 2022 è stata presa in considerazione solo la stazione di monitoraggio *Barletta-Casardi*, dato che la stazione *Andria-Vaccina* è stata interessata dalla presenza di un cantiere edile di grandi dimensioni e di lunga durata le cui attività hanno sensibilmente alterato le concentrazioni di inquinanti in aria ambiente in questo sito.

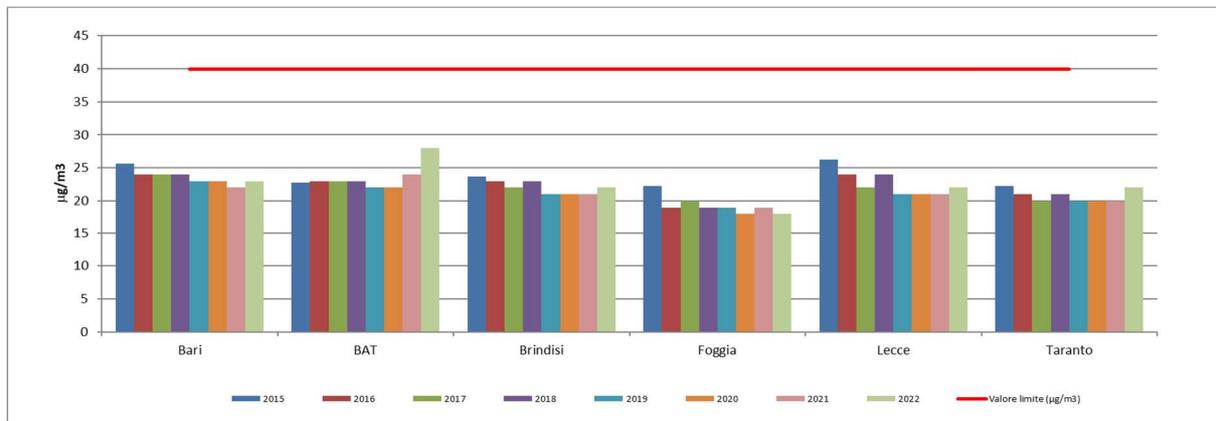


Figura 15: PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – Trend 2015-2022 delle medie annuali per provincia

La figura 16 mostra il confronto tra le concentrazioni del 2022 e quelle dell'anno precedente. Rispetto al 2021 si osserva un trend costante o di incremento in quasi tutte le stazioni.



Figura 16: PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – confronto tra medie annuali 2021 e 2022

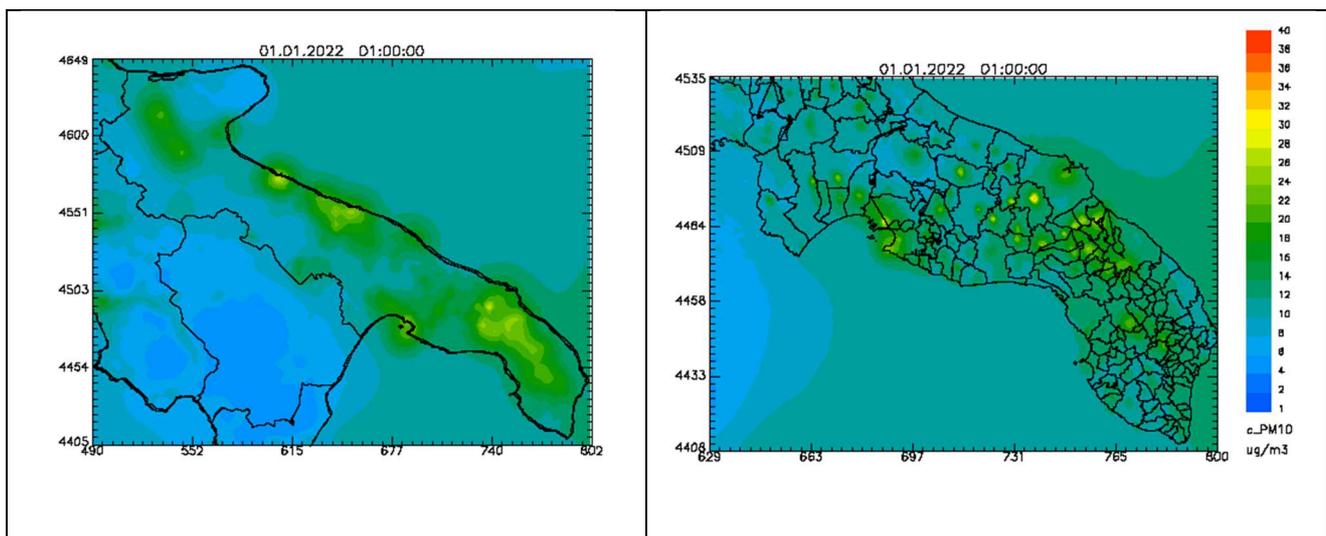
\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

### 3.1.2 Dati modellati

Come già evidenziato precedentemente, la simulazione modellistica per il PM<sub>10</sub> è stata condotta escludendo il contributo del dust di origine transfrontaliera. Inoltre, 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

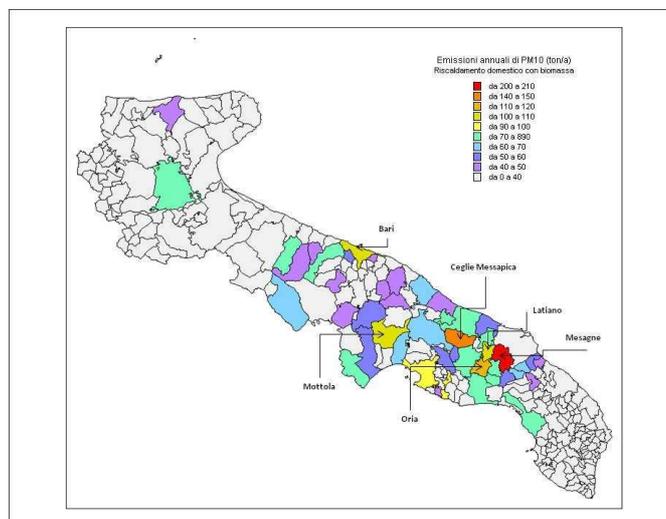
per la valutazione della conformità dello stato della QA per il valore limite giornaliero prescritto per il PM10.

Il modello non stima alcun superamento per il limite annuale di concentrazione né sul dominio regionale a 4km di risoluzione né sul dettaglio ad 1km delle province di Brindisi, Lecce e Taranto. Le concentrazioni medie annuali più elevate sono stimate sul dominio regionale in corrispondenza delle aree urbanizzate di alcuni comuni della Città Metropolitana di Bari (Bari, Palo del Colle, Bitonto e Modugno), di alcuni comuni della provincia di Brindisi e di Lecce, del comune di Taranto e del comune di Foggia. La simulazione a 1km sulle province di Brindisi, Lecce e Taranto consente di apprezzare con miglior dettaglio la distribuzione spaziale e i livelli di concentrazione che, analogamente a quanto evidenziato nelle valutazioni modellistiche dello stato della qualità dell'aria degli anni precedenti, mostrano valori medi più elevati all'interno delle aree urbanizzate di alcuni comuni delle province di Brindisi e Taranto (Mesagne, Latiano, Torchiarolo, Mottola e Castellaneta).



**Figura 17:** Mappe della concentrazione media annuale di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

Come già ampiamente trattato in tali valutazioni (alle cui relazioni, disponibili sul sito <http://www.arpa.puglia.it/web/guest/modellistica>, si rimanda per ulteriori dettagli) la causa di ciò è da attribuirsi alle emissioni locali prodotte dal riscaldamento residenziale a legna, relativamente alle quali si riporta nella figura successiva la mappa di distribuzione delle emissioni per il PM10 su base comunale elaborata a partire dalle stime del database INEMAR 2010 aggiornato al 2013. La mappa in Figura 18 mostra come i comuni per i quali si stimano le emissioni di PM10 più elevate, siano, in ordine decrescente, Mesagne, Ceglie Messapica, Oria e Latiano, appartenenti tutti alla provincia di Brindisi.

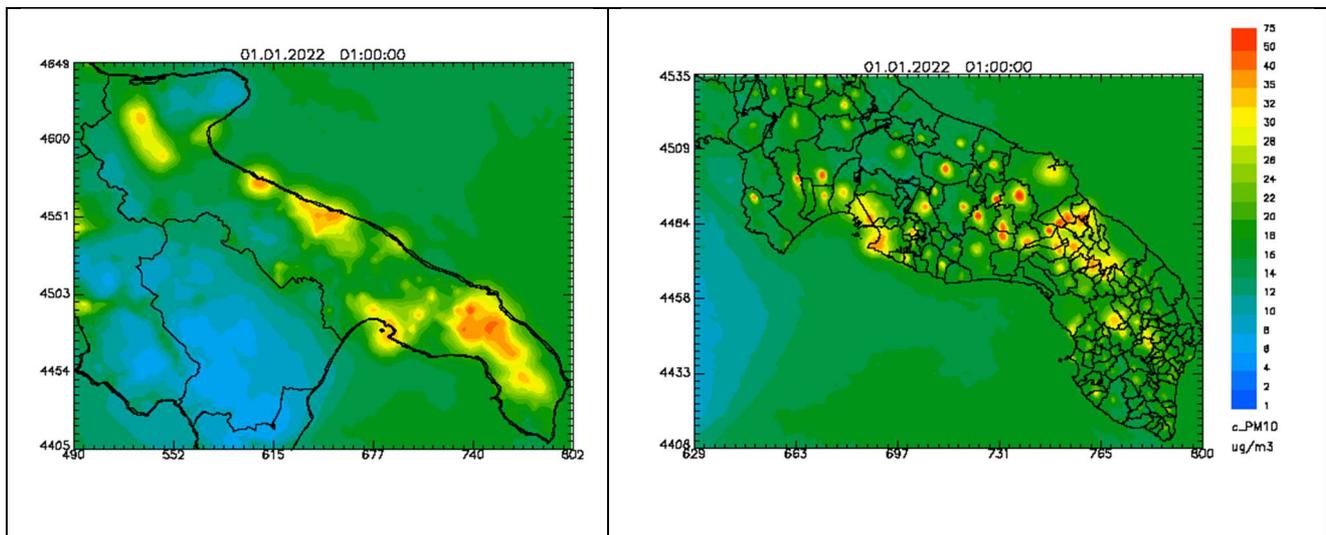


**Figura 18:** Mappa su base comunale delle emissioni annuali di PM10 (tonn/anno) da combustione per riscaldamento domestico con biomassa (Dataset INEMAR 2010 aggiornato al 2013).

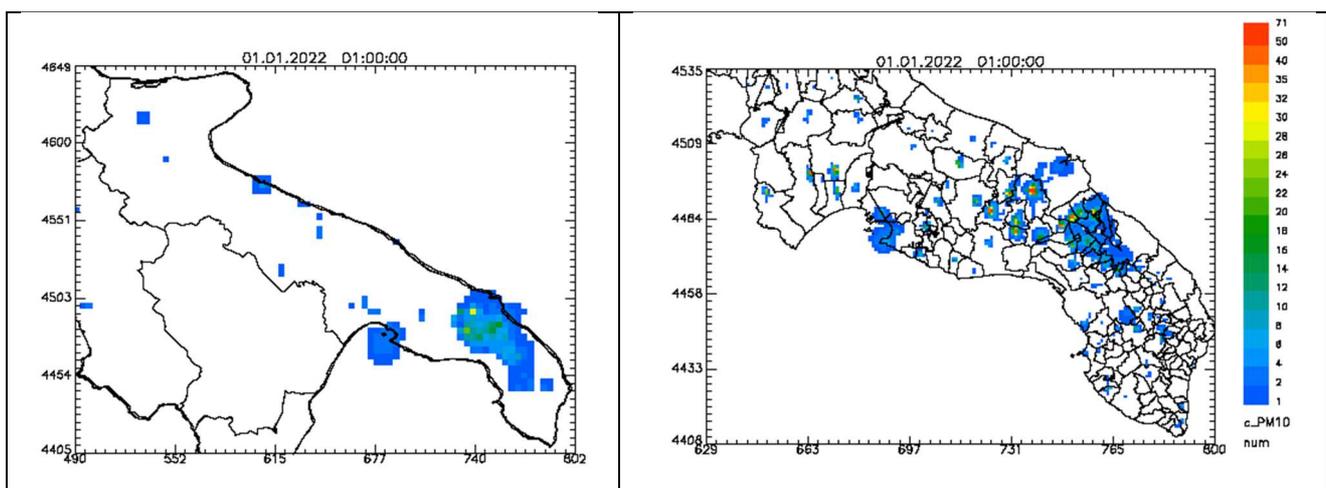
Riguardo al valore limite giornaliero per il PM10, da non superare per più di 35 volte all’anno, la mappa di analisi sul dominio regionale, relativa all’indicatore del 90.4° percentile<sup>12</sup>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 19), non mostra alcuna non conformità sul dominio regionale. Dalla ricostruzione modellistica condotta sulle province di Brindisi, Lecce e Taranto con un miglior dettaglio spaziale emergono invece non conformità in corrispondenza delle aree urbane di alcuni comuni delle province di Taranto, Brindisi e Lecce. Ciò è mostrato anche dalla mappa (Figura 20) che mostra il numero di superamenti del valore limite giornaliero sulle celle del dominio di simulazione.

<sup>12</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



**Figura 19:** Mappe del 90.4° percentile di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere, sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.



**Figura 20:** Mappe del numero annuale di superamenti del valore limite sulla media giornaliera di PM<sub>10</sub> sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

La Tabella 7 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. Ad eccezione del comune di Torchiarolo, per il quale il superamento in area urbana si determina a seguito dell'assimilazione del dato misurato presso la postazione Don Minzoni, per tutti gli altri i superamenti<sup>13</sup> individuati sono stati previsti solo dalle

<sup>13</sup> La rappresentazione grafica della serie temporale delle concentrazioni orarie modellate di PM<sub>10</sub>, estrapolate sull'intero anno in corrispondenza delle aree urbanizzate dei suddetti comuni, mostra un andamento fortemente stagionale, con aumenti significativi nel periodo invernale. La causa dei superamenti è quindi legata alle emissioni prodotte dal riscaldamento residenziale a biomassa legnosa considerato. Le stime emissive dell'inventario INEMAR infatti evidenziano che emissioni delle polveri sottili (PTS, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) in Puglia, analogamente a quanto accade anche in molte altre realtà nazionali, sono originate prevalentemente dalla combustione non industriale (macrosettore 2) di biomasse legnose,

simulazioni modellistiche. In corrispondenza di tali celle non sono presenti postazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria che possano confermare o meno la reale sussistenza del superamento. A riguardo è opportuno ribadire che il D. Lgs 155/2010 non chiarisce se i superamenti dei valori limite rilevati con il solo ausilio delle tecniche modellistiche determinino o meno la necessità di adozione di Piani ex art.9 D. Lgs 155/2010 o se, viceversa, gli stessi debbano essere confermati da rilievi sperimentali prima dell'adozione dei relativi piani di risanamento. È stato, pertanto, rivolto uno specifico quesito alla Regione Puglia, successivamente inoltrato al MITE. Allo stato attuale si è ancora in attesa del riscontro.

Comune	Provincia	Numero superamenti del valore limite giornaliero per il PM10
Mottola	TA	45
Castellaneta	TA	42
Mesagne	BR	71
Latiano	BR	54
Oria	BR	51
Erchie	BR	41
Cellino S.M.	BR	49
Torchiarolo	BR	36
San Donaci	BR	40
Campi Salentina	LE	40

**Tabella 7** - Comuni con numero dei superamenti (ottenuti tramite assimilazione) del valore limite giornaliero per il PM10 superiore a 35

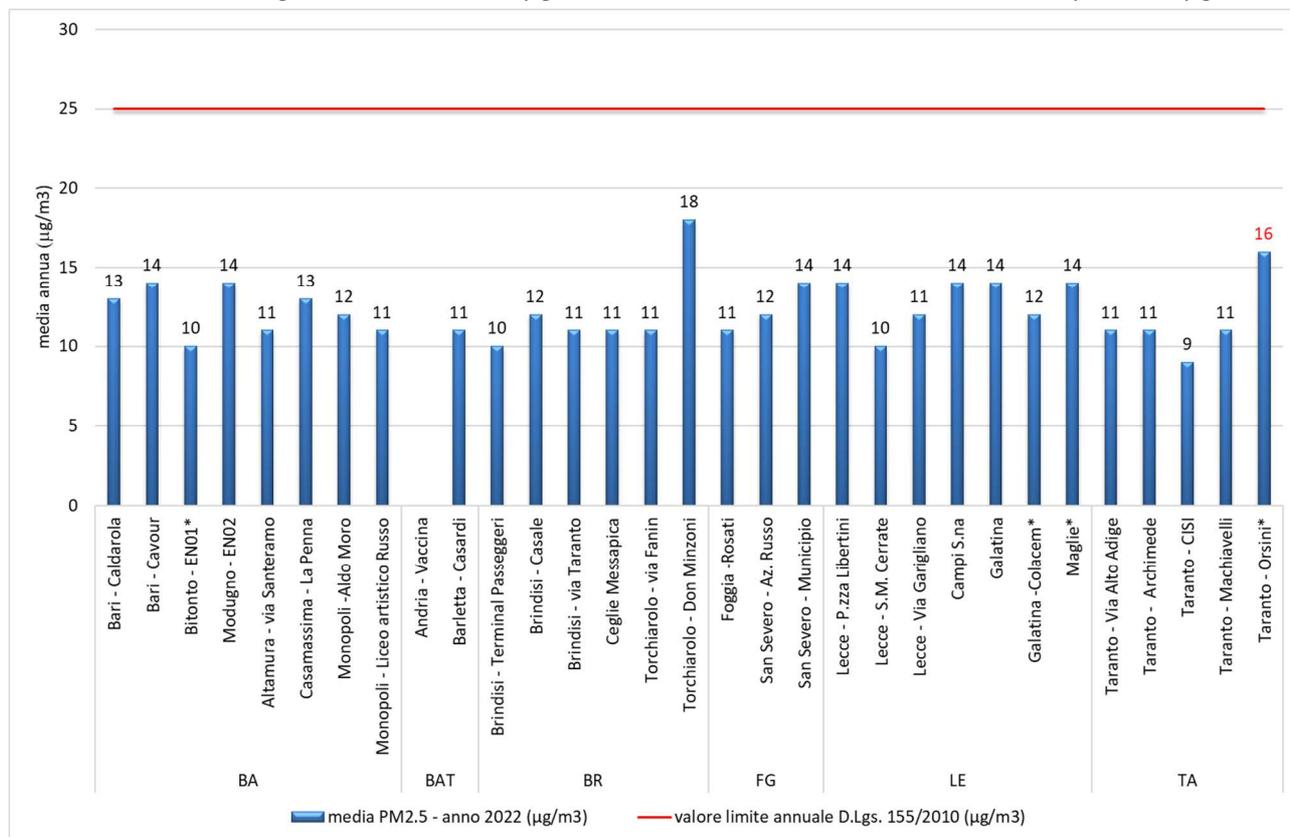
### 3.2 PM2.5

Il PM2.5 è l'insieme di particelle solide e liquide con diametro aerodinamico inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m). Come il PM10, il PM2.5 può avere origine naturale o antropica e può penetrare nell'apparato respiratorio raggiungendone il tratto inferiore (trachea e polmoni). A partire dal 2015 il D. Lgs. 155/10 prevede un valore limite di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Periodo di mediazione	VALORE LIMITE D. Lgs. 155/2010
Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 3.2.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022 il limite annuale di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  indicato dal D. Lgs. 155/10 per il PM2.5 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio (Figura 21). Il valore più elevato (18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato registrato a *Torchiarolo-Don Minzoni*, sito in cui le concentrazioni di PM sono fortemente legate alle emissioni da combustione domestica di biomasse. La media regionale è stata di 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in linea con il dato del 2021 anch'esso pari a 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

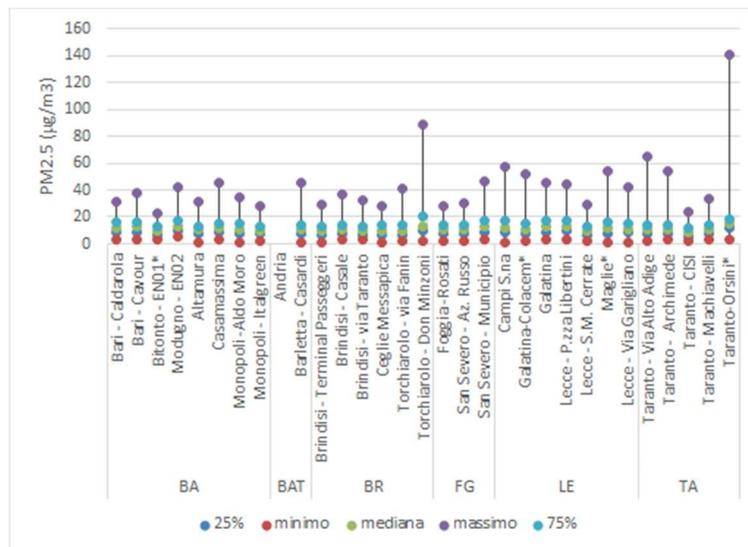


**Figura 21:** Valori medi annui di PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo

La figura 22 mostra il box plot con l'indicazione di mediana, minimo, massimo, 25° e 75° percentile delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> registrate in ogni sito di monitoraggio. I valori mediani sono distribuiti tra 8 e 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Essi sono pertanto distribuiti in maniera sostanzialmente uniforme sul territorio regionale. I picchi di concentrazione più alti sono stati registrati nel sito industriale di *Taranto-Via Orsini\** e a *Torchiarolo – Don Minzoni*.

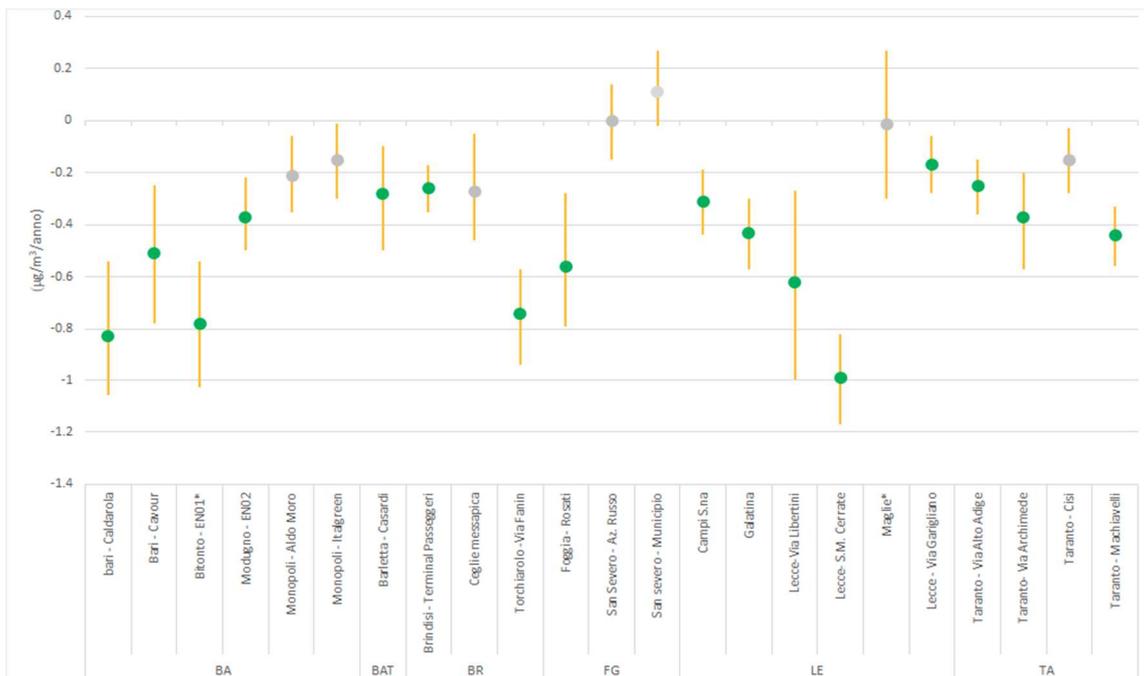


**Figura 22:** Box plot delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### Trend di concentrazione 2010-2022

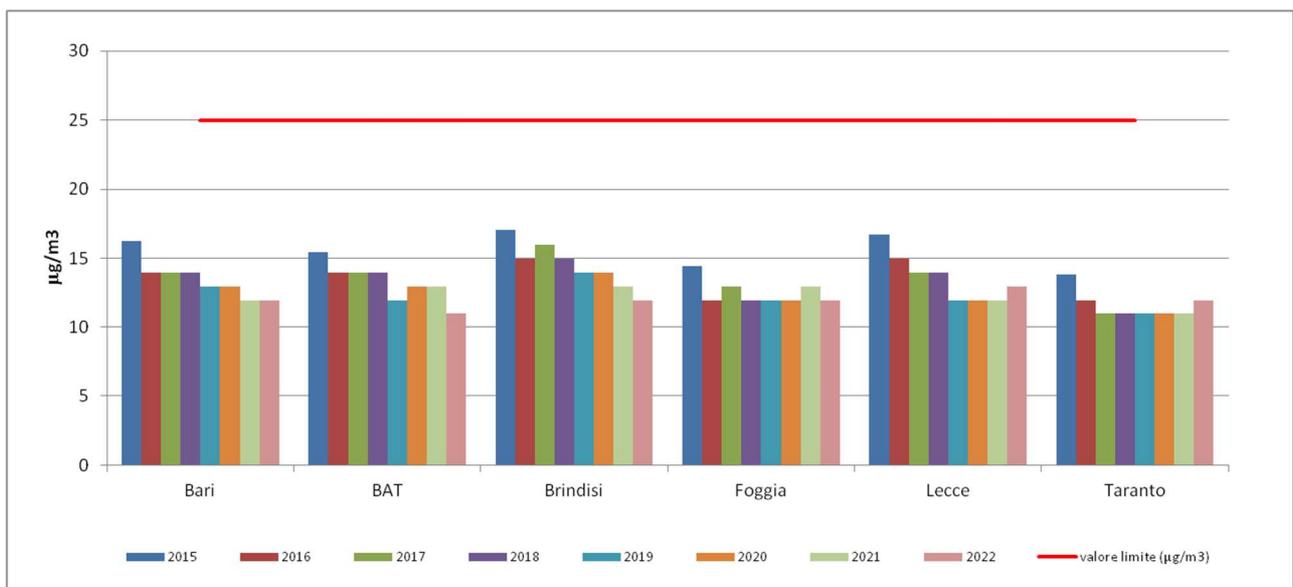
Come per il PM<sub>10</sub>, anche per il PM<sub>2.5</sub> la valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo è stata condotta secondo il metodo di Theil-Sen. Nella figura 23 i cerchi indicano il trend, il colore esprime la significatività statistica (verde=diminuzione significativa; rosso=aumento significativo; grigio=trend non significativo). La barra gialla identifica l'intervallo di confidenza del 95%.

Per il PM<sub>2.5</sub> si osserva un generale miglioramento del trend dal punto di vista statistico per la maggior parte delle stazioni di monitoraggio. La diminuzione statisticamente più rilevante è quella di *Lecce- S.M. Cerrate* ( $-0.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



**Figura 23:** Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM2.5, 2010-2022.

In Figura 24 si confrontano le medie annuali provinciali del periodo 2015-2022. Si osserva un trend di PM2.5 in diminuzione nelle province di Bari, BAT, Brindisi e Lecce e pressoché costante nelle province di Foggia e Taranto.



**Figura 24:** PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – Trend 2015-2022 delle medie annuali per provincia.

La figura 25 mostra invece il confronto tra le concentrazioni di PM2.5 del 2022 e quelle dell'anno

precedente. In tutte le province si osserva un lieve aumento delle medie annuali, ad eccezione di alcuni siti della provincia di BAT, Brindisi e Foggia per le quali si registra una diminuzione.

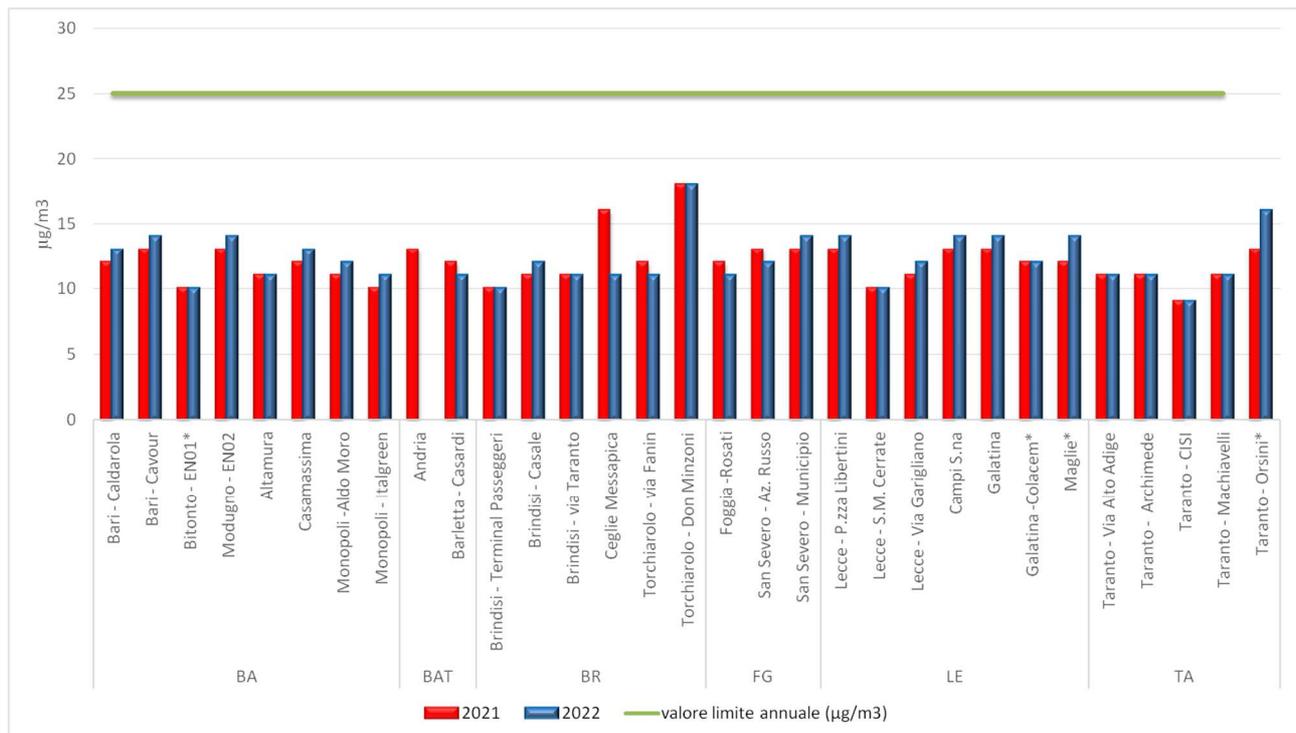


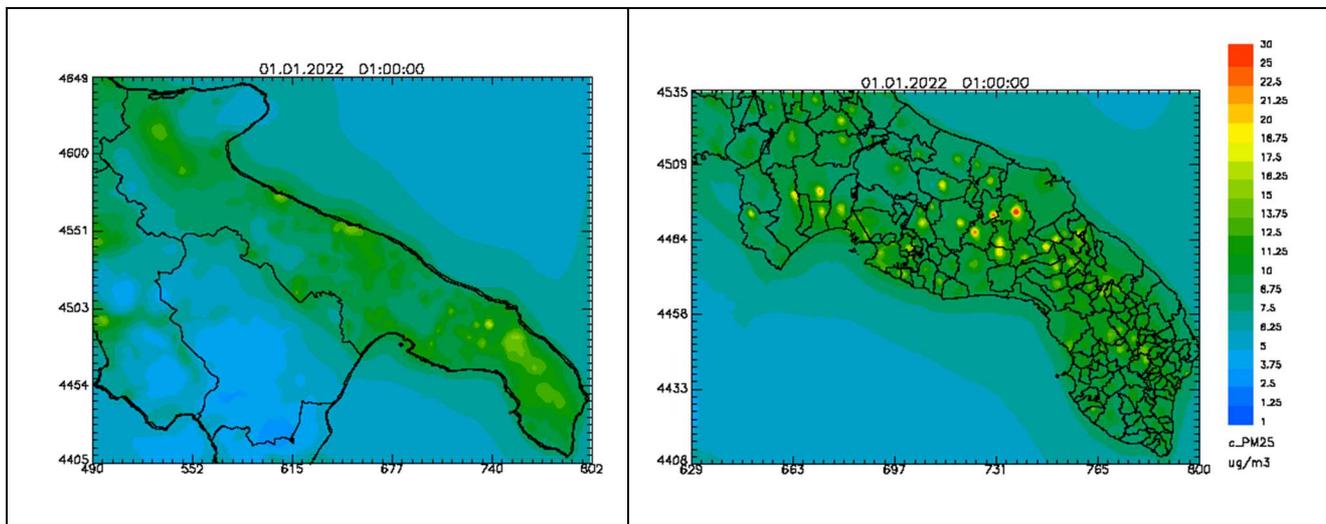
Figura 25: PM2.5 (µg/m³) – confronto tra medie annuali 2021 e 2022.

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

### 3.2.2 Dati modellati

Il sistema modellistico a 1km di risoluzione spaziale prevede il superamento del limite annuale per il PM2.5, nell'area urbana dei comuni di Mesagne, Latiano e Oria, in provincia di Brindisi. I superamenti stimati dal modello si rilevano in celle nelle quali non sono presenti centraline di monitoraggio, che possano confermarne o meno la sussistenza. Anche per tali superamenti<sup>14</sup> vale quanto già detto per il PM10 sulle cause dei superamenti e sulle conseguenze in termini di gestione della qualità dell'aria.

<sup>14</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.



**Figura 26:** Mappe della concentrazione media annuale di PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite assimilazione.

Comune	Provincia	Concentrazione media annua di PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Mesagne	BR	30.2
Latiano	BR	26
Oria	BR	25.6

**Tabella 8** - Comuni sul cui territorio si prevede il superamento del valore limite annuale per il PM2.5

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

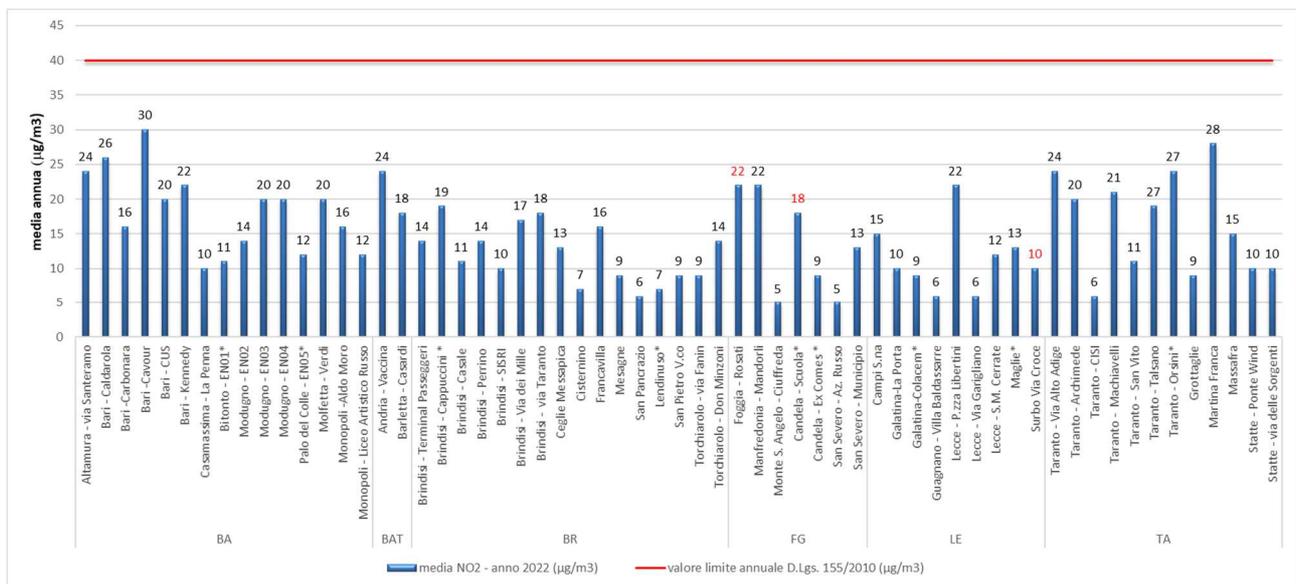
Gli Ossidi di Azoto, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O etc, sono generati nei processi di combustione. Tra tutti, il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>), è il più pericoloso perché costituisce il precursore di una serie di reazioni di tipo fotochimico che portano alla formazione del cosiddetto “smog fotochimico”. In ambito urbano, un contributo rilevante all’inquinamento da NO<sub>2</sub> è dovuto alle emissioni dagli autoveicoli. L’entità di queste emissioni può variare in base sia alle caratteristiche e allo stato del motore del veicolo, che in base alla modalità di utilizzo dello stesso. In generale, l’emissione di Ossidi di Azoto è maggiore quando il motore funziona a elevato numero di giri e cioè in arterie urbane non a scorrimento veloce che impongono continui cambi di velocità.

I limiti previsti dal D. Lgs. 155/2010 per l’NO<sub>2</sub> sono la media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 18 volte nel corso dell’anno e la media annua di 40 µg/m<sup>3</sup>.

PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE D. Lgs. 155/2010
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
Media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte nel corso dell’anno

#### 3.3.1 Dati di qualità dell’aria

Nel 2022 i limiti, annuale e orario, previsti dal D. Lgs. 155/2010 sono stati rispettati in tutti i siti di monitoraggio della RRQA. La media annuale più elevata (30 µg/m<sup>3</sup>) è stata registrata a *Bari- Cavour*, sito da traffico, posto nel centrale quartiere murattiano della città e fortemente influenzato dalle emissioni autoveicolari. Il valore medio registrato sul territorio regionale è stato di 14 µg/m<sup>3</sup>, in linea con il dato del 2021.



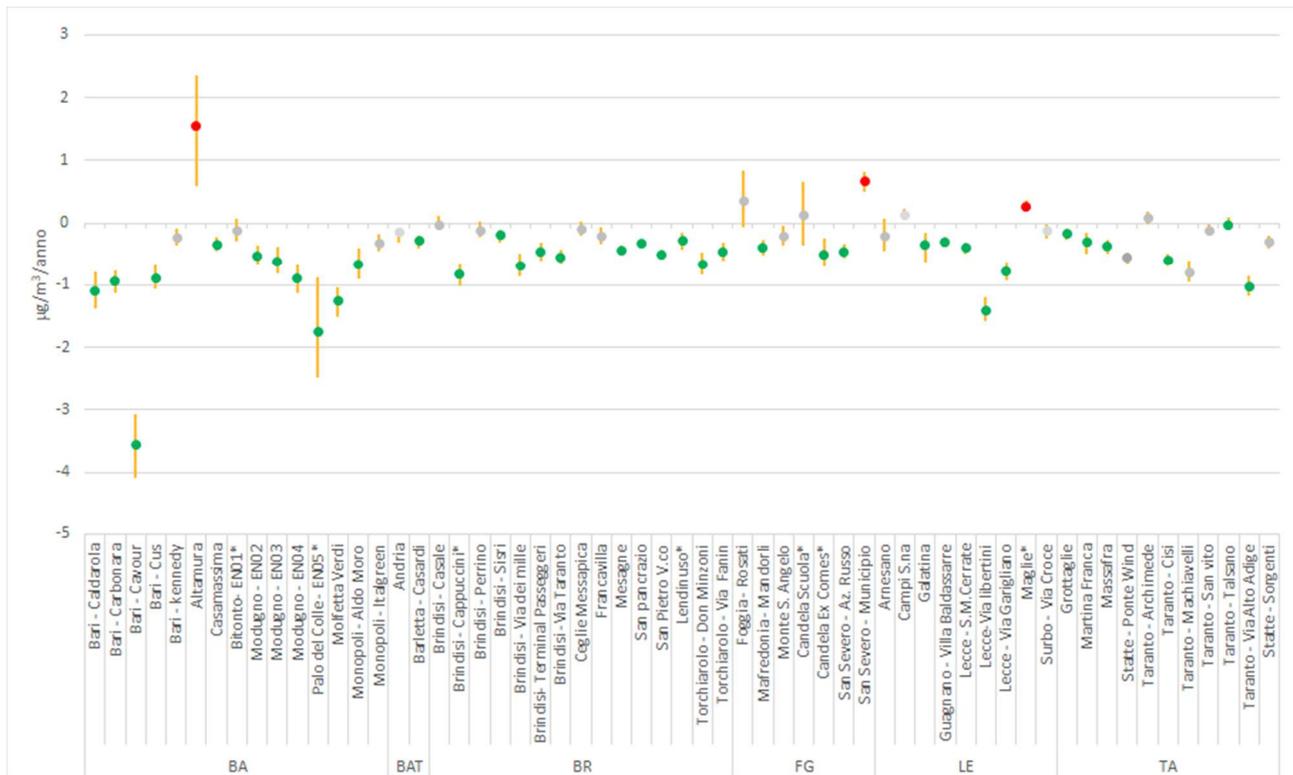
**Figura 27:** Valori medi annui di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

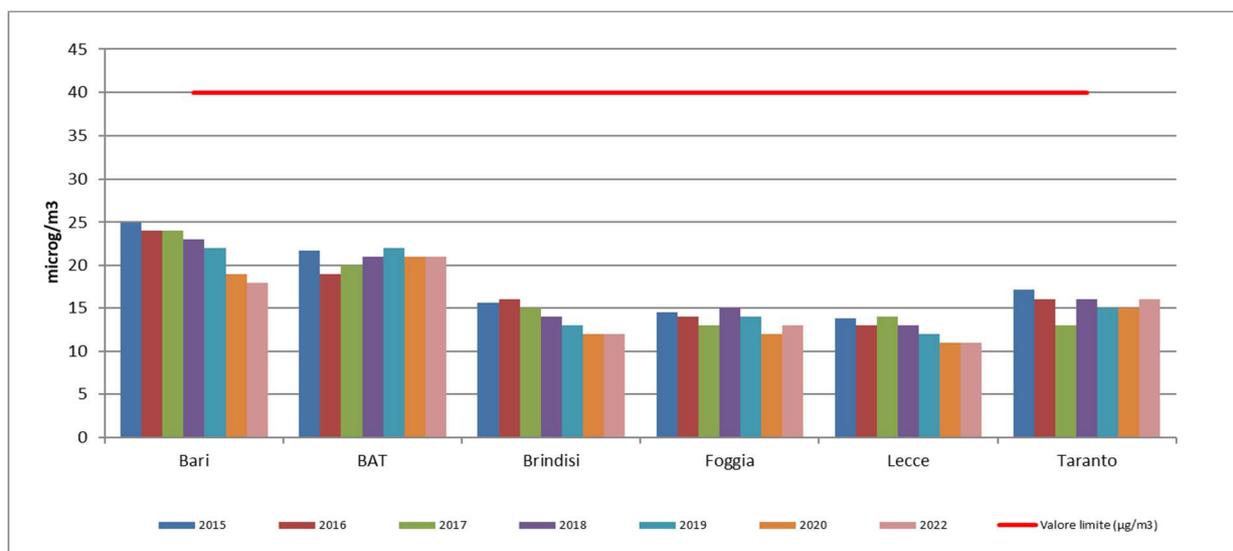
### Trend di concentrazione 2010-2022

La valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo, condotto secondo il metodo di Theil-Sen, mostra una generale tendenza alla diminuzione. La diminuzione più rilevante (-3.55 µg/m<sup>3</sup>) si è avuta nel sito *Bari-Cavour*. Gli unici incrementi statisticamente significativi si hanno nelle stazioni di *Altamura*, *S. Severo – Municipio e Maglie\**.



**Figura 28:** Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di NO<sub>2</sub>, nel periodo 2010-2022.

Il trend 2015-2022 delle concentrazioni annuali di NO<sub>2</sub> suddivise per provincia, riportato in figura 29, mostra un generalizzato calo nel tempo. Questo andamento è apprezzabile soprattutto nelle province di Bari e Brindisi.



**Figura 29:** NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – Trend 2015-2022 delle medie annuali per provincia.

Dal confronto delle medie annuali di NO<sub>2</sub> del 2022 con quelle del 2021 riportato in figura 30 si osservano medie annuali stabili o in lieve aumento in tutte le province tranne che nella Città Metropolitana di Bari.

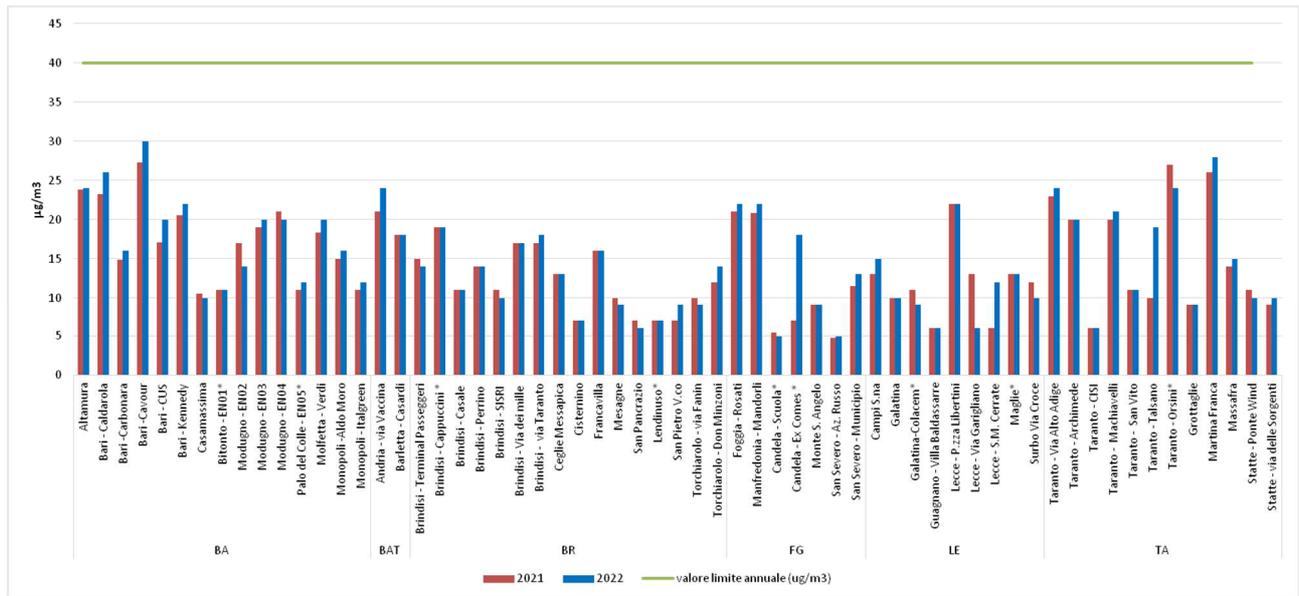


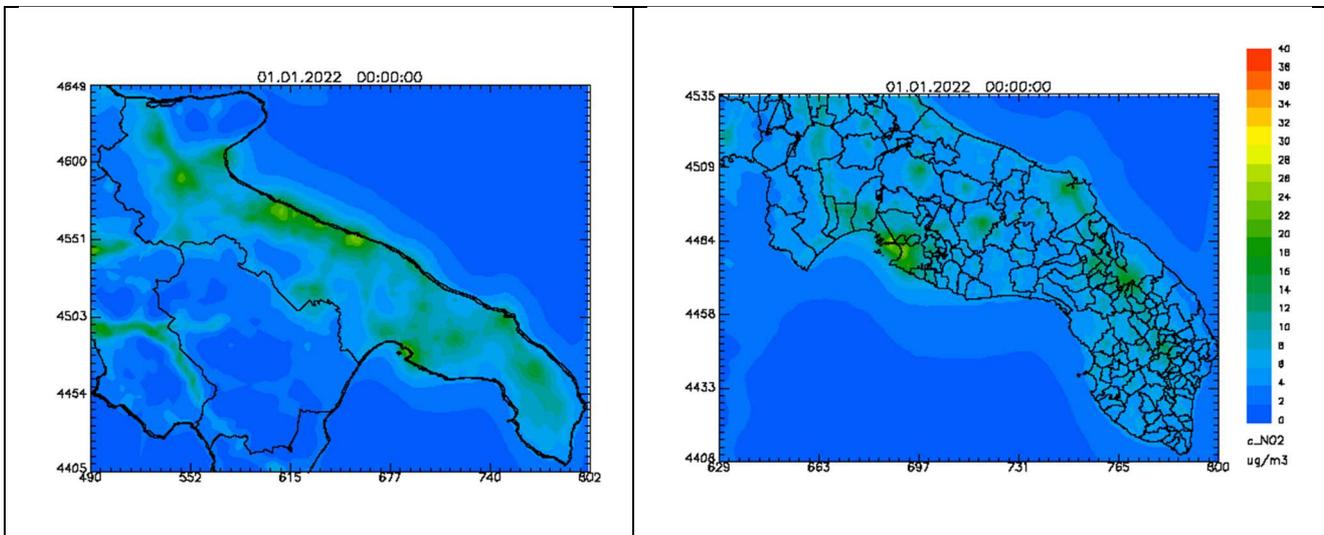
Figura 30: NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – confronto tra medie annuali 2021 e 2022.

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

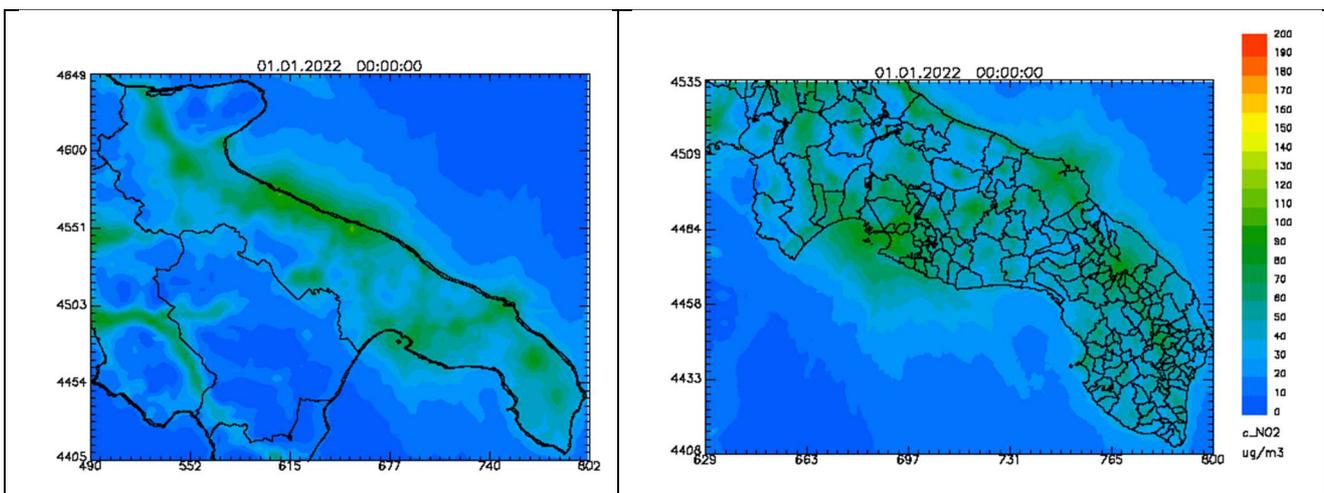
### 3.3.2 Dati modellati

Il sistema modellistico non prevede superamenti dei valori limite prescritti per l'NO<sub>2</sub> né sulla griglia regionale né su quella a scala urbana. Ciò è in accordo con quanto osservato per il 2022 dalle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria.

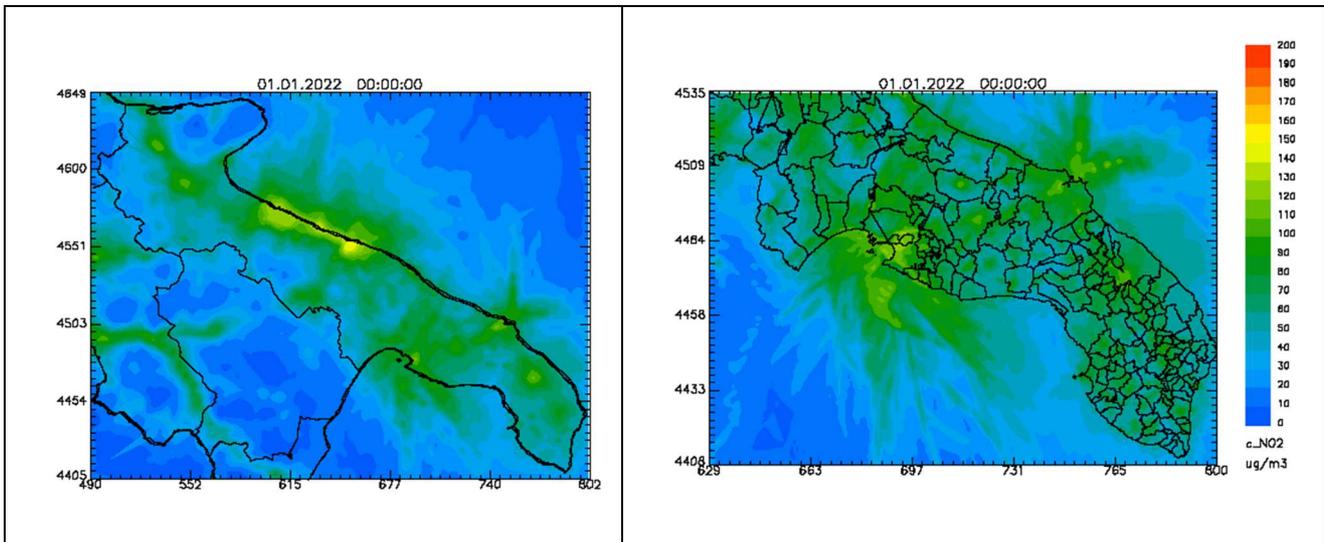
Le mappe presentate evidenziano come le concentrazioni di NO<sub>2</sub> più elevate si verificano in corrispondenza delle aree industriali ed urbane; inoltre emergono chiaramente anche le aree portuali e le strade caratterizzate da importanti volumi di traffico.



**Figura 31:** Mappe della concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.



**Figura 32:** Mappe del 99.8° percentile di NO<sub>2</sub>, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie, sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.



**Figura 33:** Mappe della concentrazione massima oraria di NO<sub>2</sub> sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

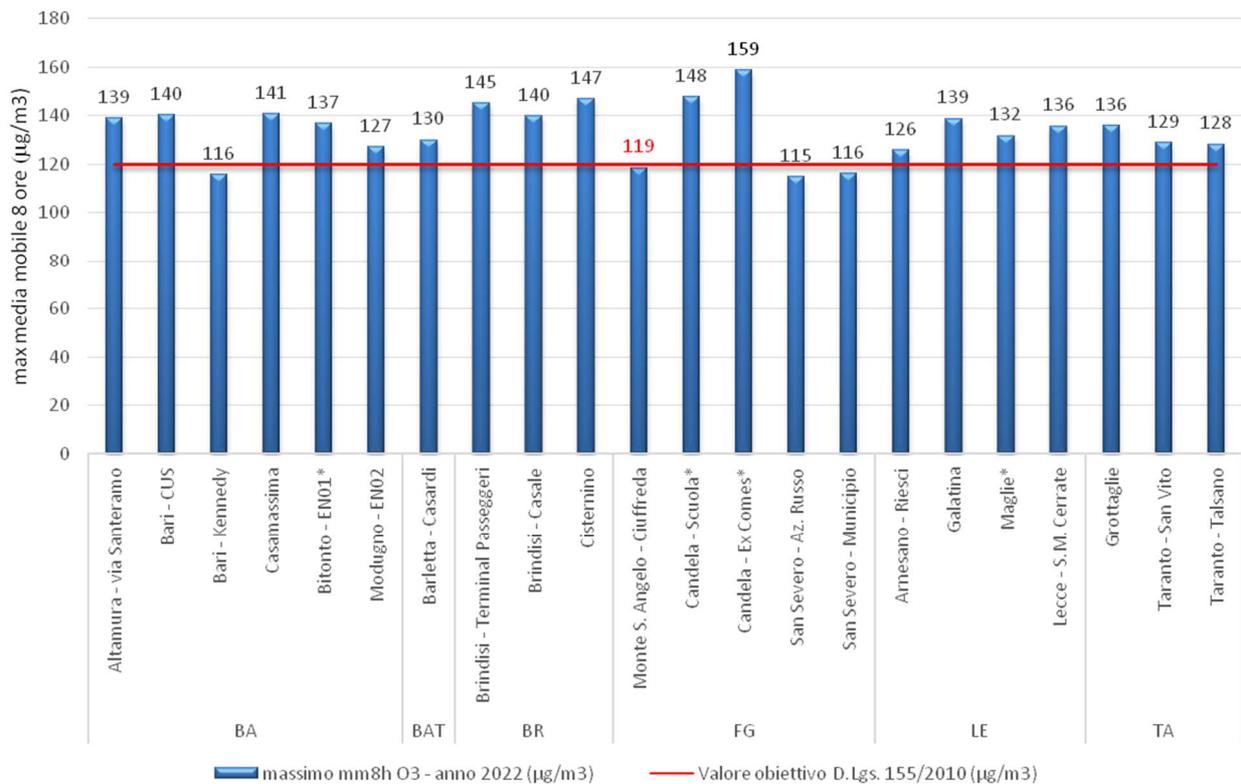
### 3.4 OZONO (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante secondario che si forma in atmosfera attraverso reazioni fotochimiche tra altre sostanze (tra cui gli ossidi di azoto e i composti organici volatili). Poiché il processo di formazione dell'ozono è catalizzato dalla radiazione solare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle aree soggette a forte irraggiamento e nei mesi più caldi dell'anno. 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>
Protezione della vegetazione	Valore obiettivo	AOT40 (calcolato sulla base dei dati di 1 ora)	18.000 µg/m <sup>3</sup> * h come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine	AOT40 (calcolato sulla base dei dati di 1 ora)	6000 µg/m <sup>3</sup> * h

#### 3.4.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022 l'obiettivo a lungo termine per l'ozono è stato superato in tutti i siti di monitoraggio (figura 34), tranne che nei siti *Bari-Kennedy*, *Monte S. Angelo-Ciuffreda*, *San Severo-Az. Russo* e *San Severo-Municipio*. Il valore più elevato (159 µg/m<sup>3</sup>) si è registrato a *Cisternino* per la RRQA e a *Candela -ex Comes\** (159 µg/m<sup>3</sup>) per le stazioni di interesse locale.

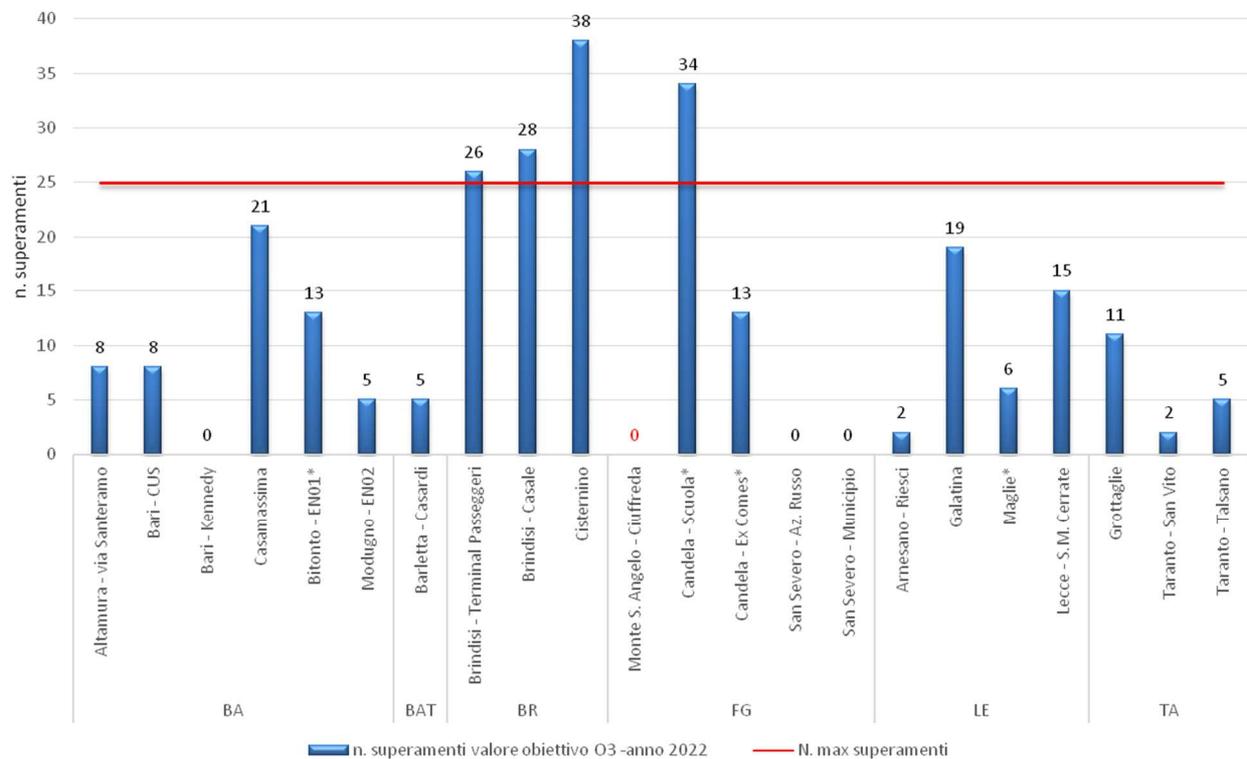


**Figura 34:** Massimo della media mobile sulle 8 ore per l'O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)- anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Il valore obiettivo (25 superamenti annuali della concentrazione di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile delle 8 ore) non è stato rispettato nei siti di *Cisternino* (38 superamenti), *Brindisi-Terminal Passeggeri* (26 superamenti) e *Brindisi-Casale* (28 superamenti) per la RRQA. Per le stazioni di interesse locale si segnalano i 34 superamenti presso la stazione di *Candela – Scuola\**.



**Figura 35:** Numero di superamenti del valore obiettivo sulla media mobile delle 8 ore per l'O<sub>3</sub> – anno 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Nelle stazioni di monitoraggio rurali di fondo, al fine di valutare la protezione della vegetazione dalla esposizione, viene calcolato l'AOT40 (Accumulation Over Threshold of 40 ppb)<sup>15</sup> il cui obiettivo a lungo termine è fissato a 6000 µg/m<sup>3</sup>\*h e il valore obiettivo come media su 5 anni è fissato a 18000 µg/m<sup>3</sup>\*h.

L'obiettivo a lungo termine è stato abbondantemente superato in tutti i siti di monitoraggio mentre il valore obiettivo è stato superato nelle stazioni *San Severo-Municipio* e *Cisternino* analogamente a quanto già accaduto nel 2021.

<sup>15</sup> Questo indicatore, calcolato sommando le differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup> misurate tra le ore 8:00 e le ore 20:00 dei mesi da maggio a luglio, viene utilizzato per valutare il raggiungimento degli obiettivi di protezione della vegetazione.

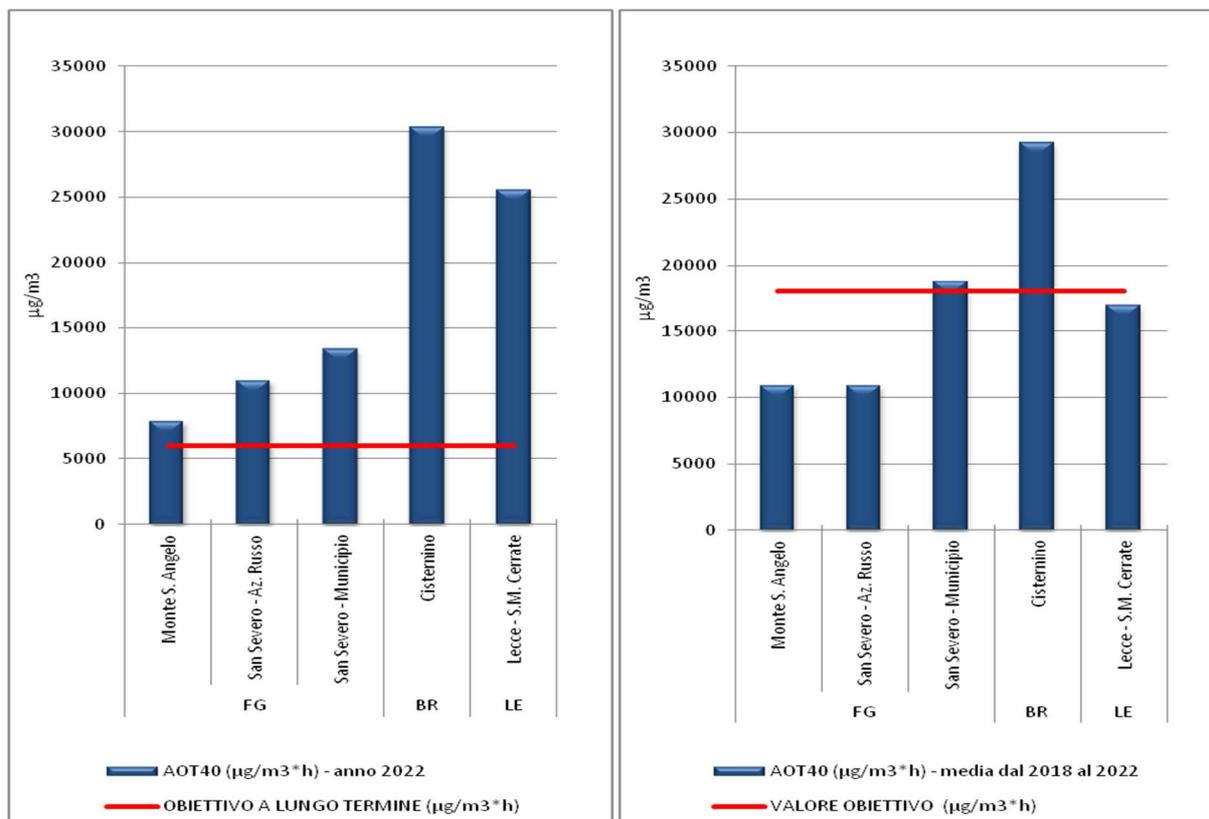


Figura 36: AOT40- anno 2022 (a sinistra) e AOT40 - media degli anni 2018-2022 (a destra).

### 3.4.2 Dati modellati

Il sistema modellistico prevede il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte del territorio regionale.

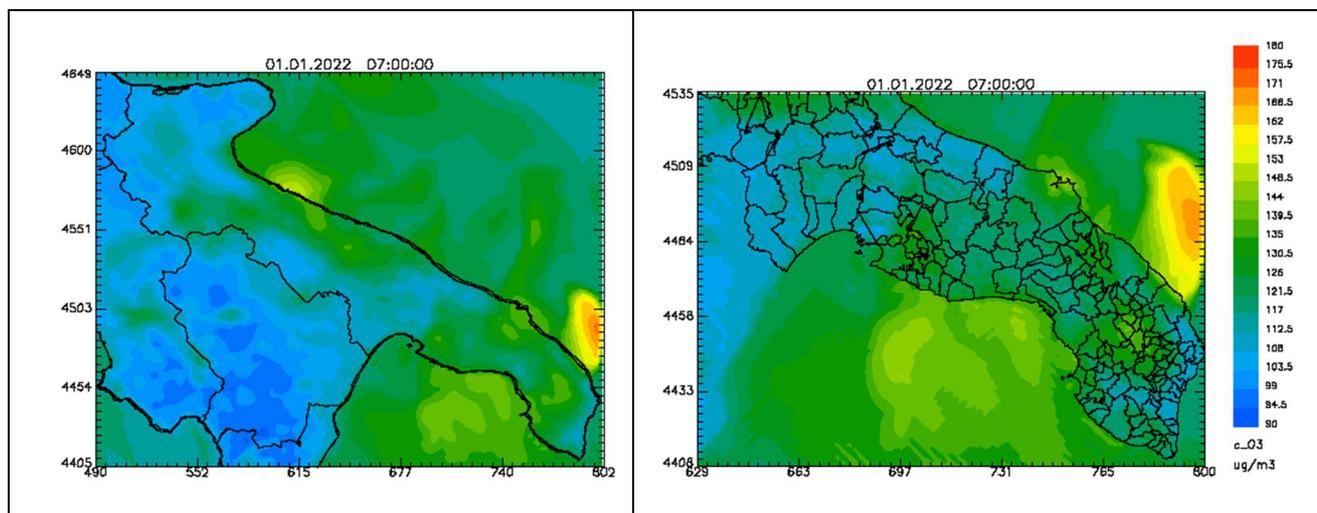
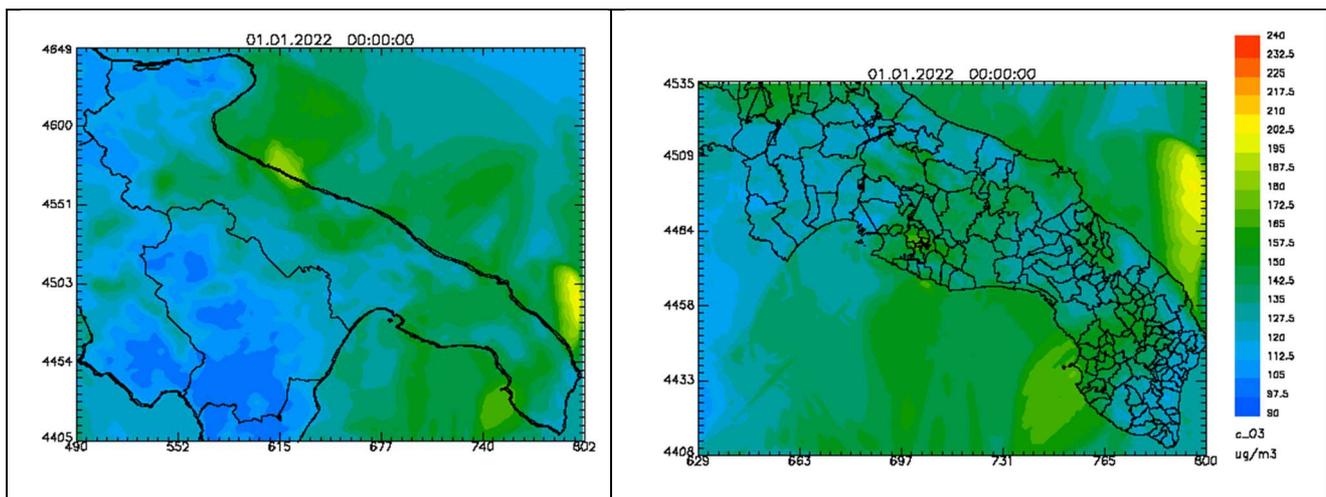


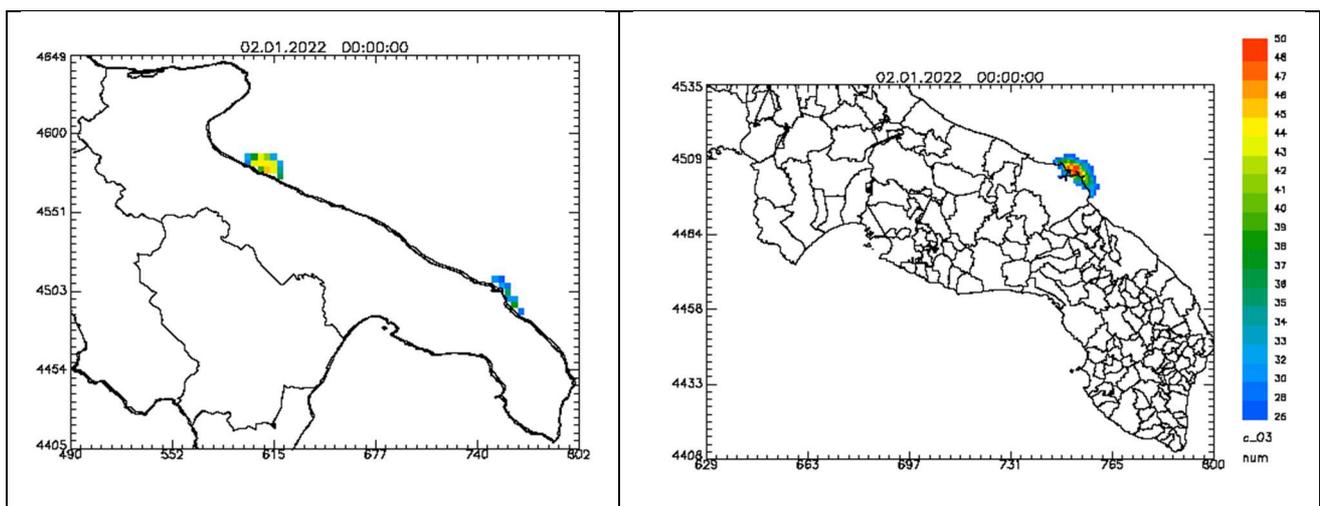
Figura 37: Mappe della concentrazione media mobile massima su 8 ore di O<sub>3</sub> sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

Sul dominio regionale il sistema modellistico prevede il superamento della soglia di informazione prescritta per l'ozono lungo la costa del nord barese. Sul dominio a scala urbana, invece, non si rileva alcun superamento.



**Figura 38:** Mappe della massima concentrazione oraria di O<sub>3</sub> sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

Analogamente a quanto indicato dalle misure fornite dalle stazioni di monitoraggio, la mappa di analisi mostra un numero di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute superiore a 25 sul dominio regionale, in corrispondenza dell'area del nord barese, e sul dominio a scala urbana, lungo la costa brindisina.



**Figura 39:** Mappe del numero annuale di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana per O<sub>3</sub>, sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

### 3.5 BENZENE

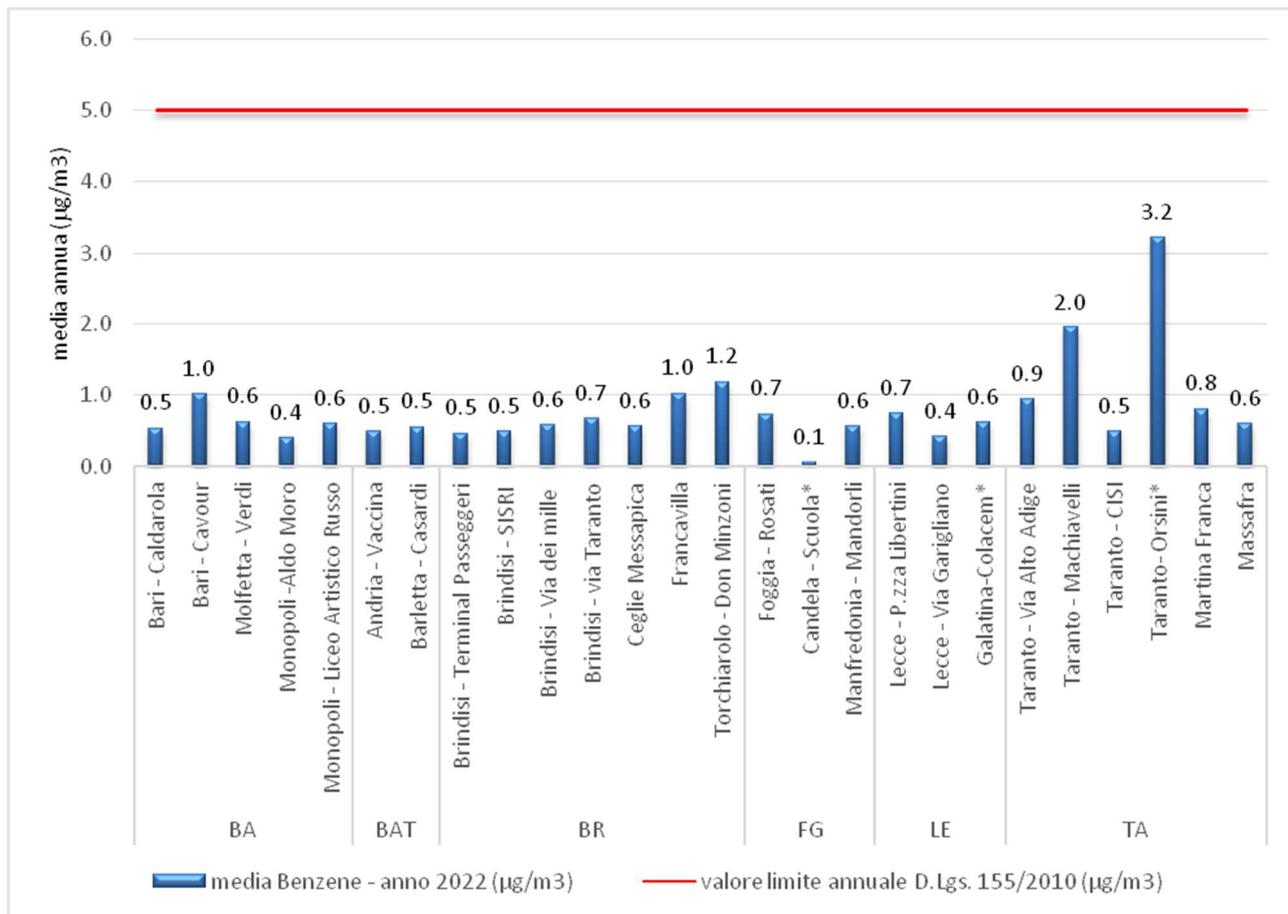
Il benzene presente in atmosfera è originato dall'attività umana e in particolare dall'uso di petrolio, oli minerali e loro derivati. Una sorgente industriale riconosciuta di benzene è il processo di produzione di carbon coke all'interno degli stabilimenti siderurgici a ciclo integrato. In area urbana, la principale sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni dovute al traffico-auto veicolare e al riscaldamento residenziale a biomassa legnosa. Esso, infatti, è presente nelle benzine e, come tale, viene prodotto durante la combustione. La normativa italiana in vigore prevede che il tenore massimo sia pari all'1%.

Il benzene è una sostanza dall'accertato potere cancerogeno. Lo IARC lo classifica infatti come "sostanza cancerogena per gli esseri umani" (gruppo 1). 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	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 3.5.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022, le concentrazioni di benzene non hanno superato il valore limite annuale in nessun sito della RRQA (Figura 40). Il valore più elevato ( $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato registrato a *Taranto-Machiavelli* per la RRQA e a *Taranto- Orsini\** ( $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per le stazioni di interesse locale. Entrambe le stazioni sono classificate come "industriali" e si trovano nel quartiere Tamburi, in prossimità del polo siderurgico della città. La media delle concentrazioni registrate sul territorio regionale è stata di  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore in linea a quello registrato nel 2021.

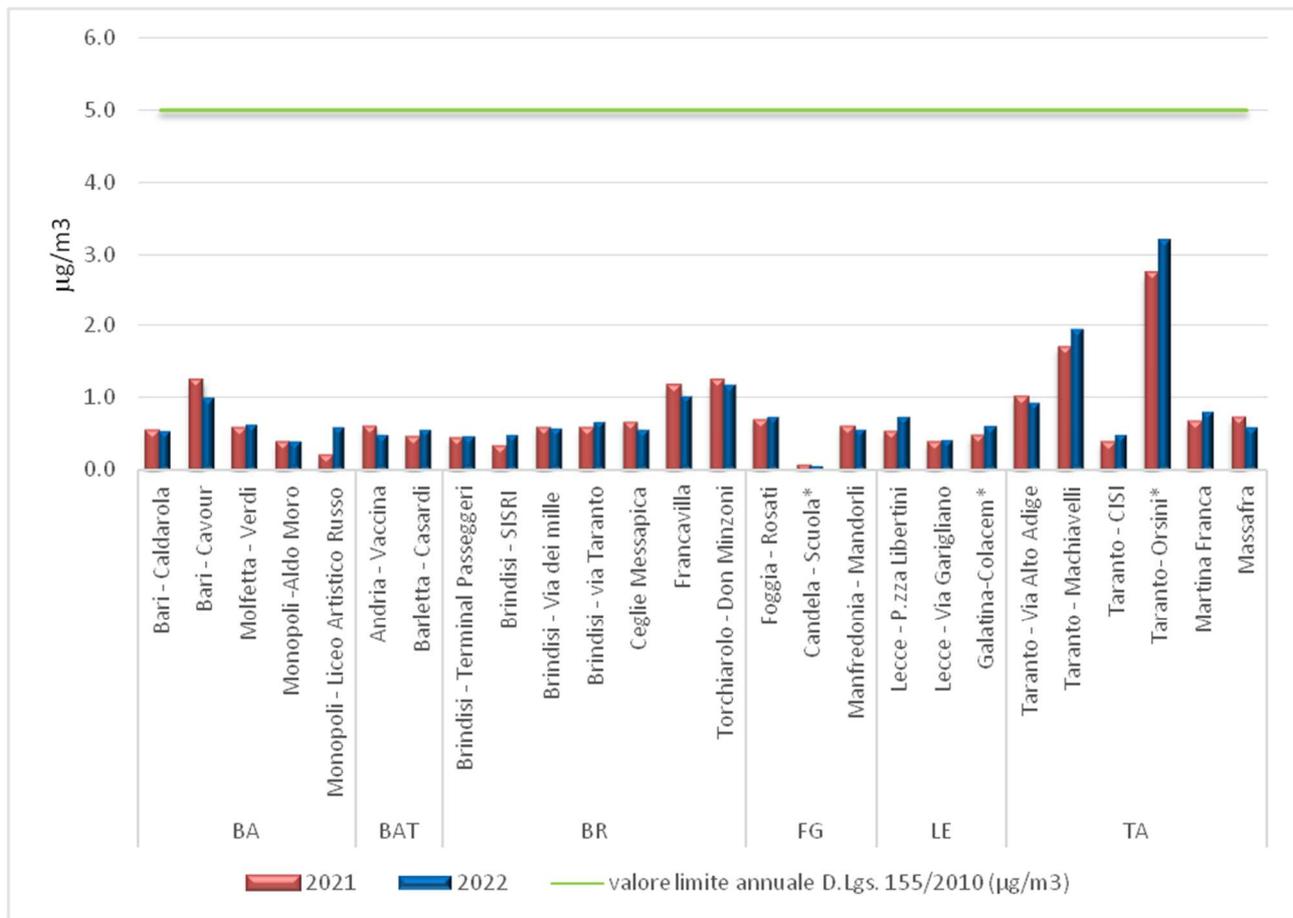


**Figura 40:** valori medi annui di benzene (µg/m<sup>3</sup>) - 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In figura 41 è riportato il confronto dei dati del 2022 con quelli del 2021. In nessuna provincia si osserva un trend univoco di incremento o diminuzione. Nelle due stazioni di monitoraggio collocate nel quartiere Tamburi di Taranto a ridosso della zona industriale di Taranto (*Taranto-Machiavelli e Taranto-Orsini\**) si osserva un incremento di concentrazione<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Per gli approfondimenti sui livelli di benzene nell'area tarantina, si rimanda al report annuale della RRQA delle aree di Taranto e Statte (disponibile al link [https://www.arpa.puglia.it/pagina3086\\_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualita-dellaria-di-taranto.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3086_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualita-dellaria-di-taranto.html)) e al report sul benzene in aria ambiente nel 2022 nelle province di Brindisi, Lecce e Taranto ([https://www.arpa.puglia.it/pagina2873\\_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina2873_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html)).



**Figura 41:** Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – confronto tra medie annuali 2021 e 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In figura 42 è mostrato il trend provinciale delle concentrazioni di benzene dal 2015 al 2022. Le concentrazioni sono sempre ampiamente al di sotto del limite normativo. Nei siti urbani, da anni è in corso una generale diminuzione della concentrazione di benzene in aria ambiente, conseguenza della normativa in materia di formulazione delle benzine per autotrazione. Una diminuzione graduale negli anni è evidente nella Città Metropolitana di Bari, in provincia di BAT e di Foggia.

In provincia di Brindisi si osserva un andamento pressoché costante negli anni.

In provincia di Lecce, dopo la diminuzione avvenuta tra il 2018 e il 2019, si osserva un graduale incremento della concentrazione.

In provincia di Taranto le concentrazioni, pressoché costanti fino al 2019, hanno subito un aumento dal 2020 in poi. Questo incremento è dovuto agli aumenti registrati nella città di Taranto. Qui, nel triennio 2020-2022 le medie annue di benzene sono risultate in aumento rispetto al 2019, in particolar modo nelle stazioni *Taranto-Orsini\** e *Taranto-Machiavelli* situate a ridosso dell'area industriale. Nel sito *Taranto-Via*

Alto Adige, classificato da traffico, la media annua è rimasta invariata.

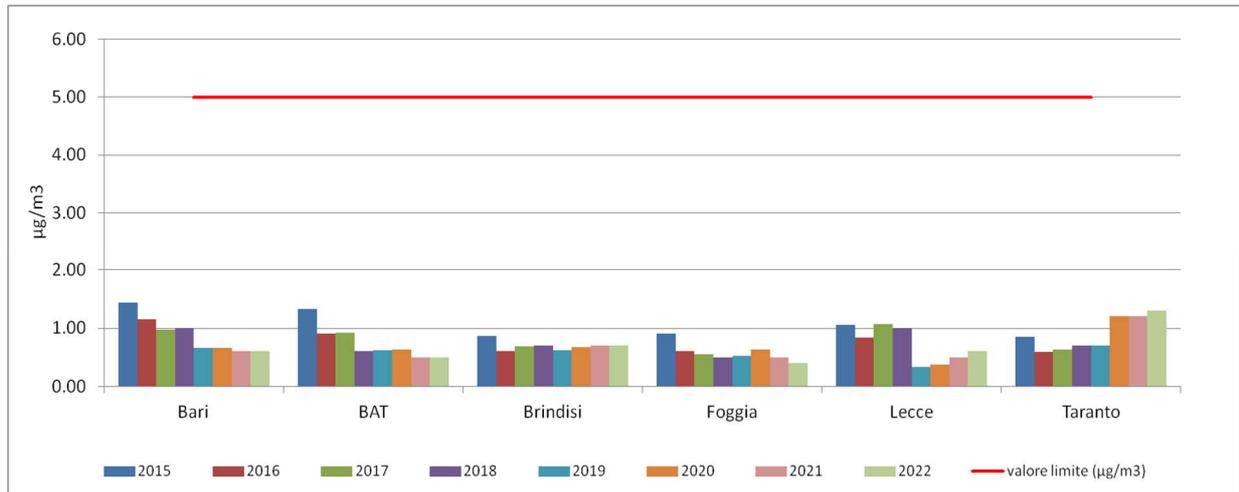


Figura 42: Trend per provincia del Benzene dal 2015 al 2022.

### 3.5.2 Dati modellati

Per il benzene il modello non stima superamenti del valore limite per la protezione della salute umana su entrambi i domini considerati.

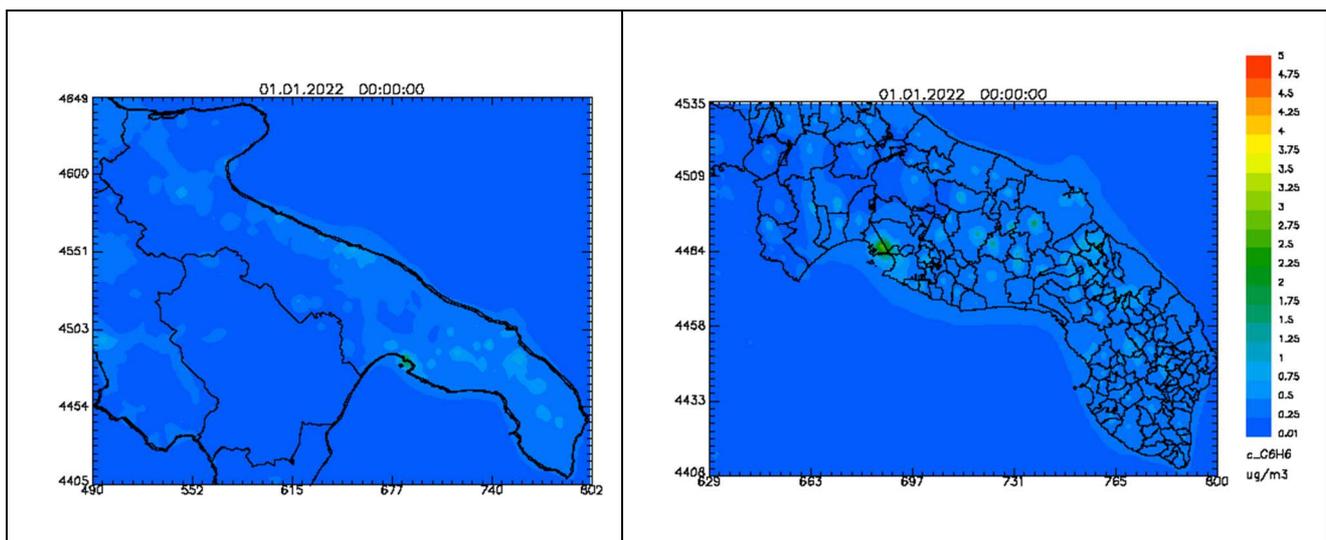


Figura 43: Mappe della concentrazione media annuale di benzene sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

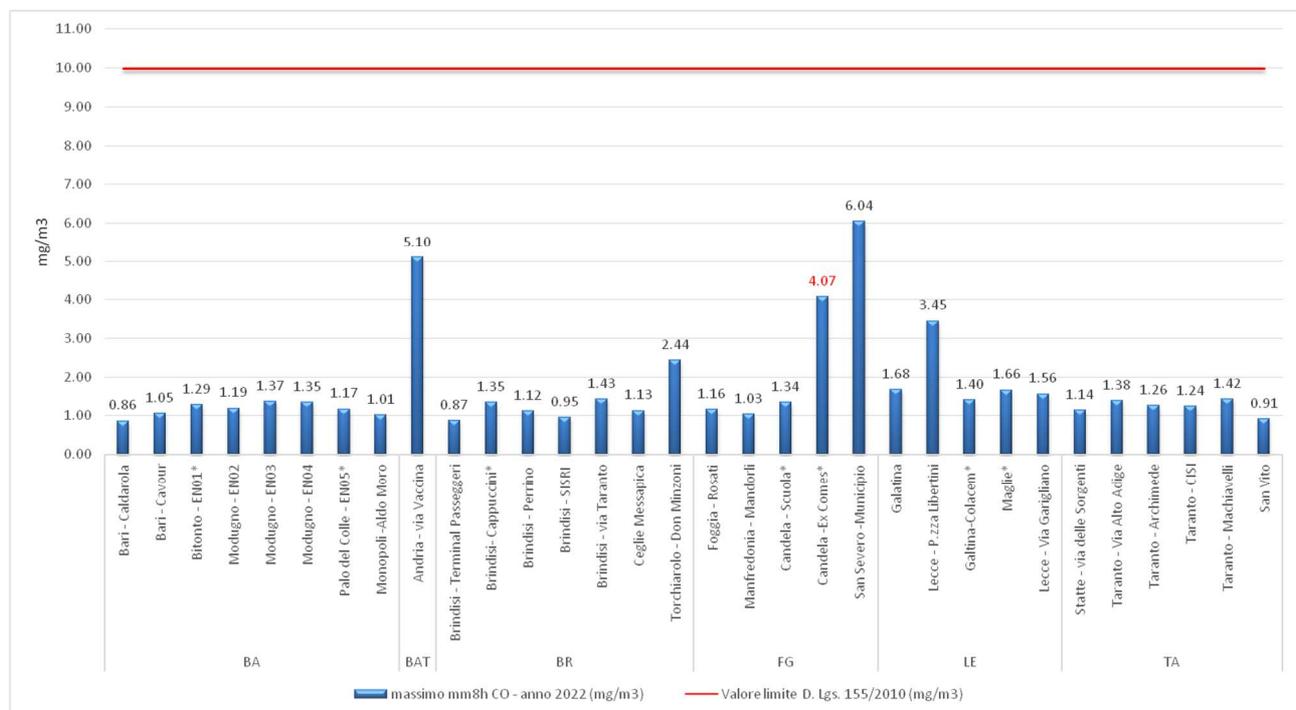
### 3.6 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il monossido di carbonio è una sostanza gassosa che si forma per combustione incompleta di materiale organico, ad esempio nei motori degli autoveicoli e nei processi industriali. Il monossido di carbonio può risultare letale per la sua capacità di formare complessi con l'emoglobina più stabili di quelli formati da quest'ultima con l'ossigeno impedendo il trasporto nel sangue. 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>

#### 3.6.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022 il limite di concentrazione di 10 mg/m<sup>3</sup> per il CO non è stato superato in nessuno dei siti di monitoraggio (figura 44). La media regionale è stata di 1,7 mg/m<sup>3</sup>, in linea con il dato del 2021 pari a 1,5 mg/m<sup>3</sup>.



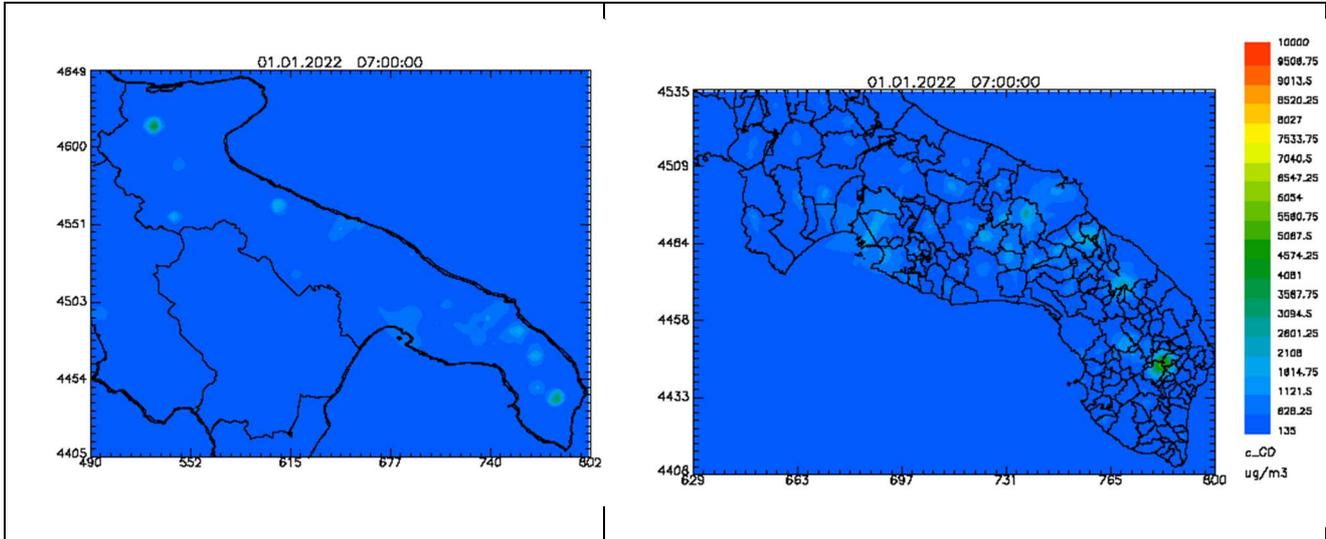
**Figura 44:** massimo della media mobile sulle 8 ore di CO (mg/m<sup>3</sup>) - 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

### 3.6.2 Dati modellati

Su entrambi i domini di simulazione non si verifica alcun superamento del valore limite prescritto per il CO.



**Figura 45:** Mappe della massima concentrazione media mobile su 8 ore di CO sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

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

Il biossido di zolfo deriva dalla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo. In passato è stato un importante inquinante atmosferico poiché la sua ossidazione porta alla formazione di acido solforoso e solforico. Il biossido di zolfo è un gas incolore facilmente solubile in acqua.

Le fonti naturali, come i vulcani, contribuiscono ai livelli ambientali di anidride solforosa. Le emissioni antropogeniche sono invece legate all'uso di combustibili fossili contenenti zolfo per il riscaldamento domestico, la generazione di energia e nei veicoli a motore. Nel tempo il contenuto di zolfo nei combustibili è sensibilmente diminuito, portando i livelli di SO<sub>2</sub> in area ambiente a livelli estremamente bassi. 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

#### 3.7.1 Dati di qualità dell'aria

Nelle stazioni della RRQA presenti nella Città Metropolitana di Bari e nella provincia di BAT, l'SO<sub>2</sub> non viene monitorato. Sono invece presenti analizzatori per il monitoraggio dell'SO<sub>2</sub> nelle aree industriali di Taranto e Brindisi e nelle province di Lecce e Foggia in corrispondenza di alcune centraline di interesse locale. Nel 2022 non sono stati registrati superamenti né del valore limite orario né di quello giornaliero. Le concentrazioni di biossido di zolfo rilevate sono di molto inferiori a tutti i limiti previsti dall'attuale normativa e testimoniano una riduzione dell'impiego di combustibili fossili contenenti zolfo (gasolio e olio combustibile) sia negli impianti di riscaldamento che nelle caldaie industriali, sostituiti progressivamente da impianti a metano e dal teleriscaldamento.

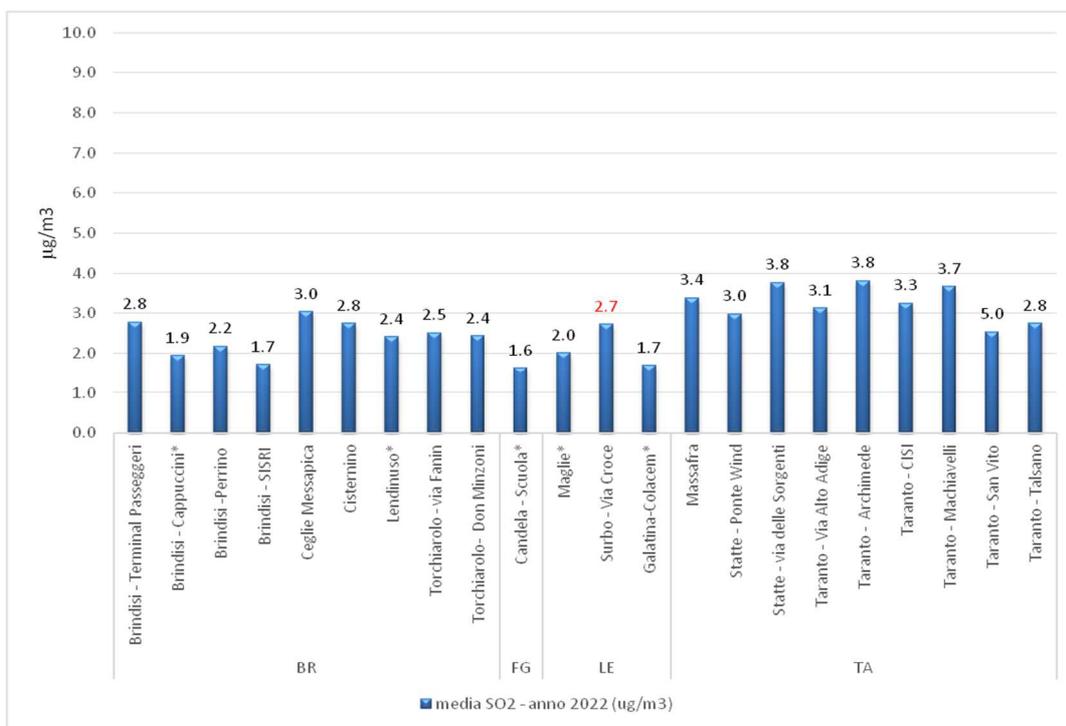
I valori medi annuali si attestano tutti sotto i 4 µg/m<sup>3</sup>. La concentrazione maggiore (3.8 µg/m<sup>3</sup>) è stata registrata nelle stazioni di *Statte- via delle Sorgenti* e *Taranto – Archimede*.

Il biossido di zolfo in aria ambiente non rappresenta più una criticità ambientale, tanto da poterne evitare il monitoraggio in siti fissi. Tuttavia, nei siti industriali della regione è raccomandabile continuarne il monitoraggio, sia perché questo inquinante è il tracciante di determinati processi produttivi, sia per valutarne le concentrazioni in possibili eventi incidentali.

Il valore massimo orario ( $926 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e il valore massimo giornaliero ( $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono stati registrati a *Taranto-Machiavelli*. Il suddetto massimo orario, che rappresenta un superamento del corrispondente valore limite, è stato registrato nelle ore serali del 22 marzo 2022<sup>17</sup>, con venti provenienti dai quadranti nord-occidentali - cioè quando la cabina era posta sottovento rispetto alle emissioni provenienti dallo Stabilimento Siderurgico ADI, a una velocità compresa tra 6 e 8 m/s.

La concentrazione oraria osservata è superiore al valore previsto dalla normativa ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) quale soglia di allarme che deve però essere superato per 3 ore consecutive, condizione che nel caso specifico non si è verificata.

Anche il limite giornaliero, pari a  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , non è stato superato.

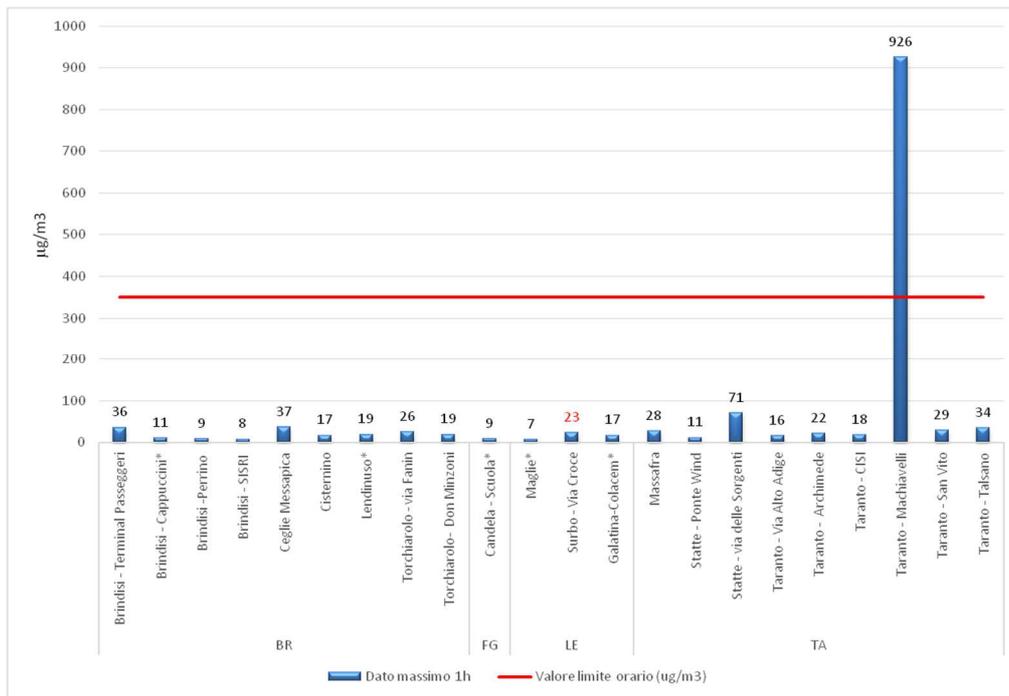


**Figura 46:** Media annuale SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 2022

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo

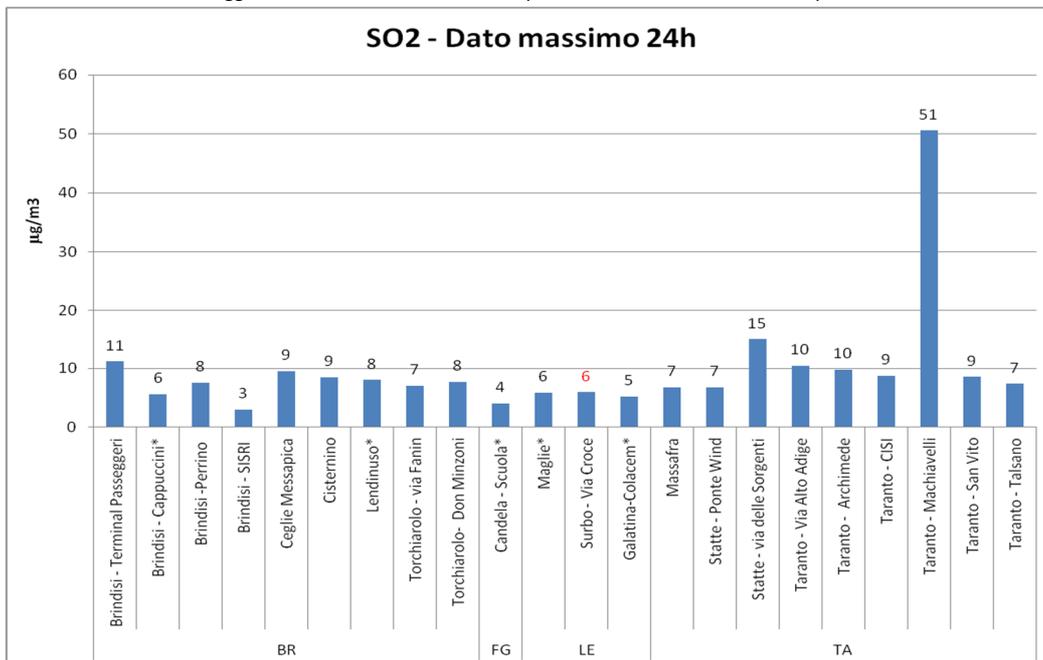
<sup>17</sup> Al link [https://www.arpa.puglia.it/pagina3086\\_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualit-dellaria-di-taranto.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3086_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualit-dellaria-di-taranto.html) è disponibile un focus sugli eventi di inquinamento da SO<sub>2</sub> nell'area di Taranto nel periodo 2020-2022. Tale focus prende in considerazione le i dati di SO<sub>2</sub> registrati dalla Rete Regionale di Qualità dell'aria in provincia di Taranto oltre ai dati di SO<sub>2</sub> misurati dalla stazione di monitoraggio *Meteo Parchi* della rete di monitoraggio di Acciaierie d'Italia (ex ILVA).



**Figura 47: Valore massimo orario SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – 2022**

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo



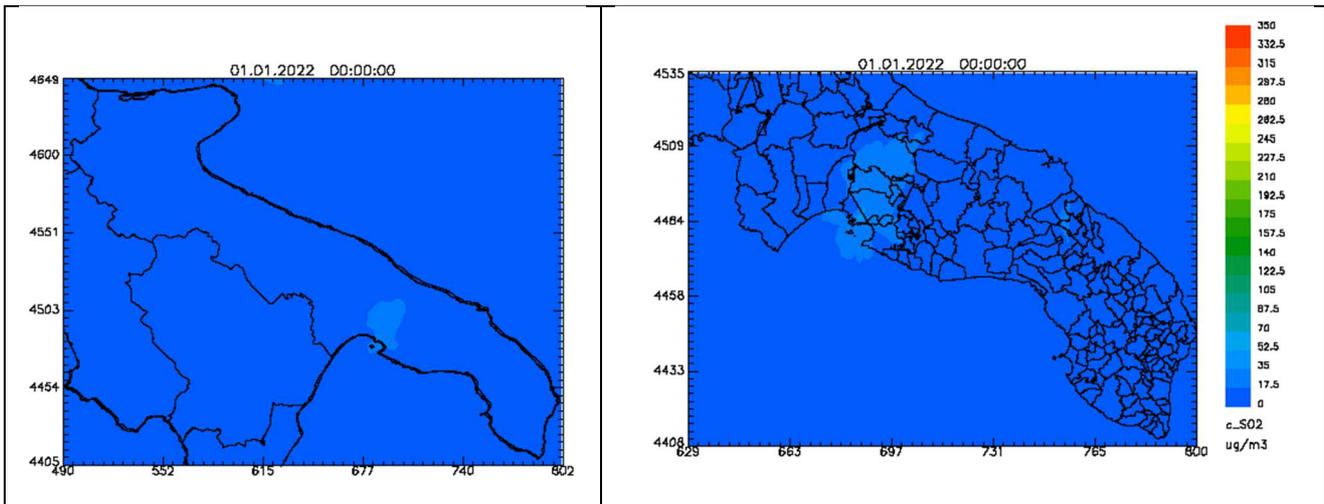
**Figura 48: Valore massimo giornaliero SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – 2022**

\* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

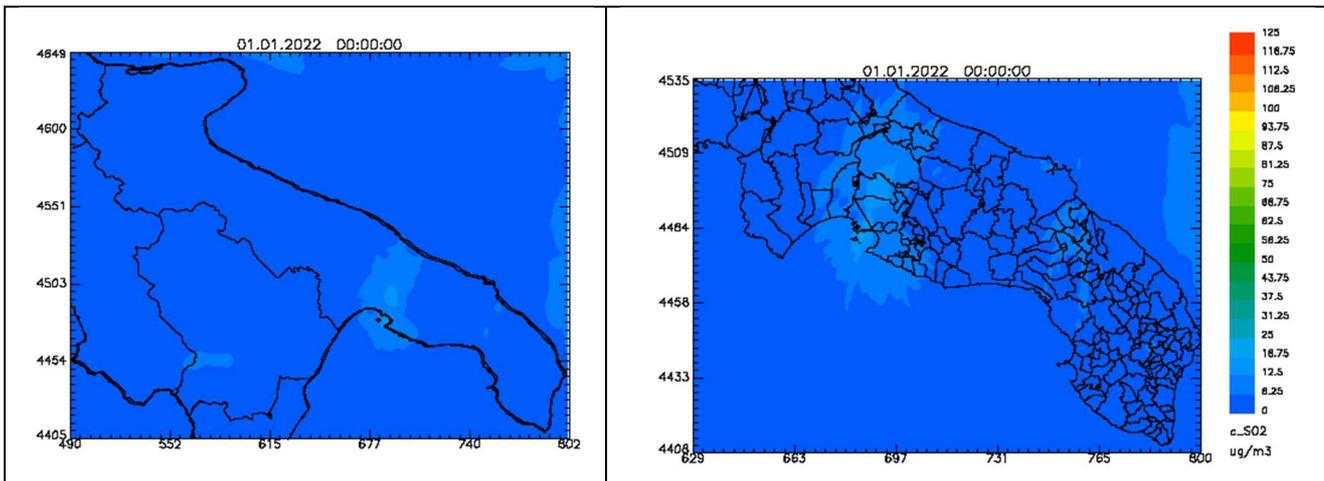
In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo

### 3.7.2 Dati modellati

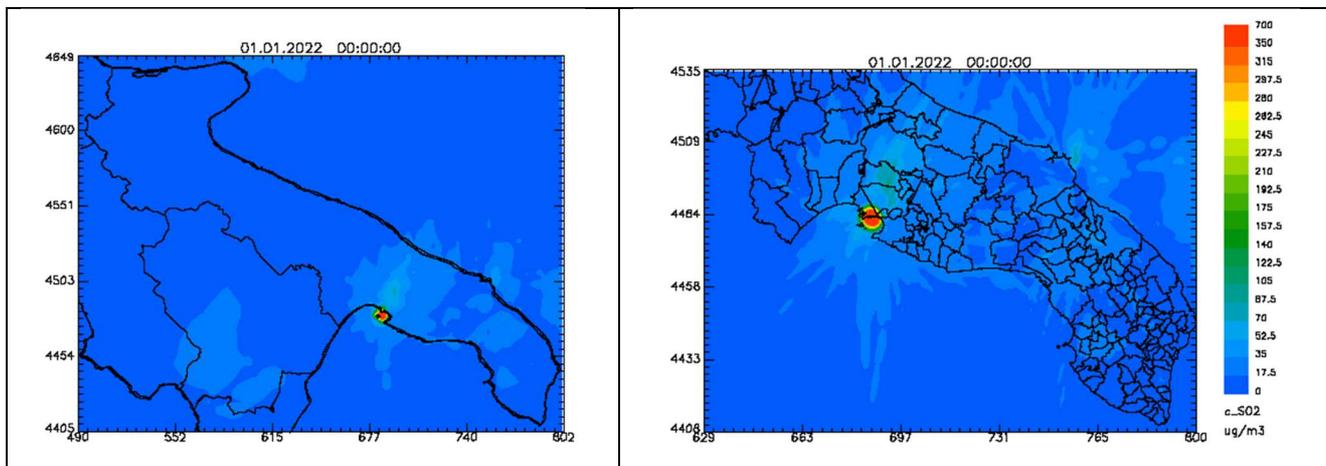
Su entrambi i domini di simulazione, relativamente agli indicatori 99.7° e 99.2° percentile, non si verifica alcun superamento dei valori limite prescritti per l' $\text{SO}_2$ . I valori più elevati per gli indicatori considerati vengono stimati in provincia di Taranto e di Brindisi, in corrispondenza delle aree industriali. Si osserva un superamento della concentrazione massima oraria in corrispondenza dell'area industriale di Taranto, in accordo con quanto misurato dalla centralina di monitoraggio.



**Figura 49:** Mappe del 99.7° percentile di  $\text{SO}_2$ , calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie, sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.



**Figura 50:** Mappe del 99.2° percentile di  $\text{SO}_2$ , calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni giornaliere, sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.



**Figura 51:** Mappe della concentrazione massima oraria di  $\text{SO}_2$  sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute tramite l'assimilazione.

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

Il Benzo(a)Pirene, classificato come cancerogeno per l'uomo (classe 1) dall'Agencia per la Ricerca sul Cancro (IARC) è il marker della famiglia di inquinanti noti come idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Questa classe di composti è generata dalla combustione incompleta di sostanze organiche durante processi industriali e civili ed è tra i microinquinanti organici più diffusi nell'ambiente. Le principali sorgenti degli IPA sono i processi industriali (trasformazione di combustibili fossili, processi siderurgici, processi di incenerimento, produzione di energia elettrica, ecc.), i sistemi di riscaldamento domestico, il traffico autoveicolare e navale. 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.

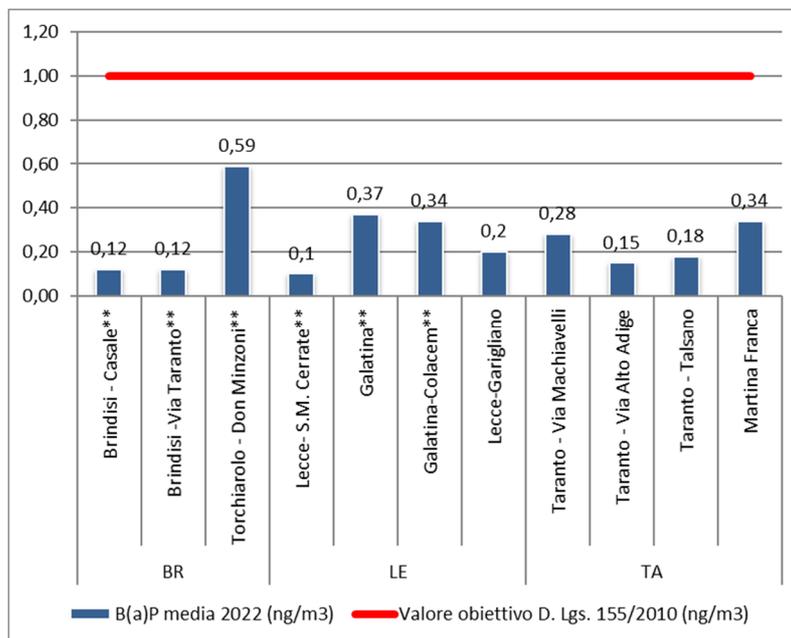
Periodo di mediazione	Valore obiettivo D.LGS.155/2010
Media annuale	1 ng/m <sup>3</sup>

#### 3.8.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2022 il B(a)P è stato monitorato in 11 siti. Alla fase di campionamento del PM<sub>10</sub>, realizzata con la strumentazione automatica presente nelle stazioni di monitoraggio, segue quella di quantificazione del contenuto in B(a)P, eseguita nei laboratori dipartimentali di ARPA Puglia. In nessuno dei siti monitorati è stato superato il valore obiettivo. La concentrazione più elevata (0,59 ng/m<sup>3</sup>) è stata raggiunta a *Torchiarolo – Don Minzoni\*\**, sito che risente delle emissioni da combustione di biomasse per uso domestico.

Concentrazioni di rilievo sono state registrate nel mese di gennaio nella città di Taranto, nei soli siti posti nel quartiere Tamburi, *Deledda* e *Machiavelli*, con valori medi mensili pari o superiori a 1 ng/m<sup>3</sup>. Tali valori seguivano quelli registrati nel mese di dicembre 2021 con valori rispettivamente di 1,6 ng/m<sup>3</sup> e 1,7 ng/m<sup>3</sup>. Inoltre, sempre in questi due siti, da ottobre 2022 sono stati osservati incrementi apprezzabili rispetto ai mesi precedenti<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Per approfondimenti sui livelli B(a)P registrati a Taranto, si rimanda al report annuale della RRQA di Taranto e Statte, disponibile all'indirizzo [https://www.arpa.puglia.it/pagina3086\\_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualit-dellaria-di-taranto.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3086_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualit-dellaria-di-taranto.html)

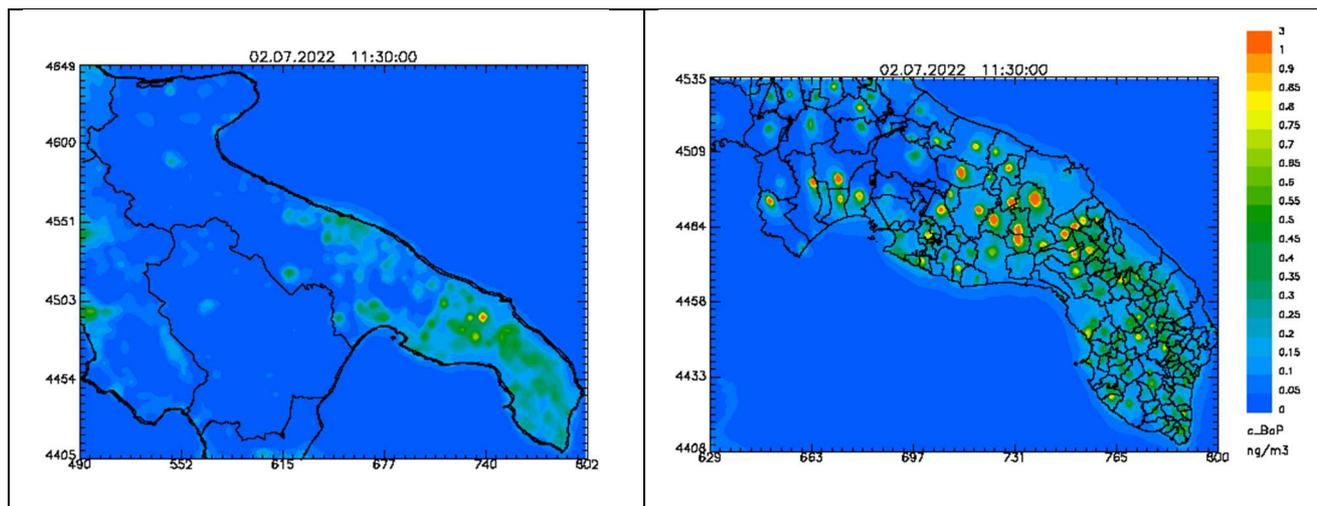


**Figura 52:** Media annuale di Benzo(a)pirene (ng/m<sup>3</sup>) – 2022

\*\* stazione i cui dati di B(a)P non vengono trasmessi a ISPRA

### 3.8.2 Dati modellati

Il sistema modellistico prevede il superamento<sup>19</sup> del valore obiettivo per il B(a)P sulla griglia regionale solo nel comune di Mesagne; su tale griglia in generale le concentrazioni medie annuali più elevate si osservano in corrispondenza di alcuni comuni del brindisino, del leccese e del tarantino.



**Figura 53:** Mappe della concentrazione media annuale di Benzo(a)Pirene sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute dal solo modello FARM.

<sup>19</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>.

Nella tabella successiva si fornisce l'elenco dei comuni, per i quali il modello prevede, alla risoluzione più dettagliata e all'interno delle aree urbanizzate, il superamento del valore obiettivo annuale. I superamenti sono stati calcolati applicando ai valori modellati il fattore di correzione, pari a 0.69, ricavato nell'ambito del confronto condotto tra le concentrazioni modellate e misurate di B(a)P nel corso di diverse campagne di monitoraggio svolte in provincia di Brindisi e di Taranto negli anni 2020 e 2021 (per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione - inserire riferimento VRQA 2021). Nella tabella successiva vengono quindi indicati i comuni delle province di Brindisi, Lecce e Taranto, per i quali il modello FARM prevede il superamento del valore obiettivo, le corrispondenti concentrazioni medie annuali simulate e le concentrazioni "corrette" secondo il fattore utilizzato. Come atteso, il numero di comuni (rappresentati dal valore della media annuale in rosso) interessati dal rischio di superamento si riduce da 27 a 10 e sono: Torre S. Susanna, Cellino San Marco, Oria, Francavilla, Mesagne, Latiano, Mottola, Castellaneta, San Donaci ed Erchie.

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

Nome comune	Provincia	media annua B(a)P modellata (ug/m <sup>3</sup> )	media annua B(a)P ottenuta (ng/m <sup>3</sup> ) con fattore di correzione
Torre S. Susanna	BR	1.7	<b>1.2</b>
Cellino San Marco	BR	1.6	<b>1.1</b>
Torchiarolo	BR	1.2	0.8
Oria	BR	2.3	<b>1.6</b>
Francavilla	BR	1.5	<b>1.0</b>
Mesagne	BR	2.9	<b>2.0</b>
Latiano	BR	2.4	<b>1.6</b>
Ceglie Messapica	BR	1.4	0.9
San Vito dei Normanni	BR	1.1	0.8
San Pancrazio S.	BR	1.1	0.7
S. Pietro Vernotico	BR	1.1	0.7
San Donaci	BR	1.8	<b>1.2</b>
Erchie	BR	1.8	<b>1.3</b>
Grottaglie	TA	1.3	0.9
Massafra	TA	1.1	0.7
Palagianò	TA	1.4	1.0
Mottola	TA	1.9	<b>1.3</b>
Castellaneta	TA	1.9	<b>1.3</b>
Ginosa	TA	1.4	0.9
Villa Castelli	TA	1.1	0.7
S. Grogio Jonico	TA	1.1	0.8
Campi Salentina	LE	1.1	0.8
Guagnano	LE	1.2	0.8
Alliste	LE	1.1	0.7
Cutrofiano	LE	1.1	0.8
San Cesario	LE	1.1	0.8
Salice Salentino	LE	1.5	1.0

In merito ai suddetti superamenti valgono le stesse considerazioni espresse per il PM10.

### 3.9 METALLI NEL PM10

I metalli pesanti per i quali la legislazione prescrive il monitoraggio in aria ambiente sono l'arsenico, il cadmio, il nichel e il piombo. Nell'atmosfera le sorgenti predominanti di origine antropica di metalli pesanti sono la combustione e i processi industriali, la produzione energetica e l'incenerimento dei rifiuti. L'entità degli effetti tossici esercitati dai metalli dipende da molteplici fattori quali: le concentrazioni raggiunte nei tessuti, le interazioni che si stabiliscono tra il metallo e i componenti cellulari, lo stato di ossidazione e la forma chimica in cui il metallo è assorbito o viene a contatto con le strutture bersaglio dell'azione.

Il D. Lgs 155/2010 prevede la determinazione dei metalli pesanti contenuti nel PM<sub>10</sub> fissando i seguenti valori obiettivi annuali: 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>

#### 3.9.1 Dati di qualità dell'aria

Nella figura seguente sono riportate le medie annuali di Pb, As, Ni e Cd del 2022 nei siti di monitoraggio delle province di Brindisi, Lecce e Taranto, in cui viene svolta l'analisi di questi metalli pesanti contenuti nel PM10 campionato. Le concentrazioni rilevate sono tutte ampiamente al di sotto dei valori di riferimento.

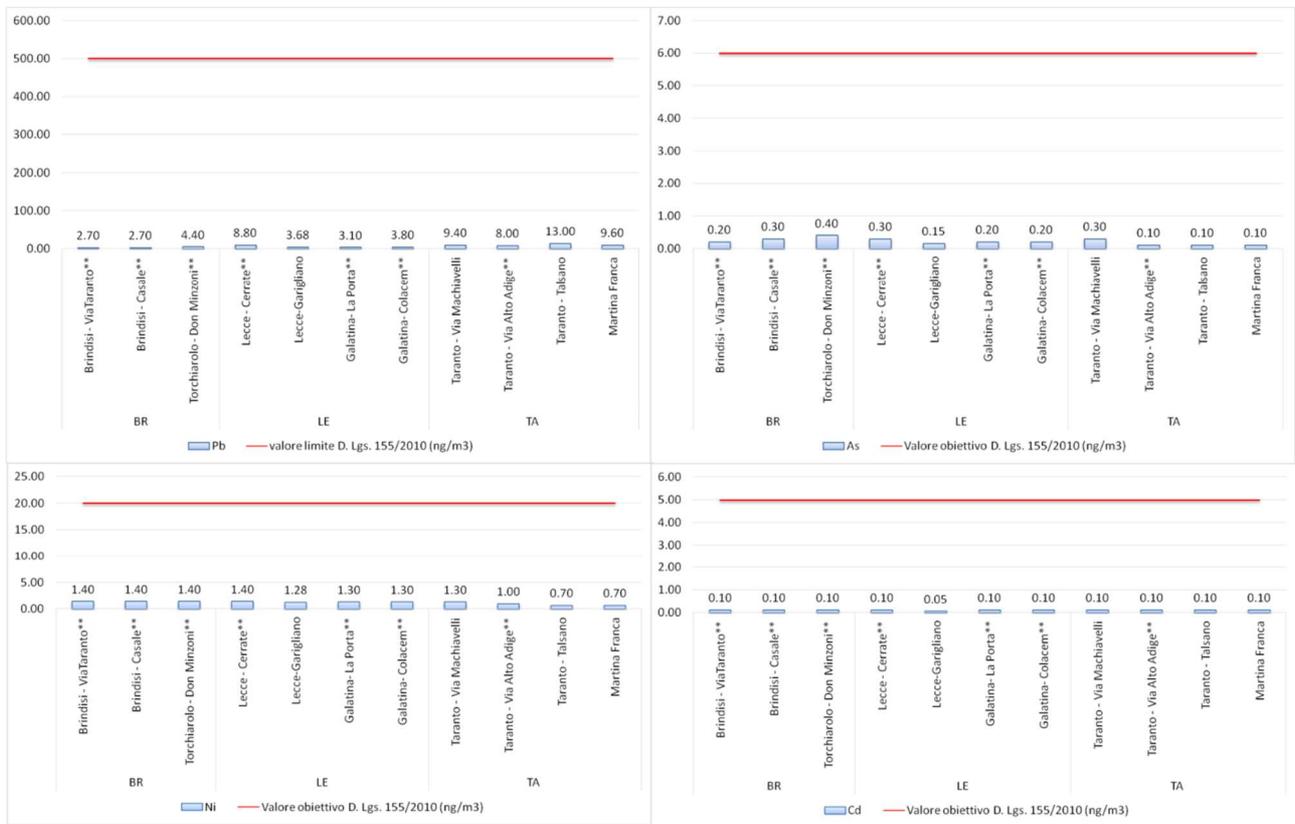


Figura 54: Media annuale dei metalli (ng/m³) - 2022

\*\* stazione i cui dati di Metalli non vengono trasmessi a ISPRA

### 3.9.2 Dati da modellistica

Per l'Arsenico non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su entrambi i domini considerati.

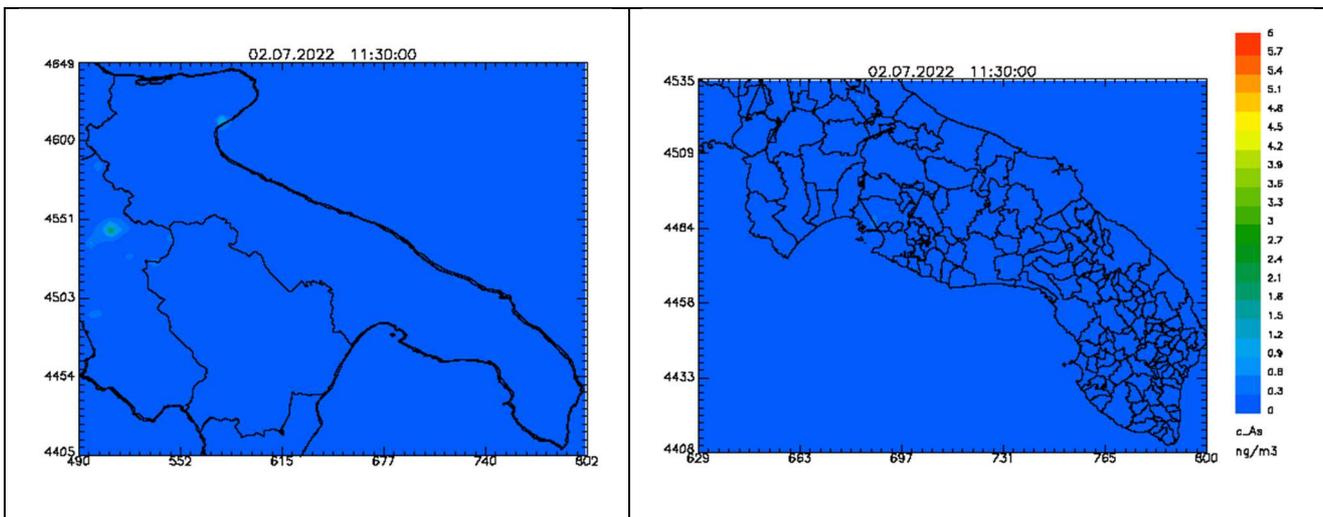
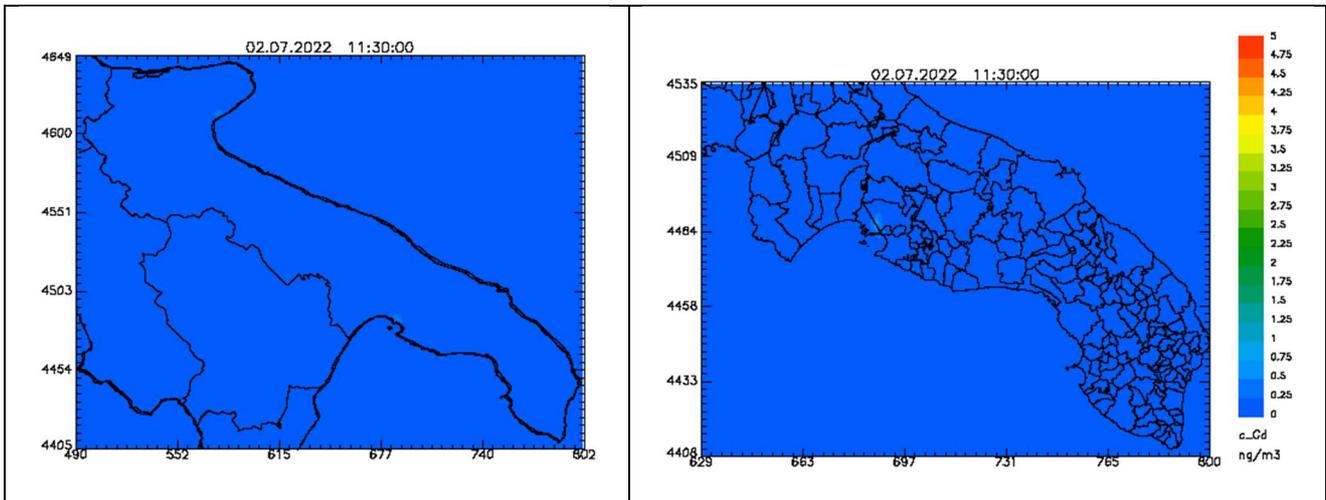


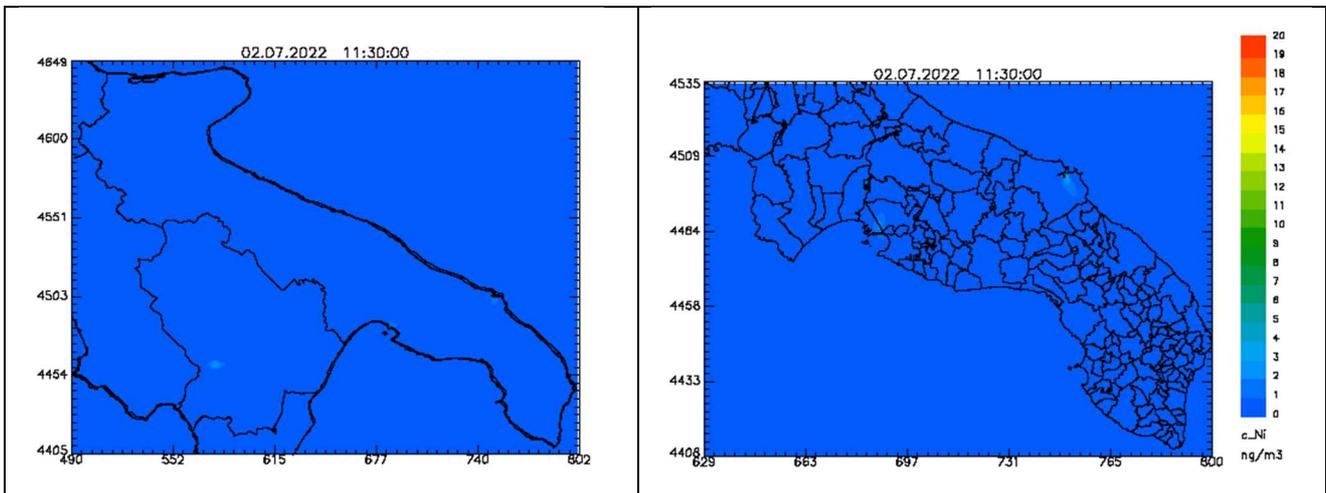
Figura 55: Mappe della concentrazione media annuale di Arsenico sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute dal solo modello FARM.

Per il Cadmio non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su entrambi i domini considerati.



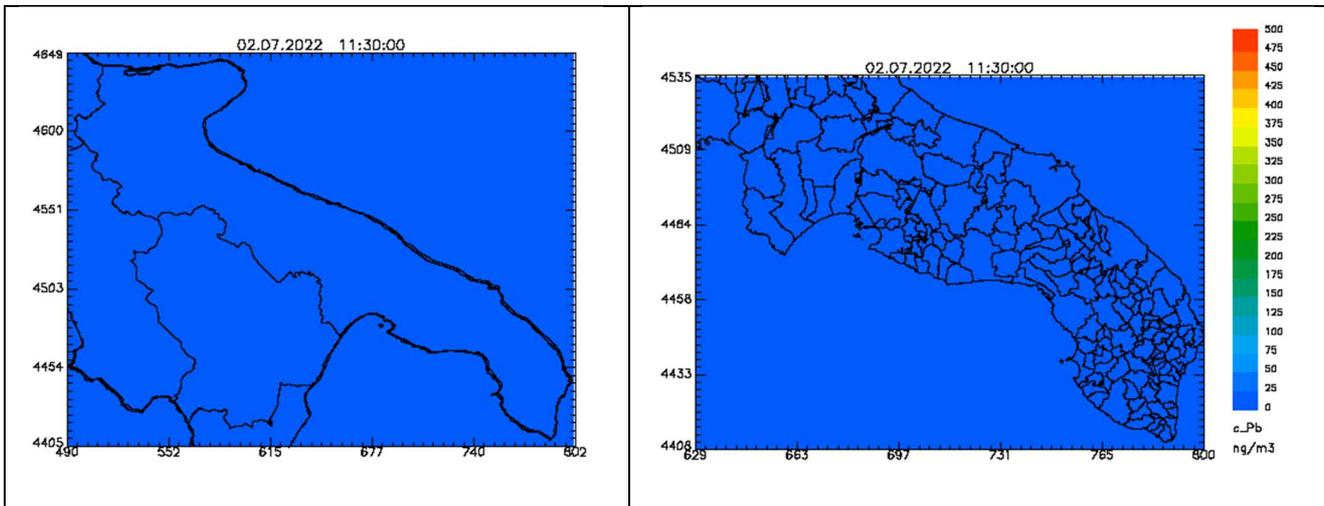
**Figura 56:** Mappe della concentrazione media annuale di Cadmio sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute dal solo modello FARM.

Per il Nichel non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su entrambi i domini considerati.



**Figura 57:** Mappe della concentrazione media annuale di Nichel sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute dal solo modello FARM.

Per il Piombo non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su entrambi i domini considerati.



**Figura 58:** Mappe della concentrazione media annuale di Piombo sulla regione Puglia e sulle province di Lecce, Brindisi e Taranto, ottenute dal solo modello FARM.

#### 4. CONCLUSIONI

La relazione riporta i risultati della Valutazione Integrata della Qualità dell'Aria per la regione Puglia per il 2022. Tale valutazione è il risultato della integrazione delle misure fornite dalla rete di monitoraggio fissa con i campi di concentrazione al suolo forniti dal sistema modellistico di ARPA Puglia, alimentato con i dati dell'inventario delle emissioni realizzato dell'Agenzia. L'utilizzo combinato di tali strumenti consente di ottenere una rappresentazione dello stato della qualità dell'aria più vicina alla realtà su tutto il territorio regionale.

Dopo una sintesi delle informazioni preliminari e della configurazione attuale della rete di monitoraggio regionale, sono state presentate una sintesi dell'analisi meteorologica e delle modalità con cui è stata effettuata la valutazione modellistica e la successiva assimilazione delle misure fornite dalle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Infine sono stati presentati i risultati ottenuti per ogni inquinante, con l'individuazione delle criticità e, laddove possibile, delle cause che le hanno originate.

Nel quadriennio 2018-2021 la rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria della Puglia non aveva registrato superamenti dei limiti di legge indicati dal D. Lgs. 155/10, per nessuno dei parametri rilevati e in nessuno dei siti di monitoraggio. Nel 2022, invece, per il PM10 nel sito di monitoraggio *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR) sono stati registrati 46 superamenti del limite giornaliero di concentrazione di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (contro i 35 consentiti). Tale dato include anche il contributo naturale delle avvezioni di polvere desertiche alle concentrazioni misurate. Sottraendo questo contributo, come permesso dalla Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE, il numero di superamenti si riduce a 38, valore comunque superiore al massimo consentito.

Questo superamento è attribuibile alla nota fenomenologia delle emissioni da combustione di biomassa, certificata dalle relazioni prodotte negli anni da ARPA Puglia e che, negli anni più recenti, aveva fatto di *Torchiarolo-Don Minzoni* il sito con i valori di PM10 più elevati dell'intera regione, seppur in assenza di superamenti dei limiti di legge.

Un ulteriore superamento del limite giornaliero di concentrazione del PM10 è stato registrato nel sito *Andria-Vaccina*. Tuttavia nel 2022 questo sito è stato interessato dalla contiguità a un cantiere edile di grandi dimensioni e di lunga durata le cui attività hanno sensibilmente alterato le concentrazioni di inquinanti in aria ambiente. Dato che l'all. III, punto 4, co. 2 del D. Lgs. 155/10 prescrive l'assenza di fonti di interferenza nei pressi delle stazioni di monitoraggio, i valori di PM10 e PM2.5 rilevati in questo sito, non

possono considerarsi conformi alla norma vigente né tantomeno essere utilizzati per la valutazione del rispetto dei limiti normativi e la conseguente adozione di piani di risanamento della qualità dell'aria.

Si riportano di seguito gli ulteriori dati di rilievo derivanti dal monitoraggio condotto con le stazioni della regionale di qualità dell'aria nel 2022:

- Per il PM10 la concentrazione annuale più elevata ( $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stata registrata sempre nel sito *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR). Il valore medio registrato di PM10 sul territorio regionale è stato di  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in linea con il dato del 2021.
- Per il PM2.5, nel 2022 il limite di concentrazione annuale di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non è stato superato in nessun sito. Il valore più elevato ( $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato registrato nel sito di *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR), mentre la media regionale è stata di  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche in questo caso in linea con il dato del 2021.
- Per l' $\text{NO}_2$ , la concentrazione annua più alta ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stata registrata nella stazione di *Bari-Cavour*, come già negli anni precedenti. La media regionale è stata di  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in analogia a quanto registrato nel 2021.
- Per l' $\text{O}_3$ , il valore obiettivo a lungo termine è stato superato in quasi tutti i siti di monitoraggio, a conferma del fatto che la Puglia, per collocazione geografica, è soggetta ad elevati valori di questo inquinante.
- Per il benzene, in nessun sito di monitoraggio è stata registrata una concentrazione superiore al limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media delle concentrazioni è stata di  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentrazione più alta della RRQA è stata di  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed è stata registrata nel sito *Taranto-Machiavelli*. Di grande rilievo è il valore di  $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  misurato dalla stazione di interesse locale *Taranto-Orsini\** situata nel quartiere Tamburi del capoluogo jonico, leggermente maggiore del valore del 2021 ( $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e che, sebbene inferiore al valore limite indicato dalla normativa, rappresenta una concentrazione degna di attenzione. In questo sito, dalla fine del 2019, si assiste a un costante incremento di concentrazione di benzene;
- Per il monossido di carbonio le misure disponibili non hanno rilevato alcun superamento della concentrazione massima calcolata come media mobile sulle 8 ore.
- Per il biossido di zolfo è stato registrato un superamento del limite orario di concentrazione nella stazione *Taranto-Machiavelli* ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 24 volte per anno civile), in condizioni di vento sostenuto proveniente dai quadranti nord occidentali, cioè con il sito sottovento allo stabilimento siderurgico ADI. Il limite giornaliero (pari a  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), al contrario, non è mai stato superato durante tutto l'anno solare.

- Il valore obiettivo di Benzo(a)Pirene non è stato superato in nessun sito. Il valore più elevato (0,59 ng/m<sup>3</sup>) è stato raggiunto nel sito *Torchiarolo–Don Minzoni*. Come ormai noto, alle concentrazioni di Benzo(a)Pirene in questo sito contribuiscono in maniera predominante le emissioni da combustione di biomassa.
- Per i metalli pesanti le concentrazioni sono risultate ampiamente inferiori ai rispettivi livelli limite.

La valutazione modellistica della qualità dell'aria, condotta sull'intera Regione a una risoluzione spaziale di 4km e sulle province di Brindisi, Lecce e Taranto con una risoluzione spaziale più dettagliata, pari ad 1km, 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>, O<sub>3</sub>, dalla combinazione dei campi di concentrazione al suolo, forniti dal sistema modellistico con le misure da rete fissa mediante l'assimilazione a posteriori, utilizzando l'Optimal Interpolation come tecnica interpolativa.

I risultati di tale valutazione hanno evidenziato 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;
- per l'ozono, il sistema modellistico prevede:
  - il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte del territorio regionale;
  - il superamento della soglia di informazione lungo la costa del nord barese;
  - un numero di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute superiore a 25 sul dominio regionale, in corrispondenza dell'area del nord barese, e sul dominio a scala urbana, lungo la costa brindisina.
- Riguardo al valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub>, da non superare per più di 35 volte all'anno, l'analisi modellistica condotta ad 1km di risoluzione spaziale sulle province di Brindisi, Lecce e Taranto ha evidenziato, rispetto all'anno precedente, un aumento del numero di comuni che mostrano all'interno dell'area urbana la presenza di non conformità. Tali comuni sono: Mottola e Castellaneta in provincia di Taranto; Mesagne, Latiano, Oria, Erchie, Cellino San Marco, Torchiarolo e San Donaci in provincia di Brindisi; Campi Salentina in provincia di Lecce.
- 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 superamenti in corrispondenza delle aree urbane dei comuni di Latiano, Mesagne e Oria.

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

- per i metalli pesanti non sono presenti superamenti dei limiti previsti;
- per il B(a)P, un possibile rischio di superamento del valore obiettivo nelle aree urbane di alcuni comuni della provincia di Taranto (Mottola, Castellaneta), della provincia di Brindisi (Torre Santa Susanna, Cellino San Marco, Francavilla F., Erchie, Oria, Mesagne, Latiano e San Donaci).

I superamenti individuati dal sistema modellistico per PM10, PM2.5 e B(a)P all'interno delle aree urbane dei suddetti comuni sono dovuti alle emissioni prodotte dal riscaldamento civile a biomassa legnosa.

D'altro canto è necessario precisare che questi superamenti si rilevano in celle di estensione 1km x 1km in corrispondenza delle quali non sono presenti stazioni di monitoraggio che possano confermarne o meno la sussistenza. Inoltre il D. Lgs 155/2010 non chiarisce se i superamenti dei valori limite, rilevati con il solo ausilio delle tecniche modellistiche, determinino o meno la necessità di adozione di Piani ex art.9 D.Lgs 155/2010 o se, viceversa, gli stessi debbano essere confermati da rilievi sperimentali prima dell'adozione dei relativi piano di risanamento. A riguardo è stato, pertanto, rivolto uno specifico quesito alla Regione Puglia, successivamente inoltrato al MITE (oggi MASE). Allo stato attuale si è ancora in attesa del riscontro.



## ALLEGATI

## Allegato 1: EFFICIENZA STRUMENTALE NEL 2022

Sono riportati di seguito i dati di efficienza della strumentazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria gestite da ARPA Puglia.

L'efficienza è stata calcolata secondo la seguente formula:

Efficienza = (numero dati orari validi/numero ore anno solare)\*100

dove:

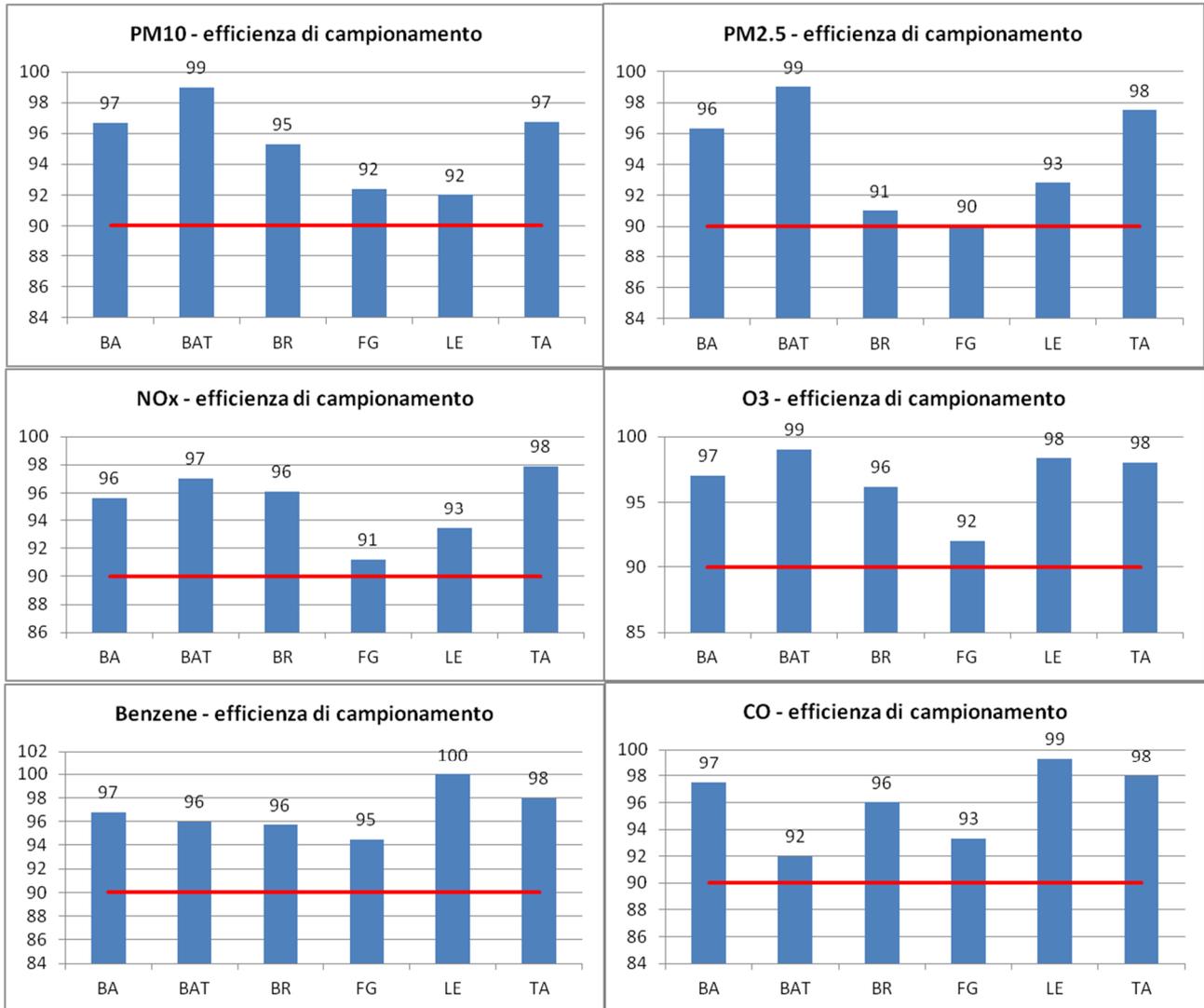
dati orari validi: dati orari con almeno il 75% (45 minuti) di dati elementari validi (D. Lgs. 155/10, Allegato XI, punto 2);

Per le misurazioni in siti fissi, il D. Lgs. 155/10, allegato I, stabilisce che la raccolta minima di dati sia pari al 90%, al netto delle perdite dati per calibrazione e manutenzione ordinaria della strumentazione. Nella tabella che segue, sono indicati in rosso gli analizzatori per i quali tale percentuale minima non è stata raggiunta.

Di seguito, per ciascun analizzatore, si riportano i grafici delle efficienze di campionamento raggiunte nell'anno 2022, suddivise per provincia. Nel calcolo delle medie, non sono state considerate le efficienze relative alle stazioni di interesse locale, contrassegnate con il simbolo "\*\*".

Prov.	Stazione	PM10	PM2.5	NO2	O3	C6H6	CO	SO2
BA	Altamura	96	96	96	98			
	Bari - Caldarola	97	97	94		99	100	
	Bari - Carbonara	99		96				
	Bari - Cavour	97	98	93		92	99	
	Bari - CUS	96		95	96			
	Bari - Kennedy	92		99	97			
	Casamassima	96	96	95	98			
	Bitonto- EN01*	98	98	96	96		97	
	Modugno - EN02	99	99	97	96		97	
	Modugno - EN03	98		100			98	
	Modugno - EN04	97		88			96	
	Paolo del Colle - EN05*	97		97			98	
	Molfetta - Verdi	99		98		100		
	Monopoli - Aldo Moro	96	93	96		100	100	
Monopoli - Italgreen	95	95	96		93			
BAT	Andria - via Vaccina			95		93	92	
	Barletta - via Casardi	99	99	99	99	99		
BR	Brindisi - Terminal Passeggeri	89	88	94	93	91	94	94
	Brindisi- Cappuccini*	92		87			98	98
	Brindisi - Casale	95	94	99	99			
	Brindisi - Perrino	99		98			100	100
	Brindisi - SISRI	97		99		97	98	99
	Brindisi - via dei Mille	95		99		98		
	Brindisi - via Taranto	96	96	100		95	99	
	Ceglie Messapica	92	89	92		89	95	92
	Cisternino	89		92	93			91
	Franca Villa Fontana	60		98		100		
	Mesagne	96		94				
	San Pancrazio	98		97				
	Lendinuso*	99		97				98
	San Pietro V.co	96		98				
Torchiarolo - via Fanin	98	92	95				97	
Torchiarolo - Don Minzoni	99	90	90		100	90	92	
FG	Foggia - Rosati	87	87	87		92	91	
	Manfredonia - Mandorli	96		95		97	95	
	Monte S. Angelo	94		88	87			
	Candela- Scuola*	97		100	97	90	93	95
	Candela - Ex Comes*	97		98	95		82	
	San Severo - Azienda Russo	92	92	91	95			
	San Severo - Municipio	93	91	95	94		94	
LE	Amesano - Riesci	83			99			
	Campi Salentina	94	88	91				
	Galatina	95	95	94	98		99	
	Galatina-Colacem*	99	87	98		99	96	95
	Guagnano - Villa Baldassarre	89		97				
	Lecce - P.zza Libertini	96	96	96		100	100	
	Maglie*	63	96	97	98		99	98
	Lecce - S. M. Cerrate	94	94	94	98			
	Lecce - via Garigliano	96	91	97		100	99	
Surbo - via Croce	89		85				86	
TA	Grottaglie	93		97	95			
	Martina Franca	94		100		97		
	Massafa	96		99		98		100
	Statte - Ponte Wind	97		99				97
	Statte - via delle Sorgenti	98		100			100	97
	Taranto - via Alto Adige	97	97	97		100	97	90
	Taranto - via Archimede	100	100	100			94	97
	Taranto - CISI	98	93	93		98	98	96
	Taranto - via Machiavelli	100	100	95		97	100	97
	Taranto - Orsini*	82	81	94		89		
	Taranto - San Vito	97		99	100		99	98
Taranto - Talsano	94		98	99			98	

N.B. Per gli analizzatori di PM10 delle stazioni di Francavilla Fontana e Maglie\* la ridotta percentuale di funzionamento è dovuta al fatto che essi sono stati installati nel corso dell'anno.



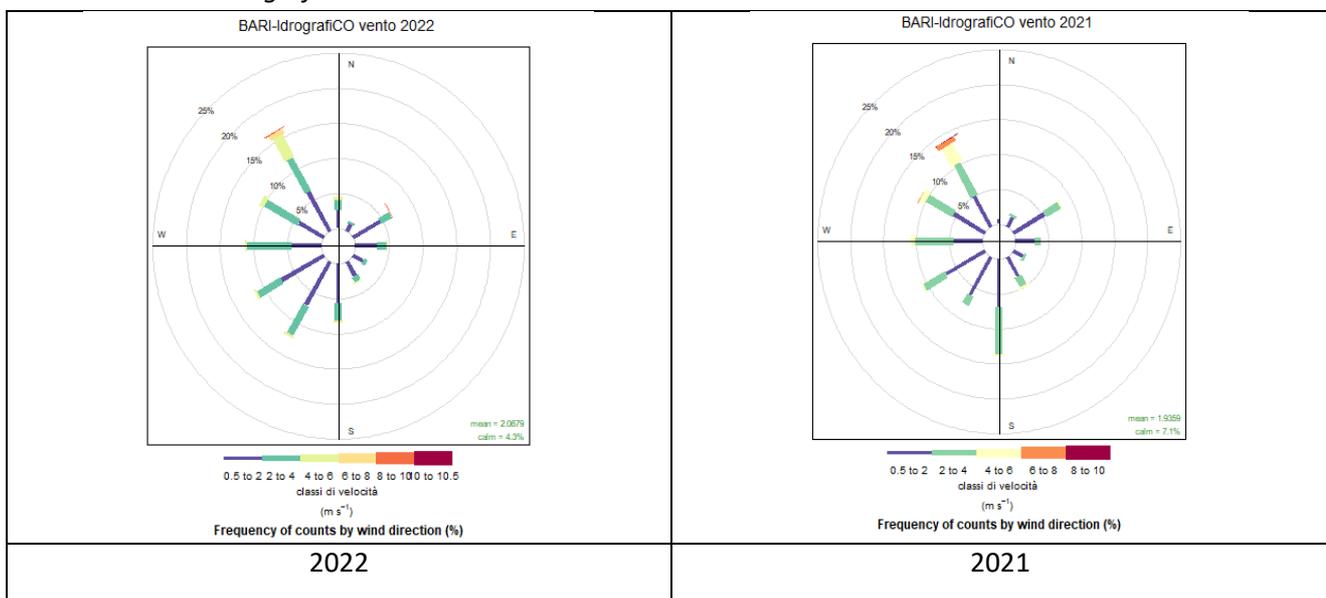
In tutte le province, tutti gli analizzatori hanno acquisito mediamente con un'efficienza superiore o uguale al 90%.

## Allegato 2: ELABORAZIONE DATI METEOROLOGICI – ANNO 2022

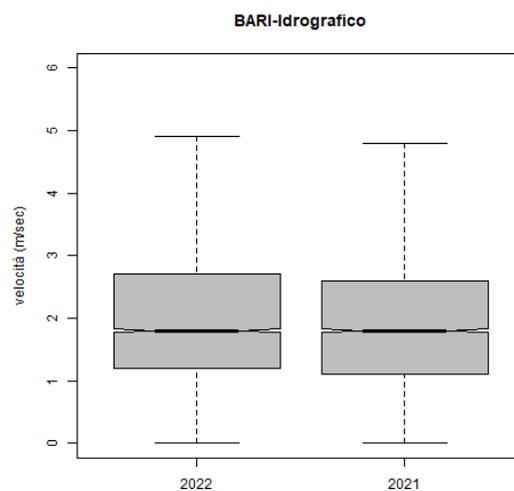
### Intensità e direzione del vento

Nelle immagini seguenti si mostrano in corrispondenza delle postazioni meteorologiche di Bari-Idrografico, Brindisi, Lecce, Foggia e Taranto - Meteo Flux, relativamente agli anni 2022 e 2021, le rose dei venti, annuali e stagionali, ed i boxplot calcolati sulle serie annuali dei dati orari di intensità del vento.

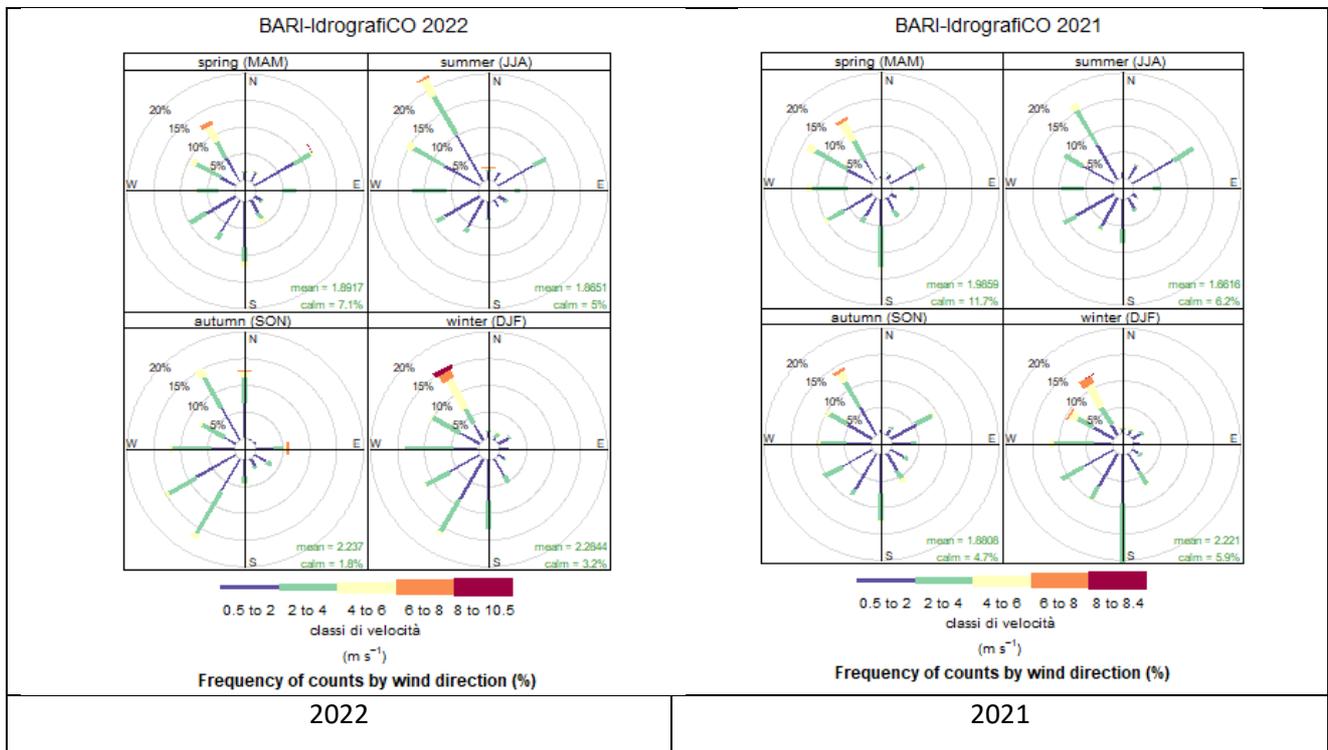
Stazione: *Bari-Idrografico*



**Rose dei venti annuali relative agli anni 2022 e 2021 – stazione Bari-Idrografico**

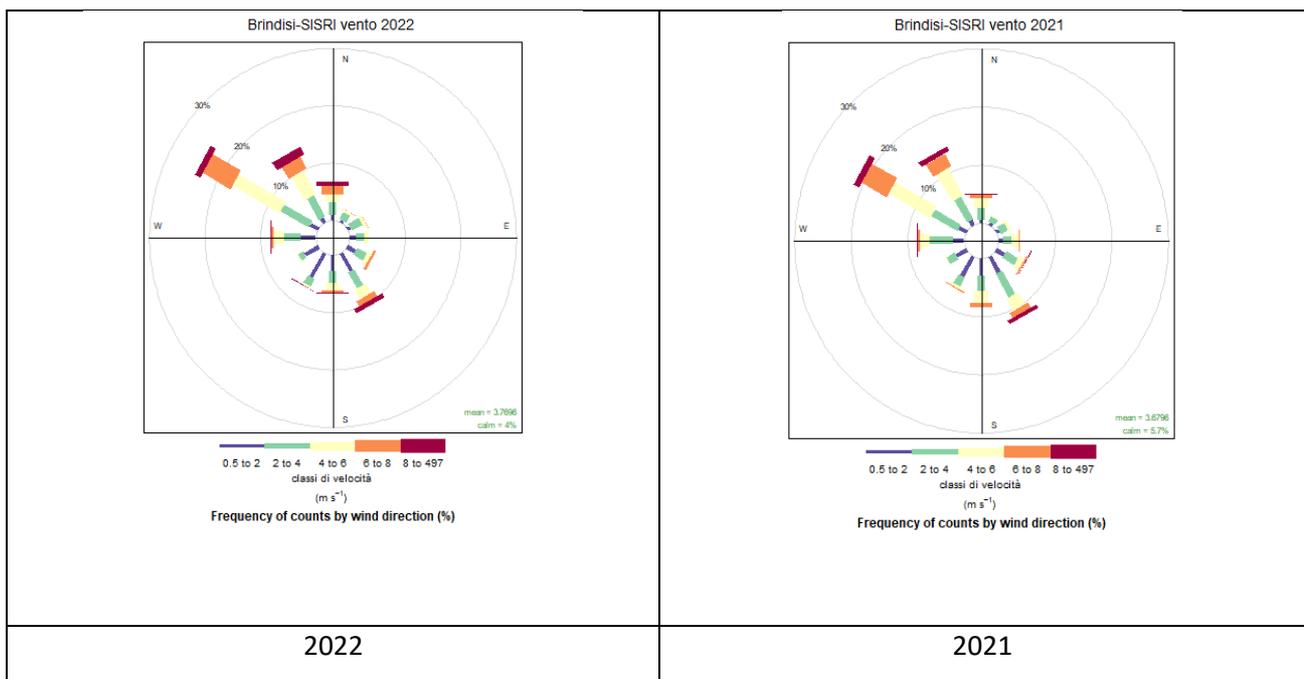


**Boxplot delle serie annuali della velocità del vento relative agli anni 2022 e 2021 – stazione Bari-Idrografico**

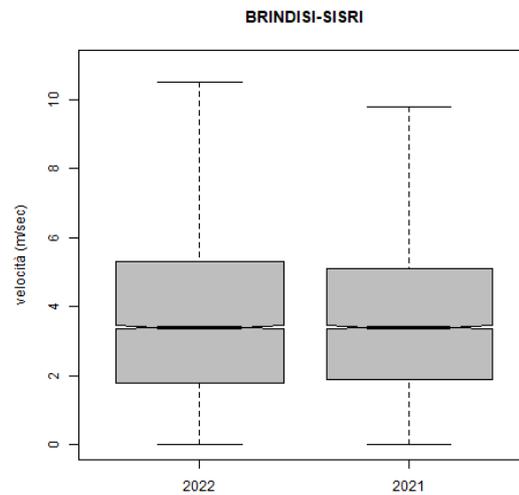


Rose dei venti stagionali relative agli anni 2021 e 2020 – stazione Bari-Idrografico

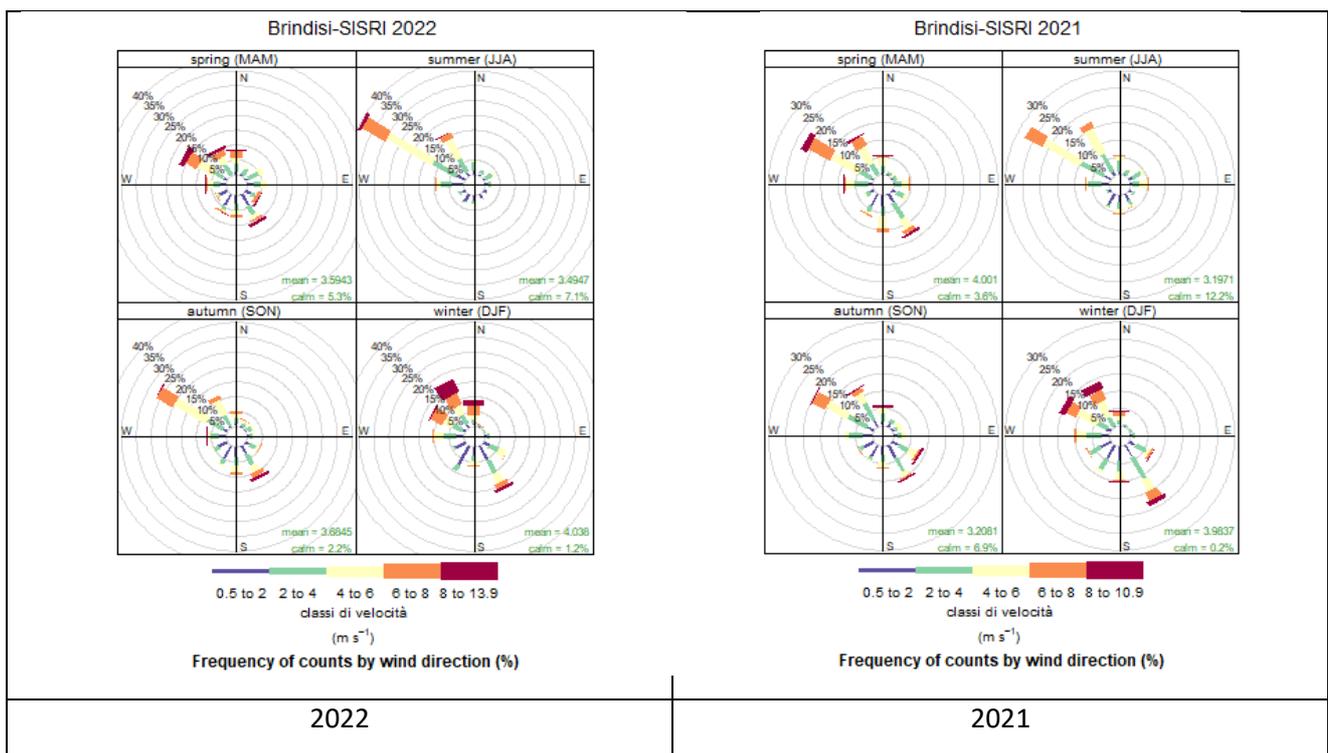
Stazione: Brindisi – SISRI



Rose dei venti annuali relative agli anni 2021 e 2020 – postazione Brindisi - SISRI

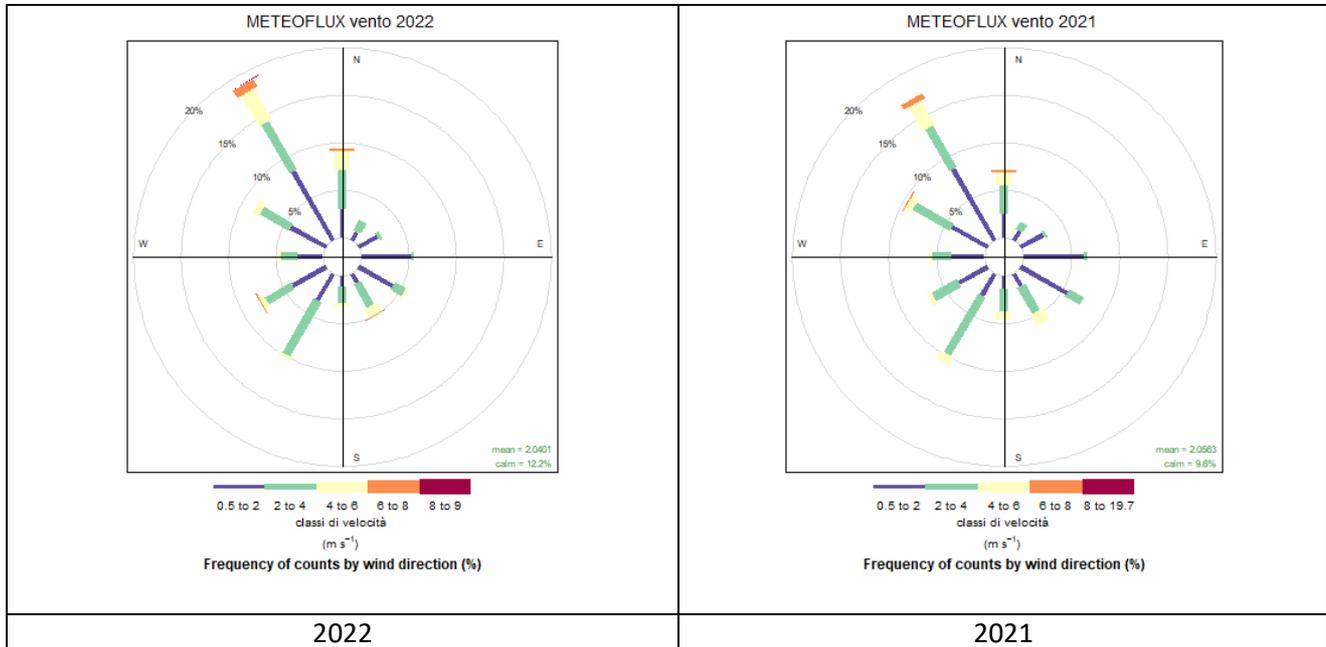


**Boxplot delle serie annuali della velocità del vento relative agli anni 2022 e 2021 – postazione Brindisi-SISRI**

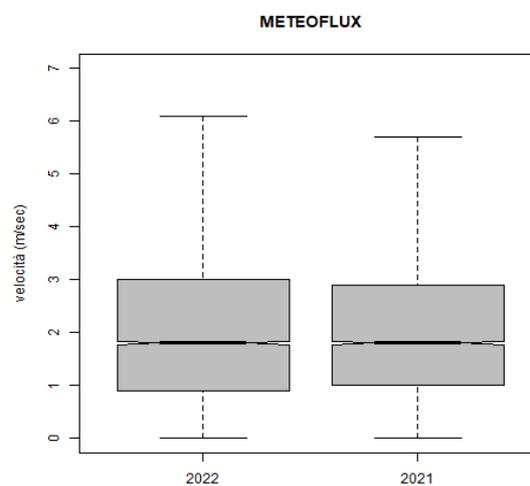


**Rose dei venti stagionali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione Brindisi - SISRI**

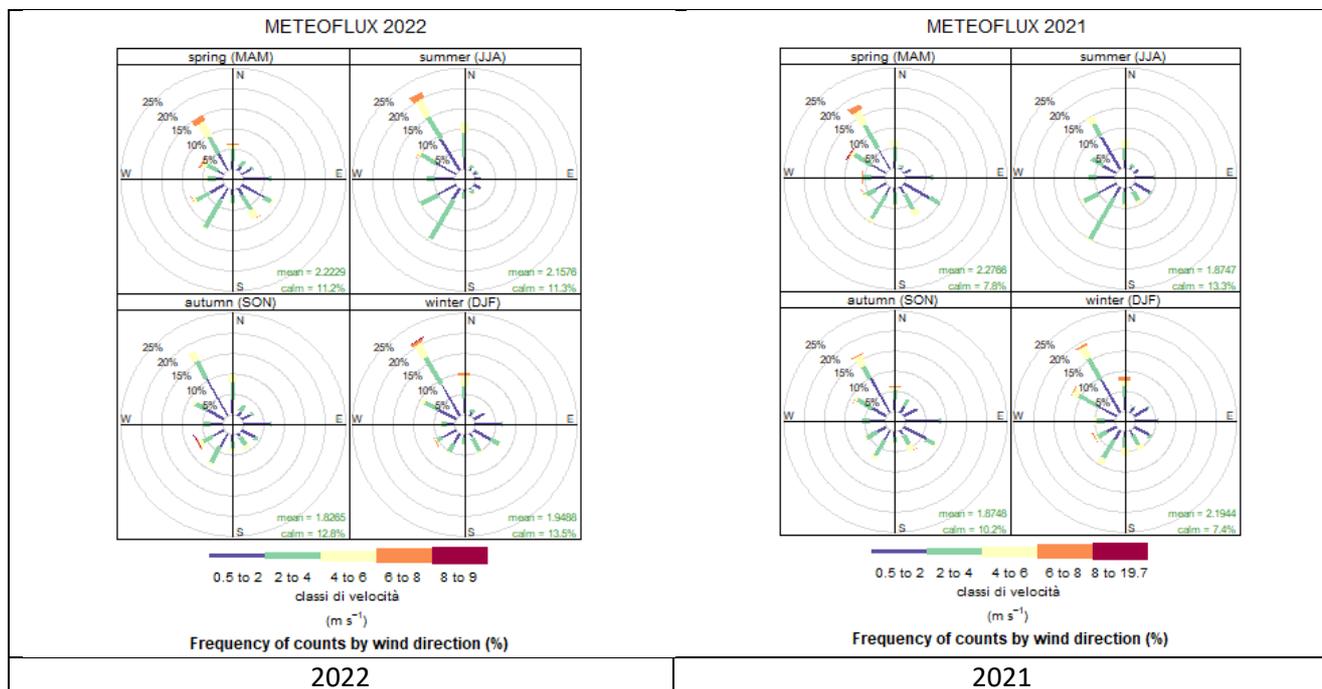
Stazione: Taranto – ENI Meteo Flux



**Rose dei venti annuali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione Taranto – ENI Meteo Flux**

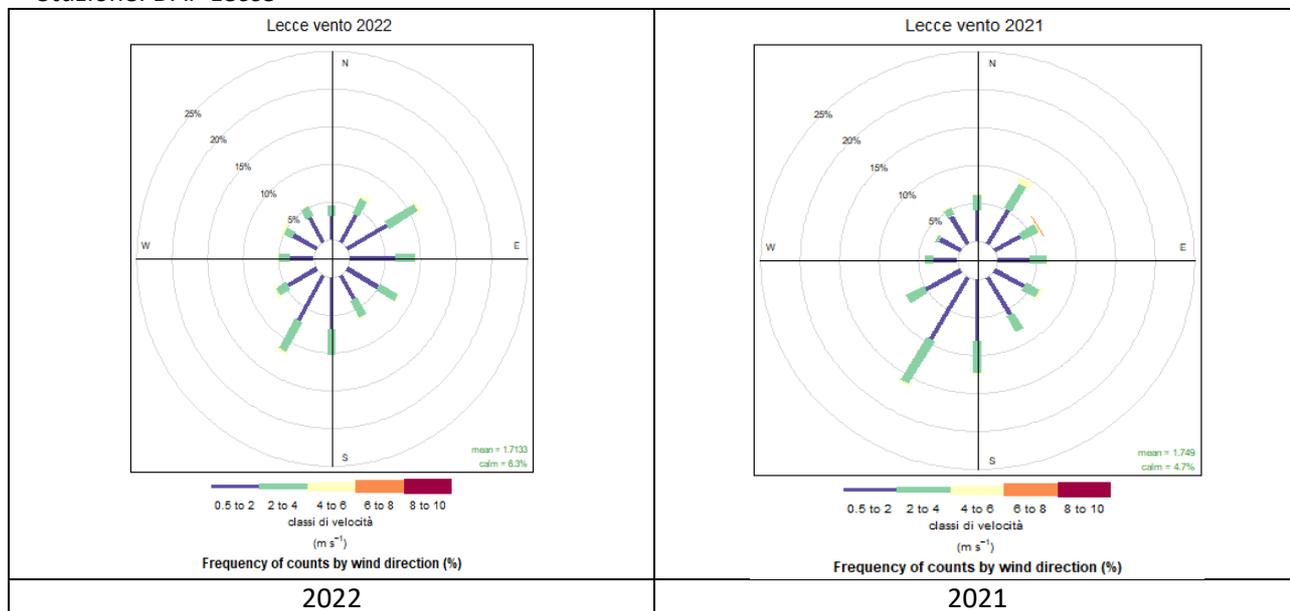


**Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relative agli anni 2022 e 2021 - postazione Taranto – Meteo Flux**



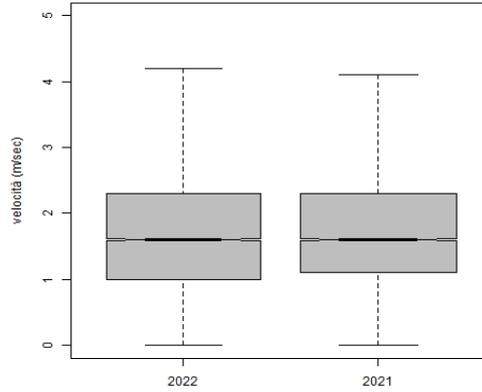
**Rose dei venti stagionali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione Taranto – ENI Meteo Flux**

Stazione: DAP Lecce

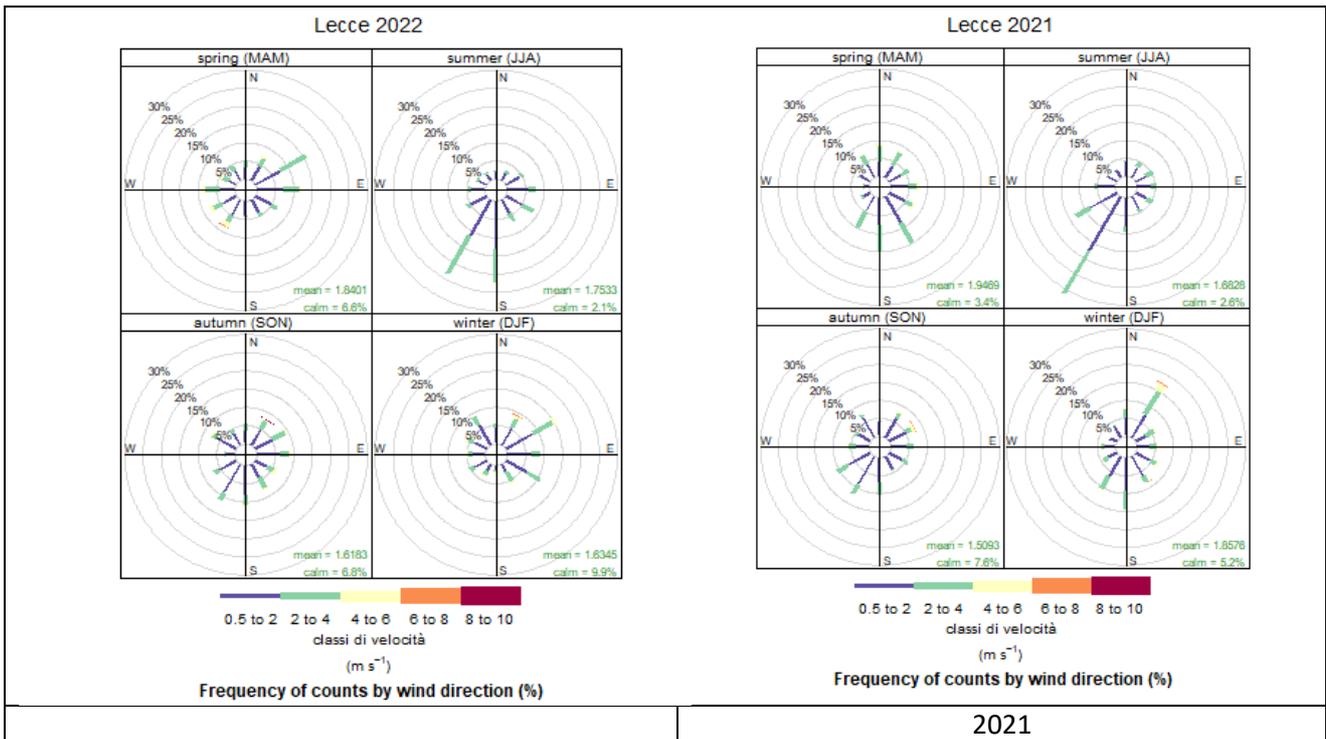


**Rose dei venti annuali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione DAP Lecce**

LECCE

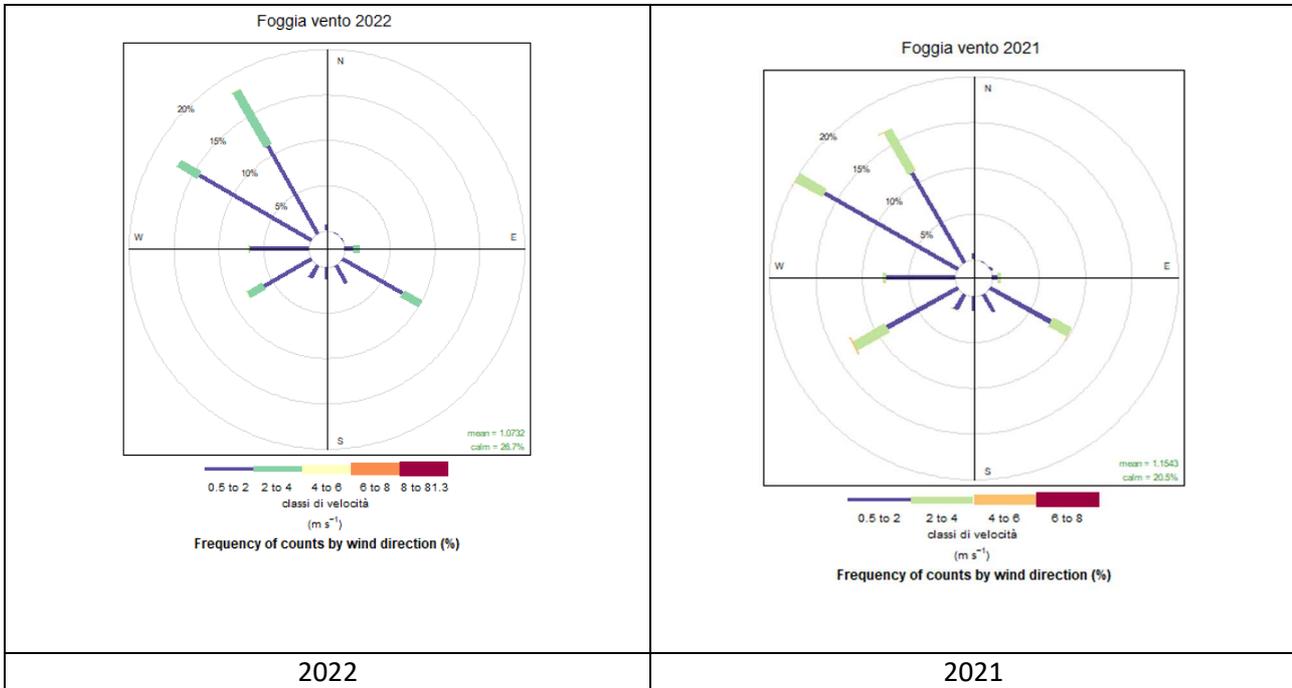


**Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relative agli anni 2022 e 2021 - postazione DAP Lecce**

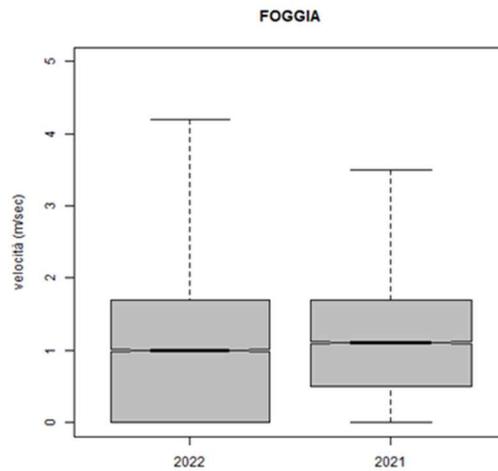


**Rose dei venti stagionali relative agli anni 2021 e 2020 – postazione DAP Lecce**

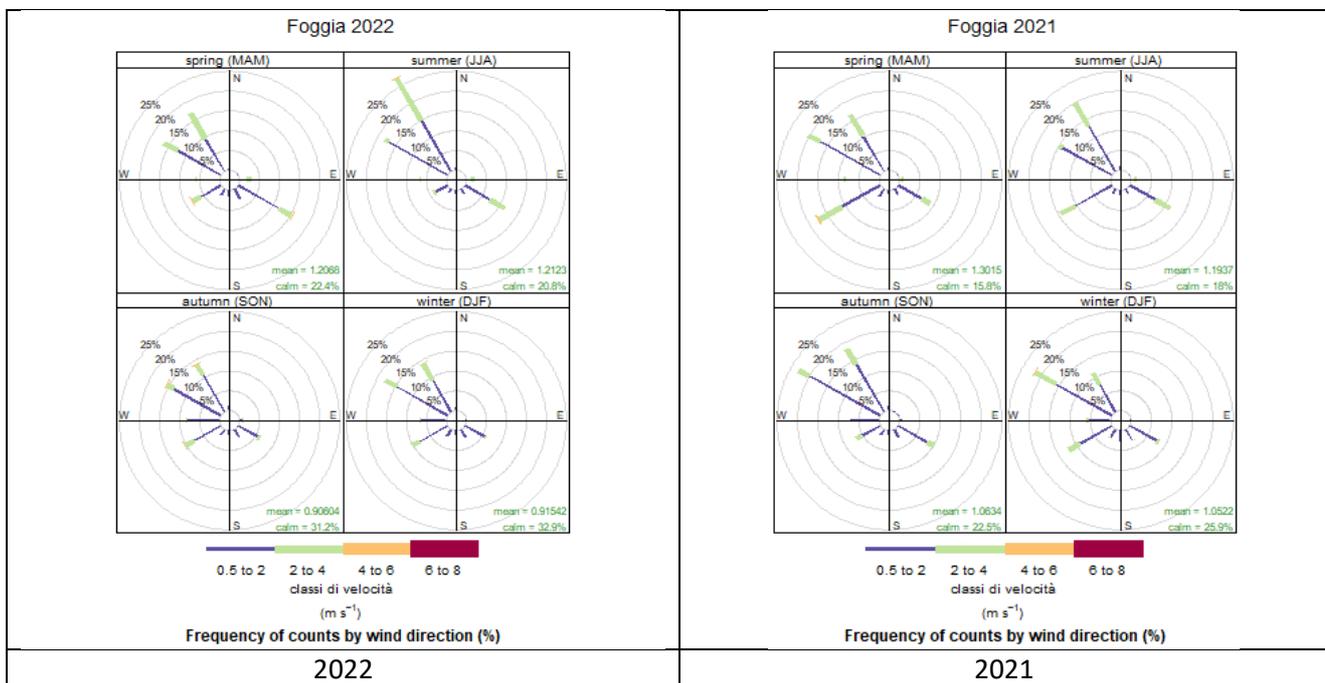
Stazione: DAP Foggia



**Rose dei venti annuali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione DAP Foggia**



**Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relative agli anni 2022 e 2021 - postazione DAP Foggia**



**Rose dei venti stagionali relative agli anni 2022 e 2021 – postazione DAP Foggia**

E' opportuno precisare che la velocità del vento è una variabile che può essere fortemente influenzata dal contesto in cui è posizionato l'anemometro. Il vento può infatti risentire degli effetti prodotti da caratteristiche locali del sito (quali rugosità, altitudine, esposizione, presenza di eventuali ostacoli, ecc.). Ciò è particolarmente evidente se si confrontano le elaborazioni meteorologiche tra le varie postazioni. A tale proposito è possibile rilevare che le postazioni di Lecce, Foggia, poste in piena area urbanizzata, mostrano valori di intensità del vento inferiori rispetto alle altre postazioni. Ciò premesso, le elaborazioni mostrate evidenziano come la distribuzione dell'intensità del vento per settore di provenienza, riferita al 2022, sia abbastanza simile a quella del 2021 per tutte le postazioni di monitoraggio.

Su base annuale si rileva un lieve aumento della velocità media del vento ed una diminuzione della percentuale di calme di vento per le stazioni di Bari-Idrografico e Brindisi-SISRI. Per la postazione *Taranto - Meteoflux*, situata in area industriale, si rileva invece un significativo aumento della percentuale delle calme di vento, che passano dal 9.6% (nel 2021) al 12.2% (nel 2022), mentre il valore medio annuale dell'intensità del vento è rimasto sostanzialmente invariato (pari a 2.0 m/s). Per le altre postazioni si osserva un aumento della percentuale delle calme di vento, mentre il valore dell'intensità media del vento rimane costante o in lieve diminuzione.

Per la stazione di *Lecce* la ventosità media annuale nel 2022 risulta sostanzialmente invariata rispetto all'anno precedente, ma si rileva un aumento della percentuale delle calme di vento che passano dal 4.7% (nel 2021) al 6.3% (nel 2022). La rosa dei venti annuale mostra una distribuzione per settori di provenienza analoga a quella del 2021 con qualche piccola differenza legata ad una diminuzione della componente da NNE ed un aumento della componente da ENE, contrariamente a quanto si osservava nell'anno precedente. Su base stagionale si osservano alcune differenze rispetto all'anno precedente nella stagione primaverile con una componente prevalente da NE piuttosto che da SE e nella stagione estiva durante la quale la componente da S ha mostrato un'occorrenza maggiore rispetto all'anno precedente.

Per quanto riguarda la postazione di *Foggia*, nel 2022 è stata rilevata una lieve diminuzione della ventosità ed un aumento significativo della percentuale delle calme di vento passate dal 20.5% (nel 2021) al 26.7%

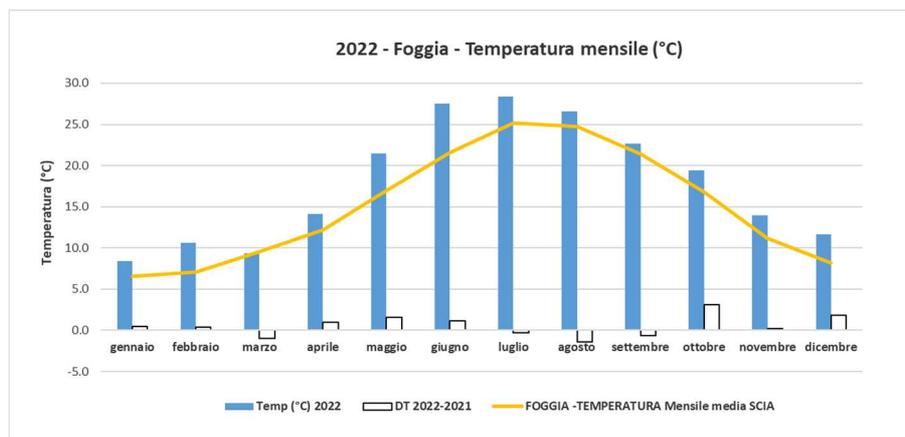
(nel 2022)<sup>20</sup>. Su base stagionale si osserva nel 2022 la presenza di componenti prevalenti da NO in tutte le stagioni ed una diminuzione, rispetto all'anno precedente, della componente da SO durante le stagioni primaverile, estiva ed invernale.

Nella postazione *Bari-Idrografico* si rileva nel 2022 un lieve aumento della ventosità ed una diminuzione della percentuale delle calme di vento. Le rose dei venti elaborate su base stagionale non evidenziano variazioni significative rispetto all'anno precedente, ad eccezione di una diminuzione della componente da S, rilevabile anche su base stagionale in tutte le stagioni. Nel 2022 si osserva un incremento della componente prevalente da NO nelle stagioni estiva ed invernale ed un aumento delle componenti da SO, rispetto all'anno precedente, durante le stagioni autunnale ed invernale.

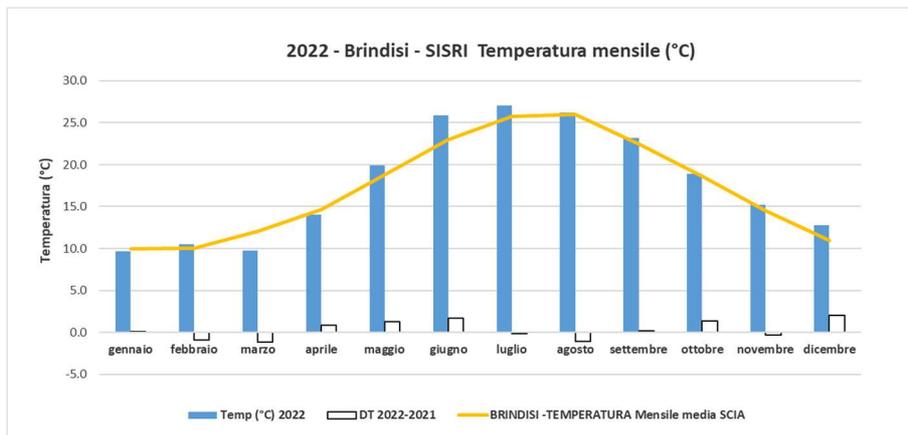
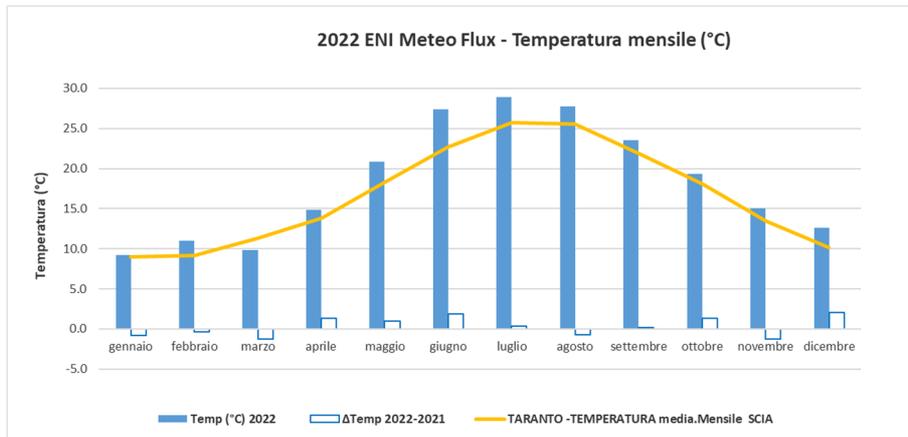
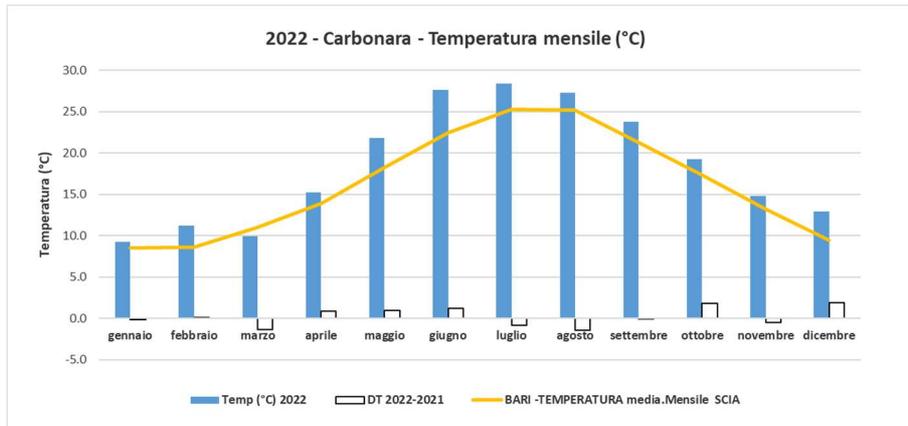
Per quanto riguarda la postazione di *Brindisi-SISRI* non si osservano variazioni significative nelle rose dei venti annuali elaborate per il 2022 e 2021, ad eccezione di un lieve aumento della componente da ONO. La ventosità è rimasta sostanzialmente invariata, mentre si osserva una lieve diminuzione dell'occorrenza delle calme di vento. Su base stagionale si osserva nel 2022 un aumento delle componenti da NO durante le stagioni estiva ed autunnale.

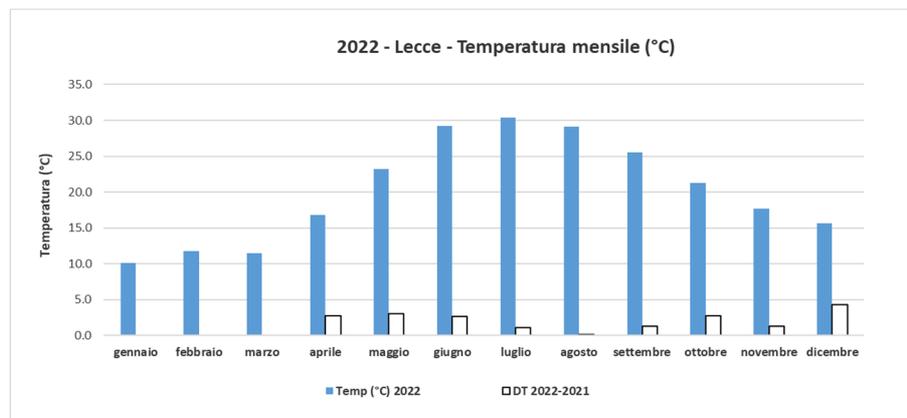
## Temperatura

Nelle figure successive si mostrano, per le centraline considerate, gli andamenti delle temperature medie mensili per l'anno in esame. Sono inoltre riportate le variazioni della temperatura media mensile rispetto all'anno 2021 e, laddove disponibile, l'andamento climatologico (dati SCIA) della temperatura nell'area in esame.



<sup>20</sup> I boxplot evidenziano per il 2022 una significativa variazione del range interquartile, ad evidenziare per tale postazione la riduzione dei valori di intensità del vento rispetto al 2021.



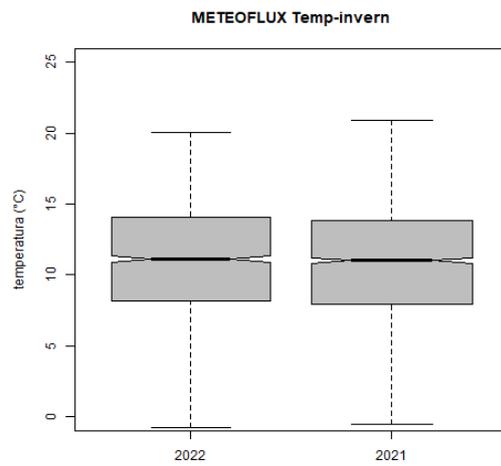
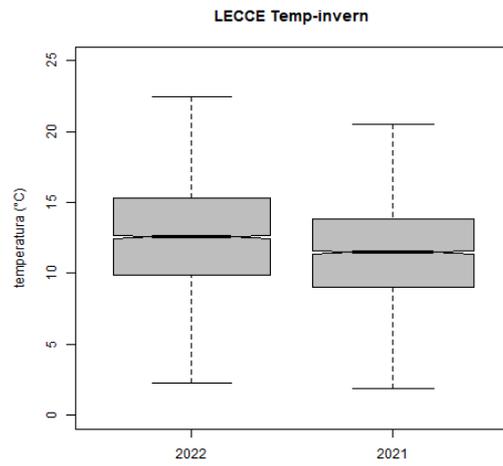
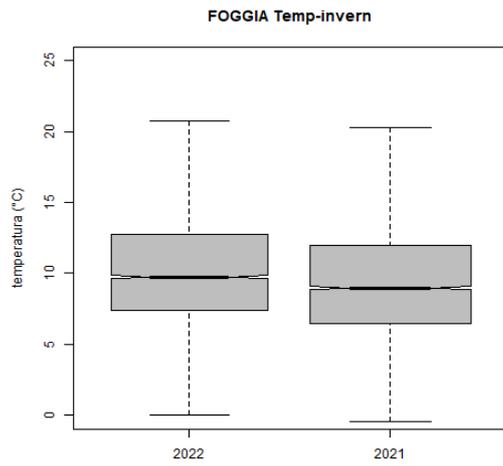
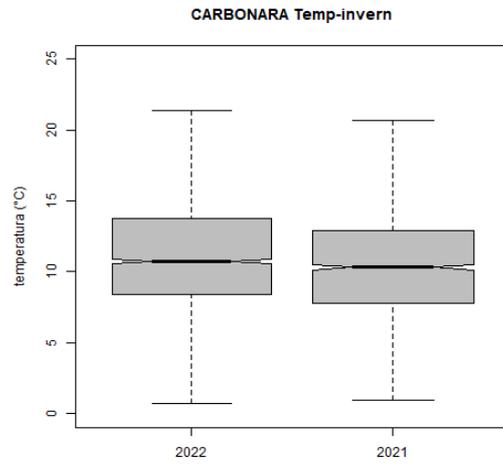
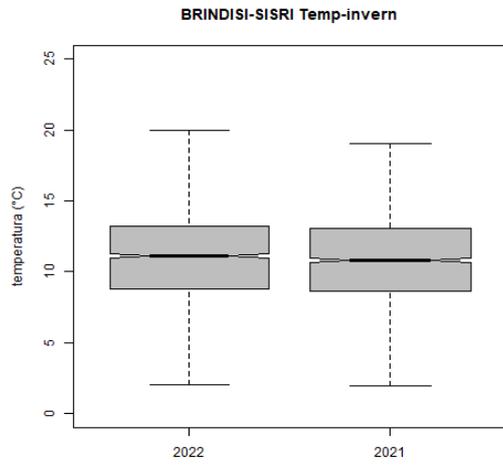


**Temperature medie mensili relative al 2022 e scostamenti rispetto al 2021**

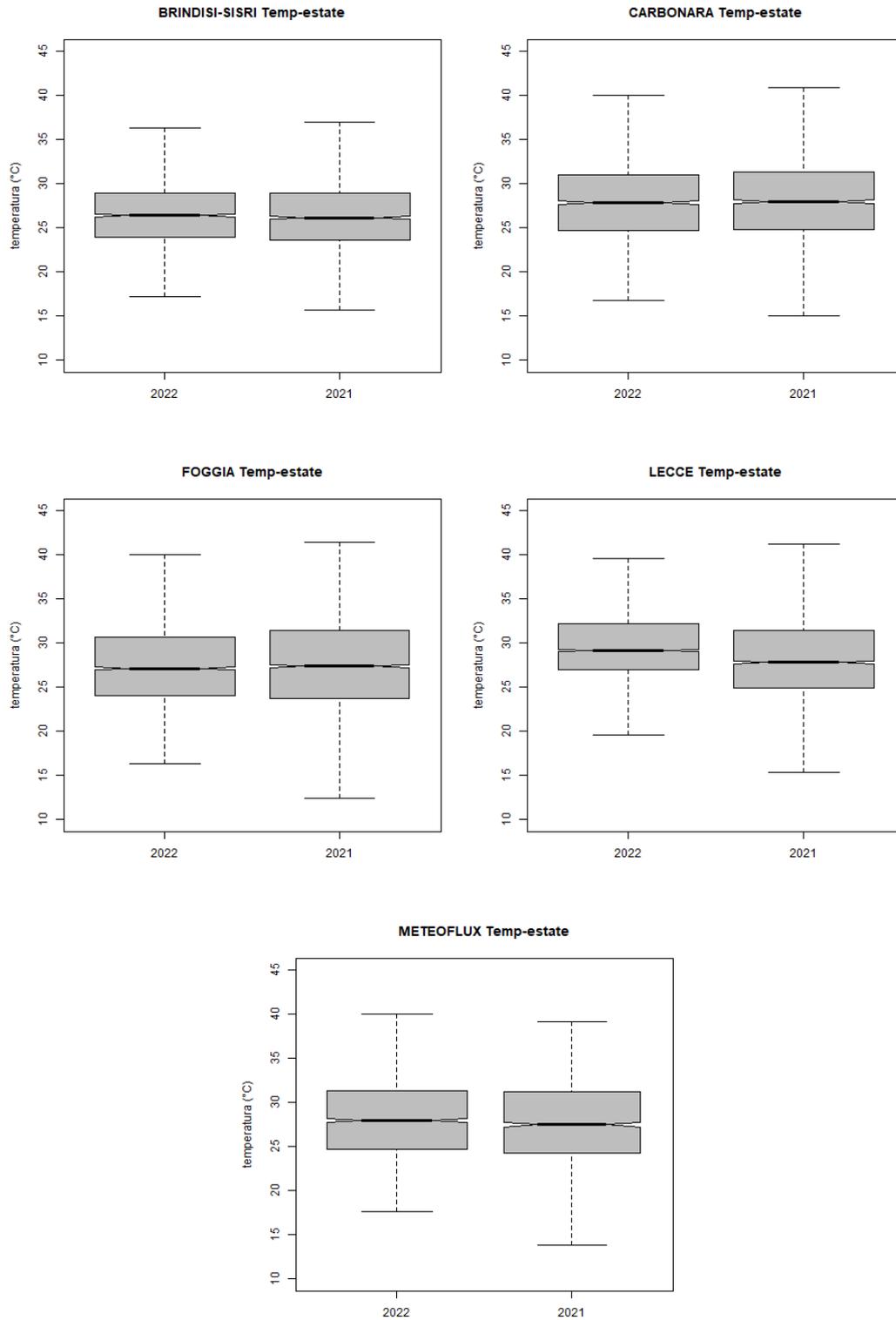
In corrispondenza di tutte le postazioni, per le quali è disponibile il dataset climatologico, si osservano per il 2022 valori medi mensili superiori ai valori medi climatologici, fatta eccezione per il mese di marzo e di agosto (per la sola postazione di Brindisi-SISRI). Inoltre rispetto all'anno precedente si osserva per tutte le stazioni una diminuzione delle temperature medie nei mesi di marzo e agosto (ad eccezione di Lecce), ed un aumento nei mesi di aprile, maggio, giugno, ottobre e dicembre.

Nella figura seguente, che riporta i boxplot dei dati di temperatura relativi ai soli mesi invernali (gennaio, febbraio, dicembre), è possibile notare nel 2022 un aumento della temperatura nel periodo invernale in tutte le postazioni, ad eccezione della postazione di Meteoflux(ENI) dove la differenza tra le mediane risulta non significativa.

I boxplot relativi ai mesi estivi (giugno, luglio ed agosto) evidenziano un aumento della temperatura per la postazione di Lecce e per la postazione Meteoflux(ENI). Nelle altre postazioni non si rileva una variazione significativa della mediana.



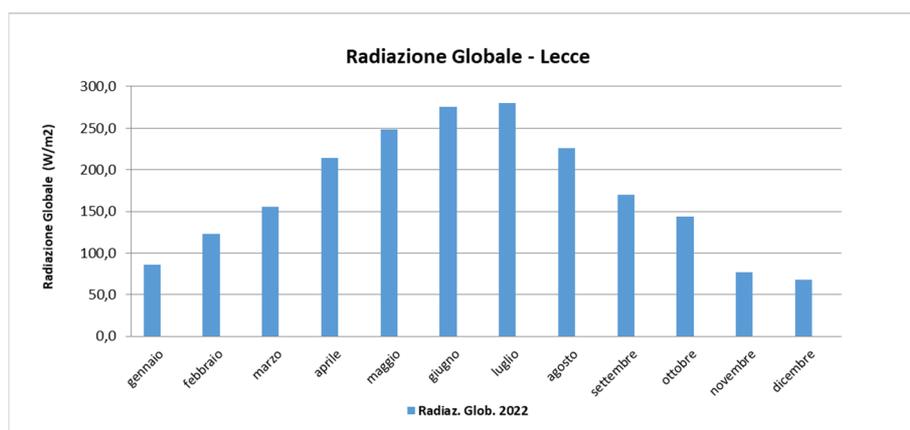
**Boxplot della serie di dati di temperatura relativi ai mesi invernali (gennaio, febbraio, dicembre) nel 2022 e nel 2021**



**Boxplot della serie di dati di temperatura relativi ai mesi estivi (giugno, luglio, agosto) nel 2022 e nel 2021**

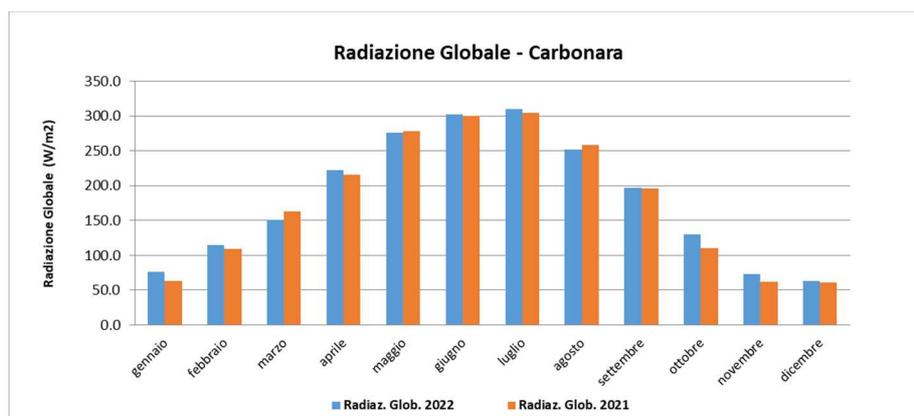
## Radiazione Globale

Nelle figure successive si mostra l'andamento dei valori medi mensili della radiazione globale riferito al 2022. Tali dati sono confrontati con quelli dell'anno precedente, per tutte le stazioni ad eccezione di quella di Lecce (per la quale la percentuale di validità dei dati di radiazione globale relativi al 2021 risultava inferiore al 75%). Per la postazione di Lecce, pertanto, si mostra di seguito il solo andamento nell'anno 2022 della radiazione solare globale media mensile.

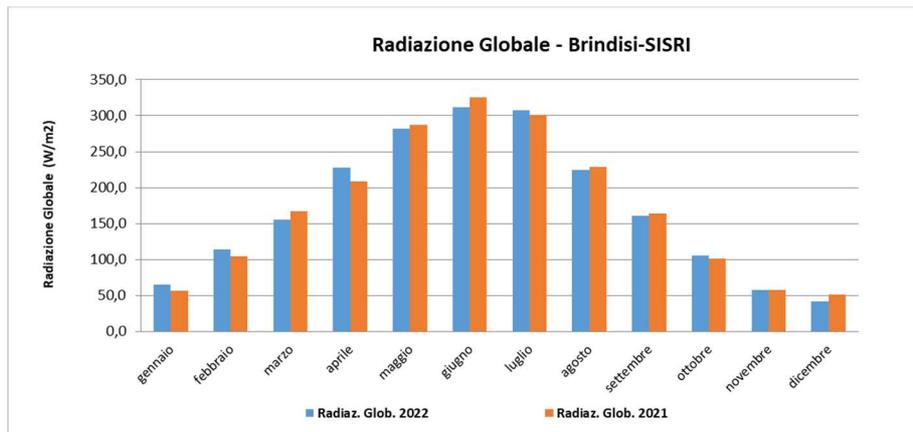


**Andamento della radiazione globale media mensile – postazione DAP Lecce**

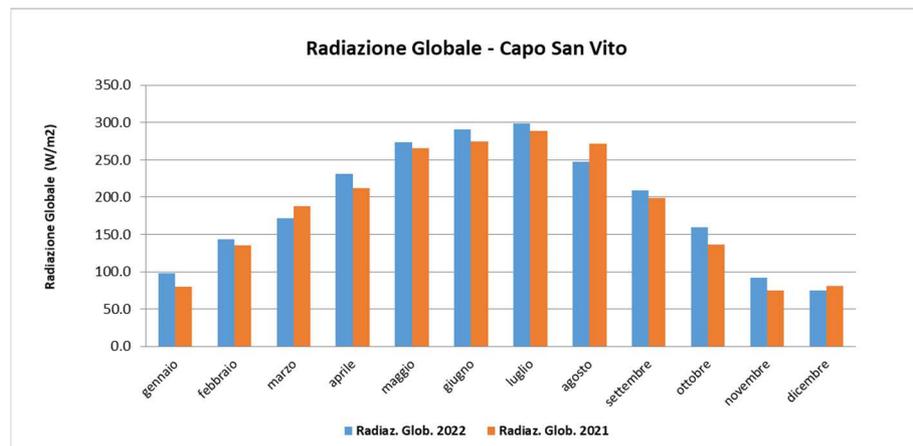
Per quanto attiene alle altre postazioni, dal confronto con l'anno precedente emerge nel 2022 un aumento della radiazione globale media per tutte le postazioni nei mesi di gennaio, febbraio (ad eccezione di Foggia), aprile, luglio, ottobre, novembre, dicembre (ad eccezione di Brindisi-SISRI e Taranto-Capo San Vito). D'altro canto se ne osserva una diminuzione in tutte le postazioni nei mesi di marzo, maggio (ad eccezione di Taranto-Capo San Vito), agosto.



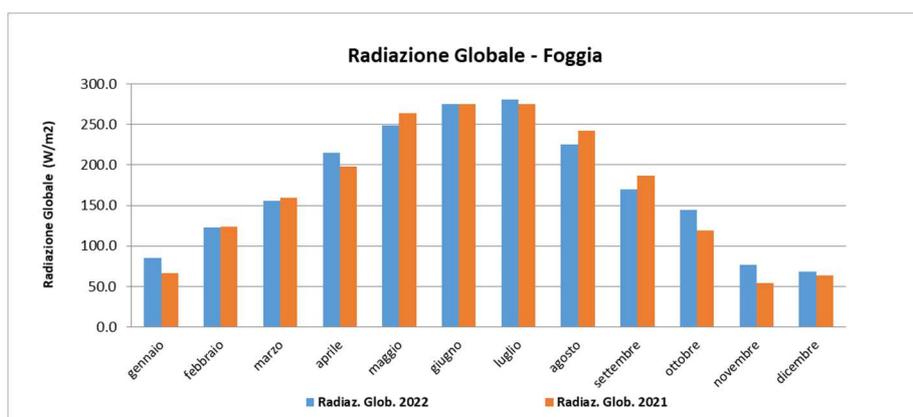
**Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Carbonara**



**Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Brindisi- Sisri**



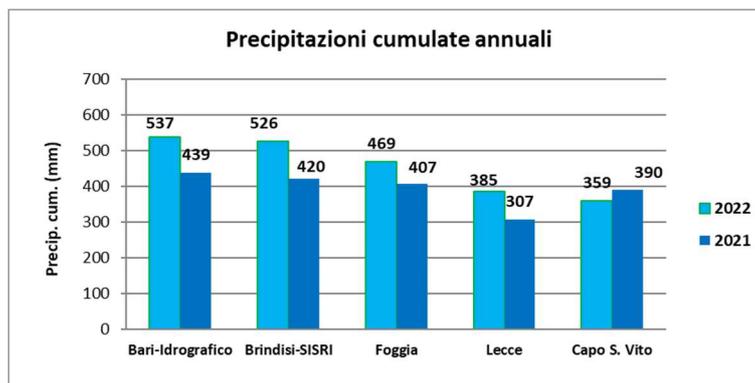
**Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Capo San Vito**



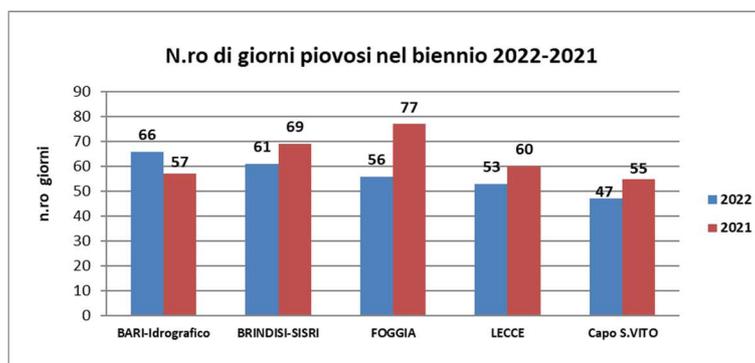
**Andamento della radiazione globale media mensile – postazione DAP Foggia**

## Precipitazione

Nelle figure successive si mostrano, per le centraline considerate, le precipitazioni cumulate annuali, le cumulate stagionali, le cumulate mensili e la loro variazione rispetto all'anno precedente. Laddove disponibili, sono riportati anche i dati climatologici relativi all'andamento annuale della precipitazione cumulata media mensile (calcolata sui periodi indicati in tabella 6).



**Confronto tra le precipitazioni cumulate annuali relative al 2022 e 2021**



**Confronto tra il numero di giorni piovosi relativi al 2022 e 2021**

Con riferimento al quantitativo di precipitazione valutato su base annuale, nel 2022 si riscontra un generale aumento rispetto all'anno precedente in tutte le stazioni ad eccezione di Taranto-Capo San Vito, dove si rileva una diminuzione di circa 40 mm rispetto all'anno precedente della cumulata annuale in concomitanza ad una diminuzione del numero di giorni piovosi.

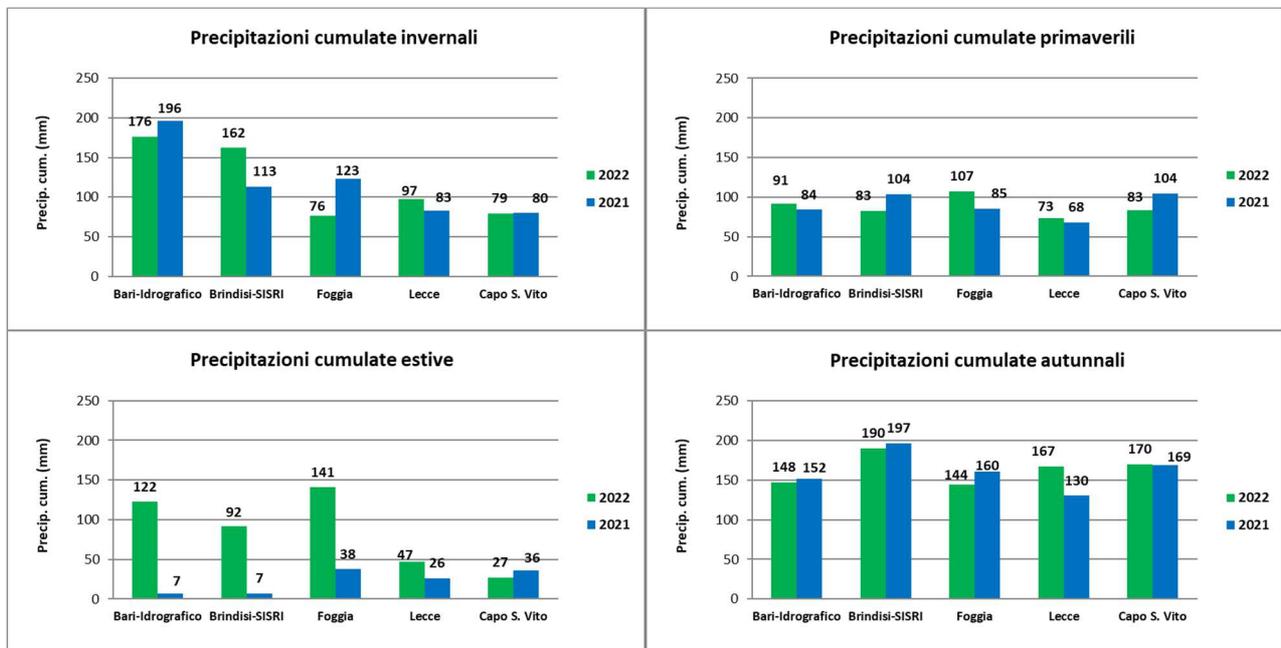
Una diminuzione del numero di giorni piovosi si rileva anche per le stazioni di Foggia, Brindisi-SISRI e Lecce, nonostante l'aumento della precipitazione cumulata annuale, ad indicazione che in tali postazioni si siano verificati eventi di precipitazione intensa.

La stazione di Bari-Iidrografico, infine, è l'unica per la quale nel 2022 oltre ad un aumento della precipitazione cumulata annuale si osserva anche un aumento del numero di giorni piovosi.

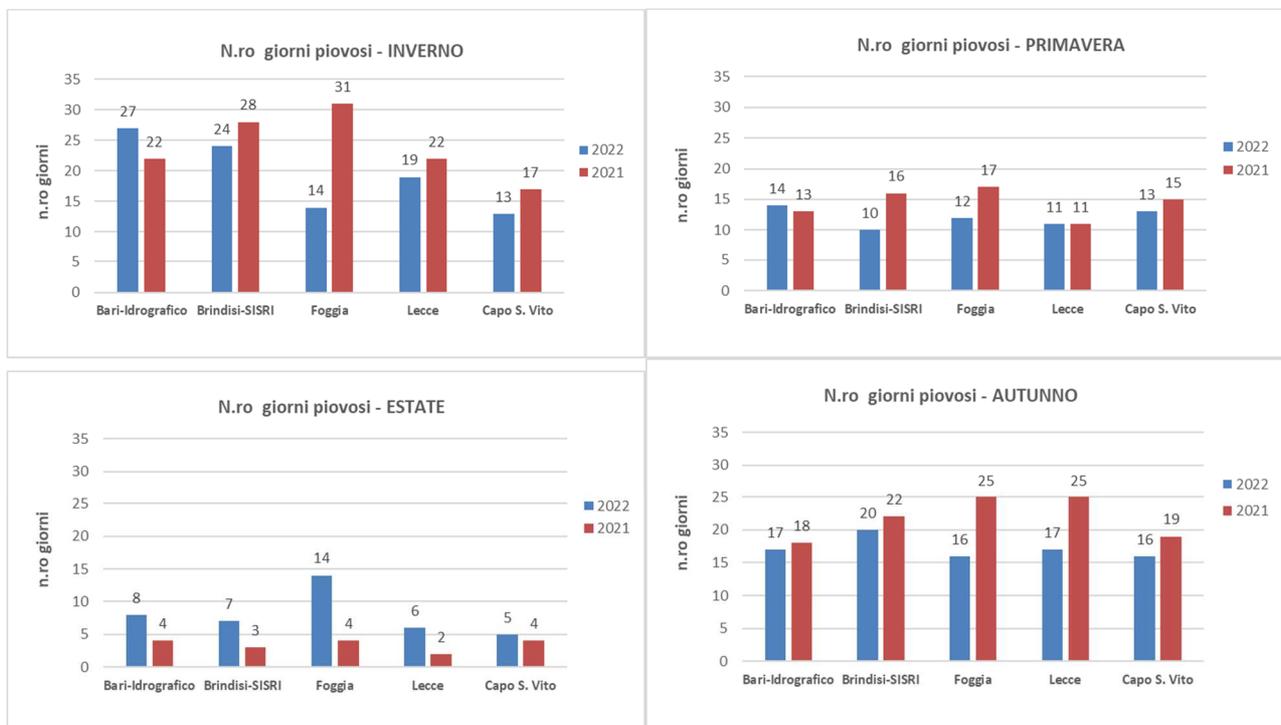
Su base stagionale si rileva un aumento sia delle precipitazioni che del numero dei giorni piovosi, durante la stagione estiva, per tutte le stazioni ad eccezione di Taranto-Capo San Vito.

Nella stagione invernale, invece, si osserva una diminuzione del numero dei giorni piovosi (ad eccezione di Bari Idrografico), una diminuzione delle precipitazioni nelle stazioni di Bari Idrografico, Foggia e Taranto-

Capo San Vito, ed un aumento delle precipitazioni nelle stazioni di Brindisi-SISRI e Lecce. Non si osservano, infine, variazioni di rilievo in primavera e in autunno.

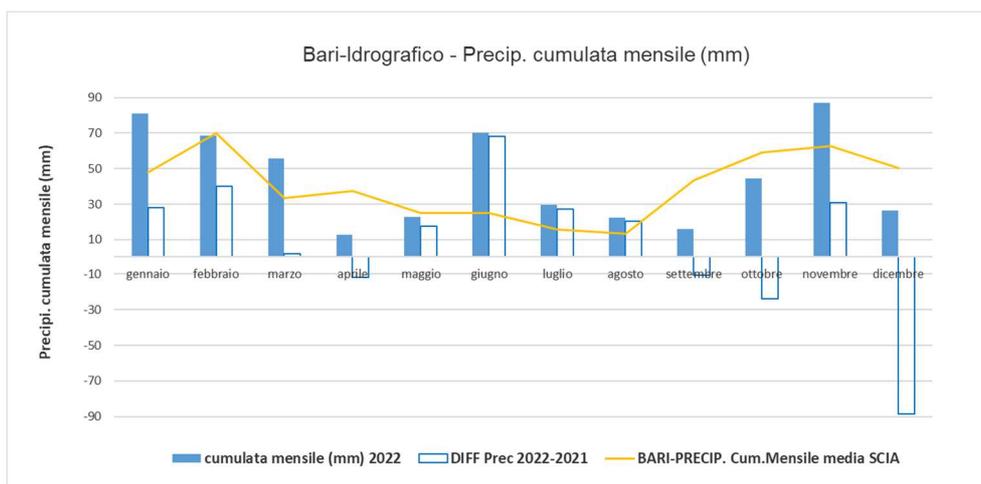


**Confronto tra le precipitazioni cumulate stagionali misurate nel 2022 e 2021**

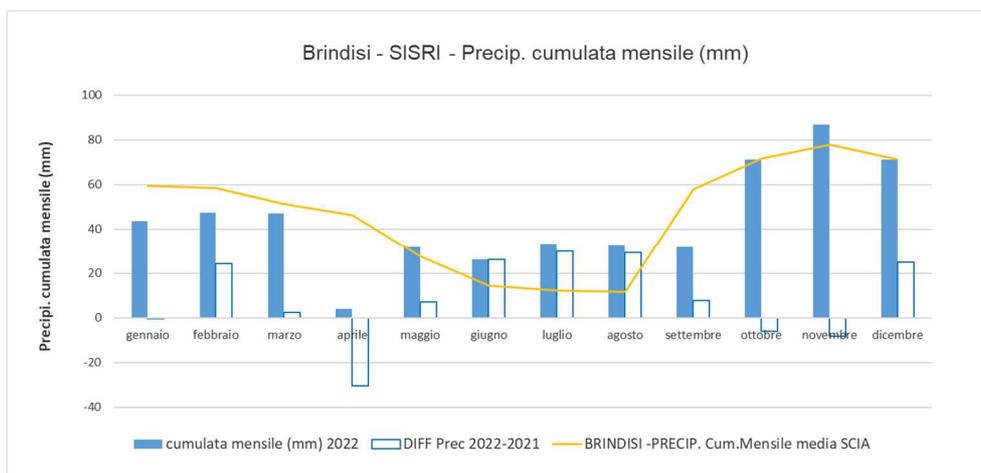


**Numero di giorni piovosi per stagione e per centralina relativi al 2021 e al 2020**

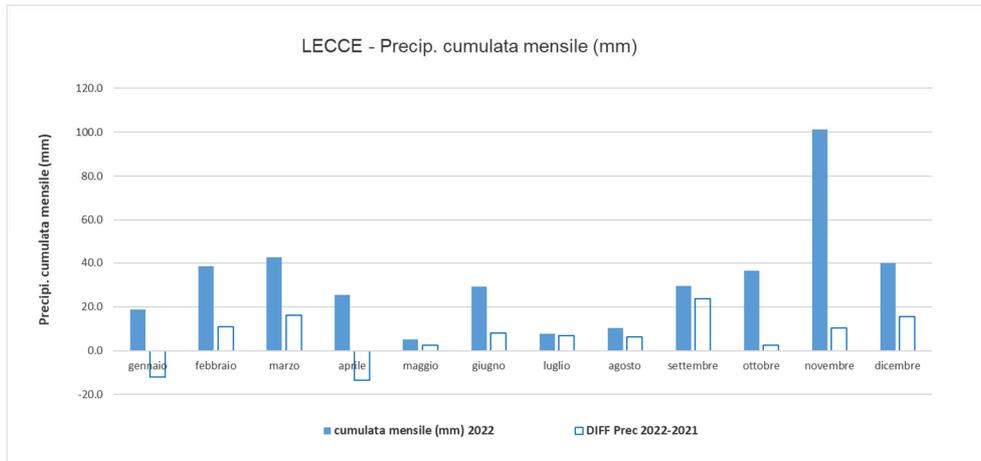
Nelle figure seguenti si mostrano le distribuzioni annuali delle precipitazioni cumulate mensili registrate nel 2022 e le variazioni rispetto all'anno precedente.



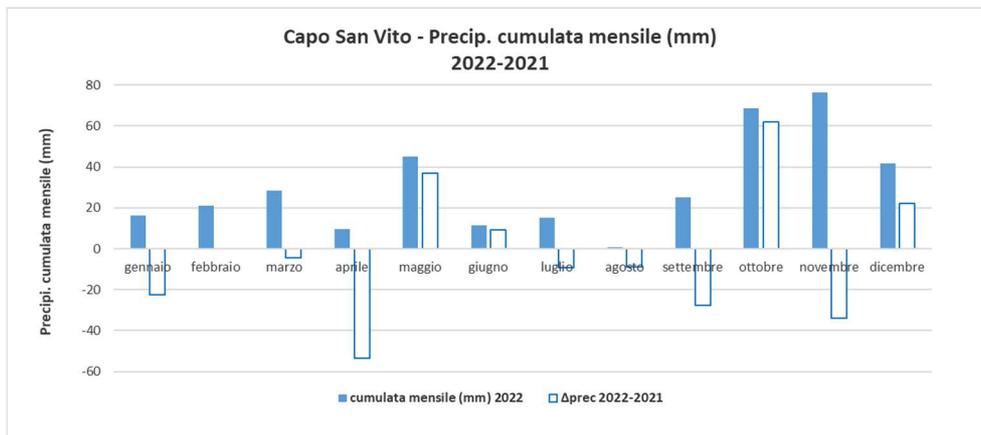
***Precipitazioni cumulate mensili 2022 e variazioni rispetto all'anno 2021 – stazione Bari-Idrografico (Centro Funzionale – Protezione Civile Regione Puglia)***



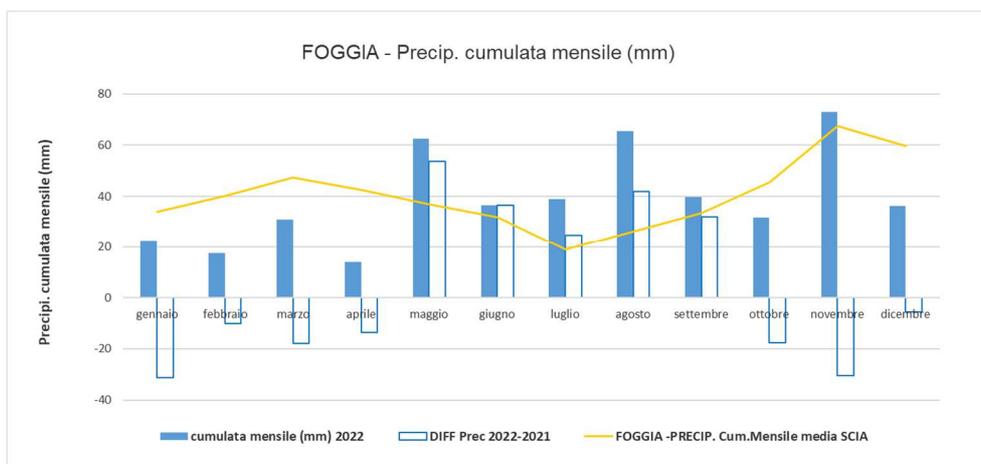
***Precipitazioni cumulate mensili 2022 e variazioni rispetto all'anno 2021 – stazione Brindisi-SISRI***



*Precipitazioni cumulate mensili 2022 e variazioni rispetto all'anno 2021 – stazione DAP Lecce*



*Precipitazioni cumulate mensili 2022 e variazioni rispetto all'anno 2021 – stazione Taranto-Capo San Vito*



*Precipitazioni cumulate mensili 2022 e variazioni rispetto all'anno 2021 – stazione DAP Foggia*

### ALLEGATO 3: SOGLIE DI VALUTAZIONE SUPERIORE E INFERIORE (Allegato II del D.Lgs 155/ 2010)

BIOSSIDO DI ZOLFO	Protezione della salute umana	Protezione della vegetazione
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	60% del valore limite sulle 24 ore (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile)	60% del livello critico invernale (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	40% del valore limite sulle 24 ore (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile)	40% del livello critico invernale (8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

BIOSSIDO DI AZOTO E OSSIDI DI AZOTO	Protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> )	Protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> )	Protezione della vegetazione (NO <sub>x</sub> )
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	70% del valore limite orario (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile)	80% del valore limite Annuale (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	80% del livello critico annuale (24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	50% del valore limite orario (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile)	65% del valore limite annuale (26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	65% del livello critico annuale (19,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

MATERIALE PARTICOLATO (PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5</sub> )	Media su 24 ore PM <sub>10</sub>	Media annuale PM <sub>10</sub>	Media annuale PM <sub>2,5</sub> *
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	70% del valore limite (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile)	70% del valore limite (28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	70% del valore limite (17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	50% del valore limite orario (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile)	50% del valore limite (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50% del valore limite (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

\* La soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore del PM<sub>2,5</sub> non si applicano alle misurazioni effettuate per valutare la conformità all'obiettivo di riduzione dell'esposizione al PM<sub>2,5</sub> per la protezione della salute umana

PIOMBO	Media annuale
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	70% del valore limite (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	50% del valore limite (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

BENZENE	Media annuale
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	70% del valore limite (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	40% del valore limite (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

MONOSSIDO DI CARBONIO	Media su 8 ore
<b>Soglia di valutazione superiore</b>	70% del valore limite (7 mg/ $\text{m}^3$ )
<b>Soglia di valutazione inferiore</b>	50% del valore limite (5 mg/ $\text{m}^3$ )

ARSENICO, CADMIO, NICHEL E BENZO(A)PIRENE.	Arsenico	Cadmio	Nichel	Benzo(a)Pirene
<b>Soglia di valutazione superiore in percentuale del valore obiettivo</b>	60% (3,6 ng/m <sup>3</sup> )	60% (3 ng/m <sup>3</sup> )	70% (14 ng/m <sup>3</sup> )	60% (0,6 ng/m <sup>3</sup> )
<b>Soglia di valutazione inferiore in percentuale del valore obiettivo</b>	40% (2,4 ng/m <sup>3</sup> )	40% (2 ng/m <sup>3</sup> )	50% (10 ng/m <sup>3</sup> )	40% (0,4 ng/m <sup>3</sup> )