PIEMONTE

Arpa

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

LA QUALITÀ DELL'ARIA IN PIEMONTE



ARIA

RAPPORTO 2025

Azienda Certificata UNI EN ISO 9001:2015 certificato GCERTI ITALY n° GITI-820-QC

Immagine di copertina realizzata da Bianco Tangerine s.r.l.

Redazione a cura di:

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Stefano Bande, Federica Libanoro, Manuela Bernardi, Barbara Cagnazzi, Daniele Gandini, Mariaelena Nicolella, Agnese Colizzi

Dipartimento Territoriale di Alessandria e Asti (Piemonte Sud Est)

Elena Scagliotti, Cristina Littera, Alessandra Pecoraro

Dipartimento Territoriale di Biella, Novara, Vercelli e VCO (Piemonte Nord Est)

Evelina Ballato, Antonello Iovino

Dipartimento Territoriale di Cuneo (Piemonte Sud Ovest)

Luisella Bardi

Dipartimento Territoriale di Torino (Piemonte Nord Ovest)

Milena Sacco, Sara Scaglione

Struttura Radiazioni Non Ionizzanti e Servizio tarature (Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici)

Gabriella Ippolito, Luca Sartoris

Hanno collaborato alla gestione del sistema modellistico regionale:

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Francesca Bissardella, Stefania Ghigo, Marilena Maringo, Bianca Tenti

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati e alle attività analitiche:

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Roberto Almasio

Dipartimento Territoriale di Biella, Novara, Vercelli e VCO (Piemonte Nord Est)

Loretta Badan, Adriano Brusco, Diego Colla, Mario Fassi, Roberta Nicolini, Fabio Santoro

Dipartimento Territoriale di Alessandria ed Asti (Piemonte Sud Est)

Donatella Passuello

Dipartimento Territoriale di Cuneo (Piemonte Sud Ovest)

Lorenzo Giordano, Sara Martini, Paola Molineri, Luca Pascucci, Marco Tosco

Dipartimento Territoriale di Torino (Piemonte Nord Ovest)

Elisa Calderaro, Francesco Romeo, Clemente Porporato, Roberto Sergi, Anna Scibelli

Laboratorio specialistico strumentale (Piemonte Nord Ovest)

Sabina Bertero, Carla Bugnone, Michele Carrera, Iacopo Coretti, Giuseppina Gallina, Laura Milizia, Roberto Mua, Francesco Pitasi, Paola Rosina, Daniela Simondi

Struttura Radiazioni Non Ionizzanti e Servizio tarature (Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici)

Alberto Benedetto, Patrizia Bongiovanni, Daniela Rossi

CSI Piemonte

Il personale tecnico della Sala Ambiente di Regione Piemonte presso il CSI Piemonte

Sommario

1 Introduzione 5

2 Il 2025 in sintesi 6

3 Inquadramento Normativo 7

4 Gli strumenti di valutazione 9

4.1 Il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) 9

4.2 L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) 11

4.3 Il Sistema Modellistico Regionale - valutazione modellistica di qualità dell'aria per il 2025 12

5 Considerazioni sul clima del 2025 14

6 Il quadro regionale 21

6.1 Particolato sospeso: PM10 21

6.2 Particolato sospeso: PM2.5 34

6.3 Biossido di azoto (NO_2) 38

6.4 Ozono (O_3) 46

6.5 Benzo(a)pirene nel PM10 55

6.6 Benzene 58

6.7 Monossido di carbonio (CO) e biossido di zolfo (SO_2) 59

6.8 Metalli nel PM10 62

7 Il dettaglio per provincia 67

7.1 Città metropolitana di Torino 67

7.2 Provincia di Alessandria 81

7.3 Provincia di Asti 92

7.4 Provincia di Biella 101

7.5 Provincia di Cuneo 111

7.6 Provincia di Novara 122

7.7 Provincia del Verbano-Cusio-Ossola 133

7.8 Provincia di Vercelli 143

8 Approfondimenti 153

8.1 Il Black Carbon in Piemonte 153

8.2 Metalli non normati 163

8.3 Valutazione del contributo dovuto al trasporto di polveri desertiche alle concentrazioni di PM10 in Piemonte nel 2025 184

8.4 Adeguamento degli analizzatori di ozono della rete di monitoraggio della qualità dell'aria alla nuova sezione d'urto raccomandata (CCQM.O3.2019 / EN 14625:2024) 189

Appendice A1 193

Appendice A2 196

Glossario

As: Arsenico

BC: Black Carbon

Cd: Cadmio

CO: Monossido di carbonio

CO_2: Biossido di carbonio

CTM: *Chemical Transport Models* (modelli di chimica e trasporto)

EMEP: *European Monitoring and Evaluation Programme*

IPA: Idrocarburi Policiclici Aromatici

IREA: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera

Ni: Nichel

NH_3: Ammoniaca

NMVOC: *Non-methane Volatile Organic Compounds* (Composti organici volatili non metanici)

NO_x: ossidi di azoto

NO_2: biossido di azoto

O_3: ozono

Pb: Piombo

PRQA: Piano Regionale Qualità dell'Aria

SNAP: *Selected Nomenclature for Air Pollution*

SO_2: biossido di zolfo

SRRQA: Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria

PM2.5: materiale particolato con diametro aerodinamico ≤ 2.5 µm

PM10: materiale particolato con diametro aerodinamico ≤ 10 µm

Zona UE: Porzione del territorio identificata, ai fini della gestione della qualità dell'aria, dalla zonizzazione di Regione Piemonte

1 Introduzione

La Relazione Annuale sulla Qualità dell'Aria – Rapporto 2025 di Arpa Piemonte ha l'obiettivo di fornire una descrizione aggiornata dello stato di qualità dell'aria a livello regionale. A tal fine vengono utilizzate le informazioni provenienti dagli strumenti che il D.lgs. 155/2010 prevede per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente, ovvero:

- la rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, costituita dalle stazioni di monitoraggio dislocate sul territorio per la misura degli inquinanti,
- l'inventario regionale delle emissioni, i cui dati vengono utilizzati nelle simulazioni modellistiche di qualità dell'aria,
- il sistema modellistico regionale.

Il rapporto fornisce inizialmente una sintesi dello stato di qualità dell'aria nel 2025, seguito da un breve inquadramento normativo sulla qualità dell'aria e dalla descrizione degli strumenti di valutazione sopra citati. Dopo una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, con una particolare attenzione verso i parametri che maggiormente influenzano l'accumulo e la dispersione degli inquinanti, si ha l'illustrazione dello stato di qualità dell'aria a livello regionale per l'anno 2025, nel quale – per ognuno degli inquinanti normati – vengono riportati i risultati ottenuti dal sistema modellistico (ove utilizzato) ed esaminati i dati acquisiti dalle stazioni della rete di monitoraggio regionale, confrontandoli con gli indicatori di legge e valutandone l'andamento nel corso degli anni. I paragrafi successivi sono dedicati al dettaglio a livello provinciale, con approfondimenti ed elaborazioni mirate ad analisi più specifiche. Infine, completa il rapporto una sezione dedicata ad approfondimenti e commenti su tematiche specifiche.

2 Il 2025 in sintesi

Le concentrazioni misurate nel corso del 2025 dalle stazioni della rete di monitoraggio regionale della qualità dell'aria sono state più basse di quelle dell'anno precedente e tra le più basse di tutta la serie storica di misura, anche per gli inquinanti a maggiore criticità sul territorio regionale (particolato, biossido di azoto ed ozono). In riferimento ai limiti previsti D.lgs. 155/2010 possiamo infatti osservare che:

- gli inquinanti quali monossido di carbonio, biossido di zolfo, benzene, metalli pesanti confermano, come ormai da molti anni, la piena conformità ai limiti normativi;
- il valore limite per la media annuale di PM10, PM2.5 è rispettato su tutto il territorio regionale;
- il valore obiettivo per il Benzo(a)pirene è rispettato su tutto il territorio regionale;
- Il valore limite per la media annuale del biossido di azoto è rispettato per la prima volta su tutto il territorio regionale; per quanto riguarda i superamenti del valore limite orario non vi sono criticità su tutta la regione;
- permangono criticità, con il mancato rispetto del limite normativo, per la media giornaliera del PM10: nel 2025 il numero di stazioni in superamento è stato comunque in diminuzione rispetto agli anni precedenti e pari a 7 punti di misura (su un totale di 49), a fronte delle 12 del 2024 e 8 del 2023.
- per l'ozono il non rispetto del valore obiettivo (sia a breve che a lungo termine) per la protezione della salute umana permane su tutto il territorio regionale, nonostante una riduzione delle concentrazioni rispetto agli anni precedenti misurata in tutte le stazioni di monitoraggio.

Il quadro meteorologico osservato nel 2025 ha contribuito a mantenere le concentrazioni in linea con quelle dell'anno precedente: è stato il quinto anno più caldo dal 1958, è stato più piovoso rispetto alla climatologia - in particolare sono risultati piovosi alcuni dei mesi più critici per l'inquinamento atmosferico quali gennaio e dicembre; si è anche osservato un decremento dei giorni con inversione termica persistente.

Risulta quindi necessario proseguire l'impegno, a tutti i livelli, nel porre in atto misure per la riduzione delle emissioni al fine di pervenire al rispetto di tutti i valori limite ed obiettivo previsti dalla normativa vigente, anche in considerazione del prossimo recepimento nella legislazione nazionale, previsto entro dicembre 2026, della nuova Direttiva (UE) 2881/2024 di qualità dell'aria che stabilisce limiti ancora più stringenti alle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

3 Inquadramento Normativo

La legislazione in materia di qualità dell'aria si pone come prioritario obiettivo il miglioramento della qualità dell'aria, attraverso la progressiva riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici, per salvaguardare l'ambiente e la salute dei cittadini.

L'articolata normativa europea di riferimento si concretizza con la Direttiva 2008/50/CE, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Il decreto, istituendo un quadro normativo unitario, garantisce l'applicazione di metodi e criteri comuni, per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, su tutto il territorio nazionale e stabilisce valori di riferimento per gli inquinanti più rilevanti (elencati in Tabella 1), sia in relazione al rischio sanitario che ambientale e per i quali sussiste l'obbligo di monitoraggio. Il Decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81, di recepimento della Direttiva Comunitaria 2016/2284/UE (cosiddetta direttiva NEC – National Emission Ceiling), assume come finalità generale il miglioramento della qualità dell'aria e la salvaguardia della salute umana e dell'ambiente, mirando così a consolidare il raggiungimento degli obiettivi del D.Lgs.155/2010 medesimo e a perseguire un avanzamento verso l'obiettivo a lungo termine dei livelli di qualità dell'aria, sempre più stringenti, raccomandati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. La nuova direttiva NEC impone la riduzione delle emissioni antropogeniche degli inquinanti biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici, ammoniaca e materiale particolato PM2.5. A ciascuno Stato è assegnato un target di riduzione da raggiungere entro il 2020 e 2030, così da garantire una riduzione generalizzata dell'inquinamento atmosferico sul territorio dell'Unione Europea. Per perseguire tale finalità, ai sensi dell'articolo 4, comma 3, del D.lgs. 30 maggio 2018, n. 81, la Presidenza del Consiglio dei ministri, con il DPCM 23 dicembre 2021, ha approvato il "Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico" (PNCIA) che si inserisce tra le riforme da attuarsi ai sensi del "Piano nazionale di ripresa e resilienza" (Missione 2, Componente 4-3, Riforma 3.1). L'attuazione delle misure del programma sarà a cura delle Autorità competenti (Stato, Regioni, Enti locali) che dovranno adottare gli strumenti necessari alla sua realizzazione, integrando il compimento dei piani di qualità dell'aria con lo sviluppo di politiche coerenti in altri settori pertinenti quali il clima, l'energia, l'agricoltura, l'industria e i trasporti.

Nella stessa ottica si colloca la nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria, la direttiva 2024/2881/EC, approvata dal Parlamento europeo nell'ottobre del 2024 ed entrata in vigore il 10 dicembre 2024, che sostituisce e unifica le precedenti direttive 2008/50/EC e 2004/107/EC. La nuova direttiva dà seguito all'impegno preso nell'ambito del "Green Deal Europe", per il miglioramento della qualità dell'aria e il progressivo allineamento degli standard di qualità alle raccomandazioni dell'OMS del 2021 (Air Quality Guideline Level). Il percorso è quello avviato nel 2013 con il programma "Aria pulita per l'Europa", proseguito nel 2021 con l'adozione del "Piano d'azione per l'inquinamento zero", con l'ambizioso obiettivo di ridurre, entro il 2050, l'inquinamento atmosferico a livelli non considerati dannosi per la salute umana e gli ecosistemi naturali. Gli Stati membri hanno due anni di tempo per recepire, entro l'11 dicembre 2026, nella propria legislazione nazionale la nuova direttiva.

A livello regionale, l'atto normativo di riferimento, per la gestione e il controllo della qualità dell'aria, rimane la legge regionale del 7 aprile 2000, n. 43 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria". La legge stabilisce una serie di disposizioni in materia di inquinamento atmosferico, le modalità per la realizzazione e la gestione degli strumenti a servizio della valutazione e gestione della qualità dell'aria e definisce le funzioni proprie degli Enti territoriali e i compiti di Arpa Piemonte. Arpa Piemonte rappresenta il soggetto tecnico che garantisce il funzionamento omogeneo e coordinato, su tutto il territorio regionale, del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA). Il Piano per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, ora denominato ai sensi del D. Lgs.155/2010 *Piano Regionale della Qualità dell'Aria (PRQA)*, è lo strumento di riferimento per la programmazione, il coordinamento ed il controllo in materia di inquinamento atmosferico a livello regionale. Il PRQA attualmente vigente è stato approvato dal Consiglio regionale del Piemonte con Deliberazione n. 166-17641 del 28 luglio 2026. Il nuovo PRQA, che aggiorna il precedente approvato con Deliberazione 10 dicembre 2024, n. 18 –28783, è stato adottato ai sensi del decreto legge n. 73/2025, convertito con modificazioni dalla legge n. 105/20250.

Inquinante	Periodo di mediazione	Tipo di limite	Valore	
Biossido di zolfo (SO_2)	1 ora	Valore limite per la protezione della salute umana	350 µg/m^3	da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	Valore limite per la protezione della salute umana	125 µg/m^3	da non superare più di 3 volte per anno civile
	Superamento per 3 ore consecutive	Soglia di allarme	500 µg/m^3	in stazione con rappresentatività > 100 Kmq o intera zona
	Anno civile e inverno (1ottobre-31 marzo)	Livelli critici annuale/invernale per la protezione della vegetazione	20 µg/m^3	
Biossido di azoto (NO_2)	1 ora	Valore limite per la protezione della salute umana	200 µg/m^3	da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	Valore limite per la protezione della salute umana	40 µg/m^3	
	Superamento per 3 ore consecutive	Soglia di allarme	400 µg/m^3	in stazione con rappresentatività > 100 Kmq o intera zona
Ossidi di azoto (NO_x)	Anno civile	Livello critico per la vegetazione	30 µg/m^3	
PM10	1 giorno	Valore limite per la protezione della salute umana	50 µg/m^3	da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	Valore limite per la protezione della salute umana	40 µg/m^3	
PM2.5	Anno civile	Valore limite per la protezione della salute umana	25 µg/m^3	dal 01/01/2020 valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6
Benzene (C_6H_6)	Anno civile	Valore limite per la protezione della salute umana	5.0 µg/m^3	
Monossido di carbonio (CO)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore consecutive	Valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m^3	
Piombo (Pb)	Anno civile	Valore limite per la protezione della salute umana	0.5 µg/m^3	tenore totale presente nella frazione PM10 del materiale particolato
Arsenico (As)	Anno civile	Valore obiettivo	6.0 ng/m^3	
Cadmio (Cd)	Anno civile	Valore obiettivo	5.0 ng/m^3	tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato
Nichel (Ni)	Anno civile	Valore obiettivo	20.0 ng/m^3	
Benzo(a)pirene (B(a)P)	Anno civile	Valore obiettivo	1.0 ng/m^3	
Ozono (O_3)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore consecutive	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 µg/m^3	da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni
	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore consecutive nell'arco di un anno civile	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/m^3	
	Da maggio a luglio, calcolato sulla base dei valori di 1 ora	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	18000 µg/m^3*h	AOT40[1] come media su cinque anni
	Da maggio a luglio, calcolato sulla base dei valori di 1 ora	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	6000 µg/m^3*h	AOT40
	1 ora	Soglia di informazione	180 µg/m^3	
	1 ora	Soglia di allarme	240 µg/m^3	

Tabella 1: Valori di riferimento previsti dal Decreto Legislativo 155/2010 e s.m.i

[1] AOT40 (espresso in µg/m^3*h) si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m^3 e 80 µg/m^3 in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

4 Gli strumenti di valutazione

La valutazione della qualità dell'aria, secondo l'articolo 1, comma 4, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, deve essere condotta utilizzando determinati siti fissi di campionamento e determinate tecniche di valutazione; essa si considera idonea a rappresentare la qualità dell'aria all'interno dell'intera zona o dell'intero agglomerato di riferimento qualora la scelta dei siti e delle altre tecniche sia operata in conformità alle disposizioni del medesimo decreto legislativo 155/2010.

Coerentemente con tale quadro normativo, nel corso degli ultimi anni le attività di valutazione della qualità dell'aria sul territorio della regione Piemonte sono state effettuate nell'ottica di una progressiva integrazione dei tre principali strumenti informativi disponibili:

a. il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA);
b. l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA);
c. il sistema modellistico regionale.

4.1 Il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA)

Il sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria in Piemonte è attualmente composto da 58 stazioni fisse, delle quali 4 di proprietà privata situate in prossimità di impianti industriali (in particolare un termovalorizzatore, una centrale termoelettrica a metano ed una azienda chimica), finalizzate alla valutazione dell'eventuale impatto locale delle stesse sull'aria ambiente.

Nelle stazioni sono installati sia analizzatori automatici - che forniscono dati in continuo ad intervalli regolari di tutti i parametri monitorati, con cadenza generalmente oraria - sia campionatori. Solo per il particolato PM10 e PM2.5 sono utilizzati sia analizzatori automatici sia campionatori per la gravimetria: i primi producono dati orari o giornalieri, mentre i secondi solo giornalieri. I dati di IPA[2] e metalli, determinati analiticamente sui filtri di particolato PM10 giornalieri, sono forniti con cadenza mensile. La successiva Tabella 2 riporta l'elenco completo delle stazioni del SRRQA e la loro dotazione strumentale, mentre la Figura 1 ne illustra la collocazione spaziale.

I punti di misura sono dislocati sul territorio regionale in funzione della zonizzazione del territorio, effettuata[3] ai sensi dell'art. 3 del decreto 155/2010, della densità abitativa e altri parametri, in modo da garantire una valutazione della qualità dell'aria rappresentativa per ciascuna zona (Agglomerato torinese IT0118, Zona di Pianura IT0119, Zona di Collina IT0120, Zona di montagna IT0121 e Zona regionale - escluso l'Agglomerato - per l'ozono IT0122).

Più in dettaglio, le stazioni di traffico sono collocate in posizione tale da misurare prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari; le stazioni di fondo rilevano livelli di inquinamento non direttamente influenzati da singole sorgenti ma riferibili al loro contributo integrato, mentre quelle industriali rilevano l'eventuale contributo connesso alle limitrofe attività produttive.

I punti di misura possono essere descritti in relazione alla loro collocazione per tipo di zona (urbana/suburbana/rurale) o per tipo di stazione (traffico/fondo/industriale).

2 Benzo(a)pirene; Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Indeno(1,2,3-cd)pirene

3 Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903

La dotazione strumentale delle stazioni della rete regionale al 31/12/2025

Agglomerato (IT0118) — *Pianura (IT0119)* — *Collina (IT0120)* — *Montagna (IT0121)*

PROVINCIA	STAZIONE	Tipo stazione	zona	SO_2	CO	CO_2	NO_X	O_3	BTX	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_1	Contaparticelle	As, Cd, Ni, Pb	IPA	NMHC	HCl, HF	NH_3	BC	CH_4
TO	Borgaro T. - Caduti	FS	IT0118				●	●	●	●	●			●	●					
TO	Baldissero (ACEA) - Parco	FR	IT0118		●		●	●		●								●		
TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS	IT0118				●		●	●	●			●	●					
TO	Chieri - Bersezio	FS	IT0118				●	●		●	●									
TO	Collegno - Francia	TU	IT0118				●			●										
TO	Druento - La Mandria	FR	IT0118				●	●		●				●	●					
TO	Leinì (ACEA) - Grande Torino	FS	IT0118		●		●	●		●	●							●		
TO	Orbassano - Gozzano	FS	IT0118				●	●												
TO	Settimo T. - Vivaldi	TU	IT0118				●			●	●				●			●		
TO	Torino - Consolata	TU	IT0118	●	●		●		●	●				●	●					
TO	Torino - Grassi	TU	IT0118							●				●	●					
TO	Torino - Lingotto	FU	IT0118				●	●		●	●		●	●	●			●	●	
TO	Torino - Rebaudengo	TU	IT0118	●	●		●		●	●	●			●	●				●	
TO	Torino - Rubino	FU	IT0118				●	●	●	●	●	●			●					
TO	Vinovo - Volontari	FS	IT0118				●	●		●	●									
AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	IT0119				●			●					●					
AL	Alessandria - Volta	FU	IT0119				●	●		●	●									
AL	Alessandria-Spinetta (Solvay)	IS	IT0119														●			
AL	Casale M . - Castello	FU	IT0119				●			●	●									
AL	Novi Ligure - Gobetti	TU	IT0119				●			●										
AL	Tortona - Carbone	TU	IT0119				●			●										
AT	Asti - Baussano	TU	IT0119				●		●	●					●					
AT	Asti - D'Acquisto	FU	IT0119				●	●		●	●									
BI	Biella - Lamarmora	TU	IT0119				●			●				●	●					
BI	Biella - Sturzo	FU	IT0119				●	●		●	●									
CN	Bra - Madonna dei Fiori	TU	IT0119				●			●	●			●	●					
CN	Cavallermaggiore	FS	IT0119				●			●	●	●		●	●			●		
CN	Cuneo - Alpini	FU	IT0119				●	●		●	●			●	●					
CN	Revello - Staffarda	FR	IT0119				●	●		●	●							●		
NO	Cerano - Bagno	FS	IT0119	●			●		●	●	●			●	●					
NO	Novara - Arpa	FU	IT0119				●	●		●	●									
NO	Novara - Roma	TU	IT0119	●	●		●			●				●	●					
NO	Trecate - Verra	FU	IT0119	●			●		●		●									
TO	Carmagnola - I Maggio	TS	IT0119				●			●				●	●					
VC	Cigliano - Autostrada	TR	IT0119	●	●		●		●	●	●									
VC	Vercelli - CONI	FS	IT0119				●	●		●	●			●	●			●		
VC	Vercelli - Gastaldi	TU	IT0119				●			●	●	●								
AL	Arquata Scrivia - Minzoni	IS	IT0120	●						●				●	●					
AL	Dernice - Costa	FR	IT0120	●			●	●		●	●									
AT	Vinchio - San Michele	FR	IT0120				●	●		●	●	●			●			●	●	
BI	Cossato - Pace	FU	IT0120				●	●		●					●					
CN	Alba - Tanaro	FU	IT0120				●	●	●	●					●					
CN	Mondovì - Aragno	TU	IT0120		●		●			●	●			●	●					
CN	Saliceto - Moizo	FR	IT0120				●	●		●					●					
NO	Borgomanero - Molli	TU	IT0120		●		●			●	●				●					
NO	Castelletto T. - Fontane	FR	IT0120				●	●		●										
TO	Ivrea - Liberazione	FS	IT0120				●	●		●	●				●				●	
TO	Pinerolo - Alpini	FU	IT0120							●										
TO	Susa - Repubblica	FS	IT0120				●	●		●				●	●				●	
VB	Omegna - Crusinallo	TU	IT0120				●			●	●									
VB	Verbania - Gabardi	FU	IT0120				●	●		●	●									
VC	Borgosesia - Tonella	FU	IT0120				●	●		●	●				●					
BI	Trivero - Ronco	FS	IT0121				●	●		●	●				●					
TO	Ceresole Reale - Diga	FR	IT0121				●	●		●	●			●	●					
TO	Oulx - Roma	TS	IT0121		●		●			●				●	●					
VB	Baceno - Alpe Devero	FR	IT0121				●	●		●	●									
VB	Domodossola - Curotti	FS	IT0121				●	●		●	●				●				●	
VB	Pieve Vergonte - Industria	FS	IT0121	●			●	●	●											
	DOTAZIONE COMPLESSIVA			9	9	0	54	31	11	54	35	4	1	20	33	0	1	8	6	0

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

Tabella 2 - Stazioni del SRRQA e la loro dotazione strumentale.

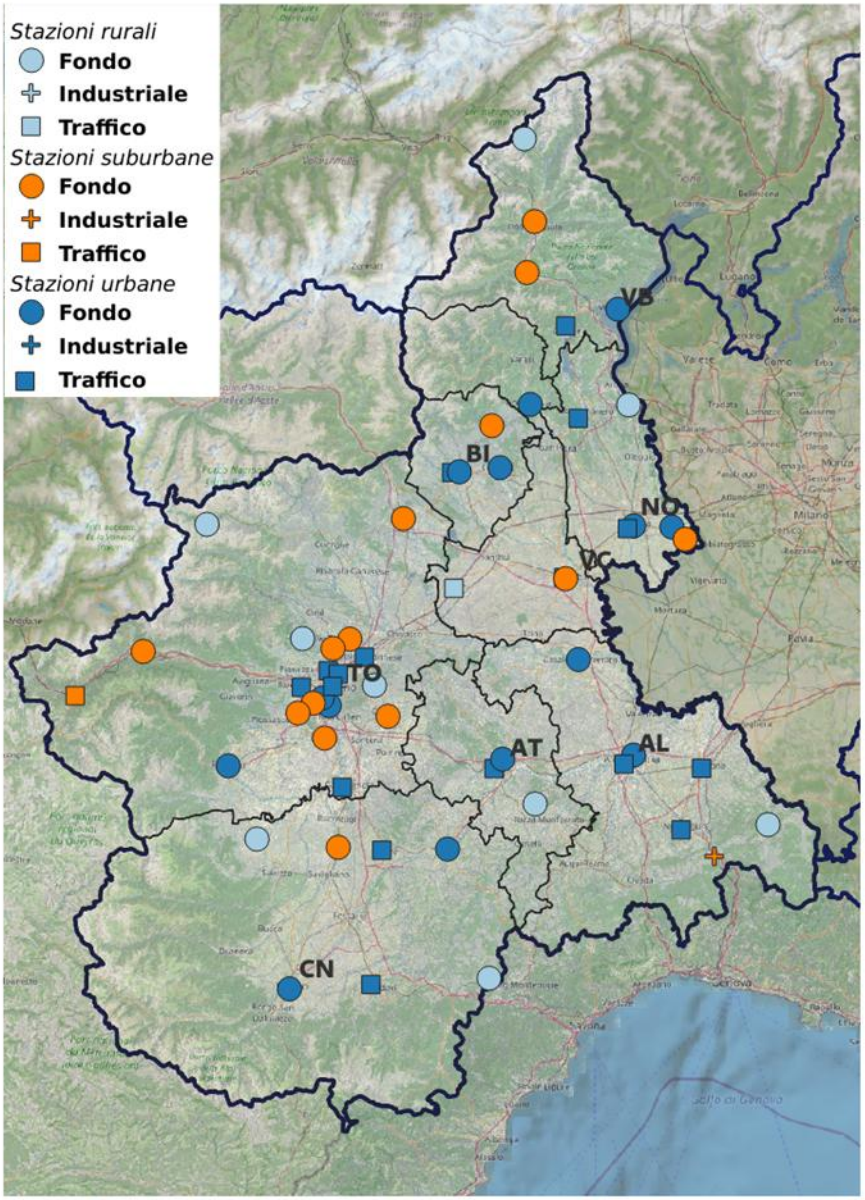


Figura 1: Localizzazione delle stazioni del SRRQA, differenziate per tipologia di stazione (fondo/traffico/industriali) e per tipologia di zona (urbana/suburbana/rurale).

4.2 L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA)

Il settore Emissioni e Rischi Ambientali della Direzione Ambiente, Energia e Territorio della Regione Piemonte realizza periodicamente (attraverso l'impiego del sistema INEMAR, basato sulla metodologia EMEP-CORINAIR[4]) l'inventario regionale piemontese, stimando le emissioni totali annuali di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP. L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) raccoglie su scala comunale le emissioni inquinanti prodotte da circa 200 attività antropiche e biogeniche presenti sul territorio regionale. Attualmente, l'ultima versione rilasciata dell'IREA fa riferimento all'anno 2019.

La Figura 2 rappresenta, in modo sintetico, il contributo percentuale alle emissioni dei principali inquinanti da parte dei differenti comparti emissivi in IREA2019. Il comparto riscaldamento incide per il 50% sulle emissioni di PM10 primario, seguito dal comparto trasporti stradali (30%). Per quanto

4 https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook

riguarda le emissioni degli ossidi di azoto il maggior contributo è dato dai trasporti stradali (53%), a cui seguono i trasporti off-road (13%), la combustione nell'industria (11%) e il riscaldamento non industriale (10%). Le emissioni di NMVOC derivano principalmente dalle sorgenti biogeniche sia del comparto natura e foreste (44%), sia del comparto agricoltura e allevamento (22%); quest'ultimo comparto incide per il 92% sulle emissioni di NH3. Il settore industriale è la principale sorgente emissiva per il biossido di zolfo con un contributo del 20% relativo alla combustione e del 51% legato ai processi produttivi. Per quanto riguarda il biossido di carbonio (CO2), invece, il contributo maggiore è dato da tutte le tipologie di combustioni, sia del comparto industriale (60%) sia dei comparti riscaldamento (24%) e traffico (37%). rappresenta, in modo sintetico, il contributo percentuale alle emissioni dei principali inquinanti da parte dei differenti comparti emissivi in IREA2019. Il comparto riscaldamento incide per il 50% sulle emissioni di PM10 primario, seguito dal comparto trasporti stradali (30%). Per quanto riguarda le emissioni degli ossidi di azoto il maggior contributo è dato dai trasporti stradali (53%), a cui seguono i trasporti off-road (13%), la combustione nell'industria (11%) e il riscaldamento non industriale (10%). Le emissioni di NMVOC derivano principalmente dalle sorgenti biogeniche sia del comparto natura e foreste (44%), sia del comparto agricoltura e allevamento (22%); quest'ultimo comparto incide per il 92% sulle emissioni di NH3. Il settore industriale è la principale sorgente emissiva per il biossido di zolfo con un contributo del 20% relativo alla combustione e del 51% legato ai processi produttivi. Per quanto riguarda il biossido di carbonio (CO2), invece, il contributo maggiore è dato da tutte le tipologie di combustioni, sia del comparto industriale (60%) sia dei comparti riscaldamento (24%) e traffico (37%).

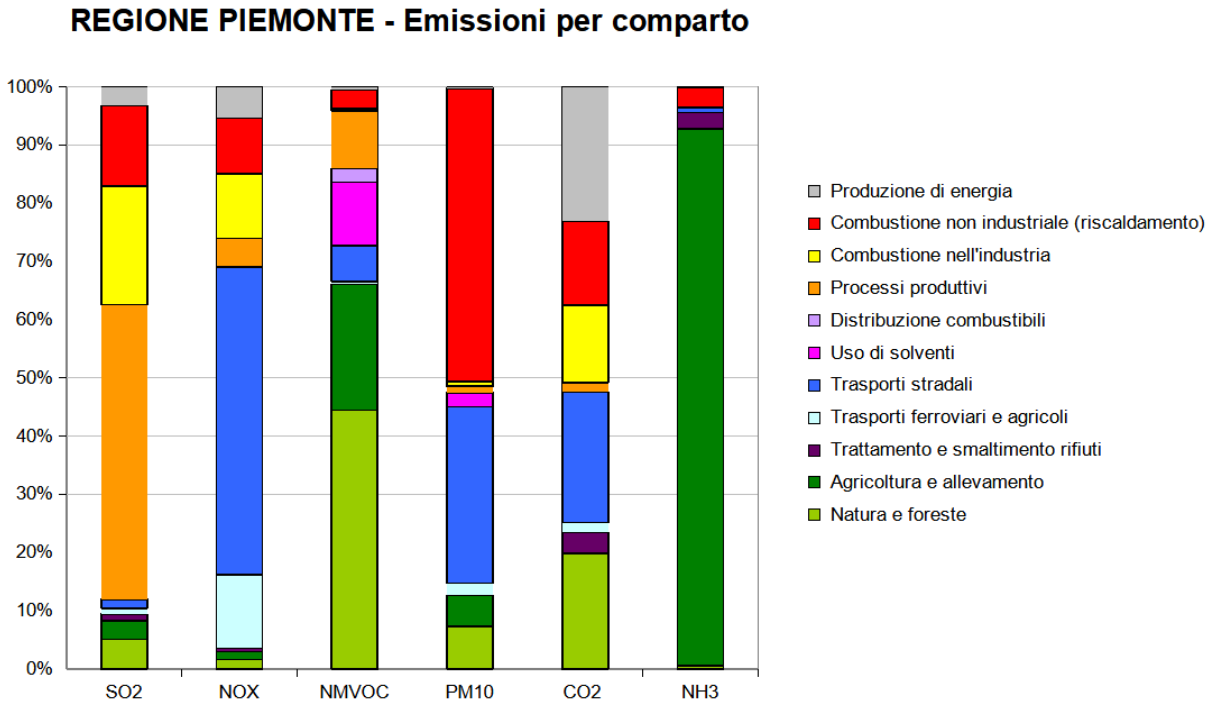


Figura 2: Contributo percentuale ai principali inquinanti per comparto emissivo (Macrosettore SNAP) – IREA2019.

4.3 Il Sistema Modellistico Regionale - valutazione modellistica di qualità dell'aria per il 2025

Arpa Piemonte ha sviluppato e implementato una catena modellistica operativa, basata sull'applicazione dei modelli euleriani di chimica e trasporto (i modelli *CTM, Chemical Transport Models*), in grado di riprodurre la complessa serie di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera e simulare le concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici – primari e secondari - su tutto il territorio regionale. Il sistema modellistico è un sistema multi-scala, che permette di simulare le dinamiche di dispersione, trasporto e trasformazione degli inquinanti nei domini target considerando allo stesso tempo anche gli effetti delle sorgenti emissive localizzate al loro esterno e descrivendo

meglio i fenomeni di accumulo caratterizzati da più grandi scale spaziali (ad esempio legati allo smog fotochimico).

Il sistema modellistico regionale è stato utilizzato per realizzare la valutazione modellistica di qualità dell'aria per l'anno 2025 in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa nazionale (articolo 5 del D.lgs 155/2010) e comunitaria (decisione 2011/850/CE IPR "*Implementing Provision on Reporting*"). Le simulazioni sono condotte dal 01/01/2025 al 31/12/2025 con frequenza oraria sul dominio regionale (alla risoluzione orizzontale di 4 km), su un dominio a scala sovraregionale di bacino (risoluzione orizzontale di 8 km) e su un sottodominio target a scala regionale ad alta risoluzione (1 km) descritti in Figura 3. Le simulazioni del modello di qualità dell'aria (FARM[5]) sono guidate dai campi meteorologici del modello di previsione numerica ICON-2I[6] e, sono inizializzate ai bordi del dominio di calcolo con i dati messi a disposizione dalla banca dati Prev'Air[7] e/o dal sistema FORAIR-IT sviluppato da ENEA[8] ed utilizzano come dati emissivi di ingresso l'inventario IREA per il territorio piemontese (anno 2019), integrato con le informazioni riguardanti gli inventari delle regioni confinanti e comprese nel dominio di calcolo.

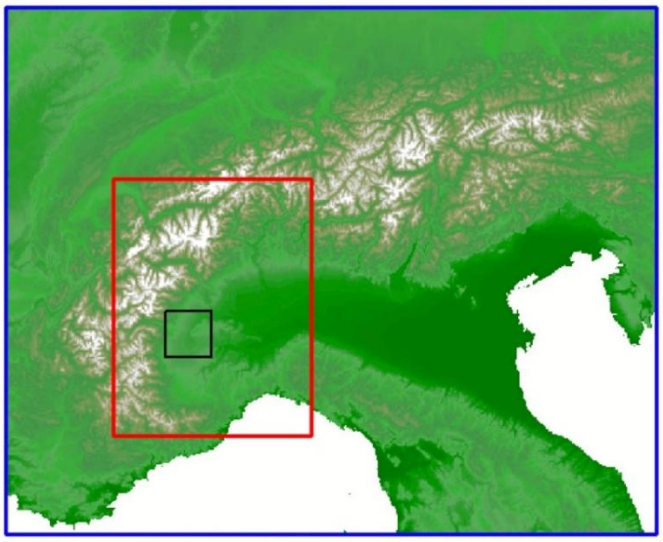


Figura 3: Domini di applicazione del sistema modellistico regionale

Il sistema modellistico regionale fornisce su tutto il dominio di simulazione le concentrazioni orarie dei principali inquinanti atmosferici (O_3, NO_2, NO_x, PM10, PM2.5, CO, SO_2, benzene), descrivendo lo stato di qualità dell'aria anche nelle zone del territorio non coperte dalle stazioni del SRRQA e completando quindi il quadro informativo necessario per la valutazione del rispetto dei valori limite previsti dalla normativa vigente. Per gli inquinanti a maggiore criticità, ovvero il particolato PM10 e PM2.5, il biossido di azoto e l'ozono, i risultati delle simulazioni sono integrati con le misure della rete di rilevamento della qualità dell'aria attraverso una procedura di assimilazione geostatistica[9]: si ottiene in tal modo una mappatura della qualità dell'aria corretta con le osservazioni. La base dati osservativa con cui eseguire la procedura di assimilazione è stata costruita, per ciascuno degli inquinanti considerati, selezionando dall'intera rete regionale del SRRQA e dalle reti di rilevamento delle regioni limitrofe (Lombardia, Valle d'Aosta e Liguria) le stazioni con una rappresentatività spaziale congruente con la risoluzione di 4 km alla quale sono condotte le simulazioni, con una percentuale di dati validi nel corso del 2025 non inferiore al 85% dei dati acquisiti e tali da garantire nel loro insieme una copertura sufficientemente omogenea del territorio regionale.

---

5 Flexible Air quality Regional Model, http://www.farm-model.org/

6 Consortium for Small-scale Modeling, http://www.cosmo-model.org/

7 http://www2.prevair.org/

8 FORAIR - IT è un progetto del Laboratorio di Inquinamento Atmosferico, sviluppato in collaborazione con Arianet s.r.l., per la previsione dell'inquinamento atmosferico a breve termine (3 giorni) sull'Italia.

9 È stato utilizzato il kriging in deriva esterna (*Kriging with external drift*), con la deriva costituita dal modello di qualità dell'aria e dall'altezza orografica del terreno.

5 Considerazioni sul clima del 2025

In Piemonte l'anno 2025 è stato caratterizzato da una temperatura media annuale di circa 10.8°C, superiore di quasi 1 °C rispetto al periodo climatico di riferimento (il trentennio 1991-2020, con una media climatica di circa 9.9°C), posizionandosi al quinto posto tra gli anni più caldi nella distribuzione storica compresa tra il 1958 e il 2025, nella quale 4 dei primi 5 posti sono occupati dagli ultimi 4 anni. Analizzando il grafico in Figura 4 si nota che, rispetto al trentennio di riferimento 1991-2020, la temperatura media annuale registrata in Piemonte nel 2025 è al di sopra della norma con uno scostamento di quasi 2 deviazioni standard. L'andamento giornaliero mostra (Figura 5) come i periodi caratterizzati da anomalia positiva marcata e persistente siano avvenuti soprattutto nei mesi di giugno e dicembre e nella prima metà di agosto, mentre scostamenti termici negativi si osservano tra fine settembre e inizio ottobre e nell'ultima decade di novembre

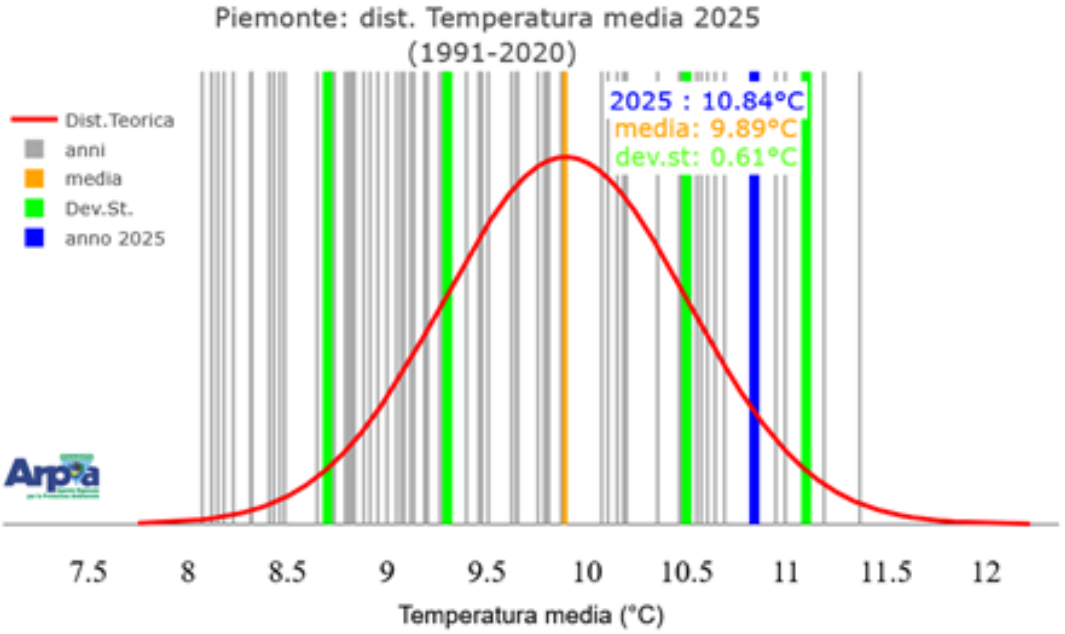


Figura 4: Andamento delle temperature giornaliere medie sul Piemonte per il 2025

L'esame dei singoli mesi dell'anno conferma come il contributo maggiore all'anomalia termica positiva sia stato dato stato dato dai mesi di giugno e dicembre risultati, rispettivamente, il secondo e il terzo più caldo della corrispondente distribuzione storica, con scostamenti positivi di 3.4°C e 2.2°C (si veda la Tabella 3). Nessun mese ha avuto una temperatura inferiore alla norma: giugno è stato anche il mese più caldo del 2025 mentre gennaio è stato quello più freddo.

Prendendo in considerazione i valori massimi e minimi, si può osservare come l'anomalia termica positiva sia stata più marcata per le temperature minime, risultate le quarte più elevate della serie storica, con uno scostamento di +1.2°C sulla media trentennale di riferimento. Mentre le temperature massime hanno avuto un'anomalia più contenuta di 0.7°C, occupando il nono posto nella classifica degli anni più caldi.

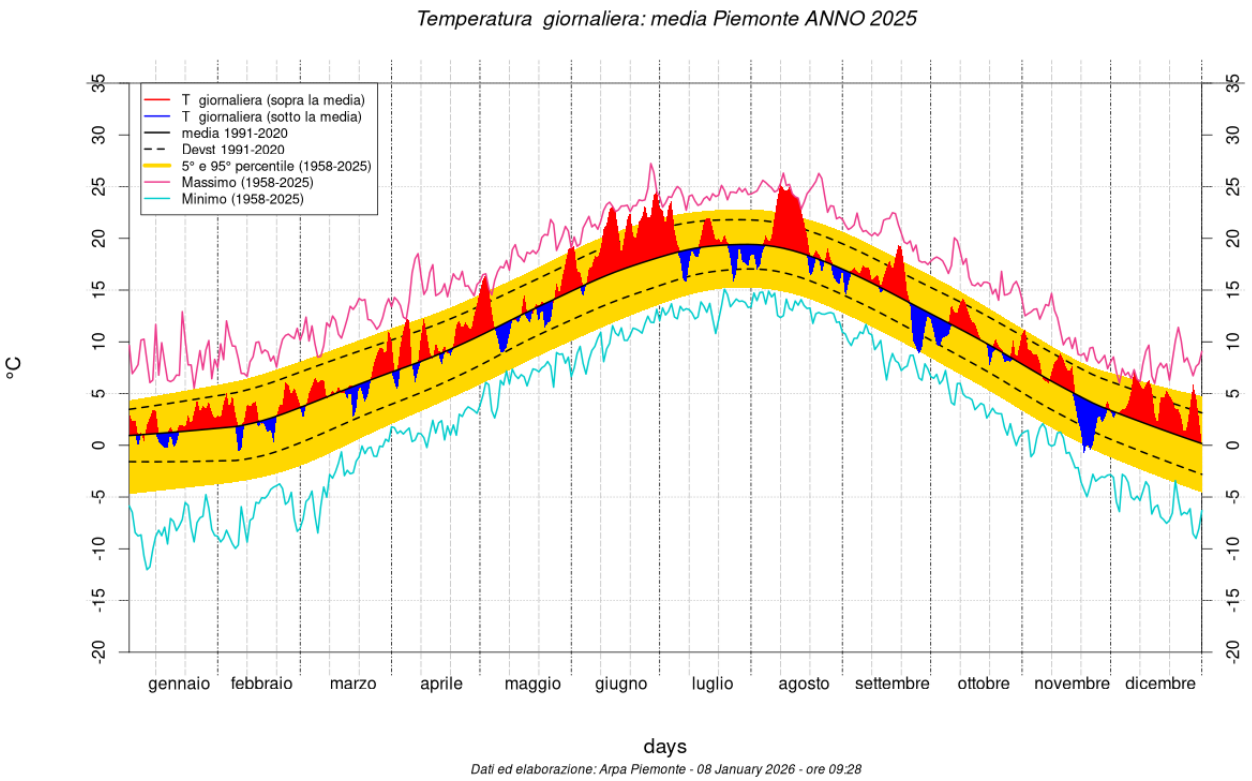


Figura 5: Precipitazioni cumulate annuali sul Piemonte nel periodo 1958-2025

Temperatura media	Media (°C)	Anomalia (°C)	Posizione	Media in pianura (°C)
gennaio 2025	2.1	+0.8	14° più caldo	3.4
febbraio 2025	3.3	+1.1	21° più caldo	5.2
marzo 2025	6.0	+0.4	20° più caldo	9.0
aprile 2025	10.1	+1.4	5° più caldo	13.2
maggio 2025	13.3	+0.3	20° più caldo	16.5
giugno 2025	**20.3**	**+3.4**	**2° più caldo**	**23.5**
luglio 2025	19.4	+0.1	26° più caldo	22.8
agosto 2025	20.0	+0.9	13° più caldo	23.0
settembre 2025	15.2	+0.4	26° più caldo	17.9
ottobre 2025	10.6	+0.3	23° più caldo	12.7
novembre 2025	5.3	+0.1	20° più caldo	6.8
dicembre 2025	**4.1**	**+2.2**	**3° più caldo**	**5.3**
Anno 2025	10.8	+1.0	5° più caldo	13.3

Tabella 3: Temperature medie mensili in Piemonte nel 2025. Per ciascun mese è riportata la temperatura media sul Piemonte, l'anomalia delle temperature medie mensili in °C rispetto alla media 1991-2020, la posizione relativa rispetto al corrispondente mese più caldo o più freddo dell'intera serie storica ed il valore medio sulle località pianeggianti. In rosa (caldo) o azzurro (freddo) i mesi nelle prime dieci posizioni storiche, in grassetto quelli tra i primi tre.

L'analisi della distribuzione spaziale delle anomalie di temperatura (Figura 6) conferma come le temperature medie, minime e massime siano risultate superiori alla norma del periodo 1991-2020, con locali valori prossimi alla climatologia solo per le temperature massime.

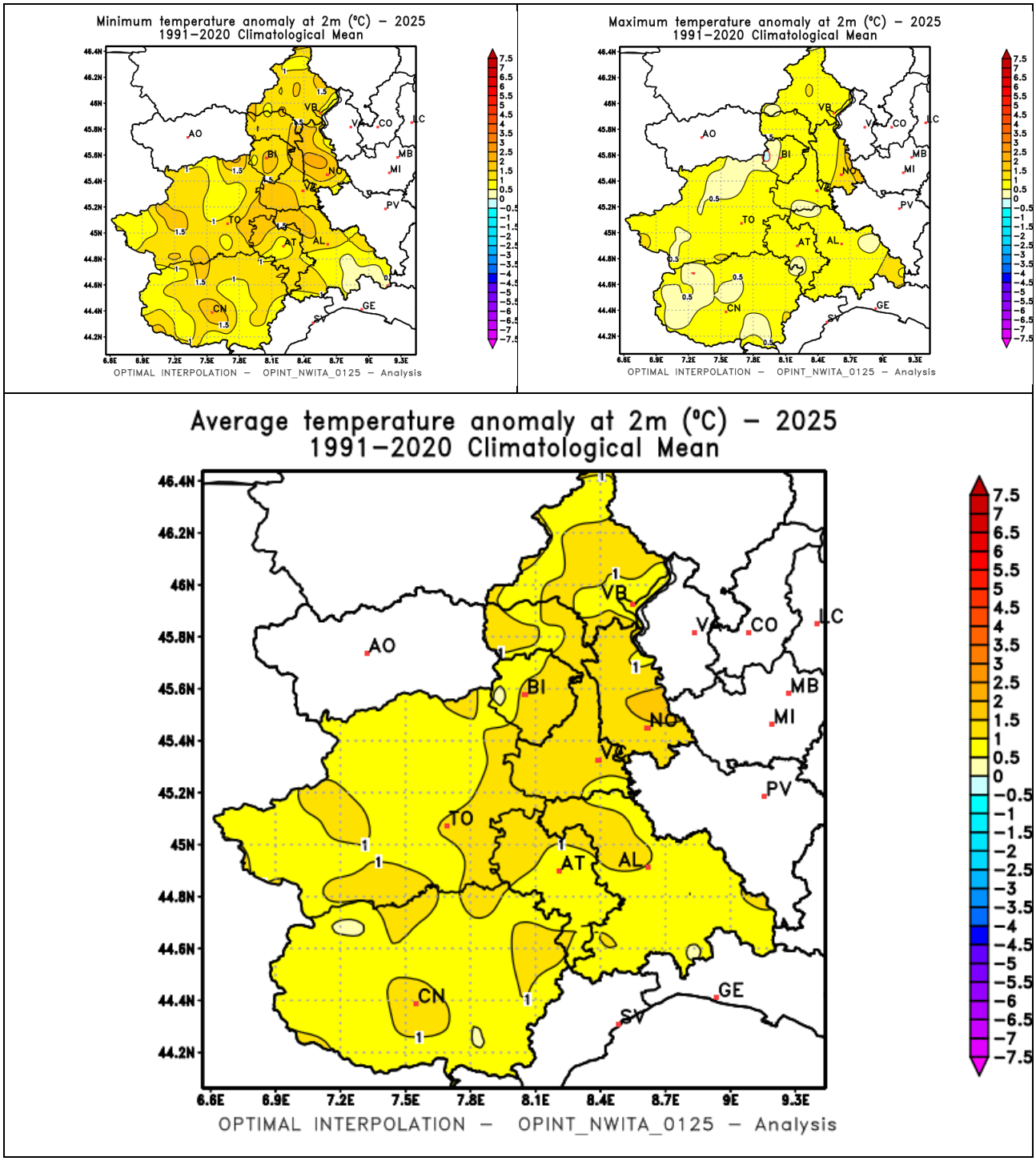


Figura 6: Anomalia della temperatura minima (in alto a sinistra), massima (in alto a destra) e media (in basso) nell'anno 2025 rispetto alla media del periodo 1991-2020

Il numero di notti tropicali (ovvero i giorni con temperatura minima >20°C) è stato superiore alla norma in tutti i capoluoghi di provincia, ad eccezione di Cuneo; particolarmente elevato il valore a Novara con 49 episodi. Il numero di giorni tropicali (ovvero i giorni con temperatura massima >30°C) è stato superiore ai valori climatici nella maggior parte dei capoluoghi tranne che ad Asti, Biella e Novara. I giorni di gelo (ovvero i giorni con temperatura minima <=0°C) sono stati inferiori ai valori climatologici in tutti i capoluoghi (Tabella 4).

località	*PROV*	*notti tropicali 2025*	*notti tropicali 1991-2020*	*giorni tropicali 2025*	*giorni tropicali 1991-2020*	*giorni gelo 2025*	*giorni gelo 1991-2020*
Alessandria	AL	14	9	67	63	39	74
Asti	AT	8	9	55	56	61	81
Biella	BI	39	33	31	34	5	27
Boves	CN	2	5	37	16	53	93
Novara	NO	49	37	39	43	10	36
Torino	TO	32	17	64	50	20	50
Pallanza	VB	38	25	41	38	10	35
Vercelli	VC	26	12	52	50	55	79

Tabella 4: Numero di notti tropicali (ovvero con temperatura minima >20°C), giorni tropicali (ovvero con temperatura massima >30°C) e giorni di gelo (ovvero con temperatura minima <=0°C) .

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2025 in Piemonte sono state pari a 1113.8 mm e sono risultate leggermente superiori alla norma 1991-2020, con un surplus di 84.3 mm, che corrisponde all'8% circa; il 2025 è il ventiseiesimo anno più piovoso nella distribuzione storica degli anni 1958-2025.

Precipitazione	**Anomalia pluviometrica (°%)**	**Posizione nella distribuzione storica**	**Valore medio (mm)**	**Percentuale record pluviometrici in 24 ore stabiliti**
gennaio 2025	+67	13 ° più piovoso	77.1	<1
febbraio 2025	-31	25° meno piovoso	30.1	0
marzo 2025	+95	15° più piovoso	123.7	0
aprile 2025	+110	4° più piovoso	227	48
maggio 2025	-8	Nella media	113.6	<1
giugno 2025	-50	7°meno piovoso	47.4	<1
luglio 2025	+8	20° più piovoso	71.9	2
agosto 2025	+31	16° più piovoso	99.8	4
settembre 2025	+28	17° più piovoso	129.5	2
ottobre 2025	-63	12° meno piovoso	43.1	0
novembre 2025	-70	18° meno piovoso	40.1	0
dicembre 2025	+93	11° più piovoso	110.5	6
anno 2025	+8	26° più piovoso	1113.8	7

.Tabella 5: Precipitazioni cumulate medie mensili in Piemonte. Per ciascun mese è riportata l'anomalia percentuale dalla norma 1991-2020, la posizione relativa rispetto al mese corrispondente più secco o più piovoso dell'intera serie storica. In arancione (secco) o blu (piovoso) i mesi nelle prime 10 posizioni storiche, in grassetto quelli tra i primi tre.

Aprile è stato il mese più piovoso dell'anno, con un accumulo di 227 mm di precipitazioni, e anche quello che ha mostrato la maggiore anomalia positiva: circa il 110% in più rispetto alla media. All'estremo opposto troviamo febbraio, che è risultato il mese più secco, con appena 30,1 mm. Anche l'autunno ha segnato un'importante carenza di pioggia: nel bimestre ottobre novembre il deficit precipitativo è stato compreso tra il 60% e il 70%. Nonostante ciò, complessivamente 7 mesi su 12 hanno registrato precipitazioni superiori alla norma, consentendo di chiudere l'anno con un lieve surplus pluviometrico.

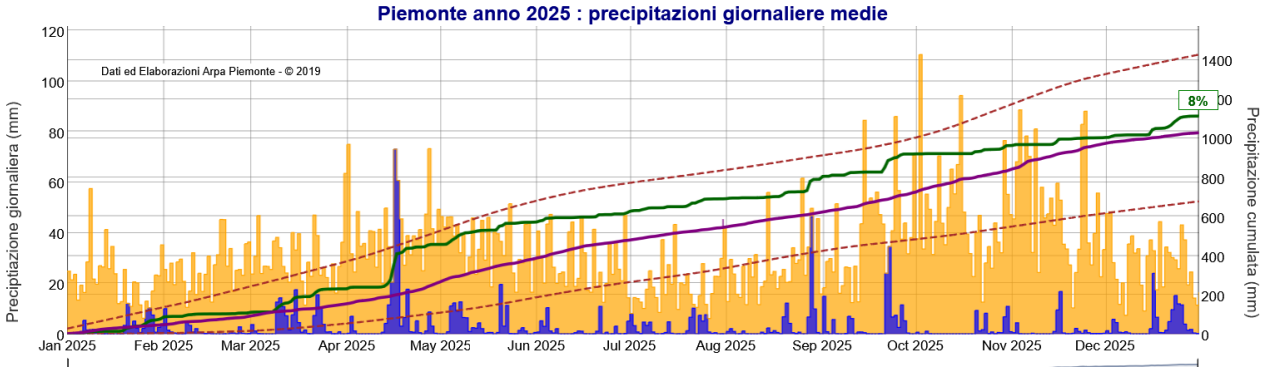


Figura 7: In viola la cumulata media del trentennio di riferimento (1991-2020), mentre in verde la cumulata misurata. L'istogramma blu rappresenta le precipitazioni giornaliere, quello giallo i massimi misurati a partire dal 1958.

La mappa in Figura 8 a sinistra evidenzia la precipitazione totale nell'anno 2025 in Piemonte: le zone che hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia annua sono il Verbano, con valori intorno ai 2000 mm, i settori settentrionali delle province di Biella, Novara e Vercelli, il Canavese e l'Appennino alessandrino con cumulate di 1500 m circa, mentre la Val Chisone, le Colline del Po e il Monferrato hanno registrato i valori cumulati più bassi di precipitazione, intorno agli 800 mm. Nella mappa di Figura 8 a destra, con l'anomalia di precipitazione rispetto alla media del periodo 1991-2020, notiamo come il maggiore surplus pluviometrico sia stato registrato sull'Appennino alessandrino con 400 mm; anomalie positive di 200 mm su Verbano e pianura novarese e vercellese. I deficit precipitativi più marcati sono stati rilevati invece su Biellese e Alto Vercellese con circa 100 mm; carenze pluviometriche di 50 mm su Valle Orco, area metropolitana di Torino e Alpi Marittime.

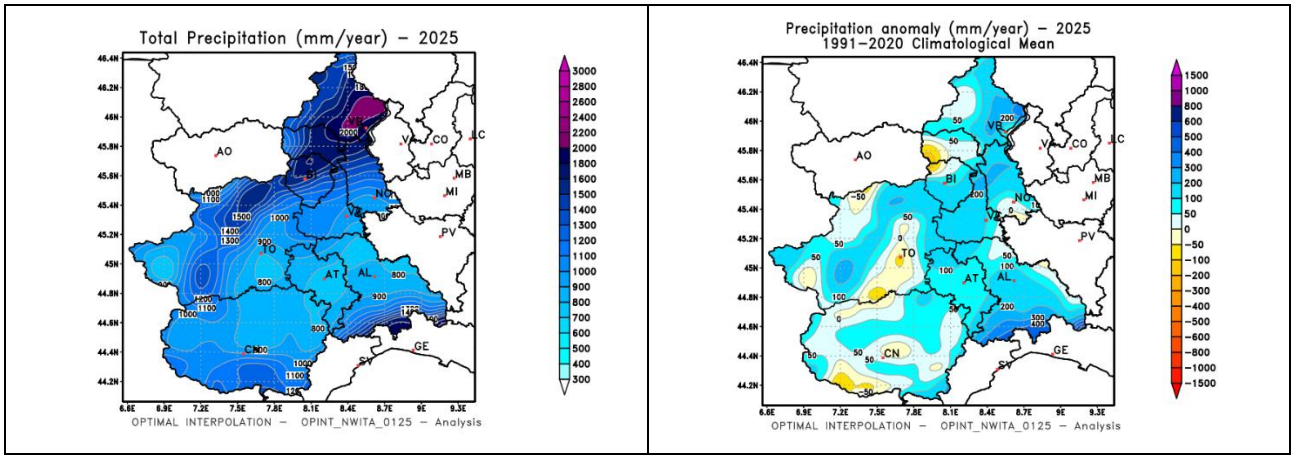


Figura 8: a sinistra precipitazione totale nell'anno 2025 in Piemonte, a destra anomalia della precipitazione nell'anno 2025 rispetto alla media del periodo 1991-2020

Nel 2025 nei capoluoghi di provincia la velocità media annua del vento è variata da 1,2 m/s, registrati a Boves, fino a 1.9 m/s ad Oropa (BI), mentre la massima raffica (22.5 m/s) è stata misurata a Pallanza (VB) il 30 giugno, durante un evento temporalesco.

Località	Velocità media (m/s)	Massima raffica (m/s)	Data massima raffica	Località	Velocità media (m/s)	Massima raffica (m/s)	Data massima raffica
Alessandria	1.9	19	15/06/2025	Oropa (BI)	1.9	21.5	24/10/2025
Asti	1.5	19	20/08/2025	Pallanza (VB)	1.5	22.5	30/06/2025

Boves (CN)	1.2	18.9	02/08/2025	Torino Alenia	1.7	21.3	08/07/2025
Novara	1.4	17	16/04/2025	Vercelli	1.4	18.9	21/06/2025

Tabella 6: Velocità media e massima raffica misurate dagli anemometri di riferimento per ciascun capoluogo di provincia

Gli episodi di foehn nel 2025 sono risultati 65, un solo evento in meno rispetto alla media annuale del periodo 2000-2020. Il mese con più episodi è stato un mese estivo, luglio, mentre si sono verificate solo 3 giornate con foehn ad aprile, maggio settembre e dicembre.

	gen	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**
2025	6	4	5	3	3	5	13	4	3	9	7	3
Media 2000-2020	9	7	8	4	5	3	4	4	4	5	5	8

Tabella 7: Numero mensile di episodi di foehn in Piemonte, anno 2025 e confronto con le medie del periodo 2000-2020.

Gli episodi di nebbia ordinaria (visibilità inferiore a 1 km) sono stati leggermente inferiori alla climatologia recente del periodo 2004-2024, con 113 giorni annuali e 120 attesi dalla norma climatica. Soltanto 4 gli episodi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), meno di un quinto dei 21 calcolati dalla media climatica. Il 2025 è l'anno con il minor numero di giorni di nebbia fitta dal 2004, da quando è stata installata la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte.

	Giorni nebbia ordinaria (vis < 1 km)	**Climatologia giorni nebbia ordinaria (vis < 1 km)**	**Giorni nebbia fitta (vis < 100 m)**	**Climatologia giorni nebbia fitta (vis < 100 m)**
gennaio	19	19	0	5
febbraio	18	16	3	4
marzo	2	9	0	1
aprile	2	5	0	0
maggio	4	3	0	0
giugno	0	1	0	0
luglio	0	2	0	0
agosto	0	1	0	0
settembre	9	5	0	0
ottobre	13	19	0	3
novembre	19	19	0	4
dicembre	27	21	1	4
anno	113	120	4	21

Tabella 8: giorni di nebbia ordinaria e fitta registrati in Piemonte nell'anno 2025, comparati con le medie del periodo 2004-2024

La caratterizzazione delle condizioni meteo dispersive nell'anno 2025 è stata realizzata anche calcolando l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza in forma semplificata le interazioni tra la meteorologia ed i fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e dispersione degli inquinanti, con la finalità di identificare i giorni in cui si determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di PM10. In Figura 9 sono riportati i valori mensili dell'indice calcolati per

l'anno 2025, confrontati con i massimi e i minimi mensili della climatologia del periodo 2006-2024. I valori dell'indice mostrano un anno con caratteristiche meteo dispersive tra le più favorevoli del periodo (complessivamente il terzo anno della serie con il minor numero complessivo di giorni favorevoli all'accumulo), in particolare nel mese di dicembre, con un numero di giorni pari a 16, il valore minimo di tutta la serie e nei mesi di gennaio e ottobre con valori inferiori al 1° quartile della climatologia. I mesi di febbraio e marzo si sono attestati su valori comunque inferiori a quelli mediani della climatologia.

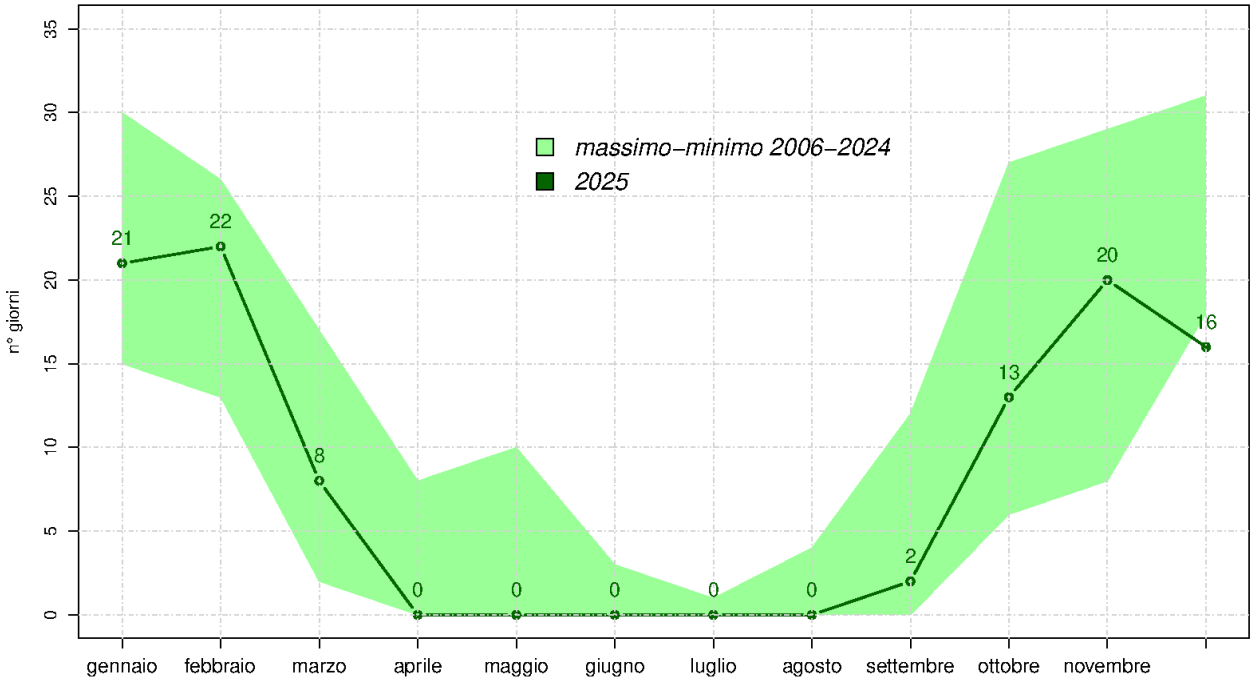


Figura 9: Andamento mensile dell'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10" sull'agglomerato urbano di Torino nell'anno 2025, confrontato con i massimi ed i minimi mensili del periodo di riferimento 2006-2025.

6 Il quadro regionale

6.1 Particolato sospeso: PM10

6.1.1 Media annua

Nel corso del 2025 il valore limite per la concentrazione media annua di PM10 (40 µg/m³) è stato rispettato in tutto il territorio regionale, come si può osservare dalla Figura 10, in cui sono rappresentati in mappa i valori delle concentrazioni misurate presso le stazioni della rete regionale sovrapposte al campo prodotto nella valutazione modellistica di qualità dell'aria con il sistema modellistico regionale.

Le concentrazioni più elevate, comprese tra i 25 e i 30 µg/m³ sono stimate in corrispondenza dell'area metropolitana di Torino. La maggior parte del territorio regionale mostra concentrazioni comprese tra i 20 e i 25 µg/m³, mentre la zona pedemontana e le prime aree pianeggianti adiacenti si mantengono su livelli generalmente inferiori a 20 µg/m³ e le aree alpine e appenniniche ai confini con l'Emilia-Romagna si mantengono al di sotto di 15 µg/m³, con valori più alti nella zona di zona di Domodossola

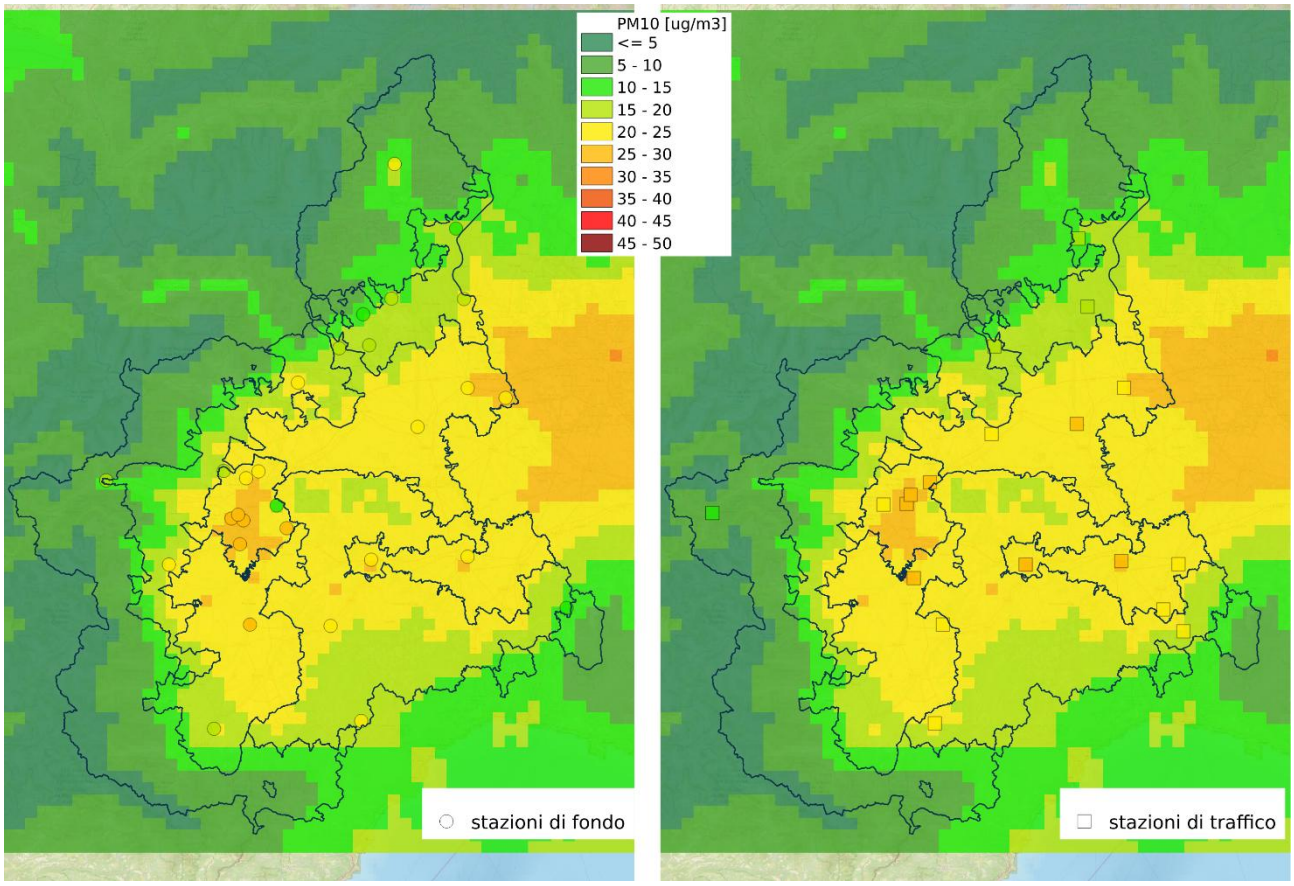


Figura 10: PM10: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA (fondo a sinistra, traffico a destra) sovrapposti alle concentrazioni stimate dal sistema modellistico regionale.

Anche nel 2025 I livelli più elevati di PM10 continuano a essere registrati presso le stazioni di traffico dell'area metropolitana torinese, seguite dalle principali stazioni di traffico urbano della pianura piemontese.

In particolare, i valori più elevati sono stati misurati nelle stazioni di Settimo T. - Vivaldi e Torino - Consolata (29 µg/m³), seguite da Torino - Rebaudengo, Alessandria - D'Annunzio e Vercelli - Gastaldi (28 µg/m³).

Tra le stazioni di fondo i valori maggiori si osservano nelle stazioni urbane di Torino - Lingotto (28 µg/m³) e Torino - Rubino (27 µg/m³) e nelle stazioni suburbane di Vinovo - Volontari (28 µg/m³) e Chieri - Bersezio (26 µg/m³).

Particolarmente significativo è il dato della stazione suburbana di fondo di Cavallermaggiore - Galilei che, pur essendo collocata in un contesto agro-urbano della pianura cuneese, registra una concentrazione media annua pari a 27 µg/m³, analoga a quella di Torino - Rubino e superiore ai livelli misurati in alcune stazioni di traffico di Asti, Biella e Novara. Tale situazione è verosimilmente riconducibile alla combinazione tra emissioni locali, quali attività industriali, combustione di biomasse e allevamenti, formazione di particolato secondario e contributi derivanti dal trasporto atmosferico dalle aree circostanti.

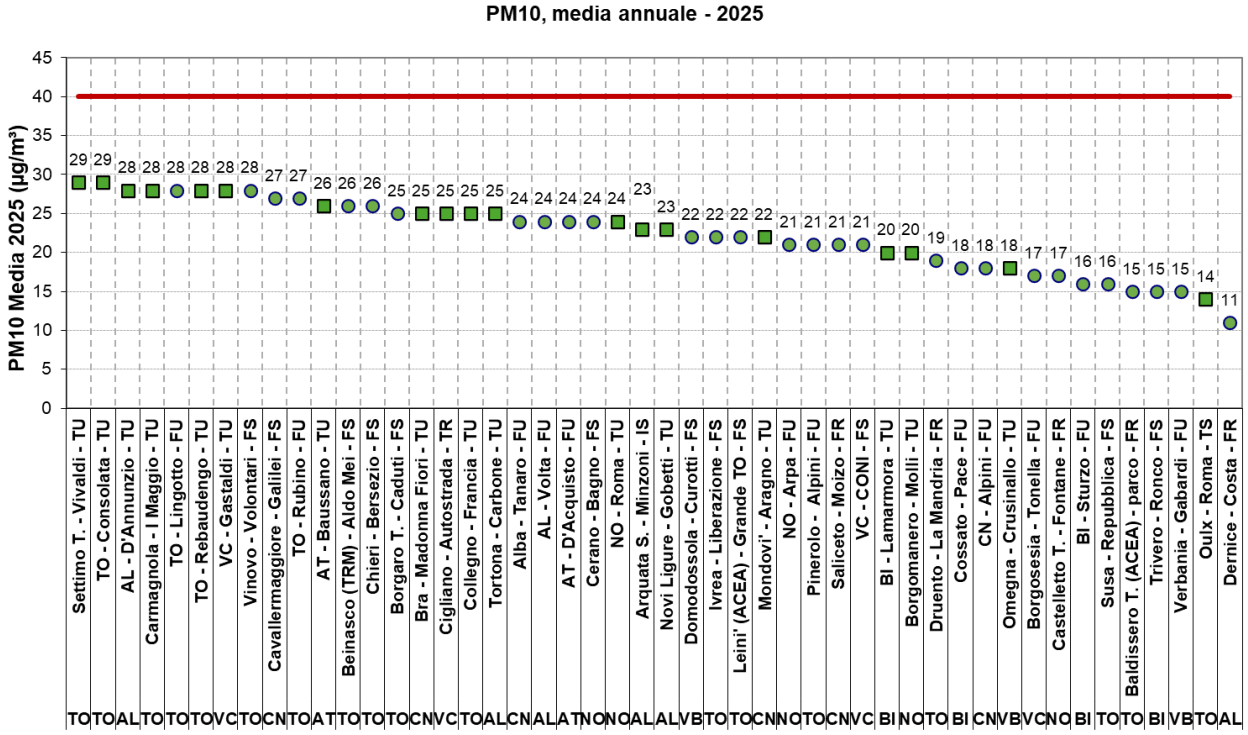
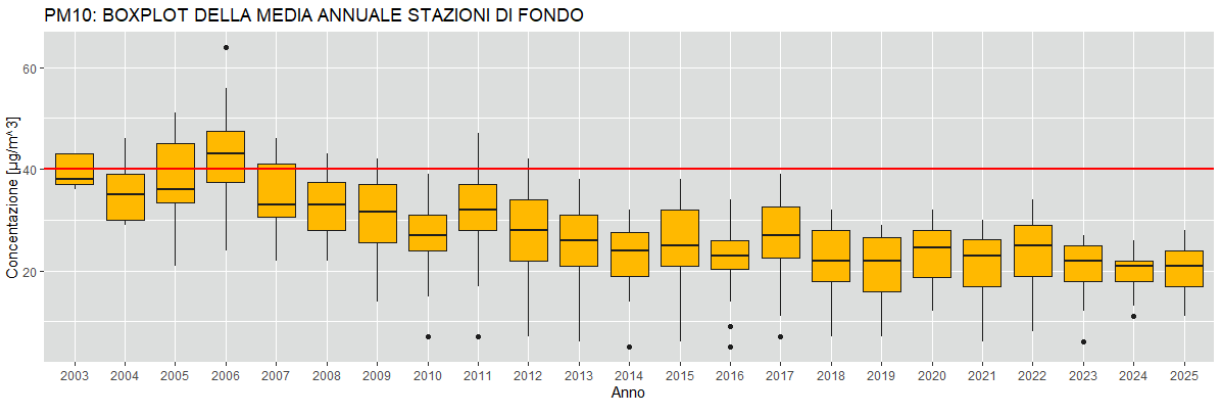
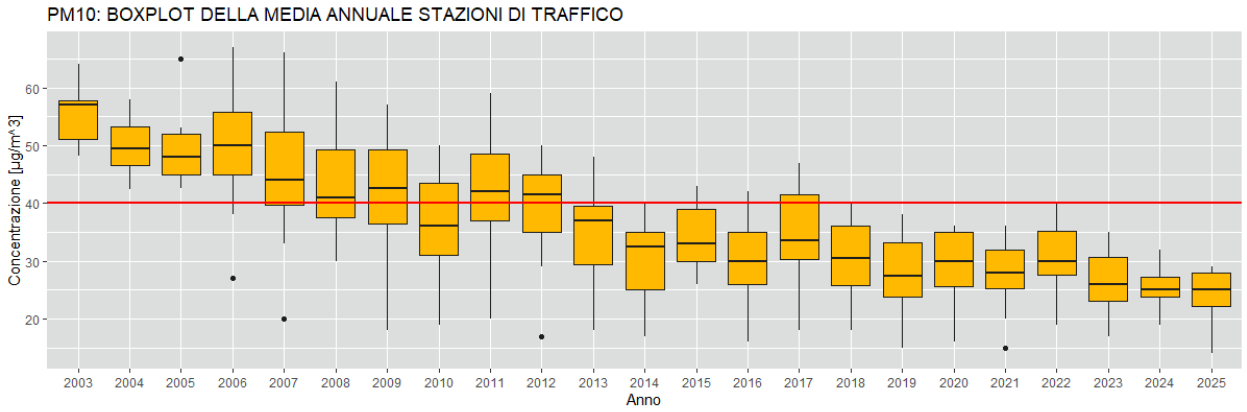


Figura 11: PM10: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde). Le medie sono calcolate stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore all'85%, in conformità alle indicazioni europee.



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	39	36	38	42	34	33	30	27	32	29	25	23	25	22	27	22	21	23	22	24	21	20	21



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	56	50	50	49	45	43	41	36	42	39	35	30	34	30	35	30	28	29	28	30	26	25	24

Figura 12: PM10: box plot delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2025 suddivise per tipologia (fondo e traffico).

La Tabella 7 consente di confrontare le concentrazioni medie annue registrate nel 2025 con quelle rilevate dal 2010 nelle diverse stazioni della rete regionale: i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsto dal D.Lgs 155/2010. Le serie storiche dei dati evidenziano, in tutte le tipologie di stazioni, una generale riduzione delle concentrazioni attribuibile, al netto della variabilità meteorologica interannuale, alle politiche di contenimento delle emissioni adottate nel tempo. Il 2025 conferma tale tendenza, con valori leggermente inferiori rispetto al 2024 nella quasi totalità delle stazioni. In Figura 11 sono riportati i box plot[10] delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali rilevate presso tutte le stazioni della rete SRRQA dal 2003 al 2025. Anche in questa elaborazione è evidente la progressiva riduzione delle concentrazioni nel corso degli anni: a partire dal 2013, in nessuna delle stazioni di fondo si registrano superamenti del valore limite di 40 µg/m³

[10] Ciascun box è delimitato in alto e in basso dal primo e dal terzo quartile (25° e 75 ° percentile rispettivamente), al centro è presente una barra orizzontale che rappresenta la mediana (50° percentile: valore superiore al 50% dei dati considerati); le barre verticali che escono dal box rappresentano il minimo e il massimo e sono calcolate sulla base del range interquantile (IQR, differenza tra il terzo e il primo quartile) moltiplicato per un fattore (1.5)

previsto per la media annua; analogamente, nelle stazioni di traffico, i valori mediani delle distribuzioni annuali si mantengono stabilmente al di sotto del valore limite a partire dallo stesso anno. Nel 2025, la mediana della distribuzione relativa alle stazioni di fondo si colloca tra i valori più bassi dell'intera serie storica, risultando nettamente inferiore rispetto ai livelli osservati nei primi anni del periodo di monitoraggio e sostanzialmente in linea con quella del 2024 (21 µg/m³). Anche per le stazioni di traffico, la mediana del 2025, pari a 25 µg/m³, si colloca tra i valori più bassi dell'intera serie storica e risulta nettamente inferiore rispetto alle mediane superiori a 40–50 µg/m³ osservate nei primi anni. Il valore del 2025 risulta inoltre uguale a quello registrato nel 2024.

Il trend di riduzione per la media annuale di ciascuna stazione è stato infine valutato numericamente[11] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[12]. I risultati, sono mostrati in Figura 13, calcolati considerando l'intero periodo di disponibilità dei dati e in Figura 14, calcolati solo a partire dal 2015 (2015-2025). In ciascun diagramma è riportato, per ogni stazione il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno), il relativo intervallo di confidenza e, con la scala di colori dettagliata in legenda, il livello di significatività statistica.

Considerando l'intero periodo di disponibilità dei dati, in nessuna stazione in cui è statisticamente significativo è stato calcolato un trend in aumento, tranne in quella di Ceresole che presenta una tendenza positiva seppure in un contesto di concentrazioni molto basse. In generale, nella totalità delle stazioni analizzate ad eccezione di Chieri – Bersezio, la diminuzione è risultata essere statisticamente significativa.

Analizzando i risultati sull'ultimo decennio, si conferma una tendenza decrescente statisticamente significativa nella quasi totalità delle stazioni, anche se con valori numerici minori (ad esempio su Torino – Grassi si passa da circa 2 µg/m³/anno a poco più di 1 µg/m³/anno). Si osserva tuttavia un aumento delle stazioni in cui la tendenza non è significativa (sei stazioni).

[11] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni medie giornaliere, è stata stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

[12] Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair - an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

PM10 - Media annuale (Valore limite: 40 µg/m3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	20	23	21	17		17	14	11	8		22	20	18	16	15	15
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				33	30	33	29	36	28	27	28	27	29	25	24	26
		Borgaro T. - Caduti	FS	37	43	42	35	31	35	31	38	30	26	30	28	31	26	24	25
		Chieri - Bersezio	FS											28	28	31	27	26	26
		Collegno - Francia	TU				36	32	36	32	40	33	30	35	32	36	28	24	25
		Druento - La Mandria	FR	27	31	28	24	19	23	21	27	22	19	21	21	21	19	19	19
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS		36	33	29	25	36	30	34		26	29	26	27	23	21	22
		Settimo T. - Vivaldi	TU			44	39	34	39	35		36	34	35	31	35		32	29
		Torino - Consolata	TU	43	50	48	40	35	40	35	43	33	28	36*		33	32	27	29
		Torino - Grassi	TU	50	59		48			42	47	40	38		36	40	35	29	
		Torino - Lingotto	FU	36	44	42	38	32	38	34	39	28	27	30	26	34	27	22	28
		Torino - Rebaudengo	TU					40	43	37	46	39	34	36	33	37	33	30	28
		Torino - Rubino	FU	39	47	40	35	31	36	32	38	29	28	32	30	32	27	23	27
		Vinovo - Volontari	FS																28
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS	34	32	30	27	24		31	32	29	25	26	28	26	22	21	23
		Dernice - Costa	FR	15	17	18	14	14	15	14	16	15	12	12	14	13	12	11	11
	AT	Vinchio - San Michele	RF	27	32	29	29	27	30	26	29	26	21	25	25	26		18	
	BI	Cossato - Pace	FU	28	33	27	24	21	25	23	26	22		23	22	23	18	18	18
	CN	Alba - Tanaro	FU	33	39	38	31	28	30	26	30	28	26	27	26	26	25	21	24
		Mondovi' - Aragno	TU					26	29	26	29	25	22	23	27	28	25	22	22
		Saliceto - Moizo	FR	29	29	26	23	21	23	21	24	22	22	22	22	23	20	19	21
	NO	Borgomanero - Molli	TU				22	20	26	21	23	21	19	20	20	20	17	19	20
		Castelletto T. - Fontane	FR					20	25	22	25	20	19	21	21	23	20		17
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	28	35	34	27	23	28	26	31	25	24	25	23	26	22	22	22
		Pinerolo - Alpini	FU	28	32	29	26		21	23	26	21	19	18	17	19	19	21	21
		Susa - Repubblica	FS	22	23	21	18	16	18	17	22	18	15	16	17	18	16	14	16
	VB	Omegna - Crusinallo	TU					23	30	25	27	23	23	24	24	26	22		18
		Verbania - Gabardi	FU	19	22	22	17	14	17	15	18	15	14	14	15	18	16	14	15
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	23	29	26	23	19	24	21	24	19	19	17	17	21	18	17	17
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			19	16	14	18	15	18	15	14	14	15	16	14	13	15
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	7	7	7	6	5	7	9	11	11	9		10	11			
		Oulx - Roma	TS	19	20	17	18	17		16	18	18	15	16	15	19	17		14
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR						6	5	7	7	7		6	8	6		
		Domodossola - Curotti	FS					25	29	23	27	20	22	24	23	25	23	22	22
Pianura	AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	32	50	49	41	38	39	36	42	37	35	32	35	35	30	28	28
		Alessandria - Volta	FU	36	38	39	35	32	34	27	37	32	29	30	30	30	27	24	24
		Casale M.to - Castello	FU				26	27	32	27	31	28			26	25	21	21	
		Novi Ligure - Gobetti	TU						31	29	33	31	27	27	27	29	24		23
		Tortona - Carbone	TU	38	41	43	38	36		28	32	28			28	30		25	25
	AT	Asti - Baussano	TU	44	47	41	38	35	40	34	40	36	30	32	32	37	31	26	26
		Asti - D'Acquisto	FU	26	37	28	32	26	24	23	29	31	29	29	29	29	26	26	24
	BI	Biella - Lamarmora	TU	30	36	29	28	25	31	26		26	25	26	23	23	19	20	20
		Biella - Sturzo	FU	25	28	22	20	17	22	20	22	18	15	17	17	19	16	15	16
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	36	42	42	37	33	33	28	33	28	24	28	29	29	26	23	25
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												30	32	27	25	27
		Cuneo - Alpini	FU	27	28	28	22	20	23	23	26	21	17	19	23	24	22	20	18
	NO	Cerano - Bagno	FS	33	36	37	31	28	33	26	33	26	27	28	29	31	25		24
		Novara - Arpa	FU	27	32	31	26	24		25	30	24	24	25	24	27	23	22	21
		Novara - Roma	TU	35	38	37	30	23	29	26	33	27	27	26	26	29	24	24	24
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	44	44	50	42	36	41	37	45	36	35	36	33	37	31	25	28
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					26	31	31	34	36		35	28	30	27	27	25
		Vercelli - CONI	FS	29	37	34	28	25	30	26	33	25	27	26	24	26	22	21	21
		Vercelli - Gastaldi	TU			36	37	34	37	33	38	30	31	32	28	30	26	24	28

Legenda
- TU = Stazione di Traffico Urbano
- FU = Stazione di Fondo Urbano
- FS =Stazione di Fondo Suburbano
- FR = Stazione di Fondo Rurale
- IS = Stazione Industriale di Fondo
- TR = Stazione di Traffico Rurale

PM10 - media (µg/m3)
- <= 10
- > 10 <= 20
- > 20 <= 28
- > 28 <= 40
- > 40

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

* Stazione con percentuale dati validi pari a 79% . I dati mancanti sono in un periodo in cui normalmente non si verificano superamenti

Tabella 9: PM10: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025. Gli indicatori relativi al PM10 sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023 in poi, in conformità alle indicazioni europee

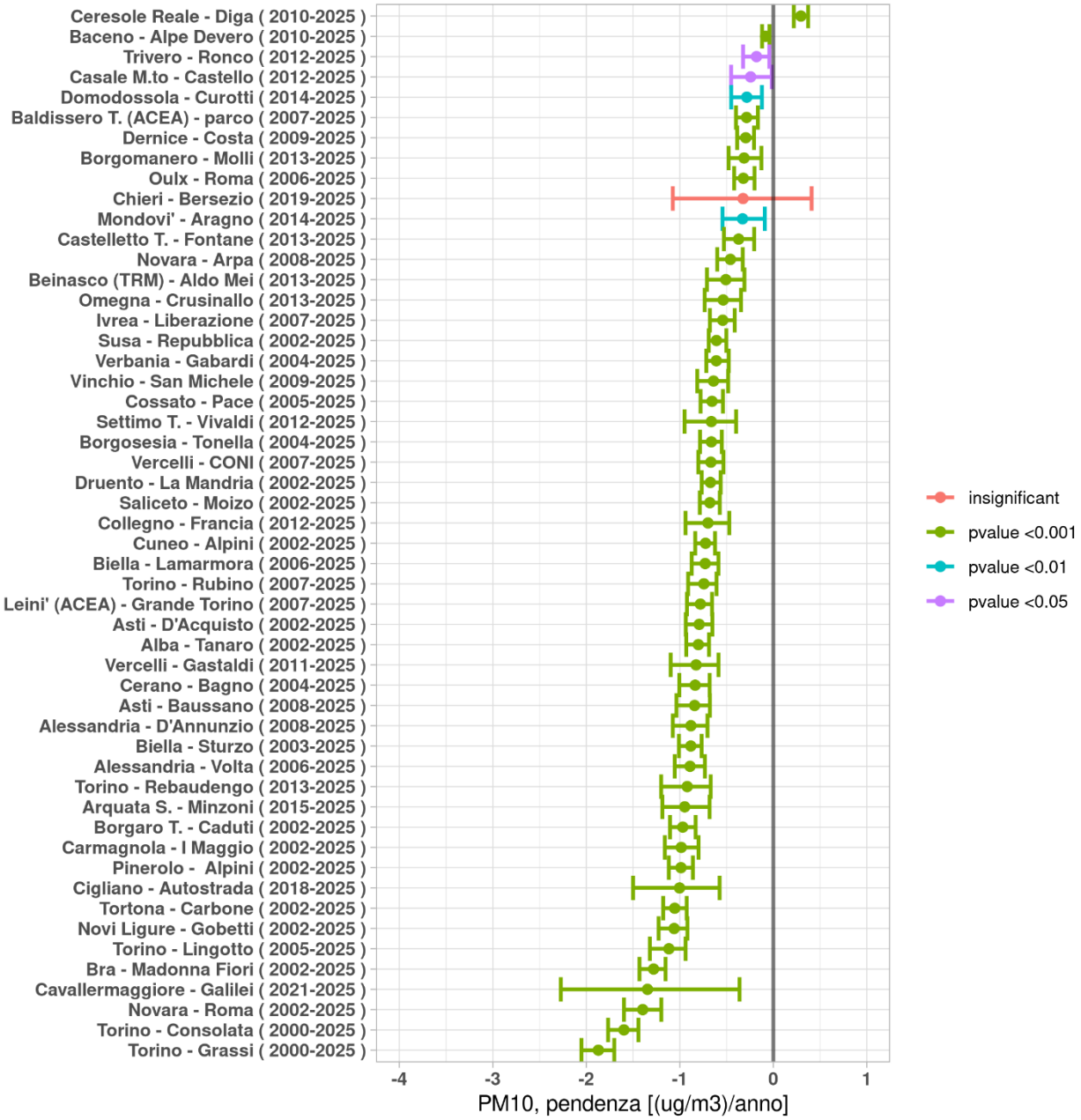


Figura 13: PM10: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie annue di PM10, calcolato sui dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (viola al 95%, blu al 99%, blu al 99,9%, rosso statisticamente non significativo).

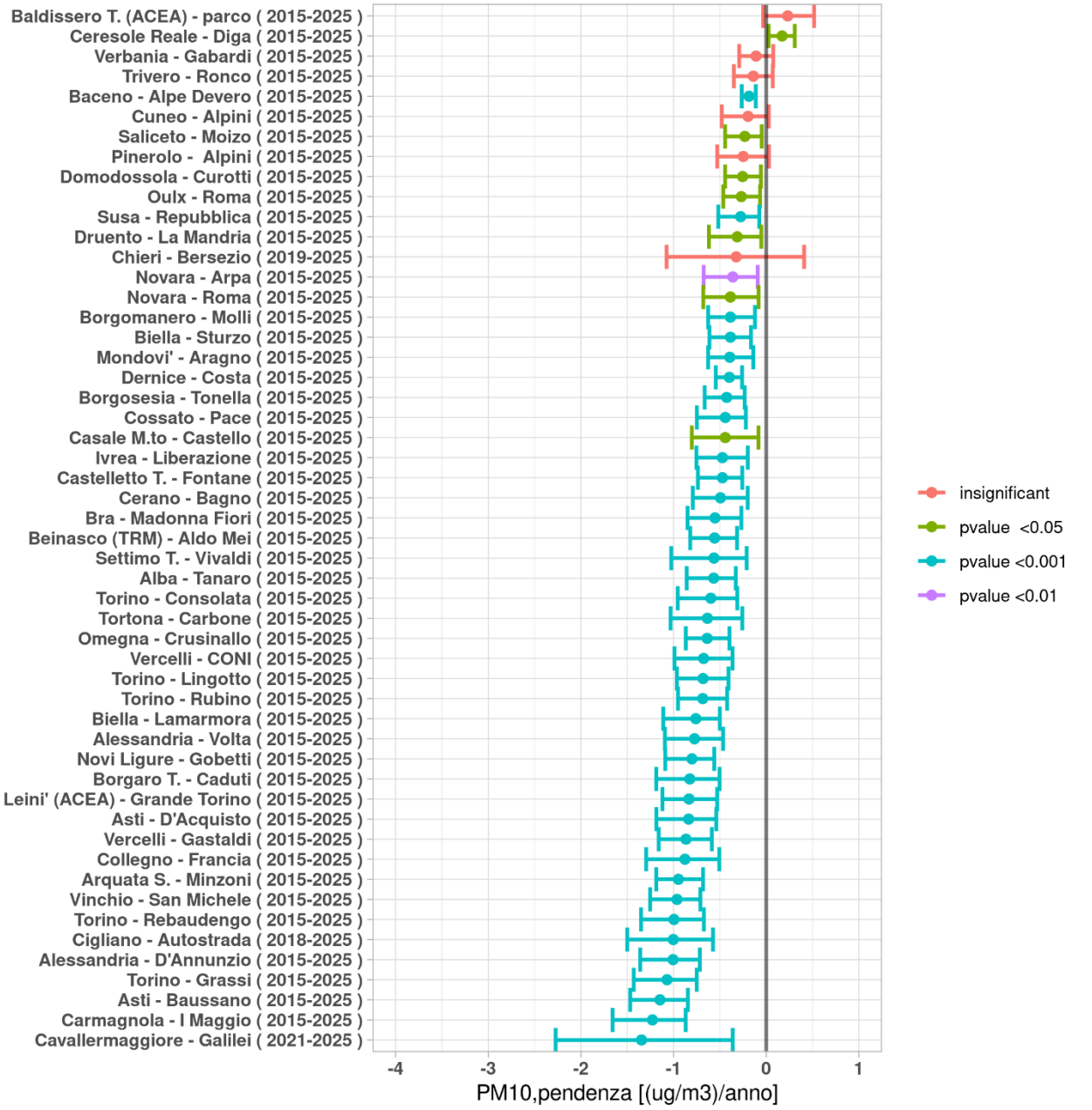


Figura 14: PM10: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie annue di PM10, calcolato sugli ultimi dieci anni (2015-2025). Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (viola al 99%, verde al 95%, blu al 99,9%, rosso statisticamente non significativo).

6.1.2 Superamenti del valore limite giornaliero

Nel 2025, in Piemonte, sette stazioni di monitoraggio hanno registrato un numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ superiore a quello consentito dalla normativa, fissato in un massimo di 35 giorni per anno civile. I superamenti riguardano le stazioni di traffico di Torino - Rebaudengo, Torino - Consolata, Torino - Grassi, Settimo T. - Vivaldi e Alessandria - D'Annunzio, nonché la stazione urbana di fondo di Torino - Lingotto e la stazione suburbana di fondo di Vinovo - Volontari. Nelle province di Vercelli, Biella, Novara, Cuneo e Verbano-Cusio-Ossola, invece, il numero di superamenti del limite giornaliero è risultato conforme al valore previsto dalla normativa, senza eccedere la soglia dei 35 giorni annui.

La Figura 15 rappresenta in mappa il numero dei superamenti del limite giornaliero registrati presso le stazioni della rete regionale sovrapposte al campo prodotto nella valutazione modellistica di qualità dell'aria con il sistema modellistico regionale. La mappa conferma come area critica l'agglomerato urbano di Torino e, in misura minore e con un numero di superamenti comunque inferiori al limite di legge, le zone di pianura tra torinese e cuneese, l'astigiano, l'alessandrino e i territori al confine con la Lombardia.

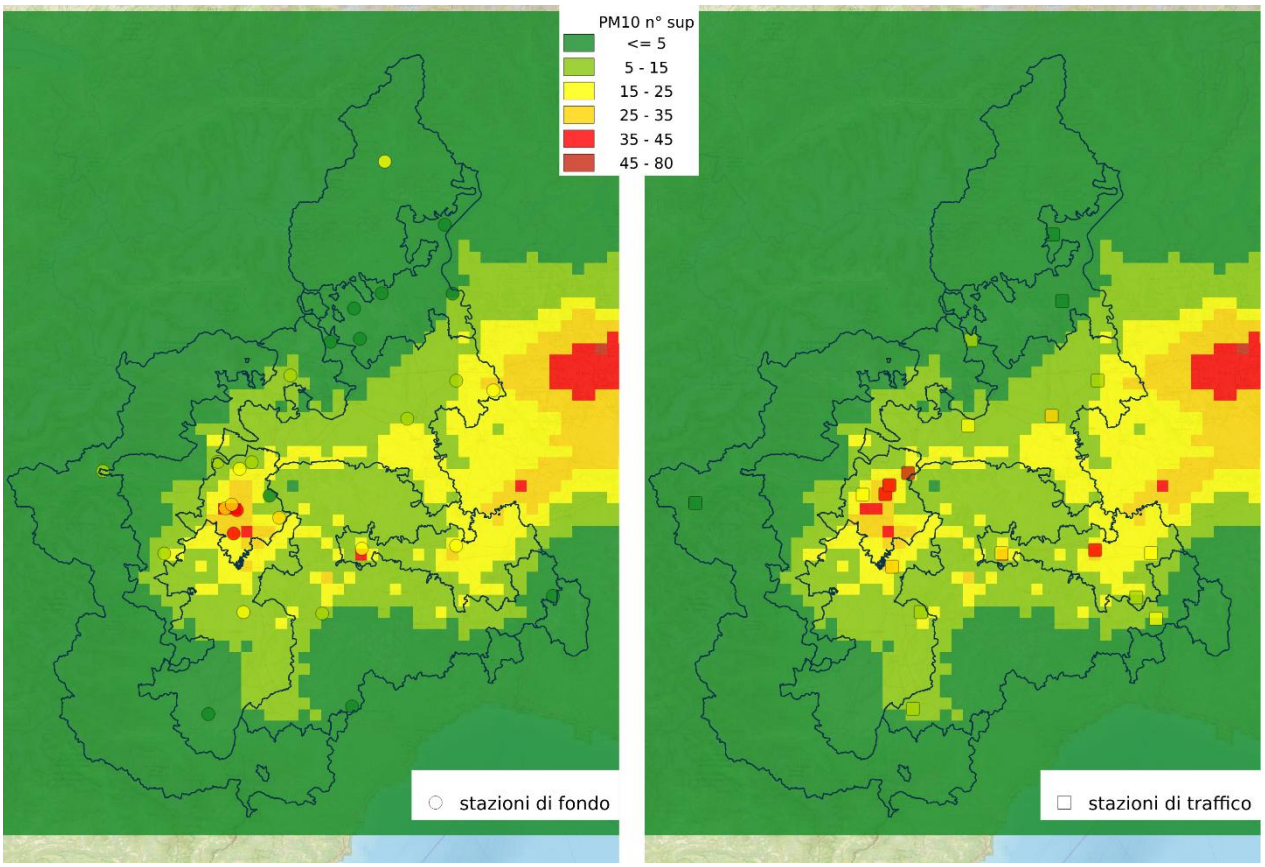


Figura 15: PM10: numero superamenti del valore limite per la concentrazione media giornaliera per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA (fondo a sinistra, traffico a destra) sovrapposti alle concentrazioni stimate dal sistema modellistico regionale.

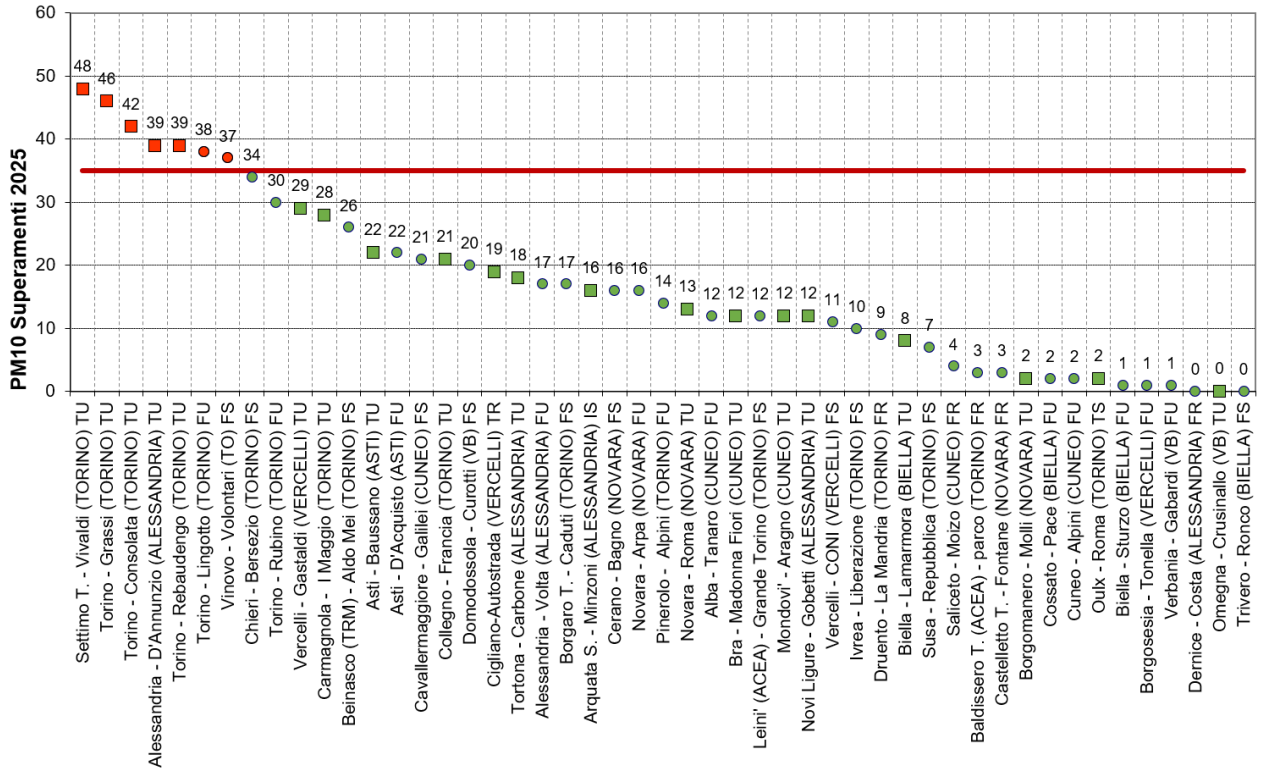


Figura 16: PM10: numero superamenti del valore limite per la concentrazione media giornaliera per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente per il numero di superamenti. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

La Tabella 8 riporta il numero di superamenti registrati presso le stazioni della rete regionale nel periodo 2010-2025, consentendo di effettuare un confronto temporale tra le diverse stazioni. I dati sono organizzati per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La scala cromatica evidenzia, attraverso gradazioni di rosso, i casi di mancato rispetto del limite previsto dal D.Lgs 155/2010. Il numero di giornate caratterizzate dal superamento del valore limite giornaliero evidenzia un miglioramento rispetto agli anni precedenti. In particolare, il numero massimo consentito di superamenti (35 giorni/anno) è stato rispettato in 42 punti di misura su 49, a fronte dei 37 punti nel 2024 e dei 41 nel 2023. Delle sette stazioni che hanno superato il limite, cinque appartengono alla tipologia di traffico urbano, confermando la maggiore criticità di questa tipologia di stazione rispetto al particolato atmosferico.

L'evoluzione temporale del numero di superamenti è illustrata in Figura 17, che riporta i box plot delle distribuzioni annuali del numero di superamenti del valore limite giornaliero registrati presso tutte le stazioni della rete regionale nel periodo 2003-2025, suddivise per tipologia di stazione (fondo e traffico). Per entrambe le tipologie emerge una chiara tendenza alla diminuzione del numero di superamenti, particolarmente marcata nella prima parte della serie storica e più graduale negli anni recenti. Il quadro conferma pertanto il progressivo miglioramento osservato per il PM10, pur evidenziando il permanere di situazioni di criticità in alcune aree, in particolare nell'area metropolitana di Torino e in corrispondenza delle stazioni maggiormente influenzate dal traffico veicolare.

PM10 - Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (Valore limite: 50 µg/m^3 da non superare più di 35 volte per anno civile)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	13	33	17	9		8	1	1	0		22	*15*	*9*	0	7	3
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				70	47	68	52	88	41	49	59	39	36	21	36	26
		Borgaro T. - Caduti	FS	83	107	*90*	*75*	*44*	*71*	54	90	42	*28*	51	37	39	25	23	17
		Chieri - Bersezio	FS											55	40	48	33	39	34
		Collegno - Francia	TU				83	61	81	61	102	*56*	50	85	57	74	35	34	21
		Druento - La Mandria	FR	38	63	45	29	11	23	22	41	15	10	*11*	7	10	6	10	9
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS		*74*	66	59	35	84	57	79		44	59	38	33	17	22	12
		Settimo T. - Vivaldi	TU			111	88	81	98	70		*65*	63	83	55	77	55	68	48
		Torino - Consolata	TU	102	134	118	100	75	93	75	108	55	45	*84**		57	53	34	42
		Torino - Grassi	TU	131	158		126			89	112	*76*	83		75	98	66	54	
		Torino - Lingotto	FU	80	106	94	89	59	86	62	101	*39*	48	67	40	*66*	35	37	38
		Torino - Rebaudengo	TU					94	101	74	118	87	71	88	65	86	63	55	39
		Torino - Rubino	FU	83	111	*83*	87	58	84	65	97	*33*	46	66	57	58	37	41	30
		Vinovo - Volontari	FS															56	37
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS	71	57	39	32	17		51	56	35	22	31	37	26	10	11	16
		Dernice - Costa	FR	5	9	9	4	6	6	3	10	1	1	1	6	1	1	0	0
	AT	Vinchio - San Michele	FR	45	56	57	47	40	50	38	59	26	15	36	31	*19*		7	
	BI	Cossato - Pace	FU	49	65	41	33	16	32	28	44	19		22	16	13	1	6	2
	CN	Alba - Tanaro	FU	64	83	90	61	40	48	38	57	33	24	44	24	23	17	19	12
		Mondovi' - Aragno	TU					25	30	32	44	21	10	19	27	26	16	10	12
		Saliceto - Moizo	FR	41	50	38	20	16	14	15	26	13	11	17	18	10	3	3	4
	NO	Borgomanero - Molli	TU				22	8	28	18	30	12	8	21	12	11	1	4	2
		Castelletto T. - Fontane	FR					*14*	29	20	29	10	9	25	13	22	8		3
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	53	82	71	52	30	55	41	*60*	28	*29*	48	33	41	22	32	10
		Pinerolo - Alpini	FU	29	57	54	33		11	15	40	11	5	12	*10*	9	4	20	14
		Susa - Repubblica	FS	21	24	15	10	1	11	10	27	6	1	3	5	4	0	2	7
	VB	Omegna - Crusinallo	TU					13	68	30	37	14	17	26	14	25	10		0
		Verbania - Gabardi	FU	14	23	18	4	2	4	8	17	3	1	6	5	4	2	0	1
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	29	52	34	27	6	21	24	35	8	9	7	7	5	1	1	1
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			7	6	4	10	6	18	3	4	5	4	1	0	0	0
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0*	*0*	0	*0*	0	0	0	6	*0*	*1*		*3*	*0*			
		Oulx - Roma	TS	7	11	3	6	5		0	8	1	0	1	*0*	1	0		2
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR						0	0	0	0	*0*		3	2	0		
		Domodossola - Curotti	FS					34	54	30	50	12	11	40	19	24	21	14	20
Pianura	AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	76	125	123	92	86	84	69	102	59	66	64	67	63	37	39	39
		Alessandria - Volta	FU	87	87	95	83	55	82	46	90	57	50	54	54	43	22	29	17
		Casale M.to - Castello	FU				40	39	72	37	*64*	*26*				17	7	11	
		Novi Ligure - Gobetti	TU						*49*	44	65	41	33	42	28	31	13		12
		Tortona - Carbone	TU	91	92	100	87	67		46	70	*29*			36	42		29	18
	AT	Asti - Baussano	TU	*97*	*117*	97	79	66	92	71	98	55	58	69	59	79	47	35	22
		Asti - D'Acquisto	FU	57	86	58	70	*33*	41	50	*51*	33	*39*	54	45	43	27	38	22
	BI	Biella - Lamarmora	TU	39	77	50	44	22	46	*29*		25	*19*	*24*	18	17	0	7	8
		Biella - Sturzo	FU	30	49	26	15	7	16	21	33	11	4	10	8	7	1	1	1
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	95	102	106	86	61	62	43	65	31	20	42	38	31	15	22	12
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												40	40	18	22	21
		Cuneo - Alpini	FU	31	36	40	18	12	13	23	29	11	3	9	10	13	10	4	2
	NO	Cerano - Bagno	FS	68	77	82	62	41	70	45	68	30	37	51	44	51	21		16
		Novara - Arpa	FU	*34*	70	69	45	26		35	59	19	25	41	34	27	12	22	10
		Novara - Roma	TU	74	84	84	60	17	42	37	72	25	25	36	34	43	14	25	13
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	118	*87*	137	109	82	107	73	122	69	69	81	49	82	39	32	28
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					*20*	53	41	67	*44*		54	32	28	18	30	19
		Vercelli - CONI	FS	49	90	*66*	63	32	52	43	*67*	18	30	40	25	25	9	16	11
		Vercelli - Gastaldi	TU			79	86	60	82	50	82	29	48	53	31	31	20	19	29

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

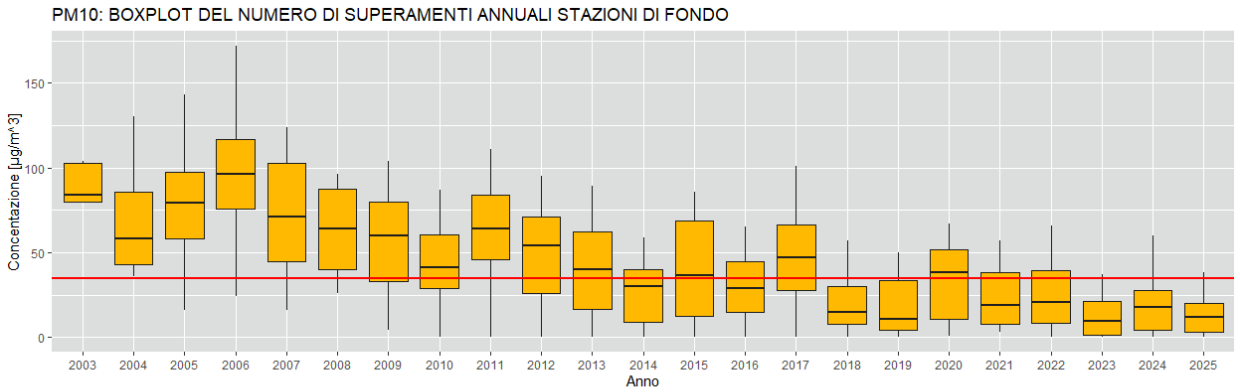
PM10	n. superamenti
<= 5	
> 5	<= 20
> 20	<= 35
> 35	<= 50
> 50	

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023

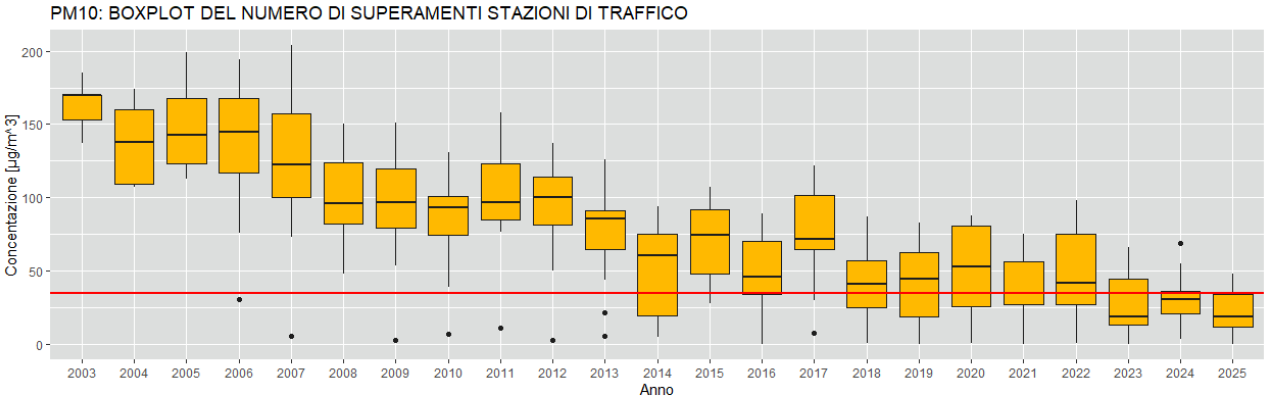
n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

* stazione con percentuale dati validi pari a 79%. I dati mancanti sono in un periodo in cui normalmente non si verificano superamenti

Tabella 10: PM10: numero di superamenti del valore limite per la concentrazione media giornaliera misurato presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	90	72	79	98	72	63	58	44	62	51	41	26	40	30	48	19	20	33	24	23	13	18	13



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	163	137	150	135	122	101	94	83	99	92	76	50	70	50	77	42	40	51	39	47	28	31	22

Figura 17: PM10: box plot delle distribuzioni del numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie giornaliere misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2025 suddivise per tipologia (fondo e traffico).

La tendenza di riduzione delle medie giornaliere di ciascuna stazione è stata infine valutata numericamente[13] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[14]considerando il percentile 90.41 della distribuzione annuale delle medie giornaliere. I risultati, sono mostrati in Figura 18, calcolati considerando l'intero periodo di disponibilità dei dati e in Figura 19, calcolati solo sull'ultimo decennio (2015-2025). In ciascun diagramma è riportato, per ogni stazione il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno), il relativo intervallo di confidenza e, con la scala di colori dettagliata in legenda, il livello di significatività statistica.

[13] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni media giornaliere, è stato calcolato il percentile 90.41 di ciascun anno e successivamente stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

[14] Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair - an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

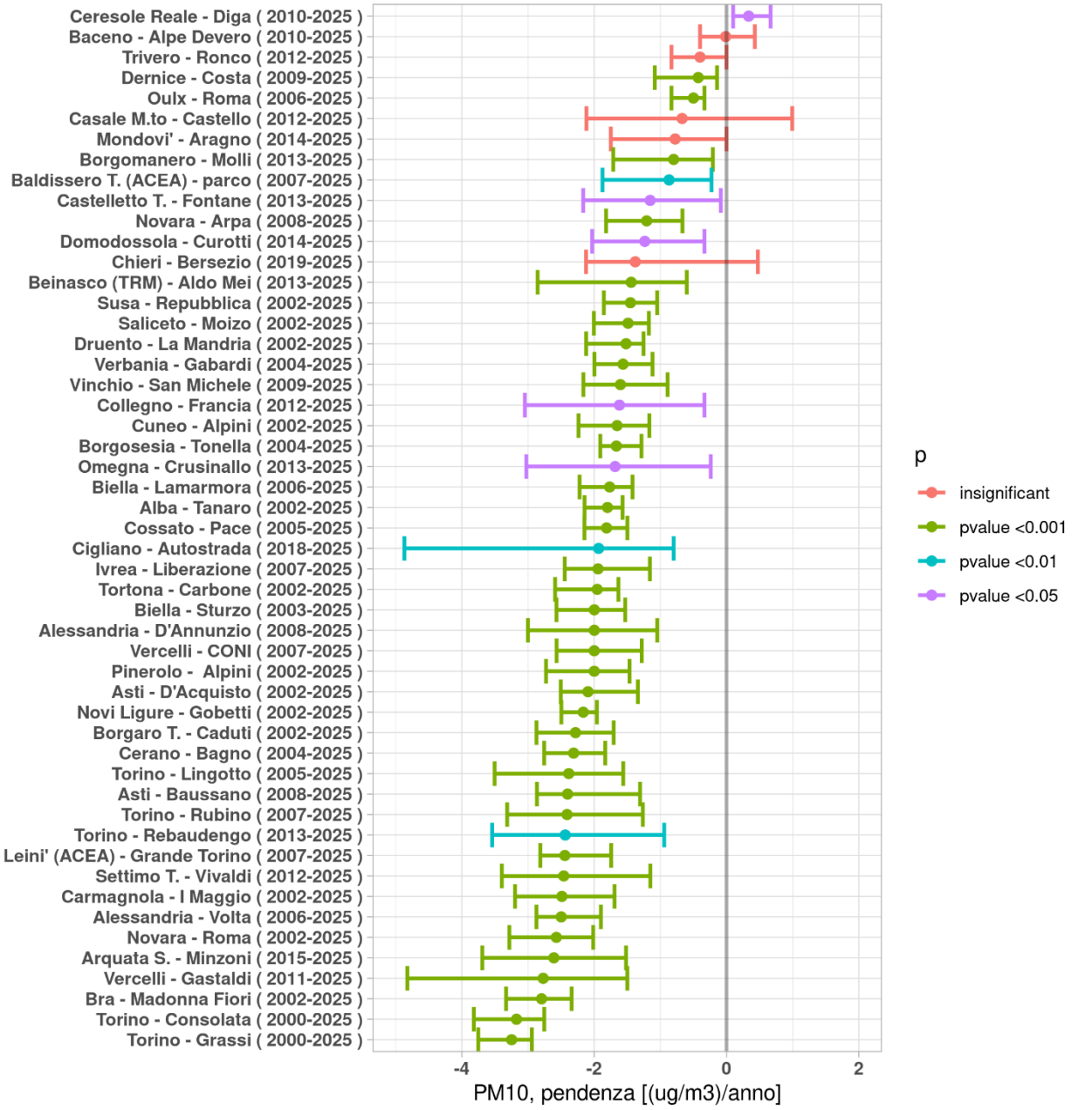


Figura 18: PM10: stima della tendenza del percentile 90.4 della distribuzione delle medie giornaliere di PM10 calcolato sui dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (rosso statisticamente non significativo, viola al 95%, blu al 99%, verde al 99,9%).

Analogamente ai risultati ottenuti sulle medie annuali di PM10, il trend generale risulta essere comunque in diminuzione, fatta eccezione per la stazione di Ceresole Reale – Diga dove è lievemente positivo. Il valore numerico del trend non presenta grandi variazioni nei due periodi considerati, tuttavia, considerando l'intero periodo, il trend di riduzione è statisticamente significativo nella maggior parte delle stazioni considerate (46 stazioni su un totale di 51), mentre nel periodo 2015-2024 la significatività statistica si ha in un numero minore di stazioni e l'intervallo di confidenza diventa quasi ovunque più ampio (38 su 51).

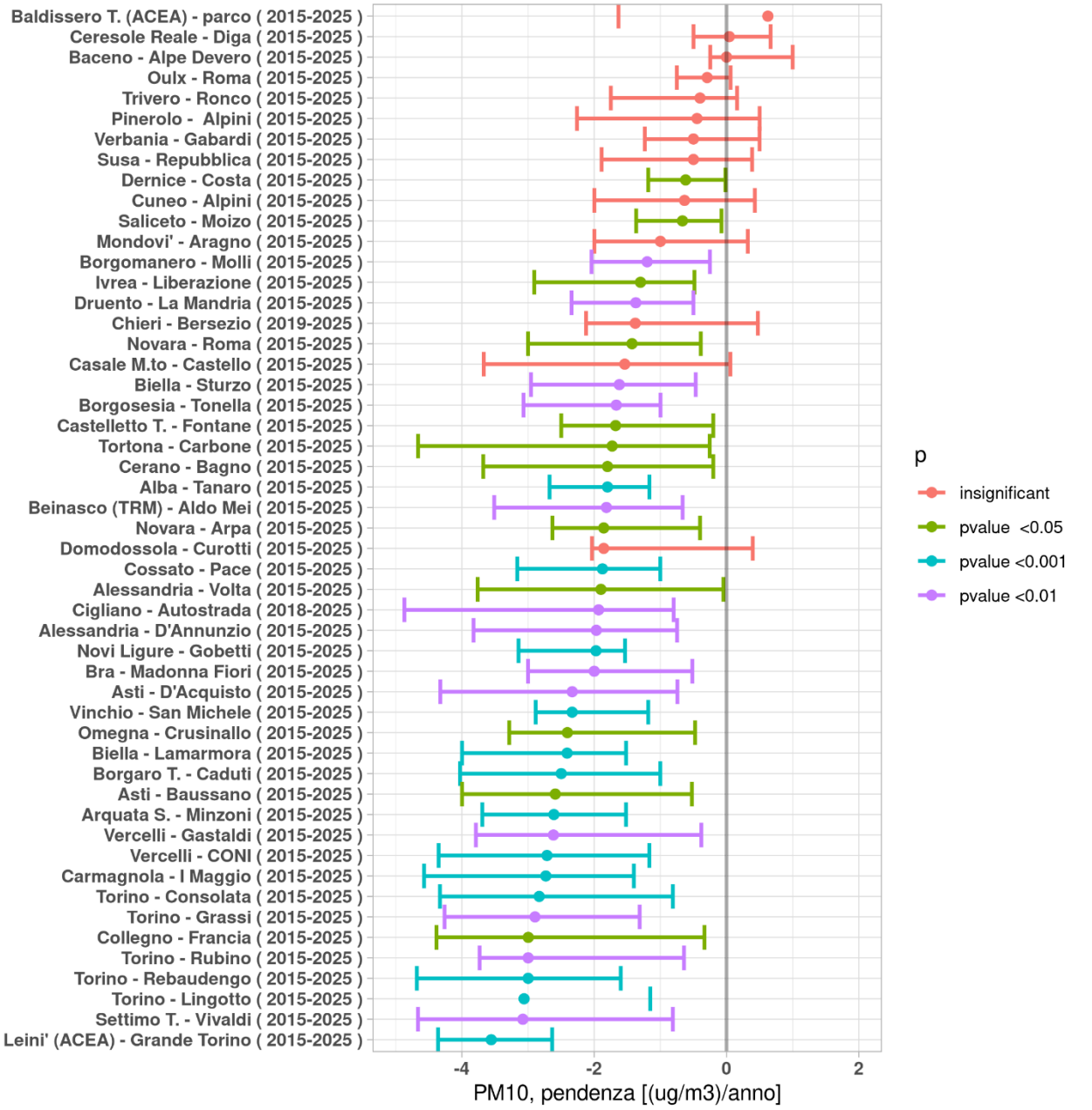


Figura 19: PM10: stima della tendenza del percentile 90.4 della distribuzione delle medie giornaliere di PM10 calcolato sugli ultimi dieci anni di dati per ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (rosso statisticamente non significativo, verde al 95%, viola al 99%, blu al 99,9%).

Nel complesso, per il PM10, il numero di superamenti del valore limite giornaliero continua a rappresentare l'indicatore di maggiore criticità. Sebbene il 2025 confermi il progressivo miglioramento dei livelli di concentrazione osservato nel lungo periodo e mostri una riduzione del numero di punti di misura che eccedono il limite rispetto al 2024, persistono ancora situazioni di superamento in alcune aree del territorio regionale. Le misure di riduzione delle emissioni adottate negli ultimi anni hanno quindi contribuito al miglioramento della qualità dell'aria, ma non risultano ancora sufficienti a garantire il pieno rispetto del valore limite giornaliero in tutto il territorio regionale.

In Appendice A1 è riportata, per completezza d'informazione, una tabella contenente i valori del 90.41° percentile [15] delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate negli anni dal 2010 al 2025 presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria aventi almeno l'85% dei dati validi nel 2023.

6.2 Particolato sospeso: PM2.5

6.2.1 Media annua

Anche nel 2025, come nei sette anni precedenti, il valore limite per la media annua, pari a 25 µg/m³, è stato rispettato su tutto il territorio regionale, come si può osservare dalla Figura 20 che rappresenta in mappa sia i valori delle concentrazioni misurate presso le stazioni della rete regionale, sia i campi di concentrazione prodotti nella valutazione modellistica di qualità dell'aria. La distribuzione spaziale della media annua mostra concentrazioni comprese tra 15 e 20 µg/m³ sulla maggior parte del territorio regionale, con valori ovunque non superiori ai 20 µg/m³.

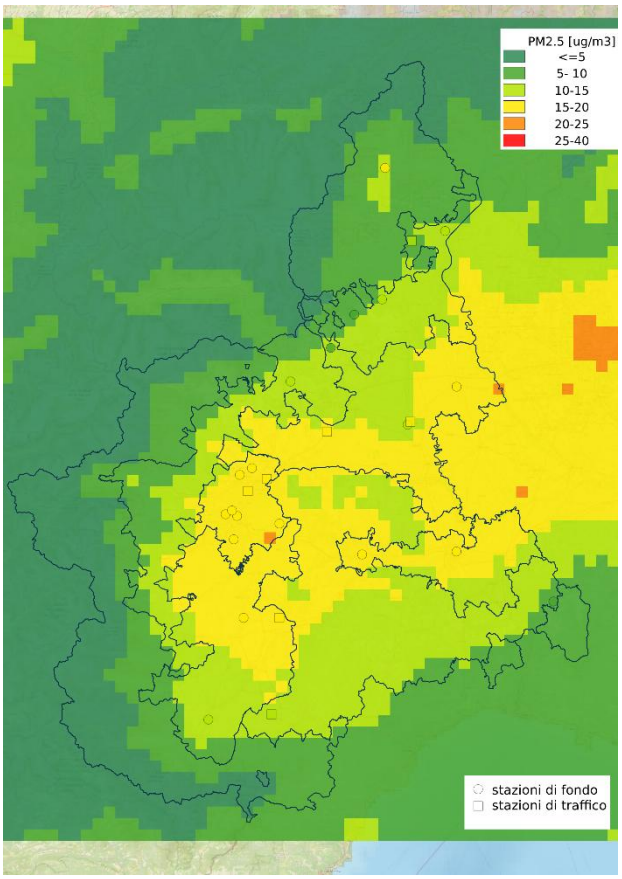


Figura 20: PM2.5: valori misurati presso le stazioni del SRRQA (fondo con pallini, traffico con simboli quadrati) sovrapposti alle concentrazioni stimate dal sistema modellistico regionale.

Come evidenziato dal confronto tra i punti di monitoraggio riportato in Figura 21, i livelli di concentrazioni più elevati si osservano nell'Agglomerato Torinese: Torino-Rebaudengo (traffico urbano), Torino-Lingotto (fondo urbano) e Vinovo-Volontari (fondo suburbano) raggiungono i 20 µg/m³. Dopo le tre stazioni sopra citate, seguono Torino-Rubino (fondo urbano) e Chieri-Bersezio (fondo suburbano) con 19 µg/m³, e le stazioni di Asti-D 'Acquisto (AT), Cavallermaggiore-Galilei (CN) e Cigliano-Autostrada (VC), con 18 µg/m³.

15 Corrisponde alla 36-esima media giornaliera più alta dell'anno, quando questo valore è inferiore o uguale a 50 µg/m³ il limite normativo di 35 superamenti per anno solare è rispettato, viceversa quando è superiore a 50 µg/m³

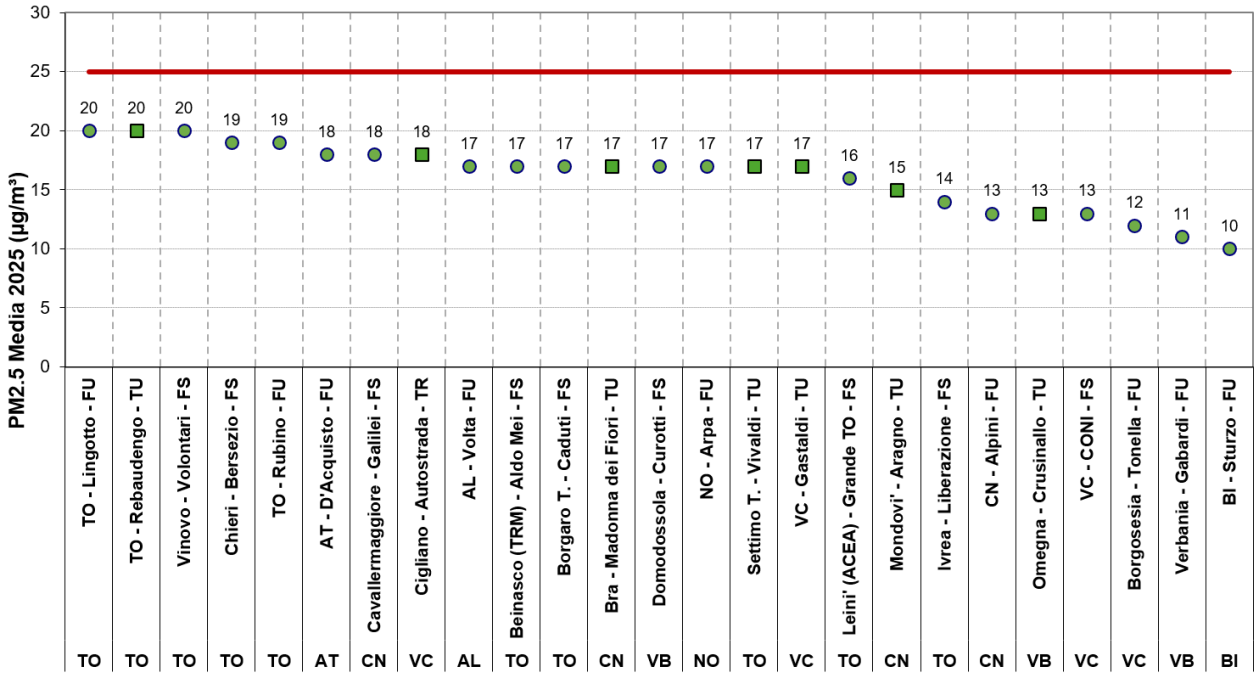


Figura 21: PM2.5: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde). Le medie sono calcolate stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore 85% dal 2023, in conformità alle indicazioni europee

La Tabella 11 consente di analizzare l'andamento delle concentrazioni di PM2.5 nel tempo e nelle diverse stazioni di monitoraggio e quindi di valutare come si collocano le concentrazioni rilevate nel 2025 rispetto agli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010.

Le concentrazioni medie annue sono minori o uguali a quelle dell'anno precedente nel 59% delle stazioni, e inferiori o uguali al 2023 nel 68% delle stazioni. Nel periodo esaminato si osserva, come evidenziato anche dai box plot in Figura 22 una generale tendenza alla riduzione delle concentrazioni medie annue. La tendenza alla diminuzione risulta meno marcata negli anni più recenti, nei quali il trend decrescente sembra essersi sostanzialmente stabilizzato. Le concentrazioni risultano inizialmente più elevate presso le stazioni di traffico, mentre negli anni più recenti il divario rispetto alle stazioni di fondo si è sensibilmente ridotto.

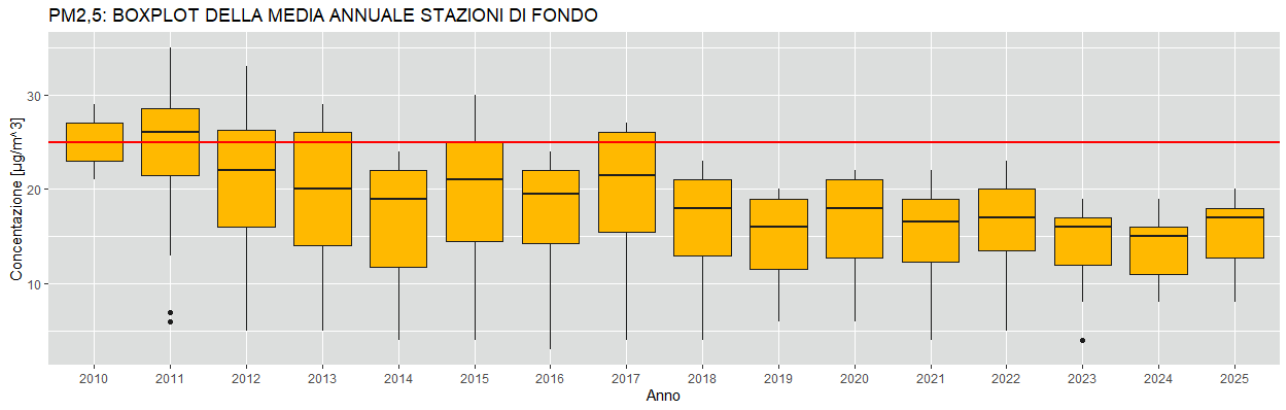
PM2,5 - Media annuale (Valore limite: 25 µg/m³)

ZONA	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS			25	25	23	26	23	26	20	20	21	18	19	17	16	17
		Borgaro T. - Caduti	FS		33	31	27	23	26	23	27	22	19	21	20	21	18	17	17
		Chieri - Bersezio	FS				28	22	24	22	27	22	20	22	21	22	19	19	19
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS		*29*	26	26	22	30	24	*26*			22	16	16	16	16	16
		Settimo T. - Vivaldi	TU			37	33	26	31	26	30	24	22	23	23	24		20	17
		Torino - Lingotto	FU	29	35	33	29	24	*27*	23	27	*21*	19	22	20	*23*	16	16	20
		Torino - Rebaudengo	TU					*25*		*29*	33	25	*25*	22	23	23	20	20	20
		Torino - Rubino	FU								27	*23*	20	20	*19*	*20*	16		19
		Vinovo - Volontari	FS																20
Cc	AL	Dernice - Costa	FR		13	13	11	11	11	10	12	11	9	9	9	*10*	8	8	8
	AT	Vinchio - San Michele	FR	21	23	22	20	19	21	19	21	19	16	18	17	17	13	14	
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					16	18	18	20	17	15	16	17	17	14	14	15
	NO	Borgomanero - Molli	TU					14	18	17	19	15	15	15	14	15	12	13	
	TO	Ivrea - Liberazione	FS		*28*	27	*24*	*19*	24	20	24	*19*	16	19	17	19	16		14
	VB	Omegna - Crusinallo	TU																13
		Verbania - Gabardi	FU			16	*12*	11	13		14	11	10	11	12	13	12	10	11
	VC	Borgosesia - Tonella	FU		22	20	17	14	17	15	18	14	13	13	13	15	13	12	12
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			13	11	10	13	11	13	10	10	10	*10*	11	9	8	9
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR		7	*5*	*5*	4	*6*	7	9		*6*	*6*	*7*	*9*			
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR		*6*				4	3	4	4			4	5	4		
		Domodossola - Curotti	FS						18	16	18	14	14	17	13	*17*	17	16	17
Pianura	AL	Alessandria - Volta	FU		27	30	27	22	24	22	26	22	20	21	19	20	16		17
	AT	Asti - d'Acquisto	FU		29									22	20	20	17	19	18
	BI	Biella - Sturzo	FU		22	16	14	12	16	14	16	13	11	12	12	13	11	10	10
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU											20	19	18		16	17
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												22	22	18	18	18
		Cuneo - Alpini	FU		21	20	15	15	16	17	19	15	13	14	15	15	12	11	13
	NO	Novara - Verdi/Arpa	FU		26	25	19		*23*	20	22		17	18	17	18	15	15	17
	VC	Cigliano - Autostrada	TR						22	*21*	24			*23*	20	21	19	19	18
		Vercelli - CONI	FS		28	*22*	23	22	27	20	23	18	18	18	15	17	15	15	13
		Vercelli - Gastaldi	TU															17	17

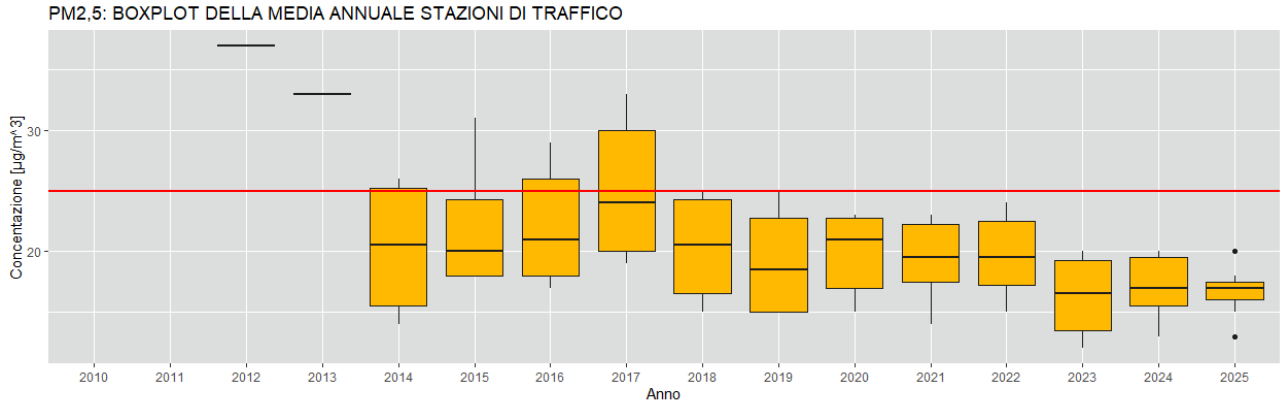
Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

PM2,5	media annuale (µg/m³)
<= 5	
> 5	<= 12
> 12	<= 17
> 17	<= 25
> 25	
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e al 85% dal 2023
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 11: PM2.5: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025. Gli indicatori sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023 in poi, in conformità alle indicazioni europee



Anno	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	25	23	22	20	17	19	17	20	16	15	17	15	16	14	14	15



Anno	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	NaN	NaN	37	33	20	22	22	25	20	19	20	19	20	16	17	17

Figura 22: PM2.5: box plot delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2025 suddivise per tipologia (fondo e traffico).

Il trend di riduzione per la media annuale è stato infine valutato numericamente[16] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[17]. I risultati sono mostrati in Figura 23**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** calcolati per il periodo 2015-2025. Nel diagramma è riportato, per ogni stazione il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno), il relativo intervallo di confidenza e, con la scala di colori dettagliata in legenda, il livello di significatività statistica.

[16] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni media giornaliere, è stata stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

[17] Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair - an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

Il trend è significativo in 22 stazioni di monitoraggio su 26; la diminuzione è numericamente inferiore a quanto osservato nelle stesse stazioni e nello stesso periodo temporale per la media annuale del PM10.

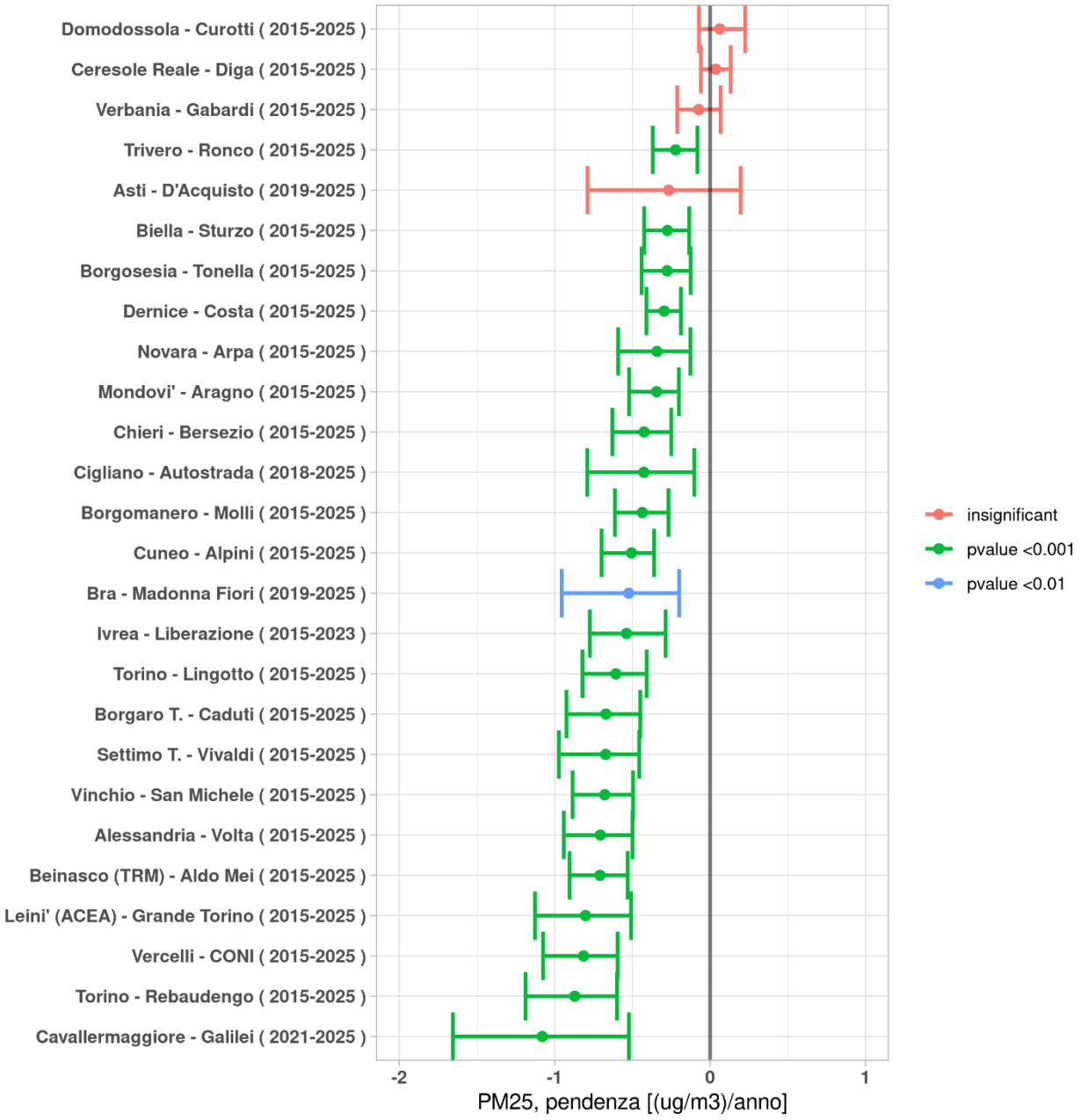


Figura 23: PM2.5: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie annue, calcolato sugli ultimi dieci anni di dati per ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (osso statisticamente non significativo, blu al 99%, verde al 99,9%).

6.3 Biossido di azoto (NO_2)

6.3.1 Media annua

La distribuzione spaziale della concentrazione media annua prodotta nella valutazione modellistica regionale per l'anno 2025, riportata in Figura 24 con sovrapposti i valori delle concentrazioni misurate presso le stazioni di monitoraggio mostra come i livelli più elevati di biossido di azoto, comunque inferiori al valore limite per la media annua di 40 µg/m³, si abbiano nell'agglomerato urbano torinese e, in misura minore, nel novarese al confine con la Lombardia. Dalle mappe si osserva inoltre come

la simulazione modellistica riesca a riprodurre bene i valori misurati dalle stazioni di fondo, ma tenda ad una generale sottostima dei livelli registrati da quelle di traffico situate nei maggiori centri urbani e caratterizzate da fenomeni non riproducibili alla risoluzione adottata nelle simulazioni.

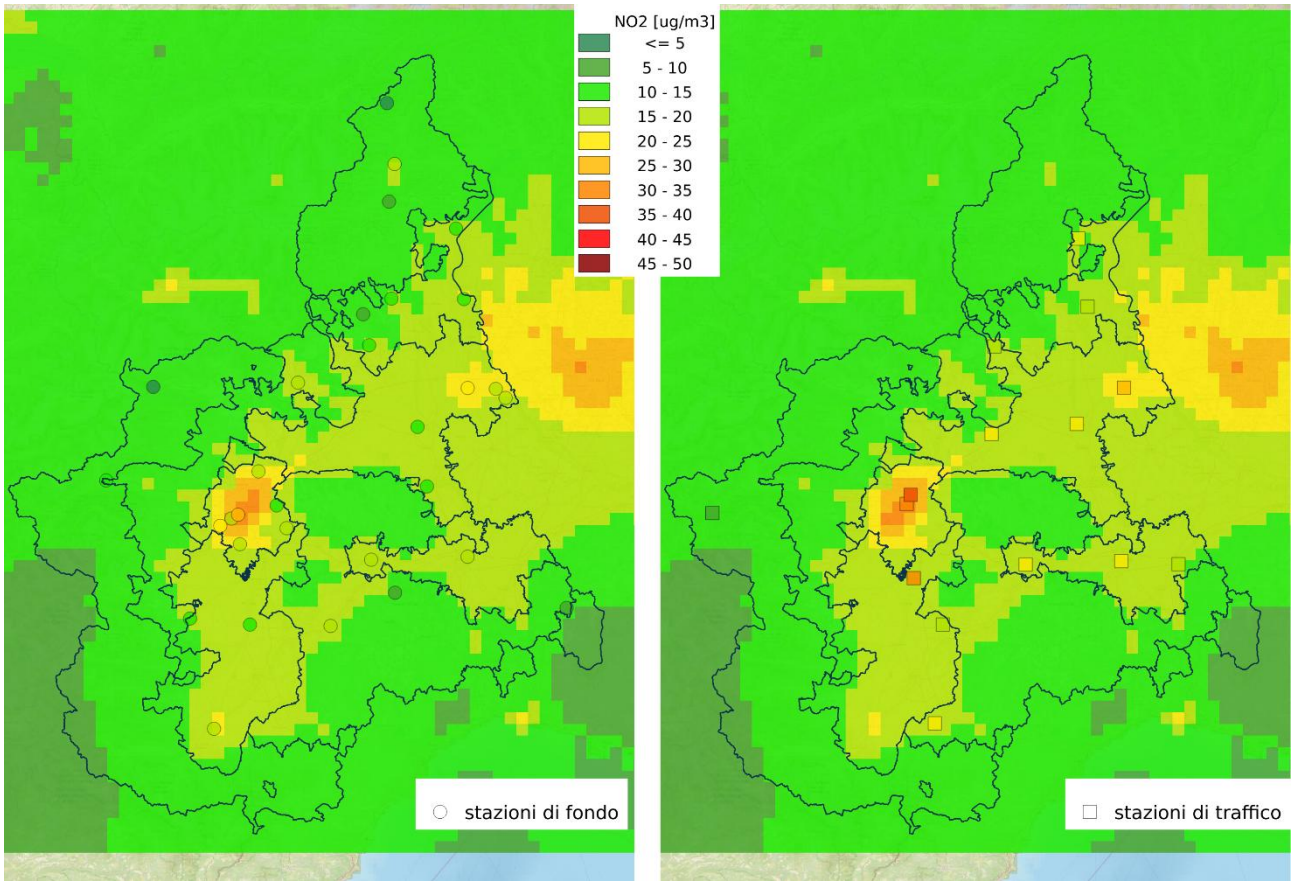


Figura 24: NO_2: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA (fondo a sinistra, traffico a destra) sovrapposti alle concentrazioni stimate dal sistema modellistico regionale.

Le concentrazioni medie annue di NO_2 misurate presso le stazioni di monitoraggio evidenziano valori più elevati nelle stazioni urbane di traffico, con un picco nella città di Torino e anche nei principali centri urbani piemontesi, in particolare Novara, Alessandria e Asti; le concentrazioni diminuiscono progressivamente passando dalle aree urbane a quelle suburbane e rurali. Tale distribuzione evidenzia una chiara relazione con l'intensità del traffico veicolare e, più in generale, con il livello di urbanizzazione.

Nel grafico di Figura 25 sono riportate, in ordine decrescente, le concentrazioni medie annuali rilevate nel 2025 dalle stazioni appartenenti alla rete regionale. Il valore limite di 40 µg/m³ per la media annua è stato rispettato, per la prima volta, su tutto il territorio regionale. Anche la stazione di Torino – Rebaudengo, situata in un'area caratterizzata da intenso traffico veicolare e da un elevato livello di antropizzazione, la più critica della rete regionale, nel 2025 ha registrato, per la prima volta nella sua lunga serie storica, una concentrazione media annua inferiore al limite annuale.

Il confronto con i valori registrati presso le altre stazioni di monitoraggio evidenzia, nel resto della regione, concentrazioni medie annue ampiamente inferiori al valore limite, sia nelle stazioni di traffico dove i valori più elevati si registrano a Torino–Consolata (35 µg/m³), Carmagnola–I maggio (31 µg/m³) e Novara–Roma (28 µg/m³), sia nelle stazioni di fondo.

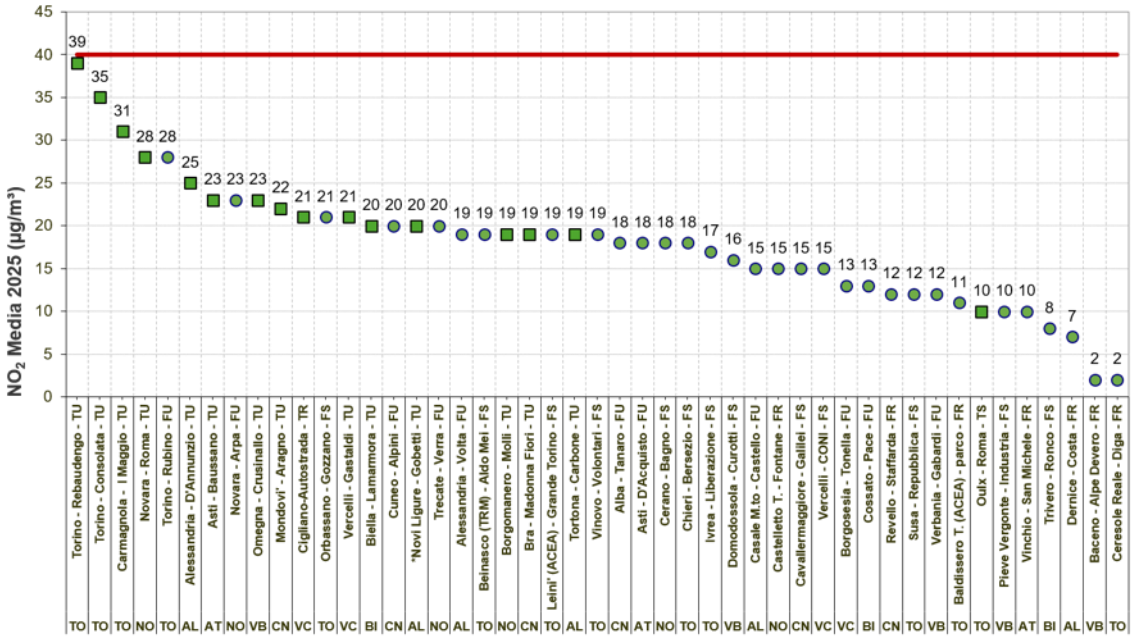


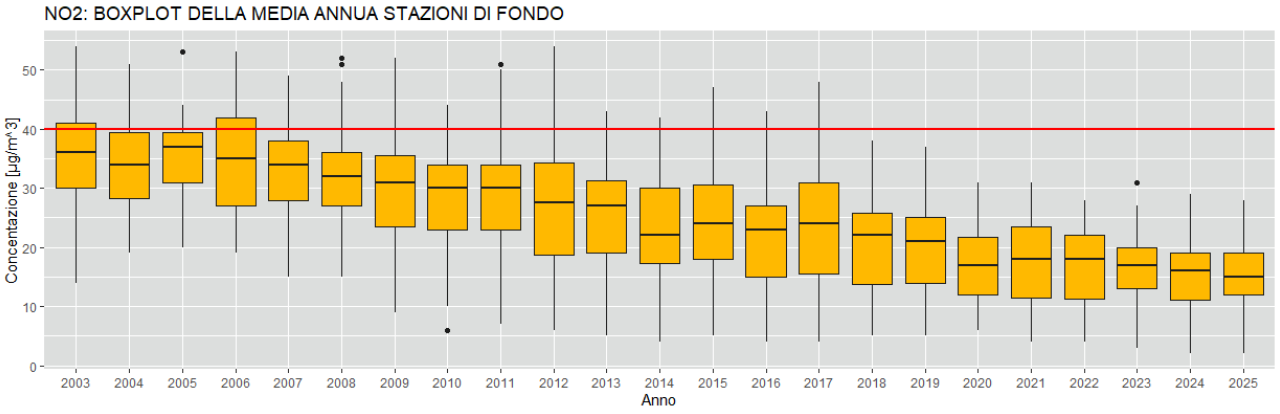
Figura 25: NO_2: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde). Le medie sono calcolate stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore 85%, in conformità alle indicazioni europee

La Tabella 12 fornisce una visione d'insieme dell'andamento delle concentrazioni negli anni e nelle diverse stazioni, consentendo di valutare come i valori di biossido di azoto registrati nel 2025 si collochino rispetto a quelli rilevati gli anni precedenti, a partire dal 2010. i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.lgs. 155/2010.

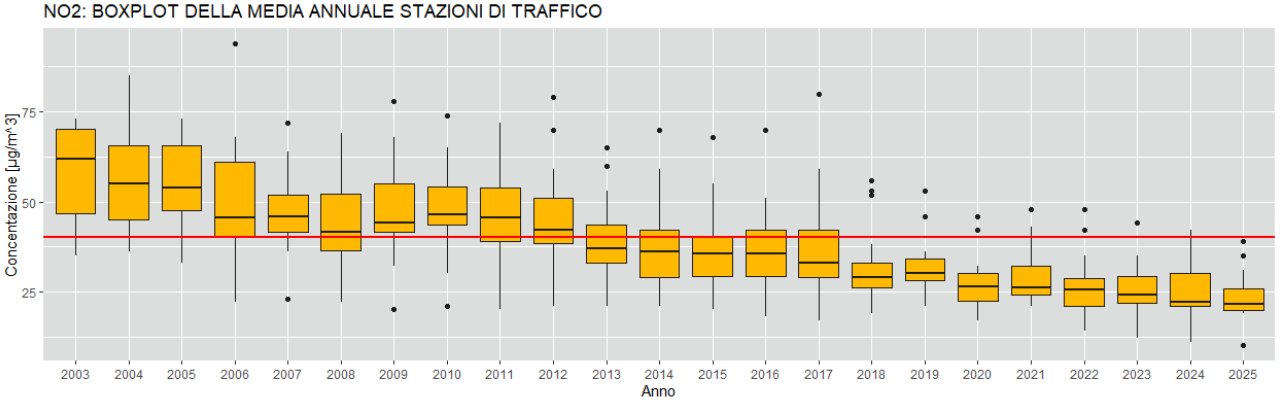
In Figura 26 sono invece riportati i box plot[18] delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate da tutte le stazioni della rete regionale nel periodo 2003 - 2025, suddivise per tipologia di stazione (fondo e traffico).

Entrambe le elaborazioni evidenziano una marcata tendenza alla riduzione delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto nel corso del periodo considerato. In particolare, dal 2018 nessuna stazione di fondo ha raggiunto il valore limite per la media annua. Negli ultimi anni, tuttavia, il trend di decrescita sembra essersi progressivamente stabilizzato, mentre assumono maggiore rilevanza le oscillazioni annuali riconducibili anche alla variabilità delle condizioni meteorologiche. Nel 2025 le concentrazioni risultano inferiori o uguali a quelle del 2024 in circa il 75% delle stazioni e, nel complesso, si mantengono su livelli mediamente inferiori rispetto al triennio 2021-2023 (Tabella 12).

[18] Ciascun box è delimitato in alto e in basso dal primo e dal terzo quartile (25° e 75 ° percentile rispettivamente), al centro è presente una barra orizzontale che rappresenta la mediana (50° percentile: valore superiore al 50% dei dati considerati); le barre verticali che escono dal box rappresentano il minimo e il massimo e sono calcolate sulla base del range interquartile (IQR, differenza tra il terzo e il primo quartile) moltiplicato per un fattore (1.5)



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	36	34	35	35	33	32	30	28	30	27	25	24	25	22	23	20	20	17	18	17	16	16	15



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	58	56	55	51	48	45	48	48	46	46	40	38	38	37	38	32	32	27	29	26	26	25	23

Figura 26: NO_2: box plot delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2025 suddivise per tipologia (fondo e traffico).

N02 - Media annua (Valore limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m^3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - Parco	FR	20	16	12	14	14	12	15	11	15	11	10		13	9	11
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS			41	38	47	41	48	38	31	26	27	27	20	21	19
		Borgaro T. - Caduti	FS	34	32	31	26	29	30	30	30	25	23	24	22	20	19	
		Chieri - Bersezio	FS		33	28	23	25	19	23	20	21	14	17	18	20	19	18
		Collegno - Francia	TU		*40*	44	47	36	46	58	53	46	30	33	25	31	35	
		Druento - La Mandria	FR	18	18	12	14	16	11	12	12	11	11	9	9		9	
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	30	28	33	31	31	24	32	25	23	21	24	22	19	21	19
		Orbassano - Gozzano	FS	39	35	32	32	35	32	34	30	31	29	29	25	23	22	21
		Settimo T. - Vivaldi	TU	*49*	*49*	43	35	41	36	36	33	36	26	30	28	24	22	
		Torino - Consolata	TU	65	59	60	59	53	50	59	52	53	42	43	42	35	35	35
		Torino - Lingotto	FU	51	*43*	43	41	37	40	40	35	37	31	31		31	29	
		Torino - Rebaudengo	TU	72	70	65	*70*	68	70	80	56		46	48	48	44		39
		Torino - Rubino	FU	50	49	42	39	44	35	*37*	31	33	26	25	28	27	26	28
		Vinovo - Volontari	FS	40	34	31	30	43	33	35	26	28	21	25	24	20	18	19
Collina	AL	Dernice - Costa	FR	10	11	11	11	12	12	11	10	9	9	*9*	*9*	5	5	7
	AT	Vinchio - San Michele	FR	18	18	15	14	17	14	14	12	13	11	10	*10*	11	11	10
	BI	Cossato - Pace	FU	27	25	22	17	20	20	21	16	18	16	17	14	13	14	13
	CN	Alba - Tanaro	FU	31	31	29	22	24	24	26	22	21	18	18	18	18	17	18
		Mondovi' - Aragno	TU				29	29	28	28	26	25	21	25	23	22	22	22
		Saliceto - Moizo	FR	17	12	15	12	13	*13*	14	9	10	8	9	9	8	9	
	NO	Borgomanero - Molli	TU			*26*	28	30	26	24	24	29	26	26	20	20	20	19
		Castelletto T. - Fontane	FR	32	28	29	24	28	27	24	22	23	17	18	18	15	16	15
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	29	25	*25*	24	26	23	25	22	24	22	22	24	16	20	17
		Susa - Repubblica	FS	23	22	19	20	22	20	19	16	15	14	15	12	10	11	12
	VB	Omegna - Crusinallo	TU		37	33	29	29	32	29	27	31	27	26	27	25		23
		Verbania - Gabardi	FU	27	27	27	22	21	27	29	28	20	16	16	15	14	14	12
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	20	21	20	19	19	15	16	16	16	12	13	14	14	14	13
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS		19		22	18	16	*11*		11	10		8	13	13	8
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*7*	7	6	4	*5*	4	5	6	6	6	4	*5*	3	2	2
		Oulx - Roma	TS	20	21	21	21	20	18	17	19	21	17		14	12	11	10
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR		6	5		6	5	4	5	5		4	4	3	2	2
		Domodossola - Curotti	FS				22	21	19	16	16	20	17	15	16	16	19	16
		Pieve Vergonte - Industria	FS	26	18	19	15	18	15	16	13	11	12	10	11	10	11	10
Pianura	AL	Alessandra - D'Annunzio	TU	45	43	33	36	35	43	38	31	*32*	*32*	32	35	28	24	25
		Alessandria - Volta	FU	31	36	22	21	18	23	35	24	25	19	20	19	18	18	19
		Casale M.to - Castello	FU	33	35	*32*	30	33	26	*29*	25	24	*20*	19	18	17	15	15
		Novi Ligure - Gobetti	TU	39	*40*	38	42	32	30	33	30	30	23	22	20		22	
		Tortona - Carbone	TU	59	42	37	27	29	29	31	28	29	24	23	21	21	21	19
	AT	Asti - Baussano	TU	46	47	41	37	35	39	40	31	*34*	28	27	26	24	24	23
		Asti - d'Acquisto	FU	34	30	25	24	25	27	29	23	23	18	19	19	19	19	18
	BI	Biella - Lamarmora	TU	39	37	34		37	34	29	22	30	27	26	26		21	20
		Biella - Sturzo	FU	29	24	21	18	30	*21*	17	20	18	16	17	15	17	16	
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	29	30	29	23	26	23	26	22	24	21	21	22	21	19	19
		Cavallermaggiore - Galilei	FS											21	21	18	15	15
		Cuneo - Alpini	FU	31	31	28	25	28	26	26	23	23	21	19	19	18	19	20
		Revello - Staffarda	FR				12	*12*	12	14	12	11	10	10	10	10	11	12
	NO	Cerano - Bagno	FS	37	39	39	42	47	43	36	25	25	23	24	22	20	19	18
		Novara - Arpa	FU	42	37	33	33	*34*	26	26	26	27	25	23	22	22	24	23
		Novara - Roma	TU	52	53	53	50	55	51	53		35	31	32	29	29	30	28
		Trecate - Verra	FU	45	54	30	41	30	27	32	26	29	26	26	23	21	21	20
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU		79		36	38	39	42	38	34	30	31	29	30	30	31
	VC	Cigliano - Autostrada	TR				41	50	39		29	23	22	23	20	23	21	21
		Vercelli - CONI	FS	27	27	27	21	24	21	19	21	19	13	15	13	14	15	15
		Vercelli - Gastaldi	TU	43	40	36	34	38	35	31	26	28	21	24	21	23	22	21

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

NO2 - media annuale (µg/m^3)

<= 10
> 10 <= 26
> 26 <= 32
> 32 <= 40
> 40

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 12: NO_2: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025. Gli indicatori sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023 in poi, in conformità alle indicazioni europee

Il trend di riduzione per la media annuale è stato infine valutato numericamente[19] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[20]. I risultati, calcolati considerando il periodo di disponibilità dei dati sono mostrati in Figura 27 e Figura 28, calcolati per il periodo 2015-2025. In ognuno dei due grafici è riportato, per ogni stazione il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno), il relativo intervallo di confidenza e, con la scala di colori dettagliata in legenda, il livello di significatività statistica. Per entrambi i periodi e in tutte le stazioni i trend sono in diminuzione e statisticamente significativi.

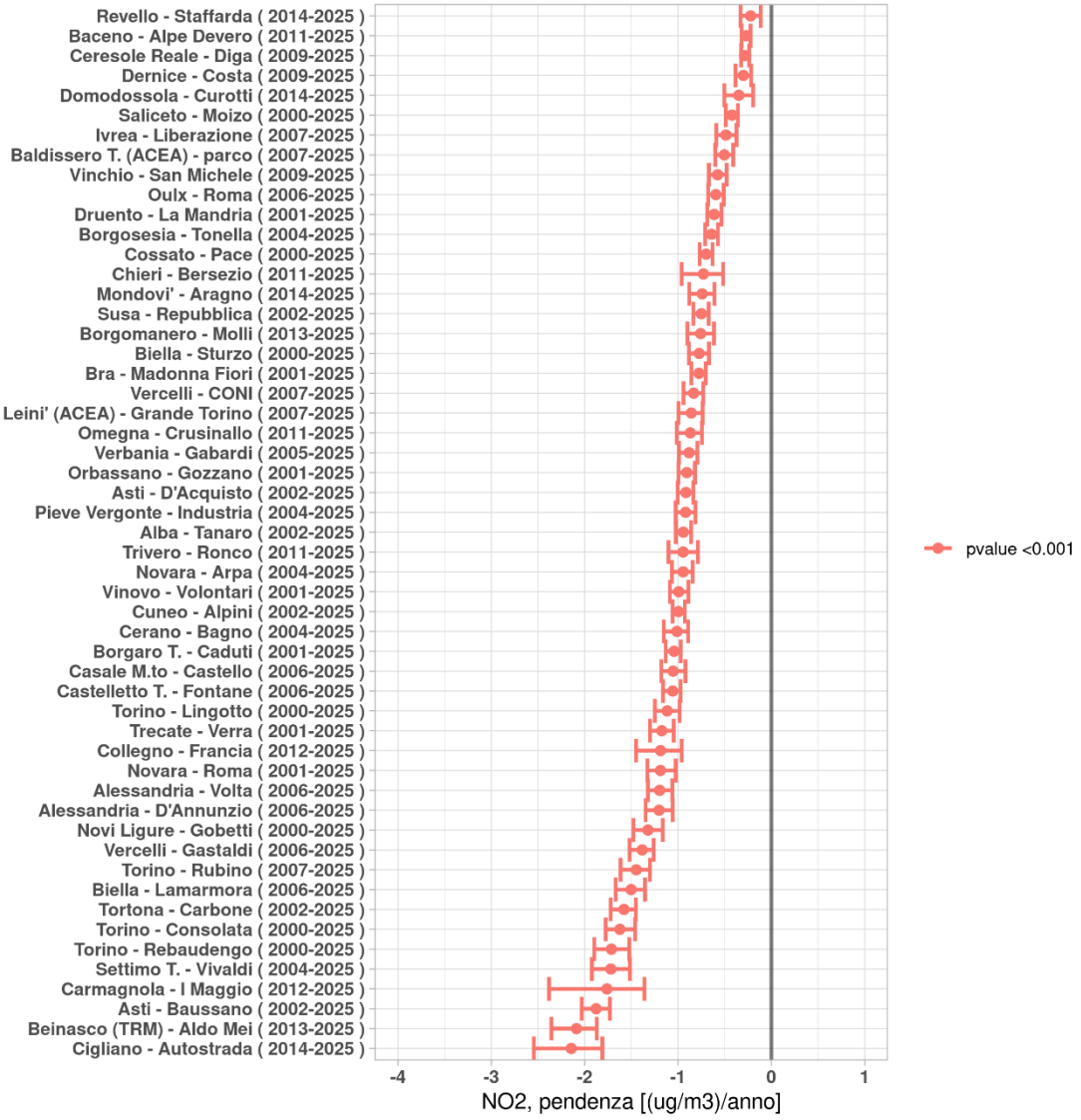


Figura 27: NO_2: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie orarie, calcolato sui dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (rosso al 99.9%).

Numericamente, contrariamente a quanto osservato per il particolato, i trend sono in diminuzione maggiore negli ultimi dieci anni rispetto a tutto il periodo di osservazione, soprattutto nelle stazioni più critiche di traffico: a titolo di esempio, il valore numerico del trend in Torino – Rebaudengo è pari

[19] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni media giornaliere, è stata stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

[20] Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair --- an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

a circa - 1.7 µg/m³/anno nel periodo 2000-2025 e pari a circa -3.3 µg/m³/anno nel decennio 2015-2025, a Novara - Roma abbiamo circa - 1.2 nel periodo 2001 - 2025 e circa -2.6 µg/m³/anno nel decennio 2015-2025

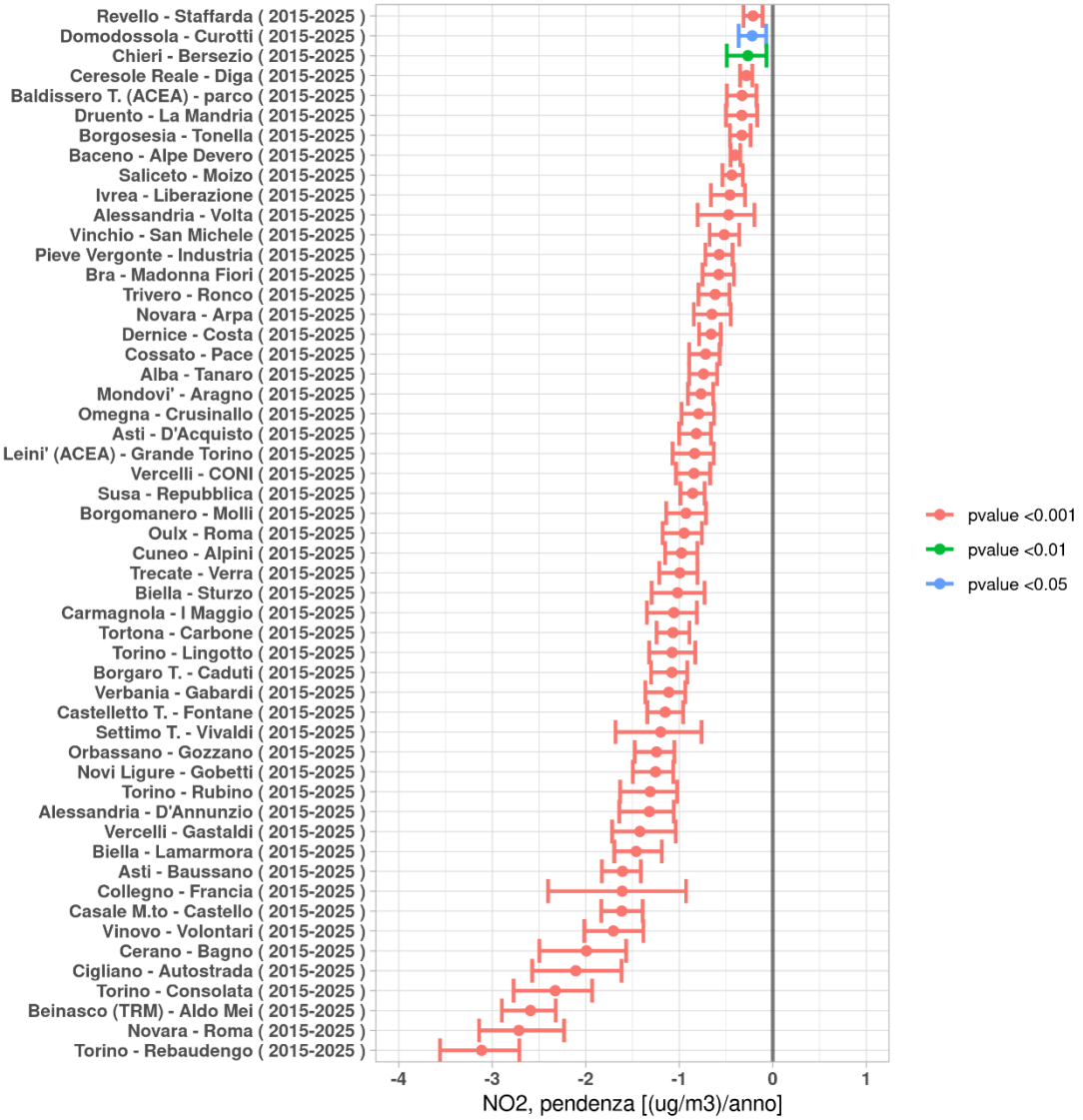


Figura 28: NO_2: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie orarie, calcolato sugli ultimi dieci anni di dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (blu al 95%, verde al 99%, rosso al 99.9%).

6.3.2 Superamenti del valore limite orario

Nel corso del 2025 in Piemonte non sono stati registrati superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana, pari a 200 µg/m³ da non superare per più di 18 volte nell'arco dell'anno, in nessuna delle postazioni di monitoraggio presenti sul territorio regionale. La Tabella 13 permette di valutare l'evoluzione temporale del numero di superamenti del valore limite orario registrati presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria a partire dal 2011: il numero di superamenti misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori evidenzia, con gradazioni di rosso, il non rispetto dei limiti previsti dal D.Lgs 155/2010. A livello regionale, il valore limite orario è ampiamente rispettato dal 2010, fatta eccezione per le stazioni da traffico di Torino – Rebaudengo, presso la quale il limite non è stato rispettato fino al 2017, e di Novi Ligure – Gobetti,

dove si è registrato un superamento esclusivamente nel 2018. A partire dal 2019, non sono più stati rilevati superamenti del valore limite orario in alcuna delle postazioni di monitoraggio regionali.

In Appendice A1 è riportata, per completezza d'informazione, una tabella contenente i valori del 99.79° percentile [21] delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto rilevate negli anni dal 2010 al 2025 presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria

NO2 - Valore limite orario per la protezione della salute umana (Valore limite: 200 µg/m^3, da non superare più di 18 volte/anno)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - Parco	FR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		Borgaro T. - Caduti	FS	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Chieri - Bersezio	FS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Collegno Francia	TU		*0*	5	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	
		Druento - La Mandria	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Orbassano - Gozzano	FS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Settimo T. - Vivaldi	TU	*3*	*12*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Torino - Consolata	TU	5	3	5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Torino - Lingotto	FU	4	*0*	0	0	0	5	0	0	0	0	0		0	0	
		Torino - Rebaudengo	TU	10	13	31	*0*	21	28	25	1		0	4	2	0	0	0
		Torino - Rubino	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vinovo - Volontari	FS	0	0	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0	0
Collina	AL	Dernice - Costa	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*0*	*0*	0	0	0
	AT	Vinchio - San Michele	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0
	BI	Cossato - Pace	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CN	Alba - Tanaro	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mondovi' - Aragno	TU				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Saliceto - Moizo	FR	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NO	Borgomanero - Molli	TU			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Castelletto T. - Fontane	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Susa - Repubblica	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VB	Omegna - Crusinallo	TU		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
		Verbania - Gabardi	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS		0		0	0	0	*0*		0	0		0	0	0	0
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0
		Oulx - Roma	TS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR		*0*	0		0	0	0	0	*0*		0	0	1	2	0
		Domodossola - Curotti	FS				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Pieve Vergonte - Industria	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pianura	AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	7	7	0	0	1	3	0	0	*0*	*0*	0	0	0	0	0
		Alessandria - Volta	FU	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Casale M.to - Castello	FU	0	1	*0*	0	1	0	*0*	0	*0*	0	0	0	0	0	0
		Novi Ligure - Gobetti	TU	0	*0*	0	0	0	0	13	19	0	0	0	0		0	
		Tortona - Carbone	TU	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	AT	Asti - Baussano	TU	0	0	0	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0
		Asti - D'Acquisto	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BI	Biella - Lamarmora	TU	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		Biella - Sturzo	FU	0	0	0	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cavallermaggiore - Galilei	FS											0	0	0	0	0
		Cuneo - Alpini	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Revello - Staffarda	FR				0	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	Cerano - Bagno	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Novara - Arpa	FU	0	0	0	0	*0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Novara - Roma	TU	6	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0
		Trecate - Verra	FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU		7		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VC	Cigliano-Autostrada	TR				0	0	0		0	0	*0*	0	0	0	0	0
		Vercelli - CONI	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vercelli - Gastaldi	TU	5	8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

NO2 - n. superamenti media oraria

0	
> 0	<= 6
> 6	<= 12
> 12	<=18
>18	

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 13: NO_2: numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana misurato presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

21 Corrisponde alla 19-esima media oraria più alta dell'anno, quando questo valore è inferiore o uguale a 200 µg/m³ il limite normativo di 18 superamenti per anno solare è rispettato, viceversa quando è superiore a 200 µg/m³

6.4 Ozono (O_3)

6.4.1 Massima media giornaliera su 8 ore

La distribuzione spaziale del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, pari a 120 µg/m³ calcolato come massima media giornaliera sulle 8 ore, riportata in Figura 29 (a sinistra)[22] - nella quale sono anche visibili, sovrapposti ai campi di concentrazione, i superamenti misurati presso le stazioni della rete regionale - mostra una diffusa situazione di superamento su tutto il territorio regionale. La distribuzione spaziale del numero di superamenti dell'obiettivo per la protezione della salute umana, pari a 120 µg/m³ calcolato come massima media giornaliera sulle 8 ore e mediato su tre anni[23], mostrato sempre in Figura 29 ma a destra, conferma una situazione di criticità diffusa su tutta la regione, con l'eccezione delle zone alpine e prealpine. Il confronto con i superamenti registrati presso le stazioni evidenzia una corretta rappresentazione da parte della valutazione modellistica, seppur con qualche sottostima in stazioni collocate in zone alpine.

Il numero di superamenti calcolato sui dati misurati presso le stazioni, dettagliato in Figura 30, conferma come l'obiettivo a lungo termine sia ampiamente superato su tutto il territorio regionale.

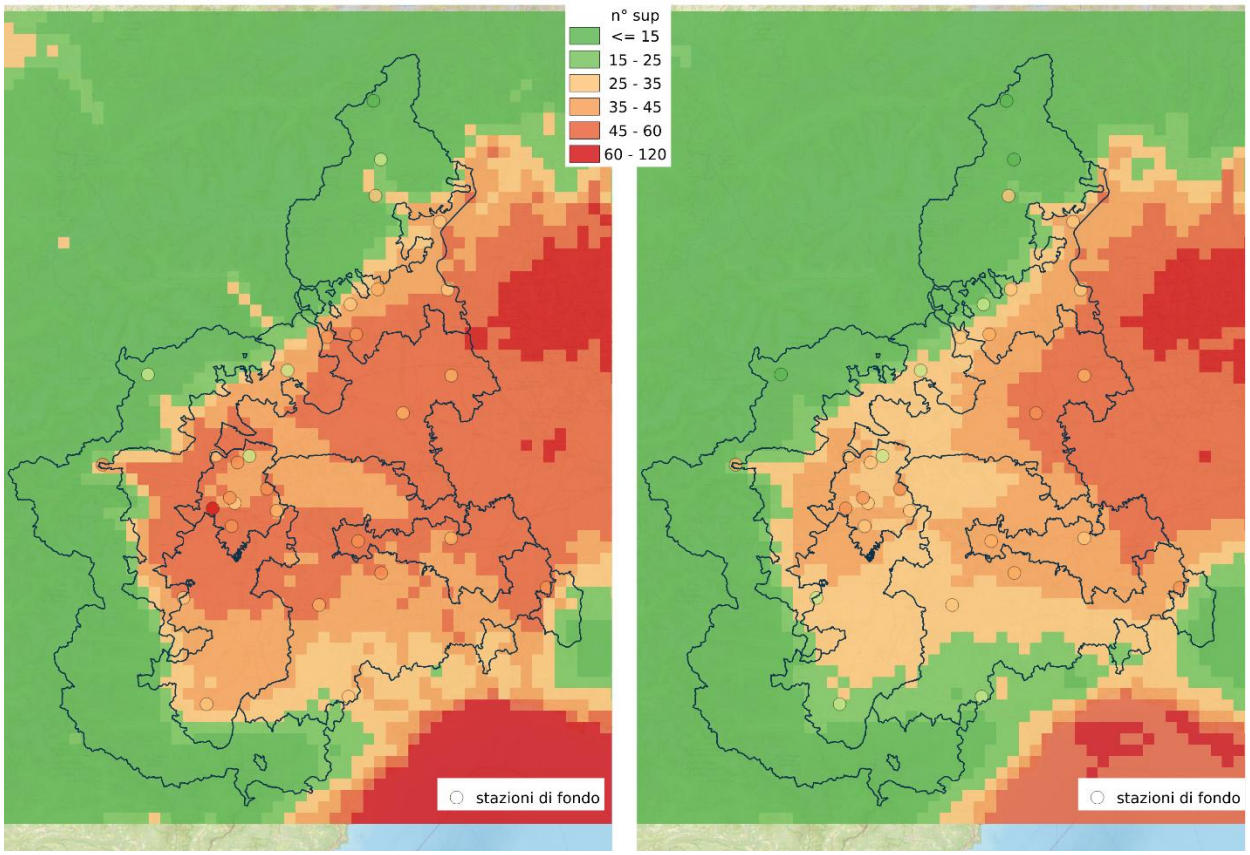


Figura 29: Ozono: a sinistra numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'anno 2025, a destra numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (media su tre anni, 2023-2025): valori misurati presso le stazioni del SRRQA (fondo a sinistra, traffico a destra) sovrapposti alle concentrazioni stimate dal sistema modellistico regionale

[22] l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana stabilisce che il valore limite per la massima media mobile di otto ore non sia mai superato nel corso dell'anno civile.

[23] in questo caso il numero di superamenti del valore limite per la massima media giornaliera sulle otto ore deve essere non superiore a 25 come media sull'ultimo triennio

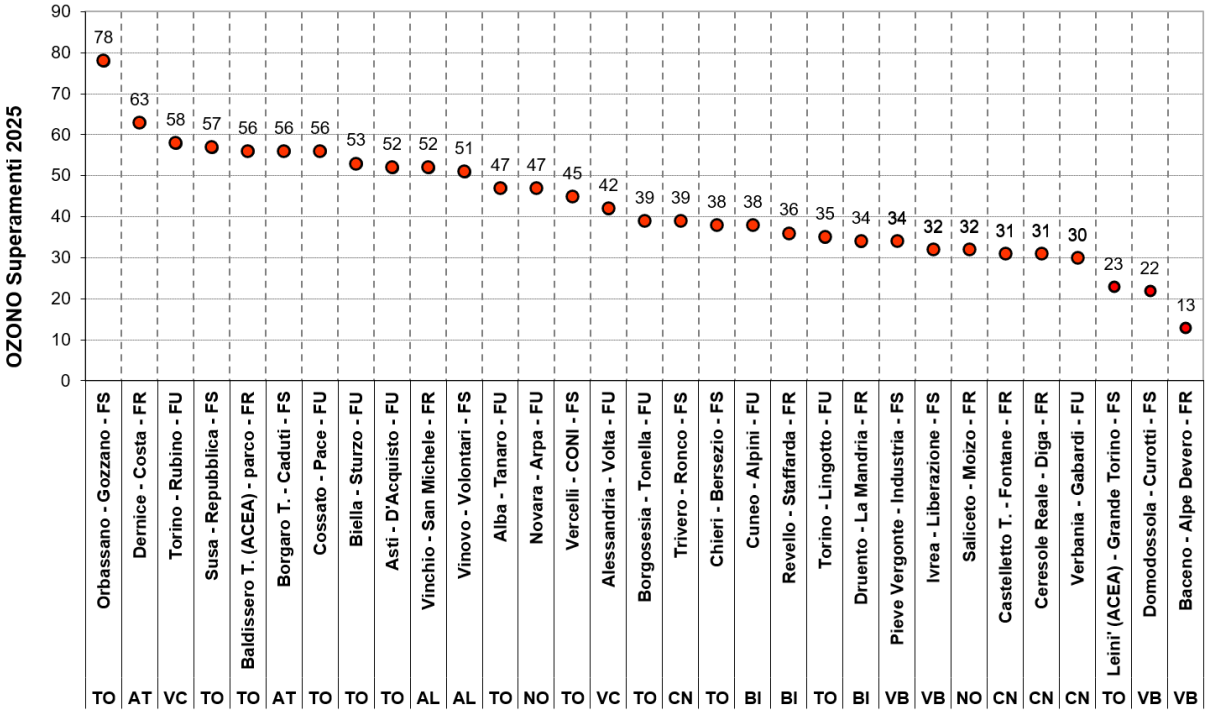


Figura 30: Ozono: numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente per il numero di superamenti. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

La Tabella 14 descrive l'andamento del numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (pari a 120 µg/m³ calcolato come massima media giornaliera sulle 8 ore che non deve essere superata più di 25 volte per anno civile come media su tre anni) misurati presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria a partire dal 2012. Il calcolo del valore obiettivo è stato effettuato secondo quanto previsto dalla normativa, considerando la media dei valori relativi a tre anni consecutivi (nel calcolo sono stati inclusi esclusivamente gli anni caratterizzati da una percentuale di dati validi pari almeno all'85%, all'80% fino al 2022).

Anche nel 2025 la situazione per questo indicatore risulta particolarmente critica sull'intero territorio regionale, con superamenti del valore obiettivo in 22 stazioni su 31, rispetto alle 29 stazioni su 31 interessate da superamento nel 2024. La valutazione di criticità diffusa è confermata anche dall'analisi dei box plot relativi al numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e al numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine, misurati presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2005 al 2025 riportati rispettivamente in Figura 31 e Figura 32.

O3 - Numero di superamenti, mediato sui 3 anni, dell'obiettivo per la protezione della salute umana (max media 8h > 120 µg/m3) - Percentuale dati validi >=90%, >=85% dal 2023

zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AGGLOMERATO	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	88	85	71	67	58	65	66	70	57	61	75	77	65	48
		Borgaro T. - Caduti	FS	46	38	26	36	41	56	40	37	35	47	71	52	41	33
		Chieri - Bersezio	FS		36	36	55	63	63	52	42	24	26	18	35	29	32
		Druento - La Mandria	FR	80	84	60	51	46	57	54	48	45	52	64	53	42	32
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	56	47	26	27	31	39	40	37	34	38	48	47	34	19
		Orbassano - Gozzano	FS	54	64	55	58	54	79	80	73	68	71	92	80	78	52
		Torino - Lingotto	FU	36	38	44	50	48	46	41	50	51	58	67	81	61	34
		Torino - Rubino	FU			18	36	41	49	48	47	52	53	69	68	62	48
		Vinovo - Volontari	FS	57	61	41	30	22	42	52	52	34	36	59	53	52	34
PIEMONTE	AL	Alessandria - Volta	FU	55	46	37	38	53	66	74	64	63	56	59	54	44	35
		Dernice - Costa	FR	68	63	51	45	43	62	60	64	65	60	66	55	54	49
	AT	Asti - D'Acquisto	FU	58	60	64	58	56	59	59	56	55	49	53	46	44	42
		Vinchio - San Michele	FR	87	85	63	48	56	68	70	55	55	51	64	57	52	43
	BI	Biella - Sturzo	FU	50	66	49	25	18	27	37	46	46	38	37	26	28	29
		Cossato - Pace	FU	62	62	37	43	39	45	41	42	37	39	49	48	42	39
		Trivero - Ronco	FS	53	40	30	26	27	34	26	31	25	24	32	35	32	23
	CN	Alba - Tanaro	FU	62	60	40	31	29	38	41	40	36	38	52	53	43	33
		Cuneo - Alpini	FU	48	52	37	38	35	48	38	37	39	51	57	44	26	20
		Revello - Staffarda	FR			22	22	34	37	29	21	14	22	33	36	29	22
		Saliceto - Moizo	FR	35	35	29	22	21	24	29	28	25	19	28	35	29	24
	NO	Castelletto T. - Fontane	FR	71	66	49	44	37	49	51	52	49	42	56	53	50	32
		Novara - Arpa	FU	71	55	36	31	36	51	47	41	31	25	36	36	48	42
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	80	68	54	47	41	45	39	31	23	22	39	34	29	15
		Ivrea - Liberazione	FS	45	41	31	40	35	44	39	42	38	38	48	43	34	24
		Susa - Repubblica	FS	37	40	29	21	24	41	44	37	25	31	45	52	54	43
	VCO	Baceno - Alpe Devero	FR				31	22	21	18	21	22	15	27	24	22	13
		Domodossola - Curotti	FS			25	35	31	32	25	26	26	26	32	26	21	15
		Pieve Vergonte - Industria	FS	60	65	50	46	45	56	54	50	60	57	65	44	47	26
		Verbania - Gabardi	FU	60	64	44	43	40	52	50	49	53	51	50	43	38	34
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	60	59	52	34	24	24	15	21	27	41	55	52	45	34
		Vercelli - CONI	FS	89	85	59	57	52	46	31	34	34	37	61	77	75	53

LEGENDA
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale

O3 - num. Superamenti

<=10	
> 10	<= 25
> 25	<= 40
> 40	<= 55
> 55	

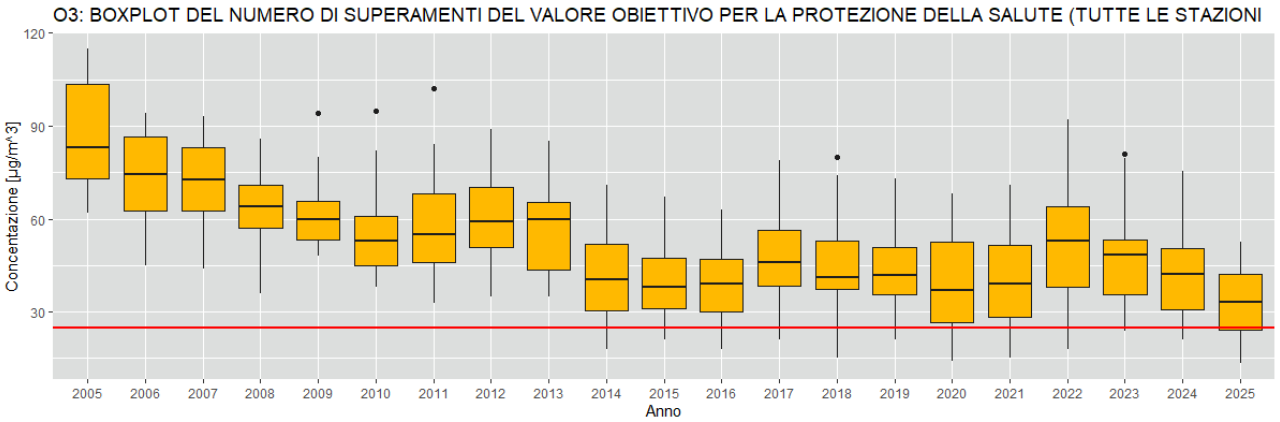
Dato assente perché strumento non presente o percentuale dati validi inferiore al 90% fino al 2022, inferiore all'85% dal 2023

Tabella 14: Ozono: numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana misurato presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2012 al 2025.

L'indicatore relativo all'obiettivo a lungo termine per l'ozono troposferico evidenzia nel tempo un andamento complesso e solo debolmente decrescente: a differenza di altri inquinanti, come PM10 e NO_2, non emerge una riduzione evidente delle concentrazioni. Il dettaglio a livello annuale mette in risalto gli anni nei quali la meteorologia ha giocato un ruolo significativo sulle concentrazioni misurate: il 2003 e il 2014 risultano infatti gli anni rispettivamente con il numero più elevato e più basso di superamenti, essendo caratterizzati il primo da un'estate particolarmente calda e il secondo da un'estate più fresca della media. Nel 2025, rispetto al 2024, il numero di superamenti è risultato inferiore in sole due stazioni delle 30 stazioni considerate (ca il 7%), mentre è risultato superiore nel restante 93% delle stazioni. Rispetto al 2023, il numero di superamenti nel 2025 è risultato inferiore nel 21% delle stazioni considerate. Queste oscillazioni sono riconducibili alla natura di inquinante secondario dell'ozono, la cui formazione dipende da processi fotochimici che coinvolgono ossidi di azoto (NOx) e composti organici volatili (VOC), ed è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche, in particolare radiazione solare e temperatura. Il 2025 risulta pertanto l'anno più

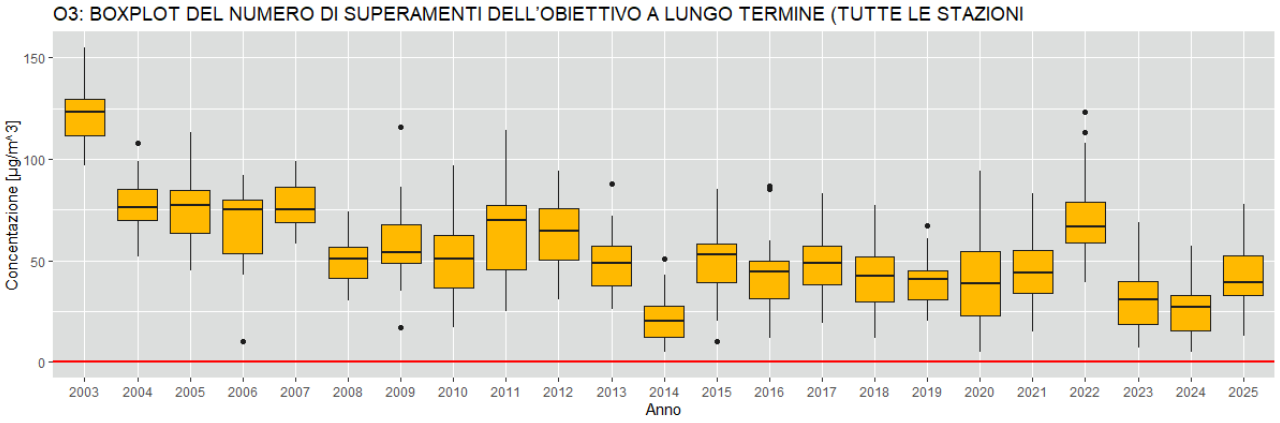
critico del triennio 2023-2025, con un massimo di 74 superamenti registrati presso la stazione di fondo suburbana di Orbassano – Gozzano.

L'analisi dei box plot dei superamenti annuali nel periodo 2003–2025 (Figura 32) conferma una situazione persistente di superamento. Si osserva una riduzione rispetto ai livelli elevati dei primi anni 2000, ma senza un miglioramento stabile: la serie è caratterizzata da elevata variabilità e da ricorrenti episodi di incremento.



Anno	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	87	73	73	65	62	55	59	60	58	42	40	39	47	45	43	40	41	52	49	43	33

Figura 31: Ozono: box plot del numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (media su tre anni) misurati presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2005 al 2025.



Anno	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Media	122	79	75	66	77	50	59	52	65	63	49	22	50	43	48	42	40	40	44	72	31	25	43

Figura 32: Ozono: box plot del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana misurati presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2025.

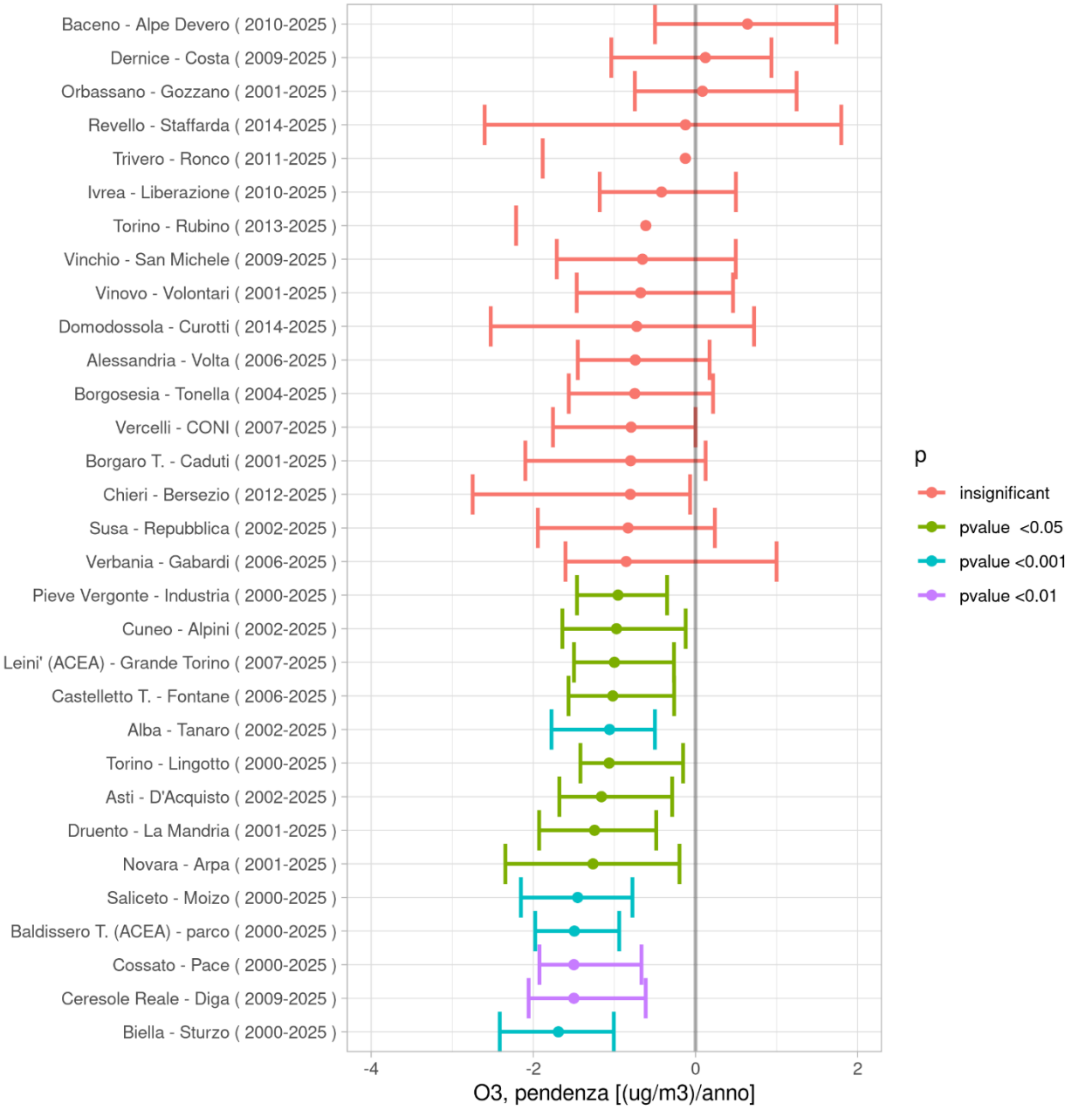


Figura 33: Ozono: stima del trend del percentile 93.15 della distribuzione delle massime medie mobili sulle 8 ore calcolato sui dati disponibili di ogni stazione fino al 2025 . Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (rosso statisticamente non significativa, verde al 95%, viola al 99%, blu 99.9%).

L'analisi del trend delle concentrazioni di ozono di ciascuna stazione è stata infine eseguita numericamente[24] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[25]

[24] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni media giornaliere, è stato calcolato il percentile 93.15 di ciascun anno e successivamente stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

[25] Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair - an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

considerando il percentile al 93.15[26] della distribuzione annuale della massima media mobile su 8 ore giornaliera. I risultati, calcolati considerando il periodo di disponibilità dei dati, sono mostrati in Figura 33 dove è riportato, per ogni stazione, il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno) ed il relativo intervallo di confidenza. Il trend è significativo in meno della metà delle stazioni considerate (15 su un totale di 32); dove significativo risulta comunque essere in diminuzione o in lieve diminuzione.

In Appendice A1 è riportata, per completezza d'informazione, una tabella contenente i valori del percentile al 93.15 della distribuzione annuale della massima media mobile su 8 ore giornaliera, rilevati negli anni dal 2011 al 2025 presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria aventi almeno l'85% dei dati validi.

6.4.2 Media oraria

La Tabella 15 descrive l'andamento del numero di superamenti della soglia per l'informazione della popolazione registrato negli anni dal 2012 al 2025: il numero di superamenti misurati presso le stazioni di monitoraggio è suddiviso per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori evidenzia, con gradazioni di rosso, il non rispetto della soglia prevista dal D.lgs. 155/2010.

Nel corso degli anni si è assistito ad una parziale riduzione del numero di superamenti della soglia di informazione, tranne per il 2022 che ha registrato un andamento in controtendenza, con un aumento importante degli episodi di superamento, soprattutto nelle stazioni dell'agglomerato di Torino. Il confronto tra i superamenti della soglia di informazione registrati nelle singole stazioni negli ultimi tre anni evidenzia, nel 2025, un incremento rispetto agli anni precedenti: infatti, a livello regionale, sono state complessivamente registrate 159 ore di superamento della soglia di informazione, a fronte delle 4 ore registrate nel 2024 e delle 33 ore del 2023.

L'analisi della tendenza delle concentrazioni orarie di ozono eseguita numericamente[27] tramite lo stimatore Theil-Sen (Figura 34) mostra risultati non univoci: anche in questo caso la significatività statistica è presente in un numero ridotto di stazioni, 18 su 31, e solo in poco più della metà di queste il trend è in diminuzione.

[26] Corrisponde alla 26-esima massima media mobile su otto ore giornaliera più alta dell'anno, quando questo valore è inferiore o uguale a 120 µg/m³ il valore obiettivo per anno solare è rispettato, viceversa quando è superiore a 120 µg/m³

[27] Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni media giornaliere, è stato calcolato il percentile 93.15 di ciascun anno e successivamente stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

O3 - Numero di superamenti della soglia di informazione (180 µg/m^3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AGGLOMERATO	TO	Baldissero T. (ACEA) - parc	FR	12	16	14	26	1	3	*0*	3	0	0	29	0	0	0
		Borgaro T. - Caduti	FS	2	0	2	32	*15*	6	2	5		4	20	0	0	12
		Chieri - Bersezio	FS		0	*9*	0	1	*4*	*0*	1	0	0		0	0	0
		Druento - La Mandria	FR	63	42	26	69	36	46	3	17		10	25	8	1	9
		Leini' (ACEA) - Grande Torir	FS	0	0	2	3	4	1	*0*	5	0	0	8	0	0	0
		Orbassano - Gozzano	FS	14	4	7	68	39	79	9	34	1	18	125	0	0	1
		Torino - Lingotto	FU	3		18	8	8	7	*3*	18	0	1	39	1	0	0
		Torino - Rubino	FU			6	3	12	6	*4*	29	0	2	58	1	0	3
		Vinovo - Volontari	FS	0	0	4	1	*4*	12	*9*	*8*	0	0	86	0	0	2
PIEMONTE	AL	Alessandria - Volta	FU	35	3	16	21	64	14	5	29	0	19	10	3	0	9
		Dernice - Costa	FR	17	14	0	8	4	8	0	10	0	0	5	2	0	21
	AT	Asti - D'Acquisto	FU	6	25	*8*	15	14	6	1	2	0	0	4	0	0	23
		Vinchio - San Michele	FR	8	21	19	0	32	7	0	10	0	0	6	0	0	16
	BI	Biella - Sturzo	FU	13	0	13	0	0	4	0	11	0	0	4	1	0	6
		Cossato - Pace	FU	0	*0*	27	24	0	2	0	5	0	0	21	1	0	7
		Trivero - Ronco	FS	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	8	2	0	1
	CN	Alba - Tanaro	FU	5	5	14	1	0	3	0	9	0	0	8	0	0	0
		Cuneo - Alpini	FU	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		Revello - Staffarda	FR			1	*4*	0	2	0	0	0	0	6	0	0	0
		Saliceto - Moizo	FR	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	NO	Castelletto T. - Fontane	FR	30	20	11	49	2	20	9	7	1	0	20	4	1	2
		Novara - Arpa	FU								22	0	0	3	2	2	21
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	5	6	0	0	1	1	*0*	0	0	0	3	0	0	2
		Ivrea - Liberazione	FS	0	*0*	1	4	0	7	0	1	2	0	6	0	0	1
		Susa - Repubblica	FS	0	0	0	0	12	5	0	0	0	0	11	4	0	15
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR	*0*	*0*		0	0	0	0			0	0	0	0	0
		Domodossola - Curotti	FS			0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
		Pieve Vergonte - Industria	FS	18	13	11	28	11	23	7	8	19	0	7	0	0	1
		Verbania - Gabardi	FU	34	27	3	73	24	30	16	16	0	5	12	2	0	5
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	62	4	6	0	0	*0*	0	6	0	2	11	2	0	2
		Vercelli - CONI	FS	10	1	10	27	0	0	0	15	0	0	33	0	0	0

LEGENDA

FU = Stazione di Fondo Urbano

FS = Stazione di Fondo Suburbano

FR = Stazione di Fondo Rurale

O3 - soglia informazione

0	
> 0	<= 20
> 20	<= 40
> 40	<= 60
> 60	

percentuale dati validi inferiore all'80% fino al 2022 e all'85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 15: Ozono: numero di superamenti della soglia di informazione misurato presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2012 al 2025

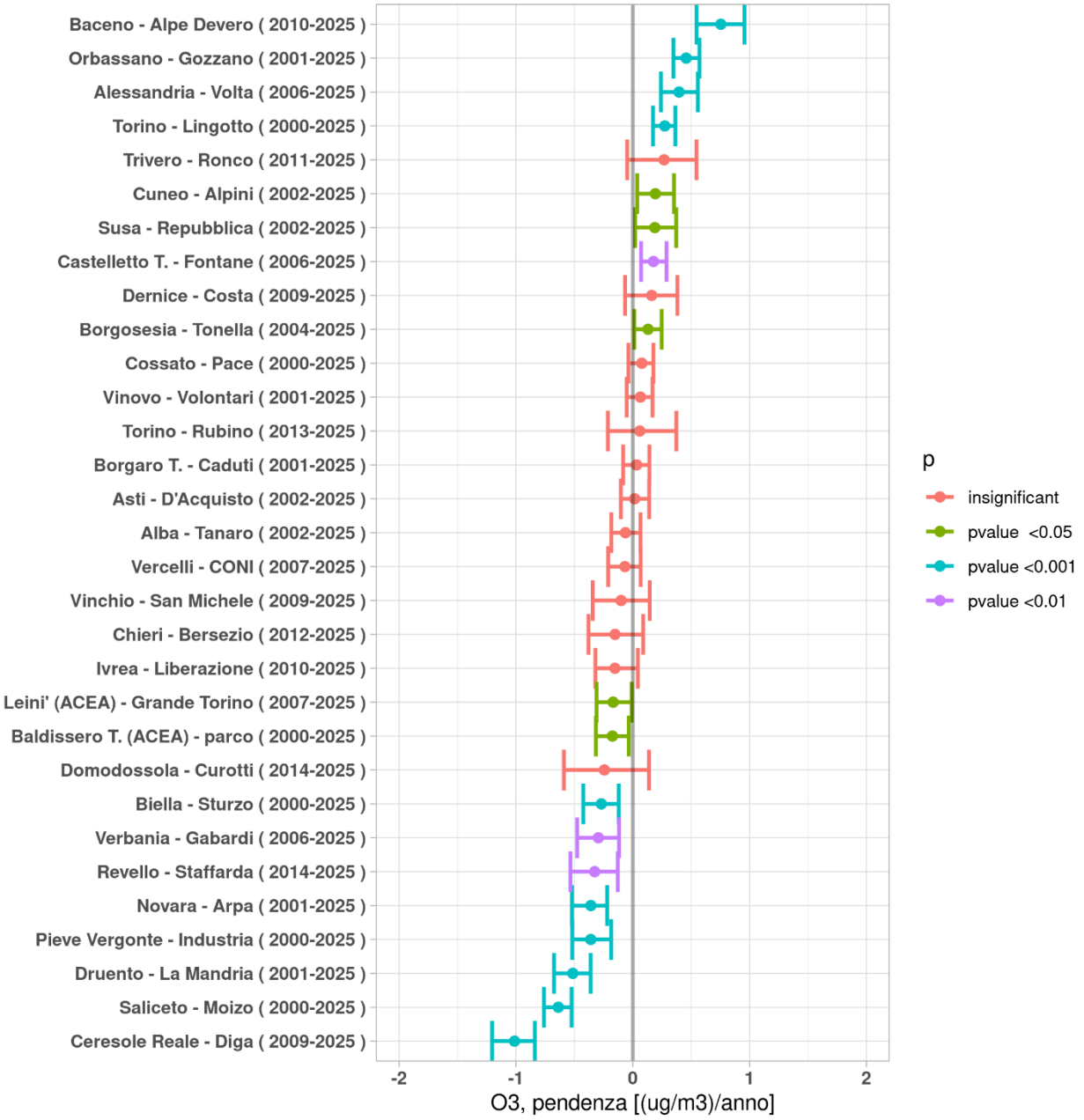


Figura 34: Ozono: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie orarie, calcolato sui dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (rosso statisticamente non significativa, verde al 95%, viola al 99%, blu al 99.9 %).

.

6.4.3 Soglie per la protezione della vegetazione

Il D.Lgs 155/2010 prevede come indicatore per la valutazione della protezione della vegetazione l'AOT40, la somma delle eccedenze orarie del valore di 80 µg/m^3, rilevate da maggio a luglio, tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET). Il valore obiettivo per la protezione della vegetazione è pari a 18000 µg/m^3 * h come media su 5 anni.

La Tabella 14 descrive l'andamento dell'indicatore AOT40 misurato presso le stazioni della qualità dell'aria a partire dal 2010 e mediato su un periodo di cinque anni, come previsto dalla normativa (ad es. il valore del 2024 corrisponde alla media sugli anni dal 2020 al 2024). Nei casi in cui la percentuale di dati validi sia inferiore al 100% ma superiore al 90%, viene utilizzato il valore stimato

di AOT40 in sostituzione di quello misurato[28]. I dati evidenziano come, nella maggior parte del territorio regionale, i valori di AOT40 superino il valore obiettivo fissato per la protezione della vegetazione. Tuttavia, è importante sottolineare che le stazioni della rete regionale che soddisfano i criteri richiesti dalla normativa ai fini della protezione della vegetazione sono solamente cinque: Druento – La Mandria (per la zona Agglomerato – IT0118) e, per il resto del territorio regionale (zona Piemonte – IT0122), Baceno – Alpe Devero, Ceresole Reale – Diga, Dernice – Costa, Saliceto – Moizo e Vinchio – San Michele. L'effetto della mediazione su un periodo pluriennale riduce le fluttuazioni annuali dovute alla variabilità meteorologica; si evidenzia tuttavia un costante, seppur lento decremento dell'indicatore.

O3 - AOT40 per la protezione della vegetazione, media su 5 anni (Valore obiettivo: 18000 µg/m^3)

Zona UE	Provincia	Stazione	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - pa	FR	39836	37748	36460	37861	34818	34218	34901	36100				29443	34001	32406	28834	27767
		Borgaro T. - Caduti	FS	27215	24904	21865	22021	20111	22863	24168	24168					29055	25230	26465	25293
		Chieri - Bersezio	FS												16504	16504	17583	14135	15071
		Druento - La Mandria	FR	41582	35744	35844	35443	33258	33685	33107	31575	30687	30076				21734	18663	21320
		Leini' (ACEA) - Grande Tc	FS	31576	30571	27030	25635	21564	20470	20237	21123	21133	26514	22383	20875	24050	22108	18811	19066
		Orbassano - Gozzano	FS	27643	25777	24532	26631	22485							33243	39574	36362	36451	38502
		Torino - Lingotto	FU	31866	26639	21275	21275	22570	25339	28626						31743	31743	26018	
		Torino - Rubino	FU												26297	31112	29493	28697	28719
		Vinovo - Volontari	FS	28322	28250	28178	28719	24358	24179	23215	21658				22052	29664	26737	23635	26045
Piemonte	AL	Alessandria - Volta	FU	32037	30185	29512	27806	24693	24403	28276	28409	31190	34083	31916	28926	30248	27358	23786	24075
		Dernice - Costa	FR			30619	31554	29951	28578	28969	29976	28265	30426	30274	28969	28686	28103	24704	22521
	AT	Asti - D'Acquisto	FU	33246	28942	29043	31211	28888	29311	29749	29746	27811	28695	27121	25447	25403	25084	24944	24033
		Vinchio - San Michele	FR		31931	33321	33102	31450	31359	33327	31489	28849	28510	27130	22926	23925	23969	22396	24186
	BI	Biella - Sturzo	FU	32336	28839	28683	28230	24983	23189	23209	20658	19281	23107	26085	23125	24699	22086	19229	20711
		Cossato - Pace	FU	39725	35589	32221	32845	30567	28002					27762	27615	26306	26088	22364	28065
		Trivero - Ronco	FS					18327	20533	19150	17889	17875	20473	17723	17715	20041	19728	18409	22792
	CN	Alba - Tanaro	FU	36357	29261	29557	28178	27009	26344	25317	24221	23542	24152	21971	22108	23942	22954	20333	21779
		Cuneo - Alpini	FU	31609	27656	26652	26897	23735	24873	24568	24951	23759	25840	24298	24589	25263	23856	19887	21531
		Revello - Staffarda	FR							25747	25538	23361	23331	19598	18620	20009	20705	21037	22835
		Saliceto - Moizo	FR	33818	26643	25936	24712	21799	22143	22048	19850	20406	20493	17797	17586	17200	14959	12612	15867
	NO	Castelletto T. - Fontane	FR					25908	28039	26895	27116	26972	27938	24703	24004	25114	24369	22530	24866
		Novara - Arpa	FU	39593	35955	33963	29497	24164	22473	21192	21383	23523	26325	21571	19658	21130	20092	20594	22471
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR					34767	32029	32029						24116	22421	21274	22405
		Ivrea - Liberazione	FS			23370	23370	21901	23271	21927	23021	23695	24610	22332	23826	24730	24315	22009	21567
		Susa - Repubblica	FS	25744	21903	21411	20871	19754	19195	20230	22931		22072		23458		20636	19676	22576
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR															20970	22731
		Domodossola - Curotti	FS							18900	19321	19321	19018	16223	17441	17181	15939	14239	14917
		Pieve Vergonte - Industri	FS	31213	25618	26381	26571	25502	27350	26790	27403	27422	28628	28604	28011	26271	24421	24421	23572
		Verbania - Gabardi	FU	29422	29422	26210	25535	23685	25935	25563	26469	26870	29783	25647	24478	21972	21562	19822	21604
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	25194	26379	28120	28650	26636	25397	24419	21263	19297				25905	24179	22634	22801
		Vercelli - CONI	FS	32079	33413	34862	33162	32234	35367	32472	30426	31787	32104	23288	23487	29907	30040	28980	30824

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

O3	AOT40 vegetazione (µg/m³ h)
<= 9000	
> 9000	<= 18000
> 18000	<= 30000
> 30000	<= 40000
> 40000	

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 90% fino al 2022, all'85% dal 2023

Tabella 16: Ozono: AOT40 valore obiettivo per la protezione della vegetazione misurato presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

28 Nei casi in cui la percentuale di dati per il calcolo dell'AOT40 sia inferiore al 90%, non è stato inserito il valore di AOT40; dove non sia stato possibile determinare le medie su cinque anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo è stata riferita ad almeno tre anni (come da Allegato VII D.Lgs 155/2010)

6.5 Benzo(a)pirene nel PM10

6.5.1 Media annua

Nel 2025, per il quinto anno consecutivo, tutte le stazioni della rete regionale hanno rispettato il valore obiettivo annuale, pari a 1 ng/m³, come illustrato nella Figura 35 che riporta, in mappa tematica, le concentrazioni misurate presso le stazioni di monitoraggio della rete regionale. Le concentrazioni medie annue si attestano nella quasi totalità dei siti tra 0,2 e 0,6 ng/m³.

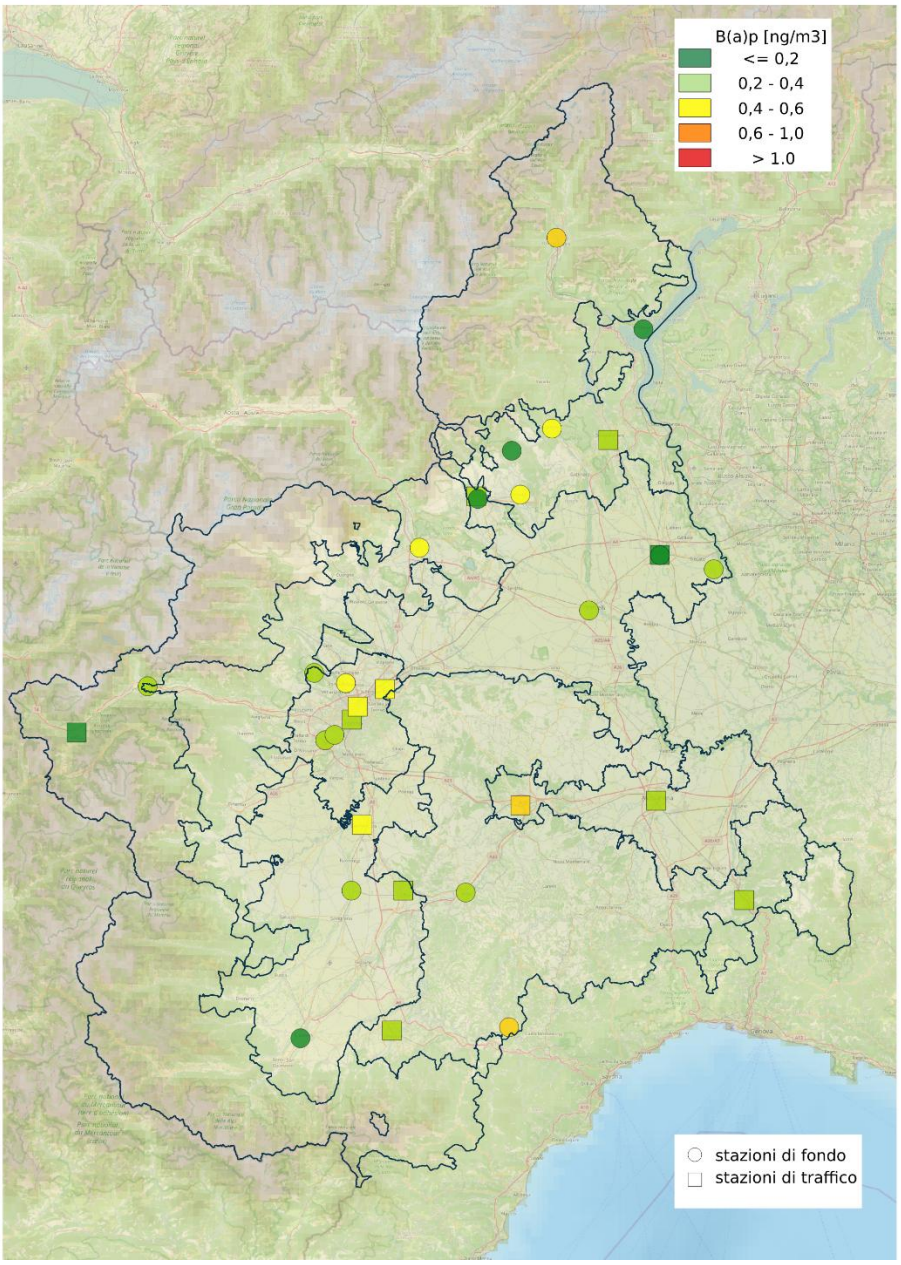


Figura 35: Benzo(a)pirene: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA.

Persistono tuttavia alcune situazioni di maggiore criticità a livello locale. Il valore più elevato è stato rilevato presso la stazione di fondo suburbano di Domodossola-Curotti (1,0 ng/m³), seguita dalla stazione di fondo rurale di Saliceto-Moizo e dalla stazione di traffico urbano di Asti-Baussano, entrambe con una concentrazione media annua pari a 0,7 ng/m³. Nell'agglomerato torinese, le stazioni di traffico urbano di Torino-Rebaudengo e Settimo T.-Vivaldi hanno registrato valori di 0,6 ng/m³, tra i più elevati dell'area di pianura della regione (Figura 36).

Le concentrazioni più alte si osservano prevalentemente nelle zone vallive e collinari, dove l'uso diffuso di biomassa legnosa per il riscaldamento domestico rappresenta la principale sorgente emissiva. Anche nelle zone urbane le concentrazioni di benzo(a)pirene sono attribuibili prevalentemente alle emissioni diffuse derivanti dalla combustione domestica di biomassa legnosa. Il traffico veicolare contribuisce in misura secondaria.

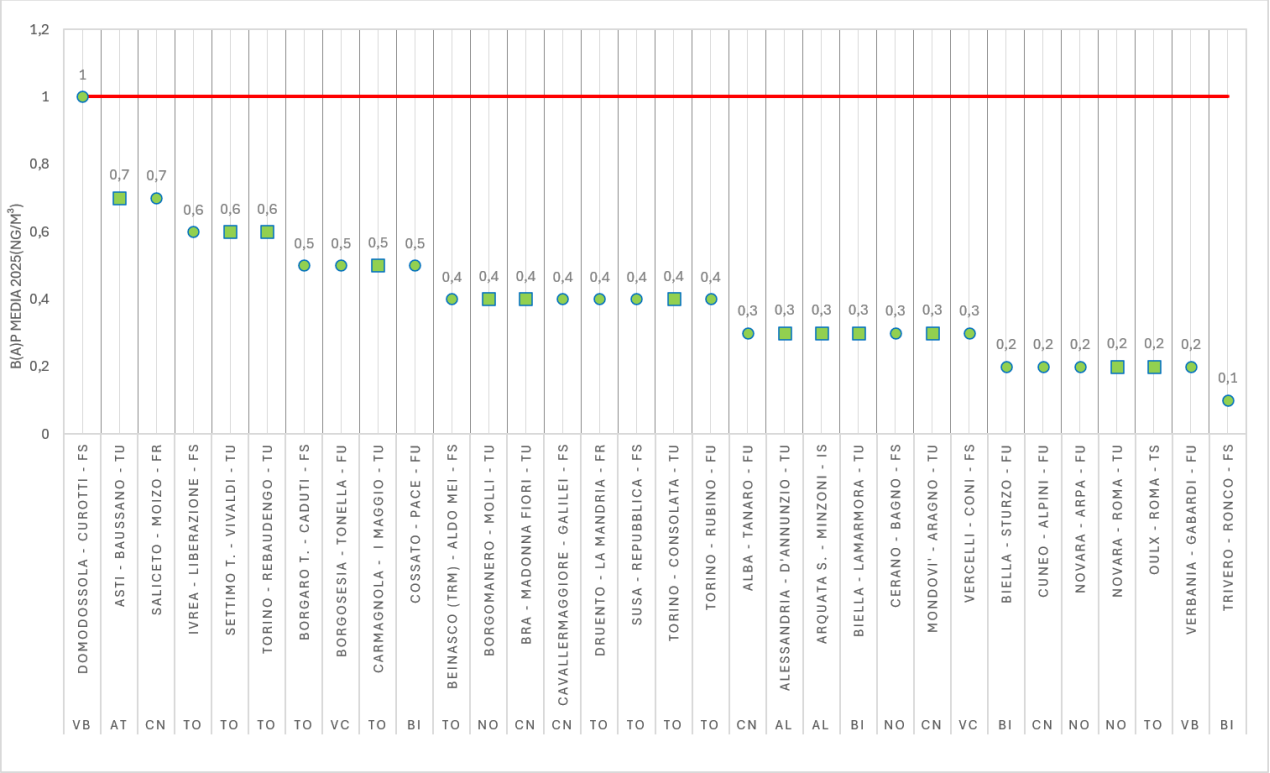


Figura 36: Benzo(a)pirene: concentrazioni medie per l'anno 2025: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

La Tabella 17 permette di confrontare le concentrazioni di benzo(a)pirene registrate nell'anno 2025 con quelle degli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010

Nel complesso, il benzo(a)pirene in Piemonte risulta oggi meno critico rispetto al passato, ma continua a rappresentare un inquinante importante su scala locale, con superamenti sporadici o valori prossimi al limite che evidenziano la difficoltà di conseguire un miglioramento strutturale e uniforme su tutto il territorio regionale.

Benzo(a)pirene - Media annuale (Valore obiettivo: 1 ng/m^3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		Borgaro T. - Caduti	FU	0,7	0,8	*0,8*	*0,7*	*0,7*	*0,9*	0,8	0,8	0,6	*0,6*	0,7	0,5	*0,4*	0,3	0,4	0,5
		Druento - La Mandria	FR	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	*0,3*	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
		Settimo T. - Vivaldi	TU			1	1,2	1,3	1,4	1,1		*0,8*	0,8	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
		Torino - Consolata	TU	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,4	0,4			*0,4*	0,4	0,3	0,4
		Torino - Grassi	TU	0,8	0,9		*1,1*			0,9	1	0,7	0,7	*0,9*	0,6	0,5	0,6	0,6	
		Torino - Lingotto	FU	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	*0,5*	0,5	0,7	0,4	*0,4*			
		Torino - Rebaudengo	TU			0,9	1,2	1,1	1,2	1,1	1,6	0,8	0,9	0,8	0,5	0,5			0,6
		Torino - Rubino	FU	0,5	0,8	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	*0,5*	0,4	*0,6*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
		Dernice - Costa	FR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	
	AT	Vinchio - San Michele	FR	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	*0,4*	0,2	0,2	
	BI	Cossato - Pace	FU	0,8	1	1,1	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7		0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
	CN	Alba - Tanaro	FU	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
		Mondovi' - Aragno	TU					0,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
		Saliceto - Moizo	FR	1,1	1	1	1,1	1	1,1	0,9	1,1	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7
	NO	Borgomanero - Molli	TU				1	0,8	1	0,8	0,9	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	1	0,8	*0,9*	0,6	*0,7*	*0,9*	*0,5*	0,6	0,5	0,8	0,6
		Susa - Repubblica	FS	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
	VB	Verbania - Gabardi	FU	*0,4*	0,5	0,5	0,5	0,4	*0,4*	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	1	0,9	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0,1*		*<0,1*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	*<0,1*	*<0,1*		*<0,1*	*<0,1*	*<0,1*		
		Oulx - Roma	TS				0,5	*0,5*		0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2		0,2
		Domodossola - Curotti	FS					1,4	1,9	1,5	1,4	0,9	1	1,3	0,9	0,8	0,8	0,9	1
Pianura	AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	0,5	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
		Alessandria - Volta	FU	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	
	AT	Asti - Baussano	TU			1,2	0,9	0,8	1,1	1	1	0,7	0,8	0,9	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7
	BI	Biella - Lamarmora	TU	0,5	0,7	0,8	0,5	0,5	0,6	*0,7*	0,5	*0,5*	*0,3*	*0,5*	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
		Biella - Sturzo	FU	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
		Cuneo - Alpini	FU	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	NO	Cerano - Bagno	FS	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3		0,3
		Novara - Arpa	FU	*0,4*	0,4	0,4	0,4	0,3		0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
		Novara - Roma	TU	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	0,7	*0,5*	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5	0,6	0,7	*0,5*	0,4	0,4	0,5	0,5
	VC	Vercelli - CONI	FS	0,4	0,5	*0,5*	0,5	0,4	0,4	0,4	*0,5*	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

B(a)P - media annuale (ng/m^3)

<= 0.3	
> 0.3	<= 0.4
> 0.4	<= 0.6
> 0.6	<= 1
> 1	
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% dal 2023
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 17: Benzo(a)pirene: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

Il trend di riduzione per la media annuale di ciascuna stazione è stato infine valutato numericamente[29] tramite lo stimatore Theil-Sen, implementato nel software di analisi dati openair[30].

29 Per ogni stazione della rete regionale, a partire dalle concentrazioni medie giornaliere, è stata stimata la pendenza media della retta di regressione, con il relativo intervallo di confidenza, tramite lo stimatore Theil-Sen. È stata valutata la significatività statistica della regressione con tre livelli di confidenza, 90%, 95% e 99%. Le serie temporali sono state destagionalizzate e sono stati considerati solo gli anni con almeno il 75% di dati validi.

30 Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) openair --- an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61

I risultati, calcolati considerando tutto il periodo di disponibilità dei dati sono mostrati in Figura 37. Nel grafico è riportato, per ogni stazione il valore del trend (espresso in µg/m³ all'anno), il relativo intervallo di confidenza e, con la scala di colori dettagliata in legenda, il livello di significatività statistica. In tutte le stazioni, ad eccezione di Ceresole Reale – Diga, i trend sono in diminuzione e statisticamente significativi.

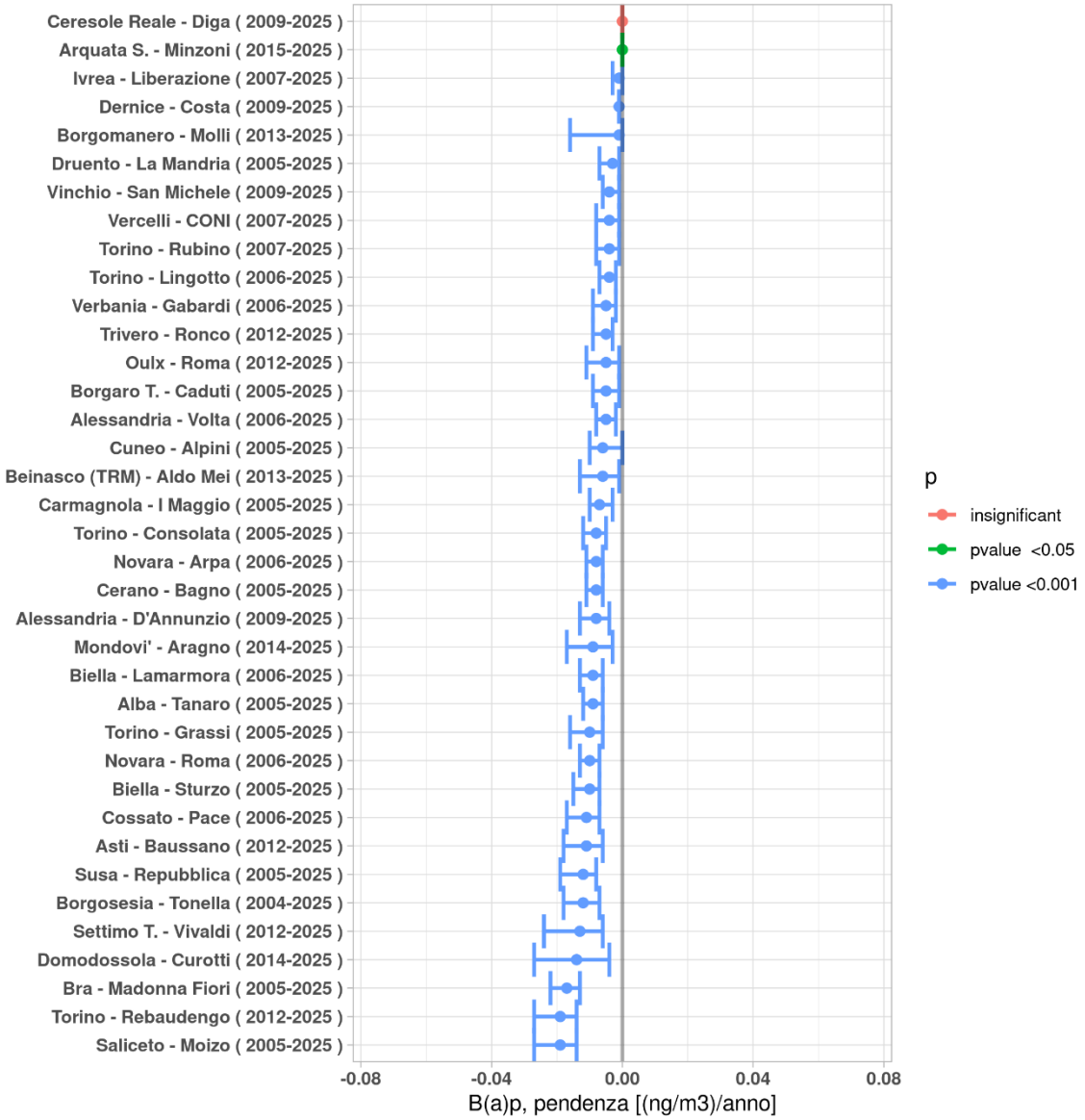


Figura 37: Benzo(a)pirene: stima del trend, in µg/m³ all'anno, delle concentrazioni medie annue di benzo(a)pirene, calcolato sui dati disponibili di ogni stazione. Il pallino indica il valore del trend, le barre orizzontali il relativo intervallo di confidenza, i colori esprimono il diverso livello di significatività statistica (blu al 99.9%, verde al 95%, rosso statisticamente non significativo).

6.6 Benzene

6.6.1 Media annua

Su tutto il territorio regionale, anche nel 2025, come ormai da diversi anni, per il benzene non viene superato il valore limite per la protezione della salute umana, pari a 5 µg/m³ come media annua. La Tabella 18 permette di valutare come si collocano le concentrazioni di benzene registrate nell'anno 2025 rispetto agli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore

e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010. È evidente una generale riduzione delle concentrazioni medie annue nel corso degli anni, attribuibile – a meno di oscillazioni annuali dovute all'influenza delle condizioni meteorologiche - all'applicazione di politiche di riduzione delle emissioni di questo inquinante di natura primaria.

Benzene - Media annuale (Valore limite: 5 µg/m³)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS						1,3	1,3	1,3	1	*1*	1	1	0,9	1		
		Borgaro T. - Caduti	FS				1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,1	1		1	1			1
		Settimo T. - Vivaldi	TU				2	2,1	2,3	*2,1*	*1,6*	0,9	1,1	1,2	1,1	1	0,9	1	0,8
		Torino - Consolata	TU	4			2,2	2	2,1	1,8	1,7	0,9	*1,2*		1,3	1	0,7	1,3	1,2
		Torino - Lingotto	FU			*1,3*	*1,2*	1	*1,1*	*1,1*		*1*	*0,9*		*1*	*1*	0,9		
		Torino - Rebaudengo	TU			2	2	*2,4*	2,6	2,1	2,3	1,5		1,6	1,6	*1,3*	1,2	1,4	1,4
		Torino - Rubino	FU		2,7		2,5	2,2	*2,1*	1,6	1,3	1,1	1	1	0,9	0,8			
		Vinovo - Volontari	FS			1,2	*1,7*	*1,2*	1,6	1,4	1,5	1,1	1	1,1	*1,1*	0,9	0,9	1,1	1
Collina	CN	Alba - Tanaro	FU	1,3	0,9	0,9	1	1,1	1,3	1,1	1	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,5	0,6
	VB	Verbania - Gabardi	FU	*1,8*	2,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,4
Montagna	VB	Pieve Vergonte - Industria	FS			*2,4*	1,4	1,6	1,6	1,3	1,8	1,7	0,8		1,2	1	0,8	1	0,9
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU		*2*	1,8	1,5	1,3	1,6	1,5	1,3	1,1	*1,3*	1,5	1,5	1,3			1,1
	NO	Cerano - Bagno	FS	2,4	*2,7*	1	1,1	1	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1	0,9
		Trecate - Verra	FU	1,1	*1,4*	*1,2*	1,2	1,2	1,3	1,3	*1,2*	1	1	1	1	1	0,9	1	0,7
	VC	Cigliano - Autostrada	TR						1,1	*0,9*	0,7	0,5	0,4	0,6	0,8	*0,7*	0,7		0,4

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

Benzene media annuale (µg/m³)
<= 1
> 1 <= 2
> 2 <= 3.5
> 3.5 <= 5
> 5

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 18: Benzene: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

6.7 Monossido di carbonio (CO) e biossido di zolfo (SO_2)

Il monossido di carbonio (CO) e il biossido di zolfo (SO_2) sono inquinanti che non destano più preoccupazione sul territorio piemontese, non facendo registrare da molti anni superamenti dei rispettivi valori limite.

6.7.1 CO - Massima media giornaliera su 8 ore

Il valore limite per la protezione della salute umana per il monossido di carbonio, determinato sulle massime medie mobili su 8 ore, è pari a 10 mg/m³. Le misure effettuate nel 2025 mostrano che il valore limite è rispettato in tutte stazioni della rete regionale.

In Tabella 19 sono riportate le massime concentrazioni delle medie mobili su 8 ore, calcolate a partire dai valori orari misurati presso le stazioni di monitoraggio nel periodo compreso tra il 2010 e il 2025: i valori sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010. I valori riportati in tabella dimostrano come, anche nelle stazioni da traffico dei grandi centri urbani, le concentrazioni massime si attestino su valori decisamente inferiori al valore limite.

Torino dispone, a livello regionale, della serie storica più lunga relativa alle concentrazioni di monossido di carbonio (CO). Tale serie consente di evidenziare come il progressivo miglioramento tecnologico del settore dei trasporti abbia contribuito alla riduzione delle emissioni di CO in atmosfera e, conseguentemente, al miglioramento dei livelli di concentrazione dell'inquinante. Tale andamento è illustrato in Figura 38, che riporta le concentrazioni medie annue registrate a partire dal 1981

presso la stazione di traffico di Torino – Rebaudengo, individuata come la stazione più critica della regione.

CO - Massima media di 8 ore giornaliera (Valore limite = 10 mg/m³)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	1,3	1,4	1,3	1,1	1	1,2	1,1	1,1	1	1,2	0,9		1,2	1,1	1,6	1
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	2,3	2,4	2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,6	2,1	1,6	1,6	1,7	1,6	1,5	1
		Torino - Consolata	TU	3,6	5,1	4,4	3	3,4	3,8	3,3	4,5	2,9	2,8	2,9	3,4	3	2,7	3,6	2,5
		Torino - Rebaudengo	TU	4,6	4,8	4,4	4	3,2	3,1	3,6	4	2,4	2,1	2,5	2,7	2,2	2,9	2,4	2,3
Collina	CN	Mondovi' - Aragno	TU					*1,5*	1,7	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1		1,1	0,9	1,2	1
	NO	Borgomanero - Molli	TU				2	2	2,3			2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,4	1,5	1,6
	VB	Verbania - Gabardi	FU	1,7	2,1	2	1,5	1,4	2,4	2	1,9	2	1,4	1,3	1,4	1,1	1,2	0,9	1,2
Montagna	TO	Oulx - Roma	TS		1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,5	2,3	1,5	*1,8*	1,3	1,6	0,8	1,1	1,4	0,8
Pianura	NO	Novara - Roma	TU	2,3	2,6	2,9	3,1	2,1	2,7	2,7	2,7	1,9	1,9	2	2,1	1,8	1,6	1,9	1,5
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					1,7	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

CO massima media su 8 ore (mg/m³)
<= 1
> 1 <= 5
> 5 <= 7
> 7 <= 10
> 10
Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023
n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 19: Monossido di carbonio (CO): concentrazioni massime medie sulle 8 ore misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

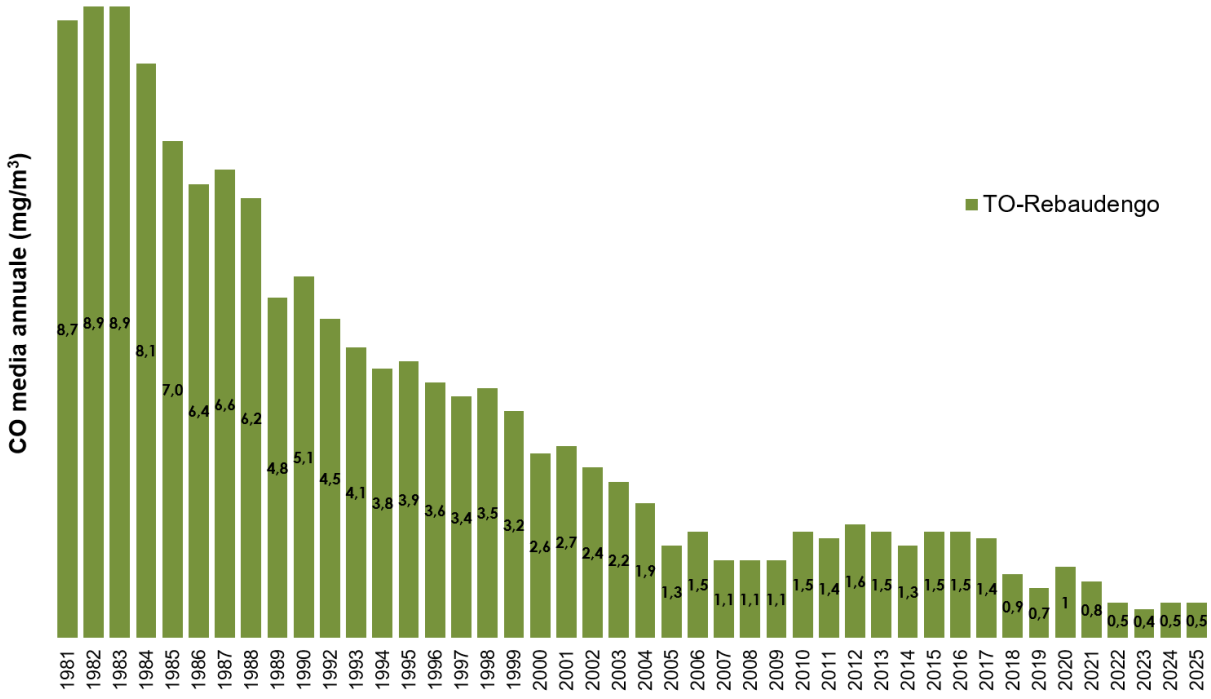


Figura 38: concentrazioni medie annuali di monossido di carbonio rilevate negli anni 1981-2025, presso la stazione di Torino-Rebaudengo.

6.7.2 SO_2 - Massima media giornaliera

Il valore limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, determinato sulla media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile, è pari a 125 µg/m³. In assenza di

superamenti del valore limite negli ultimi anni e per descrivere i livelli registrati in Piemonte, in Tabella 20 sono riportate le massime concentrazioni medie giornaliere registrate presso le stazioni di monitoraggio sia nell'anno 2025, sia negli anni precedenti fino al 2010: i valori misurati sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010. Le concentrazioni riportate in tabella dimostrano come i livelli misurati si attestino su valori inferiori di un ordine di grandezza rispetto al limite normativo.

SO2 - Massima media giornaliera (Valore limite: 125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte per anno civile)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Torino - Consolata	TU	16	14	*15*	13	14	13	12	15	16	19	20	11	10		10	
		Torino - Rebaudengo	TU	31	16	19	14	18	10	16	16	17		16	12	12	7	6	
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS	15	19	18	16	20	22	27	33	17	*25*	32	*18*	8	23	14	6
Montagna	VB	Pieve Vergonte - Industria	FS	16	*12*	22	*13*	22	8	8	5	7	9	8	11	11	9	10	6
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU	15	*19*	21	17	10	13	15		11	*14*			8	6	9	
	NO	Cerano - Bagno	FS	125	48	39	55	23	30	25	23	25	35	17	22	23	19	18	6
		Novara - Roma	TU			15	16	16	15	18	20	18	18	8	11	13	9	9	4
		Trecate - Verra	FU	82	50	46	16	15	23	16	14	33	29	9	12	15	11	16	6
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					9	10	9		9	9	7	12	14	5	8	5

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

SO2	massima media giornaliera	(µg/m³)
<= 20		
> 20	<= 50	
> 50	<= 75	
> 75	<= 125	
> 125		
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023	
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022	

Tabella 20: Biossido di zolfo (SO_2): concentrazioni massime medie giornaliere misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

Per chiarire l'entità della riduzione delle concentrazioni atmosferiche di questo inquinante, si riporta di seguito la massima media giornaliera su base annua registrata dal 1971 al 2025 a Torino – Consolata, la stazione di traffico situata nella zona centrale della città, per la quale è disponibile la serie storica di misura più lunga e completa a livello regionale. La riduzione delle emissioni legate al riscaldamento domestico e al traffico veicolare, grazie all'introduzione di limitazioni nel tenore di zolfo nei combustibili e all'incremento dell'utilizzo del metano nella produzione di energia e nel riscaldamento domestico, ha permesso una evidente riduzione delle concentrazioni di SO_2 in atmosfera.

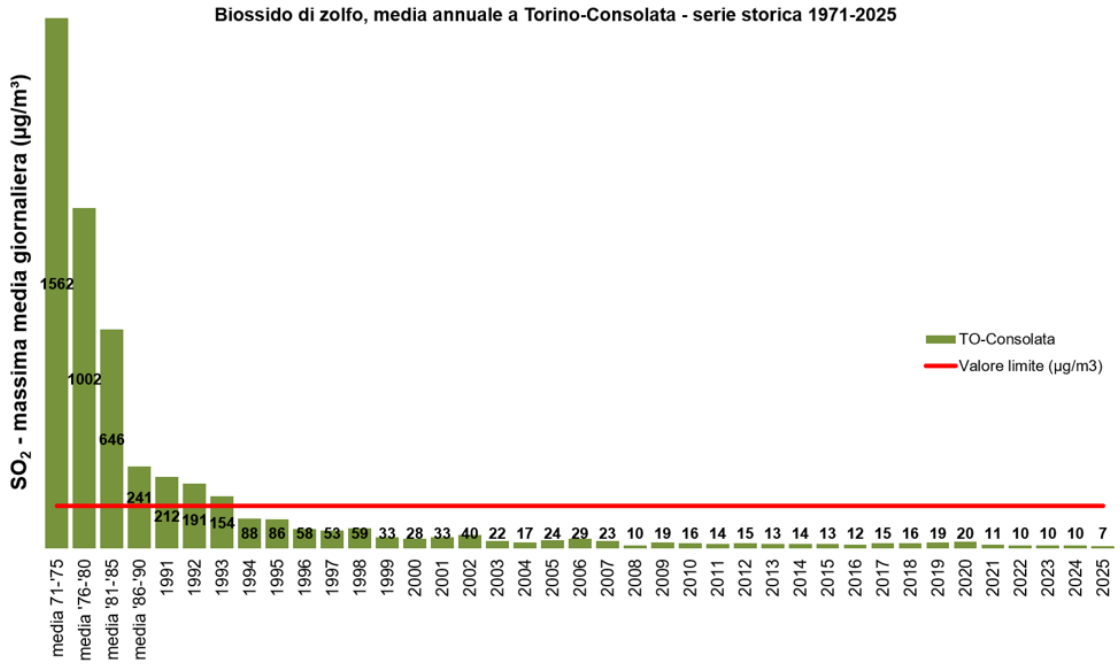


Figura 39: Biossido di zolfo SO_2: massima media giornaliera su base annuale, rilevata presso la stazione di Torino-Consolata

6.8 Metalli nel PM10

Le concentrazioni dei metalli normati dal D.Lgs 155/2010, ovvero arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb) presenti nel PM10, risultano essere – secondo i risultati del monitoraggio condotto presso le stazioni della qualità dell'aria – ampiamente al di sotto dei rispettivi valori limite, come si può osservare dalle tabelle sottostanti che riportano le concentrazioni di questi metalli registrate nell'anno 2025 e negli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs 155/2010.

Più in dettaglio, la Tabella 21 riporta le concentrazioni medie annue dell'arsenico, il cui valore obiettivo è pari a 6 ng/m³, la Tabella 22 le concentrazioni medie annue del cadmio, con valore obiettivo pari a 5 ng/m³, la Tabella 23 le concentrazioni medie annue del nichel, avente valore obiettivo pari a 20 ng/m³ e la Tabella 24 le concentrazioni medie annue del piombo, il cui valore limite per la protezione della salute umana su base annua è pari a 0,5 µg/m³. Nel caso di arsenico, cadmio e nichel, le concentrazioni medie annue misurate hanno valori di un ordine di grandezza inferiore al valore obiettivo; per il piombo le concentrazioni si posizionano in un range di valori aventi fra uno e due ordini di grandezza inferiori al valore limite per la protezione della salute umana.

Arsenico nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 6 ng/m^3)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		Borgaro T. - Caduti	FS	0,7	0,7	*0,7*	*0,7*	*0,7*	*0,7*	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7
		Druento - La Mandria	FR	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		Torino - Consolata	TU	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*		*0,7*	0,7	0,7	0,7
		Torino - Grassi	TU	0,7	0,8		*0,7*			0,7	0,7	*0,7*	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	
		Torino - Lingotto	FU	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	*0,7*			
		Torino - Rebaudengo	TU			0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7			0,7
		Torino - Rubino	FU	0,7	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	TO	Susa - Repubblica	FS	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0,7*		*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		*0,7*		*0,7*	*0,7*			
		Oulx - Roma	TS				0,7	*0,7*		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7		0,7
Pianura	BI	Biella - Lamarmora	TU	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		Cuneo - Alpini	FU	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	NO	Cerano - Bagno	FS	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7
		Novara - Roma	TU	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7
	VC	Vercelli - CONI	FS	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	*0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

As	media annuale	(ng/m³)
≤ 1		
> 1	≤ 2.4	
> 2.4	≤ 3.6	
> 3.6	≤ 6	
> 6		

Dato assente perchè strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Tabella 21: Arsenico: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

Cadmio nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 5 ng/m3)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Borgaro T. - Caduti	FS	0,2	0,3	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,2*	0,2	0,2	0,1	*0,1*	0,2	0,1	*0,1*	0,1	0,1	0,1
		Druento - La Mandria	FR	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	*0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Torino - Consolata	TU	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	*0,2*		*0,1*	0,1	0,1	0,1
		Torino - Grassi	TU	0,2	0,5		*0,3*			0,2	0,2	*0,2*	0,2	*0,3*	0,3	0,2	0,1	0,2	
		Torino - Lingotto	FU	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	*0,1*	0,1	0,2	0,1	*0,1*	0,1		
		Torino - Rebaudengo	TU			0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2			0,1
		Torino - Rubino	FU	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	*0,1*	*0,1*	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	TO	Susa - Repubblica	FS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0,1*		*0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		*0,1*		*0,1*	*0,1*			
		Oulx - Roma	TS				0,1	*0,1*		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	*0,1*	0,1	0,1		0,1
Pianura	BI	Biella - Lamarmora	TU	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	*0,1*	0,1	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1
	CN	Bra - Madonna dei Fiori	TU	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Cuneo - Alpini	FU	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	NO	Cerano - Bagno	FS	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1		0,1
		Novara - Roma	TU	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	TO	Carmagnola - I Maggio	TS	0,2	*0,2*	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	*0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1
	VC	Vercelli - CONI	FS	0,2	0,2	*0,2*	0,2	0,1	0,2	0,2	*0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

Cd	media annuale	(ng/m³)
<= 1		
> 1	<= 2	
> 2	<= 3	
> 3	<= 5	
> 5		

n Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023
dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022 e dall'80 al 85% dal 2023

Tabella 22: Cadmio: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

Nichel nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 20 ng/m3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Me	FS				2,9	2,7	3,0	2,2	2,7	2,2	2,4	1,7	1,8	2,2	2,0	1,6
		Borgaro T. - Caduti	FS	4,3	5,2	*4,7*	*3,4*	*3,0*	*0,9*	2,4	4,2	4,2	2,2	2,1	1,9	*1,7*	1,8	1,6
		Druento - La Mandria	FR	3,6	4,0	3,2	1,6	1,5	0,3	1,1	2,6	2,6	1,3	*1,2*	2,5	1,1		1,6
		Torino - Consolata	TU	8,3	8,2	7,3	4,9	4,8	0,8	3,7	3,7	3,7	2,7	*3,5*		*3,2*	3,2	2,8
		Torino - Grassi	TU	7,6	8,7		*5,8*			3,9	4,8	4,8	*3,2*	*4,2*	3,8	3,8	4,1	3,3
		Torino - Lingotto	FU	5,0	5,6	4,8	3,5	3,2	0,9	2,2	2,5	2,5	*1,4*	1,3	1,1	*1,3*	1,2	
		Torino - Rebaudengo	TU			7,2	5,2	4,5	4 ,6	3,0	3,0	2,3	4,0	2,1	1,6	1,9		
		Torino - Rubino	FU	4,6	5,2	4,8	3,0	3,2	0,9	2,0	2,8	2,8	*1,7*	2,3	2,0	1,7	1,9	1,9
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							1,9	2,4	2,4	1,5	2,4	2,4	1,7	1,5	1,8
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					9,7	2,8	0,9	1,5	1,0	2,2	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2
	TO	Susa - Repubblica	FS	2,5	3,3	2,2	1,1	1,9	0,5	1,4	1,4	1,4	1,0	0,9	0,9	0,8	1,0	1,1
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*1,3*		*1,0*	0,7	0,9	*0,0*	0,8	0,9		*0,8*		*0,7*	*0,8*		
		Oulx - Roma	TS				1,4	*1,8*		1,3	2,0	1,3	1,6	1,1	*1,3*	1,2	1,4	
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU									1,4	1,8	1,4	*1,4*	1,5		
	BI	Biella - Lamarmora	TU	5,3	4,0	3,8	3,4	2,4	0,6	*2,0*	1,6	1,6	*1,1*	*1,4*	1,2	1,0	1,2	1,5
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	3,4	3,7	3,4	2,5	2,5	2,2	1,1	1,7	1,0	1,5	1,6	1,1	1,1	1,3	1,3
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												1,1	1,2	1,1	1,3
		Cuneo - Alpini	FU	4,1	3,1	2,3	1,7	1,2	0,3	0,8	0,9	0,9	1,1	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0
	NO	Cerano - Bagno	FS	3,1	2,2	3,0	2,4	2,7	0,6	1,3	2,1	2,1	1,2	1,7	1,1	1,2	1,1	
		Novara - Roma	TU	3,0	2,6	2,8	2,2	2,8	0,6	1,2	2,0	2,0	1,6	1,4	1,0	1,2	1,2	1,6
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	4,0	*4,5*	3,9	3,2	2,5	3,0	1,9	2,9	2,2	2,7	1,8	*1,6*	1,5		1,3
	VC	Vercelli - CONI	FS	2,2	1,9	*2,4*	1,8	2,0	0,4	1,3	*1,6*	*1,6*	0,7	1,1	0,9	1,0	1,4	

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

Ni	media annuale	(ng/m³)
<= 5		
> 5	<= 10	
> 10	<= 14	
> 14	<= 20	
> 20		
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023	
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022	

Tabella 23: Nichel: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

Piombo nel PM10 - Media annuale (Valore limite = 0,5 µg/m^3)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Me	FS				0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003
		Borgaro T. - Caduti	FS	0,01	0,013	*0,009*	*0,009*	*0,006*	*0,009*	0,007	0,007	0,006	*0,005*	0,005	0,005	*0,004*	0,003	0,003	0,004
		Druento - La Mandria	FR	0,007	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003	*0,003*	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
		Torino - Consolata	TU	0,013	0,015	0,013	0,01	0,008	0,01	0,008	0,009	0,006	0,006	*0,007*		*0,006*	0,005	0,004	0,005
		Torino - Grassi	TU	0,017	0,02		*0,012*			0,011	0,011	*0,008*	0,01	*0,011*	0,015	0,010	0,006	0,005	
		Torino - Lingotto	FU	0,011	0,012	0,01	0,009	0,007	0,009	0,007	0,007	*0,005*	0,005	0,005	0,005	*0,005*			
		Torino - Rebaudengo	TU			0,002	0,019	0,015	0,021	0,013	0,016	0,011	0,01	0,011	0,008	0,010			0,006
		Torino - Rubino	FU	0,011	0,012	0,01	0,009	0,007	0,008	0,006	0,007	*0,005*	*0,005*	0,005	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0,005	0,007	0,004	0,003	0,006	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002
	TO	Susa - Repubblica	FS	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0,002*		*0,001*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002		*0,001*		*0,001*	*0,002*			
		Oulx - Roma	TS				0,002	*0,002*		0,002	0,002	0,001	0,004	0,001	*0,002*	0,001	0,001		0,001
Pianura	BI	Biella - Lamarmora	TU	0,008	0,009	0,008	0,006	0,007	0,006	*0,006*	0,009	*0,007*	*0,004*		0,004	0,006	0,004	0,003	0,002
	CN	Bra - Madonna dei Fiori	TU	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
		Cuneo - Alpini	FU	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001
	NO	Cerano - Bagno	FS	0,011	0,013	0,013	0,01	0,008	0,009	0,007	0,009	0,007	0,006	0,007	0,008	0,006	0,005		0,004
		Novara - Roma	TU	0,012	0,011	0,01	0,007	0,006	0,007	0,005	0,007	0,006	0,005	0,005	0,006	0,006	0,004	0,004	0,004
	TO	Carmagnola - I Maggio	TS	0,009	*0,009*	0,008	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	*0,005*	0,004	0,003	0,003	0,003
	VC	Vercelli - CONI	FS	0,008	0,009	*0,01*	0,007	0,005	0,007	0,007	*0,007*	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

Pb	media annuale	(µg/m³)
<= 0.1		
> 0.1	<= 0.25	
> 0.25	<= 0.35	
> 0.35	<= 0.5	
> 0.5		
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023	
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022	

Tabella 24: Piombo: concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2025.

7 Il dettaglio per provincia

7.1 Città metropolitana di Torino

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Città metropolitana di Torino è composta da 18 stazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria. L'ubicazione sul territorio delle postazioni di misura fisse è indicato in Figura 40. Le stazioni sono collocate in modo da rappresentare la qualità dell'aria dell'area metropolitana torinese, ma anche contesti territoriali (vallivi, montani, di pianura) ed emissivi diversi (traffico, fondo), esemplificativi per sé stessi, ma anche per siti aventi caratteristiche emissive ed orografiche analoghe.

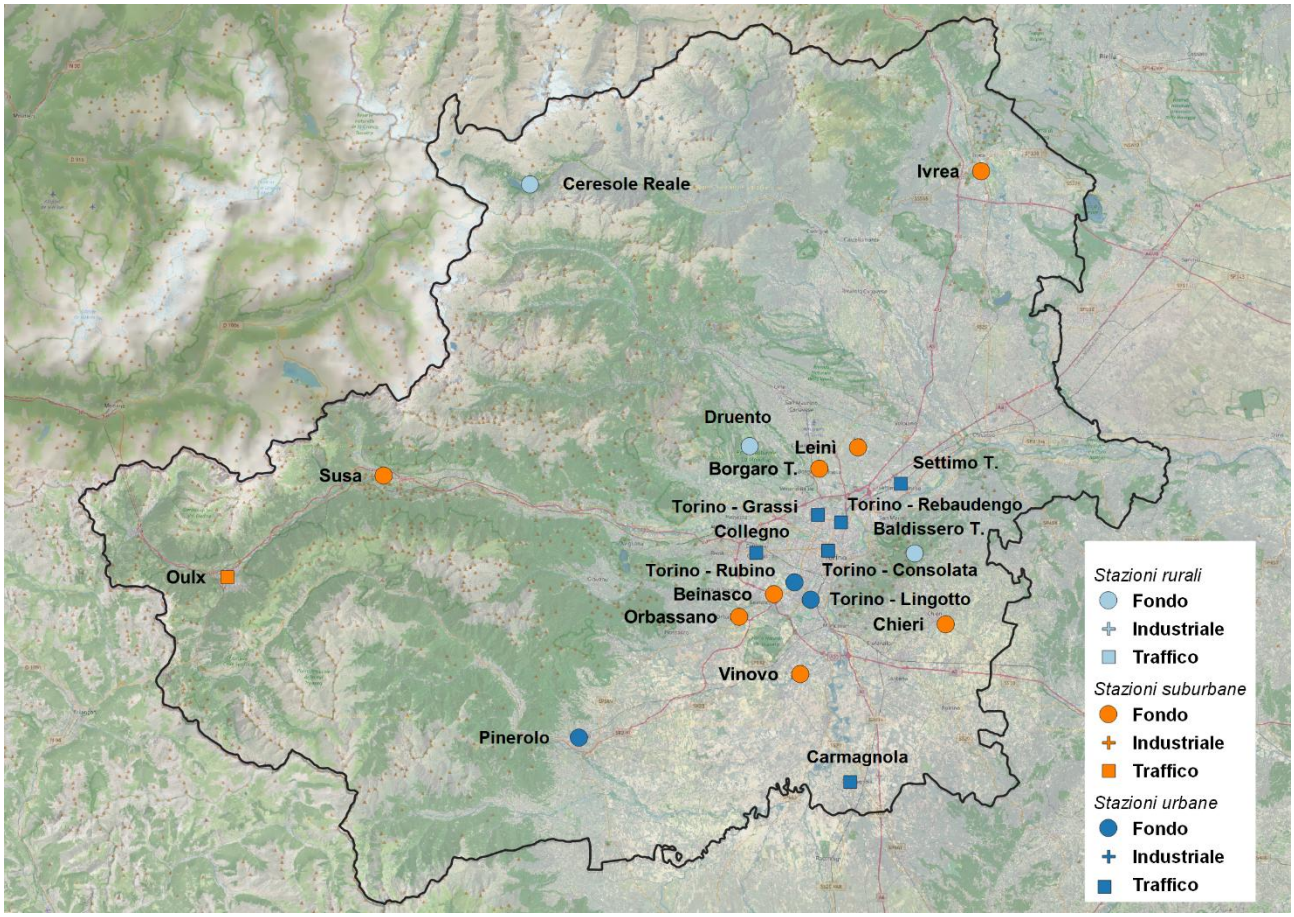


Figura 40: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento nel territorio della Città Metropolitana di Torino.

7.1.1 Particolato sospeso: PM10

L'andamento annuale delle concentrazioni medie di PM10 è rappresentato nelle successive Figura 41, Figura 42 e Figura 43 mentre il numero dei superamenti del valore limite giornaliero è indicato nelle successive Figura 44, Figura 45 e Figura 46. I valori sono registrati presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003. Come si può osservare, generalmente le situazioni più critiche per i valori medi annuali si verificano nell'area metropolitana torinese, nella stazione di Carmagnola, di traffico urbano e si aggiunge dal 2025 la stazione di Vinovo, di fondo suburbano. Nel 2025 il valore limite annuale (40 µg/m^3) è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della città metropolitana. Il numero di superamenti, come il valore medio annuale, è in decrescita sul lungo periodo, ma continua a rappresentare la criticità maggiore per le stazioni in zona urbana e suburbana; nel 2025 superano il limite giornaliero le stazioni di Settimo Torinese, tutte le stazioni di Torino (tranne Torino-Rubino) e Vinovo. Per le stazioni situate in contesti vallivi e in quota

(Baldissero, Ceresole, Susa, Oulx) il rispetto del valore limite è sempre stato garantito, mentre per la stazione fondo rurale di Druento è rispettato dall'anno 2018.

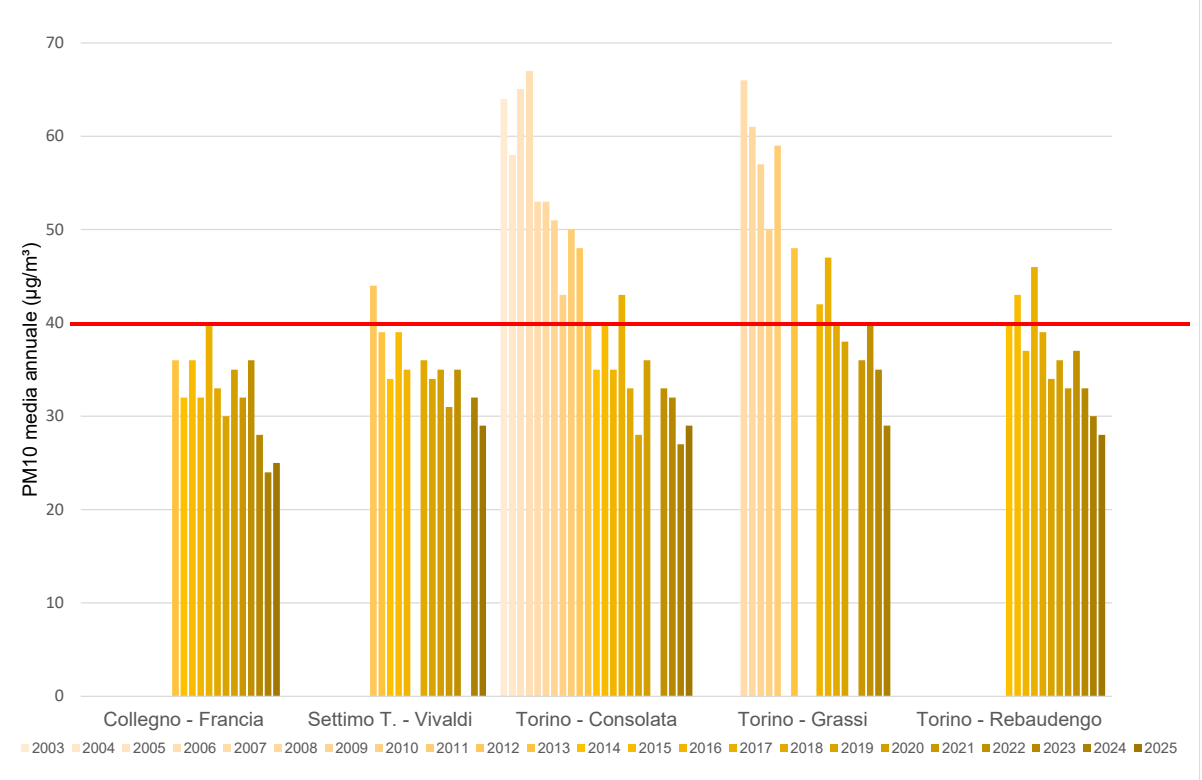


Figura 41: PM10: confronto medie annue delle stazioni di traffico site nell'area metropolitana torinese

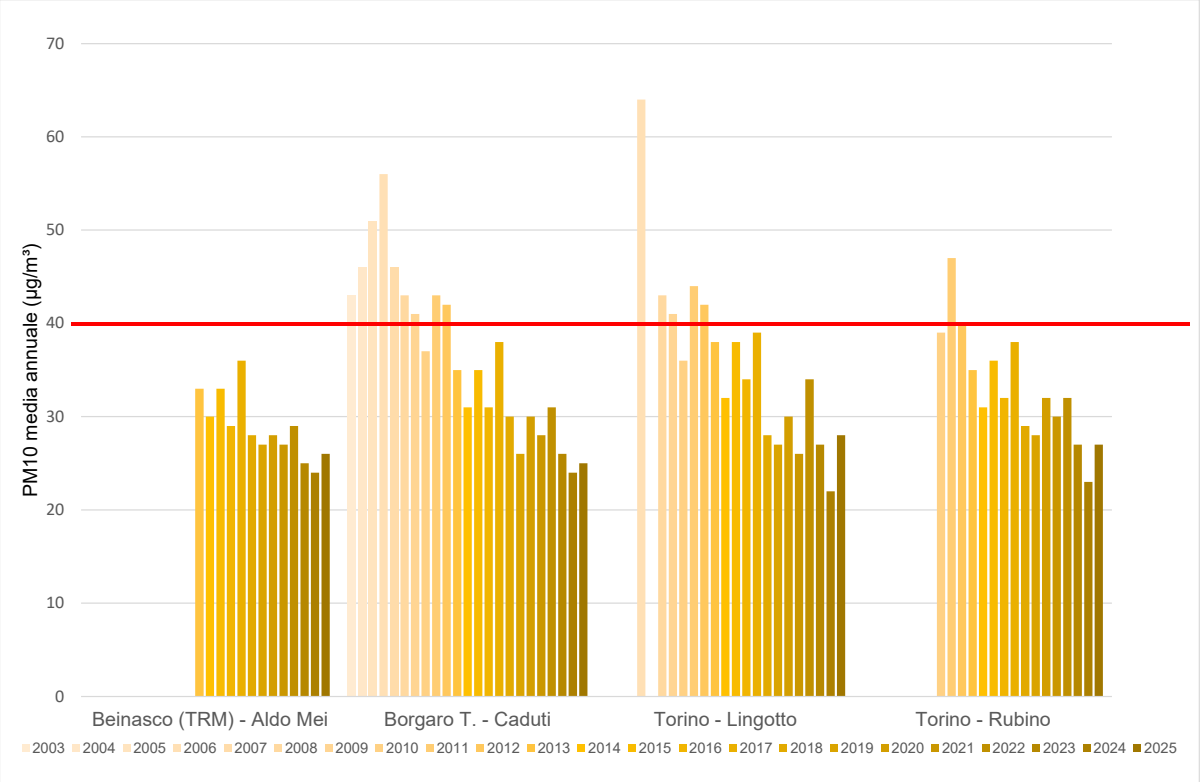


Figura 42: PM10: confronto medie annue delle stazioni di fondo site nell'area metropolitana torinese

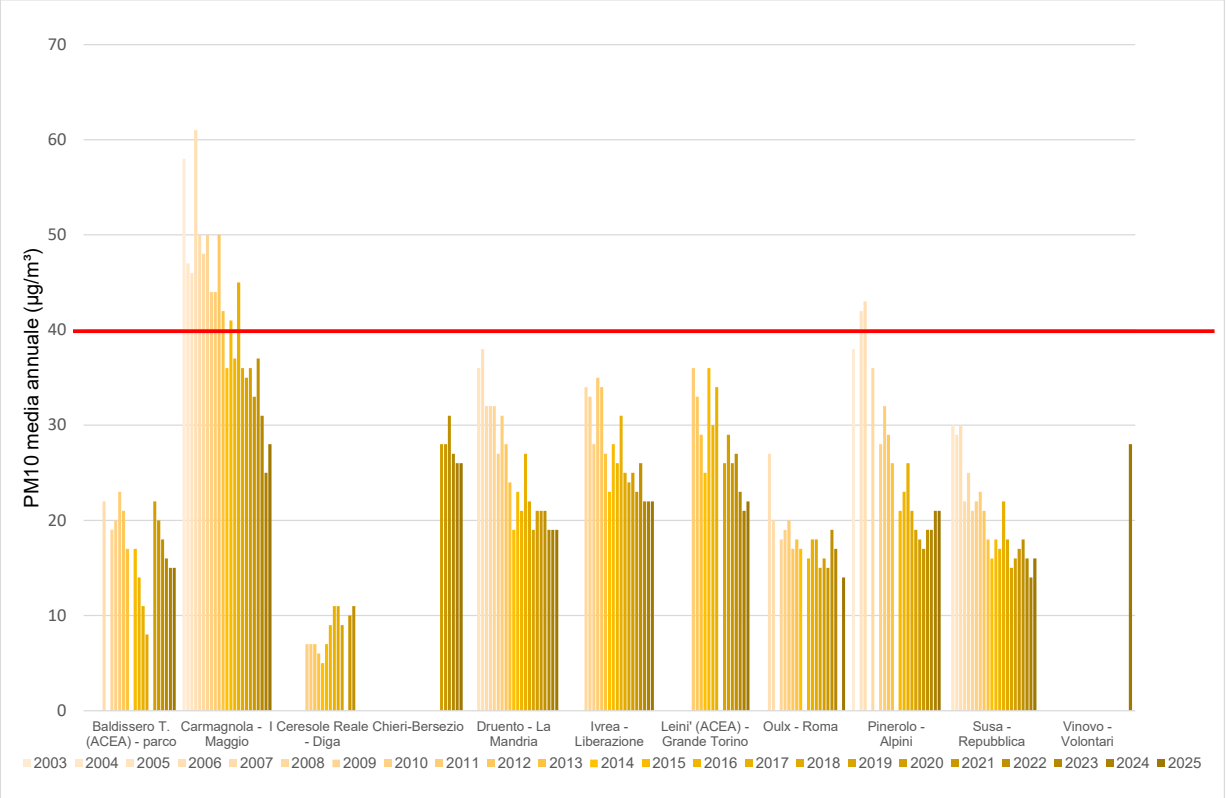


Figura 43: PM10: confronto medie annue delle stazioni esterne all'area metropolitana torinese

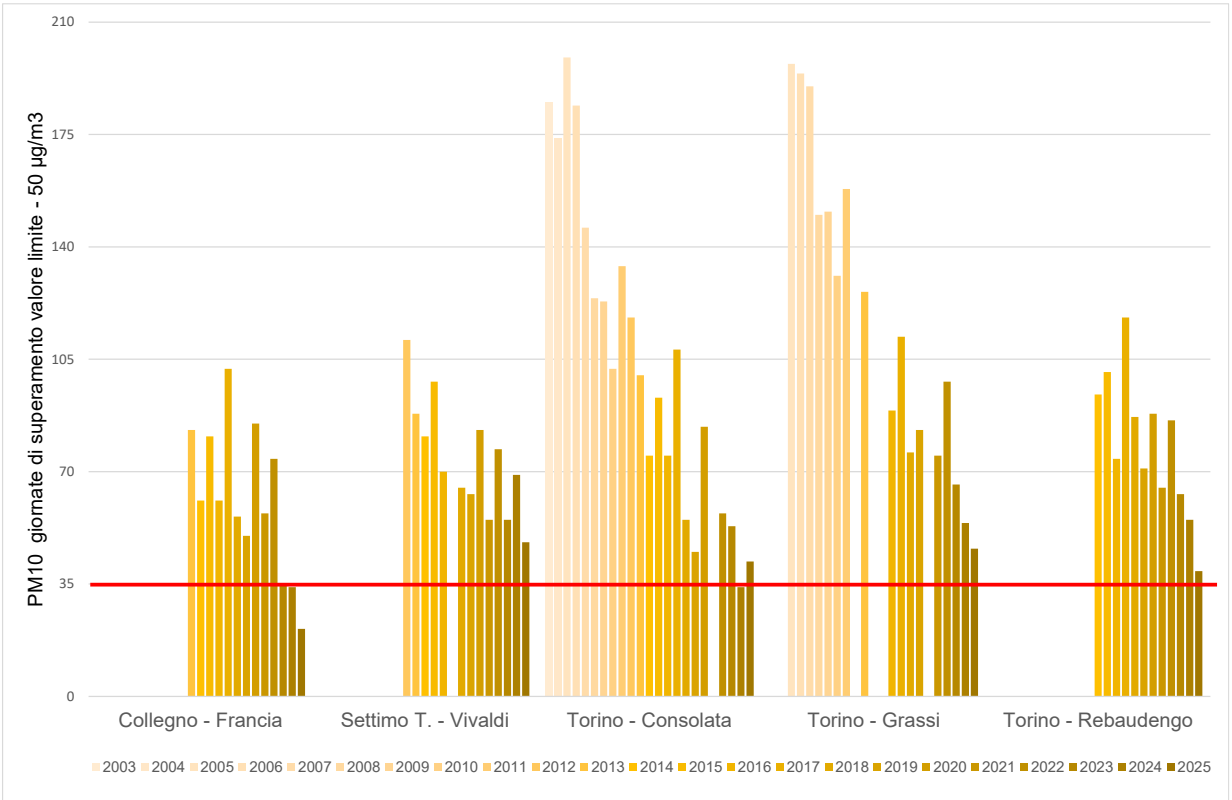


Figura 44: PM10: numero di superamenti del limite giornaliero delle stazioni di traffico site nell'area metropolitana torinese

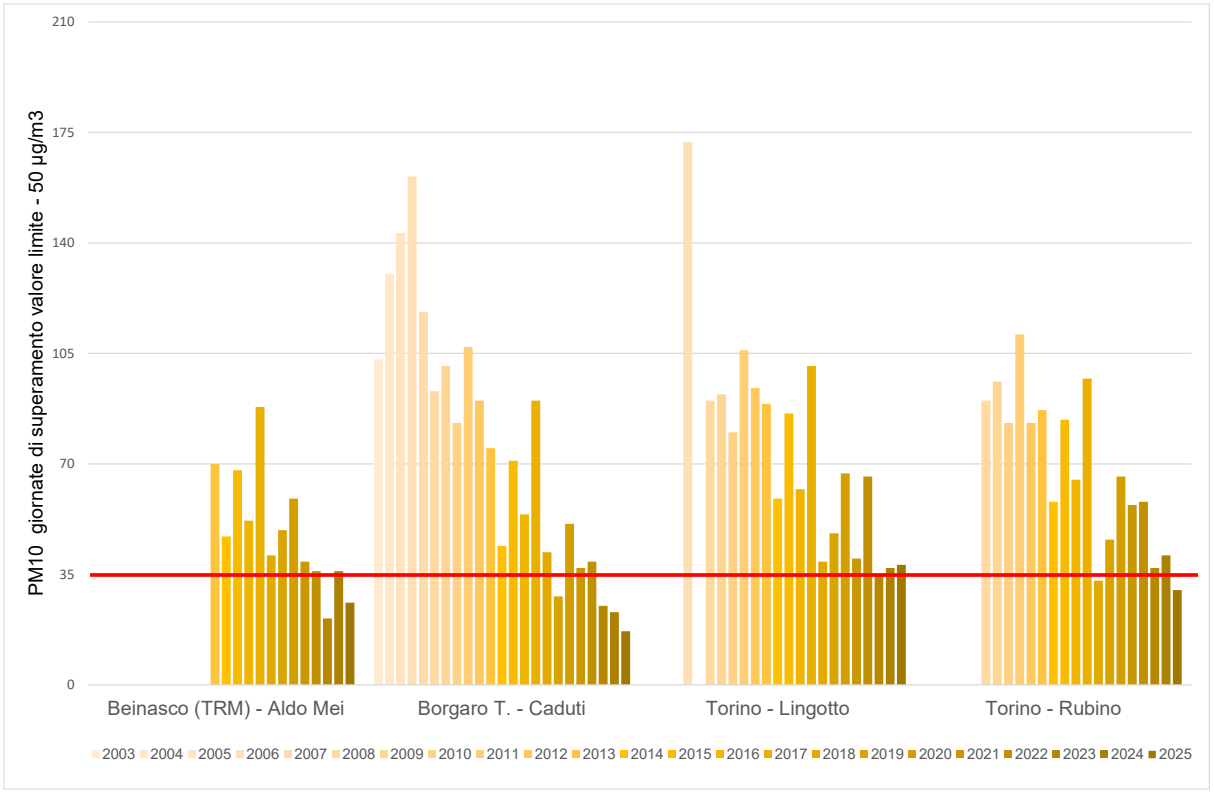


Figura 45: PM10: numero di superamenti del limite giornaliero delle stazioni di fondo site nell'area metropolitana torinese

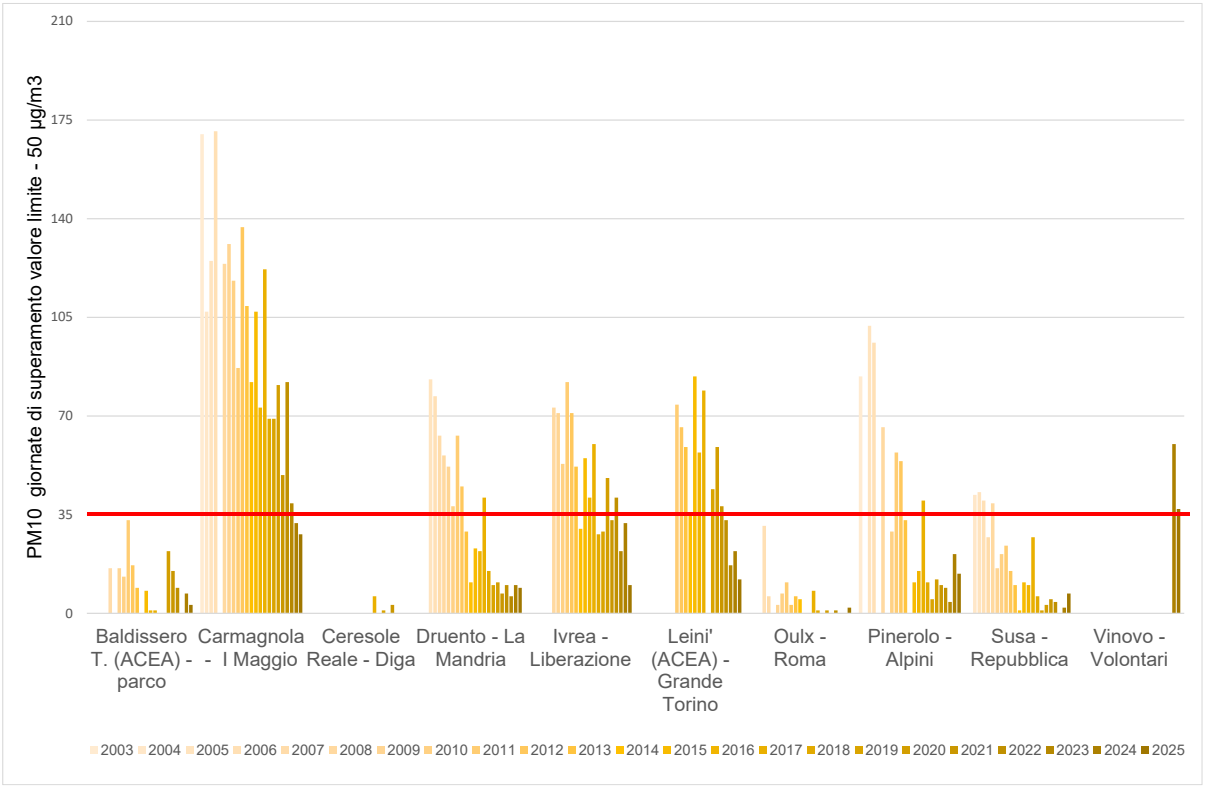


Figura 46: PM10: numero di superamenti del limite giornaliero delle stazioni delle stazioni esterne all'area metropolitana torinese

Le serie temporali delle concentrazioni delle polveri sottili (PM10) misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre 2025 da ciascuna stazione della provincia sono riportate nei grafici di Figura 47 rispetto al periodo di riferimento 2015-2024. Per poter permettere una migliore leggibilità dei grafici, a partire dalle concentrazioni giornaliere, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni. In ognuno di questi grafici le concentrazioni del 2025 (in rosso) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda grigia del grafico) e medi (linea blu tratteggiata) misurati dai medesimi gruppi di stazioni negli anni presi come riferimento (2015-2024).

I gruppi di stazioni esaminati sono le stazioni di traffico e fondo ubicate a Torino e prima cintura (in Figura 47 in alto a sinistra "stazioni di traffico area metropolitana torinese" e in alto a destra "stazioni di fondo area metropolitana torinese"), le stazioni di fondo in pianura (in basso a sinistra) e le stazioni di fondo in quota (in basso a destra), in modo da poter cogliere la differenza nei valori di PM10 misurati in zone diverse. Come si può vedere, anche dal fondo scala, la zona più critica è l'area metropolitana torinese, sia in stazioni di traffico che di fondo, ma l'analoga meteorologia provoca periodi di alte concentrazioni anche nelle stazioni di fondo in pianura. Per entrambe le zone si evidenzia il comportamento stagionale degli inquinanti, ovvero come le concentrazioni generalmente diminuiscano in modo progressivo nel passaggio dall'inverno ai mesi estivi per crescere nuovamente nell'autunno. Diverso è il caso delle stazioni di fondo in quota (Baldissero, Ceresole, Oulx, Susa), per le quali l'andamento è molto più costante.

Il PM10 nel 2025 mostra pochi periodi al di sotto dei minimi del periodo di riferimento 2015-2024, in particolare la seconda metà di gennaio e la seconda metà di dicembre, mentre è al di sopra della media ad inizio gennaio, fine febbraio, la prima decade di aprile, giugno, agosto ed intorno a metà ottobre; in quest'ultimo periodo si sono superati i massimi del periodo di riferimento, come a giugno. Tali giorni coincidono con un periodo di stabilità atmosferica ed assenza di precipitazioni, che ha determinato un incremento delle concentrazioni e vari superamenti del valore limite in tutte le stazioni di pianura, situate sia all'interno che all'esterno dell'area metropolitana torinese. Per poter interpretare questo andamento può essere di aiuto il numero di giorni favorevoli all' accumulo[31] di PM10 e le precipitazioni, illustrati rispettivamente con bande gialle verticali e istogrammi blu nei grafici di Figura 48 insieme all'intervallo delle concentrazioni misurate presso le stazioni di traffico e di fondo dell'area metropolitana torinese, le stazioni di pianura (esterne all'area metropolitana torinese) e le stazioni di quota. Un significativo episodio di trasporto da remoto di polveri è avvenuto tra l'8 e l'11 giugno, in assenza di condizioni meteorologiche di accumulo, in tutte le stazioni, comprese quelle di quota e quelle di fondo esterne all'area metropolitana torinese, dove l'aumento delle concentrazioni è stato particolarmente rilevante rispetto ai valori medi del periodo. In particolare, il 9 giugno si è verificato un incremento improvviso di polveri PM10 e PM2.5 nella stazione di Ceresole Reale, influenzato dal trasporto intercontinentale di particolato proveniente dagli incendi boschivi in Canada[32]. L'episodio più rilevante di trasporto di sabbie sahariane è avvenuto tra l'11 e il 19 dicembre, ed ha determinato un aumento del numero di superamenti del valore giornaliero del PM10, in concomitanza con condizioni di accumulo. Questo incremento ha causato il superamento del valore limite dei 35 giorni nella stazione di Torino-Lingotto, il cui numero di superi è passato da 34 a 38. Studi recenti[33,34] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e

[31] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600 m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

[32] https://atmosphere.copernicus.eu/copernicus-large-smoke-transport-canadian-wildfires-reaches-europe

[33] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[34] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

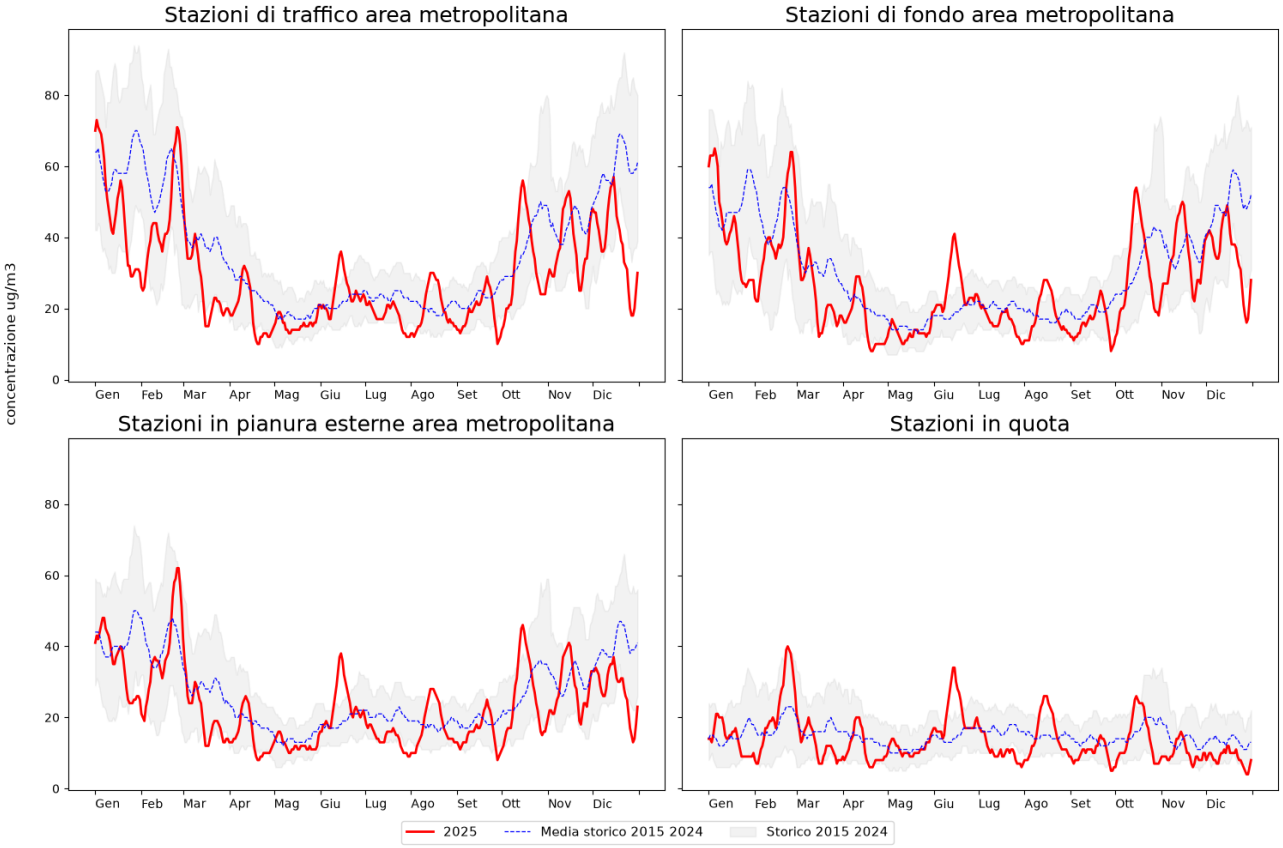


Figura 47: PM10 Città Metropolitana di Torino: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

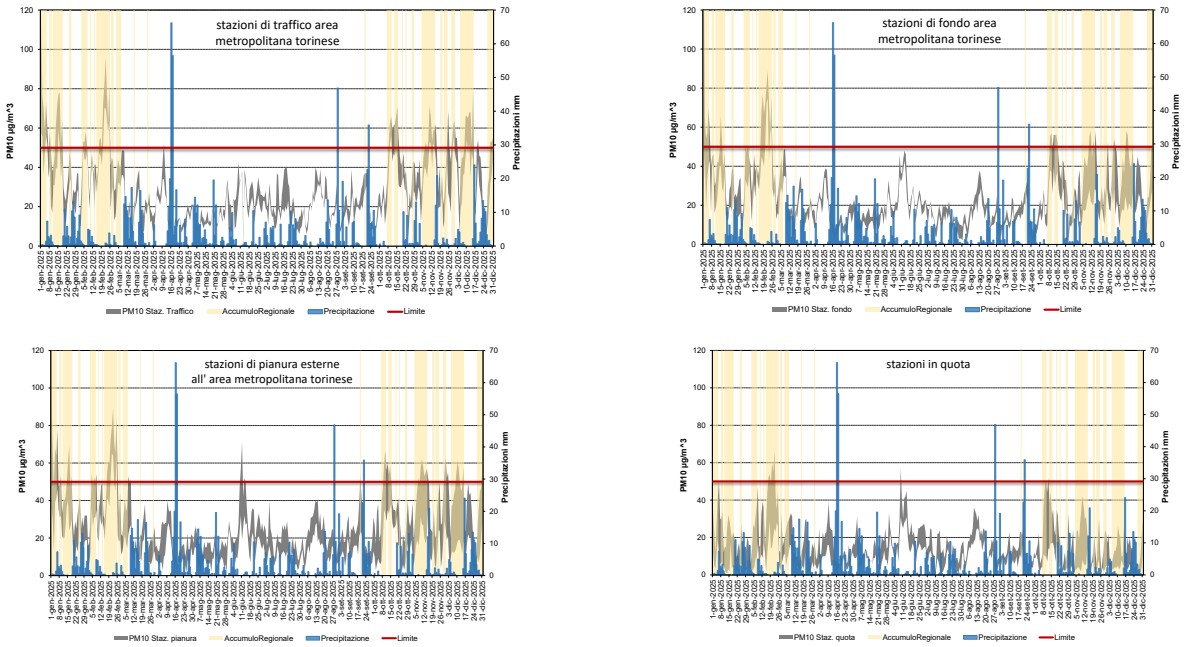


Figura 48: PM10: range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della Città Metropolitana di Torino in ciascun giorno del 2025; precipitazioni cumulate giornaliere a Torino, indicatore di accumulo regionale.

7.1.2 Benzo(a)pirene nel PM10

Il valore obiettivo (1 ng/m^3 come media annuale) è rispettato in tutte le stazioni del territorio della Città Metropolitana.

Nei grafici seguenti vengono rappresentati da un lato le concentrazioni medie mensili registrate in alcune stazioni rappresentative della Città Metropolitana ove è determinato il parametro, dall'altro i valori mensili relativi alla percentuale in cui esso è presente nel PM10.

Analogamente ad altri inquinanti come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, i valori medi mensili di benzo(a)pirene (BaP) nel particolato presentano una notevole variazione stagionale.

Nei mesi caldi, normalmente da aprile a settembre, si osservano concentrazioni piuttosto basse, uniformi e nettamente inferiori alla media annuale che è invece influenzata dai valori invernali. L'elevata radiazione solare contribuisce infatti alla degradazione degli IPA; al contrario nei mesi freddi e autunnali le polveri risultano arricchite di questi composti in quanto si creano condizioni di inversione termica che favoriscono l'accumulo degli inquinanti, unitamente all'attivazione del contributo delle emissioni derivanti dalla combustione della legna nel riscaldamento domestico.

Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato, non solo in termini di concentrazioni assolute, ma anche di composizione in microinquinanti organici (Figura 49). Le concentrazioni di BaP maggiori si rilevano nell'area urbana torinese, a Ivrea e Settimo. Le percentuali maggiori di IPA nelle polveri si riscontrano a Susa e Ivrea, come negli anni passati; sono entrambe stazioni rappresentative di siti suburbani maggiormente influenzati dalle emissioni prodotte dalla combustione di biomassa utilizzata per il riscaldamento domestico.

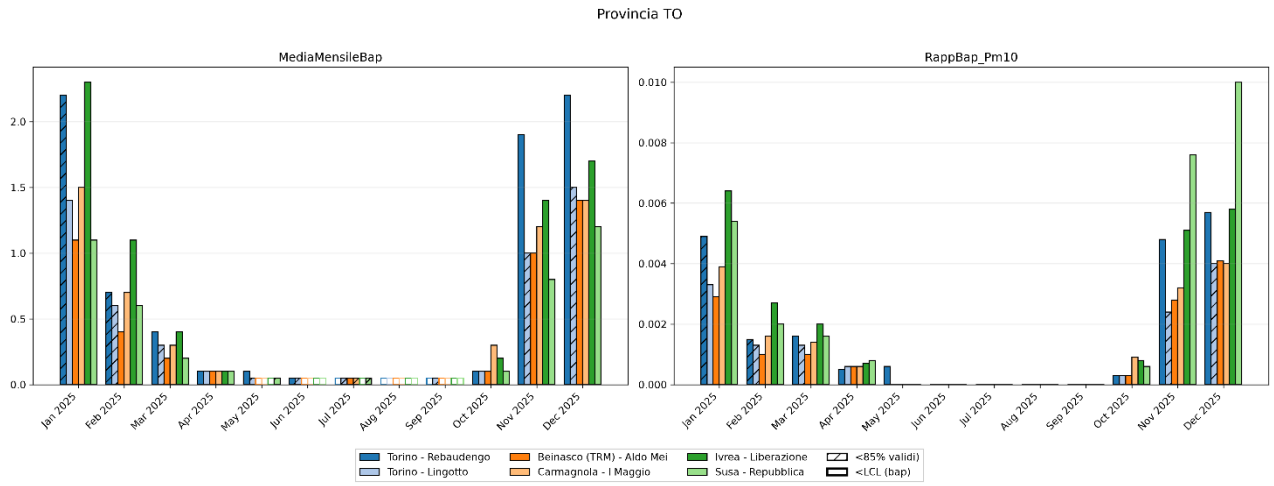


Figura 49: benzo(a)pirene nella Città Metropolitana di Torino: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili di BaP nel PM10 anno 2025

7.1.3 Particolato sospeso: PM2.5

Analogamente al PM10 la situazione riscontrata anno per anno dalle stazioni della rete provinciale dove viene misurato il PM2.5 è rappresentata nell'istogramma in Figura 50 e Figura 51, nel quale sono confrontate le concentrazioni medie dell'inquinante nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2010. Come osservabile, il valore limite annuale di 25 µg/m^3 è rispettato nel 2025 in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. La stazione di Ceresole Reale registra i valori minimi, poiché rappresenta un'area rurale soggetta a limitate emissioni antropiche. I massimi si riscontrano nelle stazioni urbane di traffico come Torino - Rebaudengo e Settimo Torinese; i valori più bassi della rete, escludendo Ceresole, si rilevano a Leinì, Beinasco e Ivrea, ma in generale i valori misurati sono molto omogenei nel territorio provinciale.

Nei siti urbani il particolato PM10, soprattutto in inverno, è costituito per più del 70% dalla frazione PM2.5, che contiene maggiormente contributi secondari di origine antropica, come composti del carbonio e sali inorganici (nitrato e solfato di ammonio).

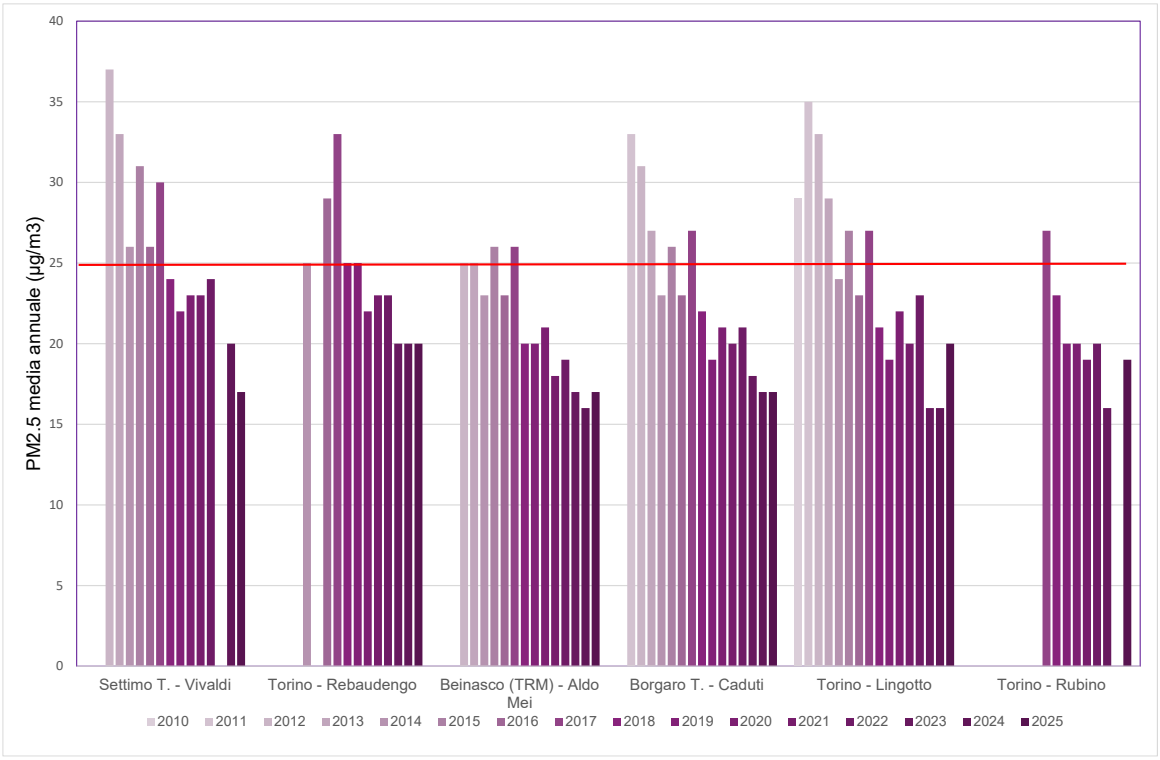


Figura 50: PM2.5 nell'area metropolitana torinese: confronto medie annue

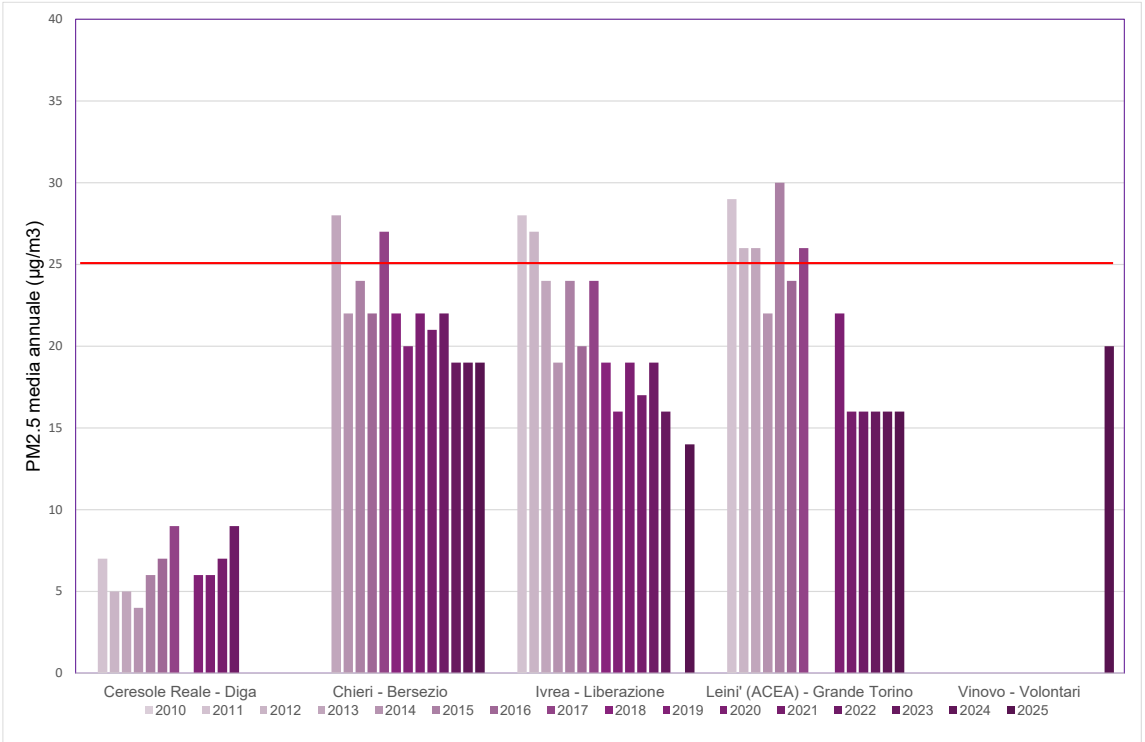


Figura 51: PM2.5 stazione esterne all'area metropolitana torinese: confronto medie annue

7.1.4 Biossido di azoto (NO_2)

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete della Città Metropolitana di Torino è rappresentata nei grafici Figura 52, Figura 53, Figura 54 e Figura 55, dove sono confrontate le concentrazioni medie di biossido di azoto (NO_2) registrate presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003. Il trend delle medie annuali è in riduzione, come indicato anche nel paragrafo 5.3 relativo alla valutazione regionale dell'NO_2.

Le concentrazioni più elevate si rilevano nelle stazioni di traffico, poiché la principale sorgente del biossido di azoto, in ambito urbano, è il traffico veicolare. La media annua più elevata si registra nella stazione di Torino – Rebaudengo, ma dal 2025 è inferiore per la prima volta al valore limite di 40 µg/m^3, inoltre viene confermato il non superamento di Torino-Consolata, avvenuto per la prima volta nel 2023 da quando viene misurato l'inquinante, ed anche nelle stazioni di traffico di Settimo, Collegno e Carmagnola, usualmente le più critiche, il limite annuale non è superato. Presso le stazioni di fondo urbano, sia nell'area metropolitana torinese che al di fuori, le medie rispettano il valore limite come minimo da nove anni, mentre non hanno mai superato il limite annuale le stazioni di quota (Baldissero, Ceresole, Oulx e Susa) e quelle di fondo in pianura più lontane da Torino (Chieri, Druento, Ivrea e Leinì).

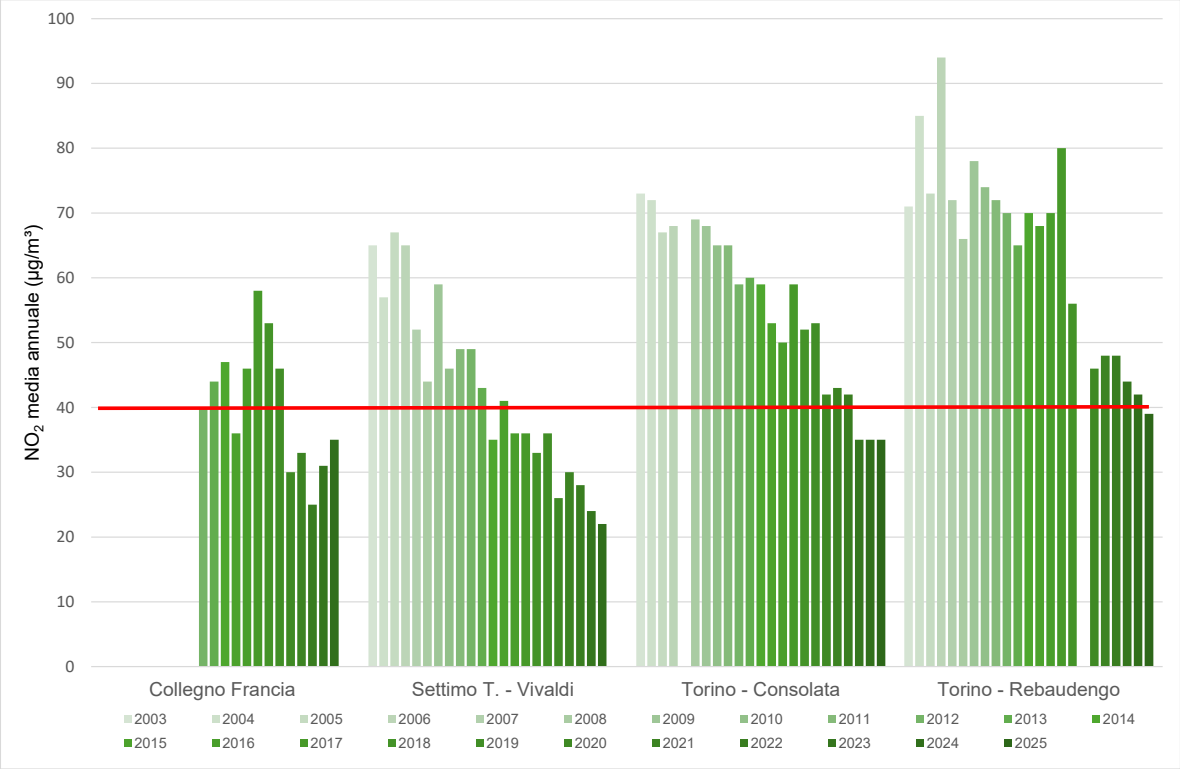


Figura 52: NO_2 nella Città Metropolitana di Torino: confronto medie annue stazioni di traffico Area Metropolitana Torinese

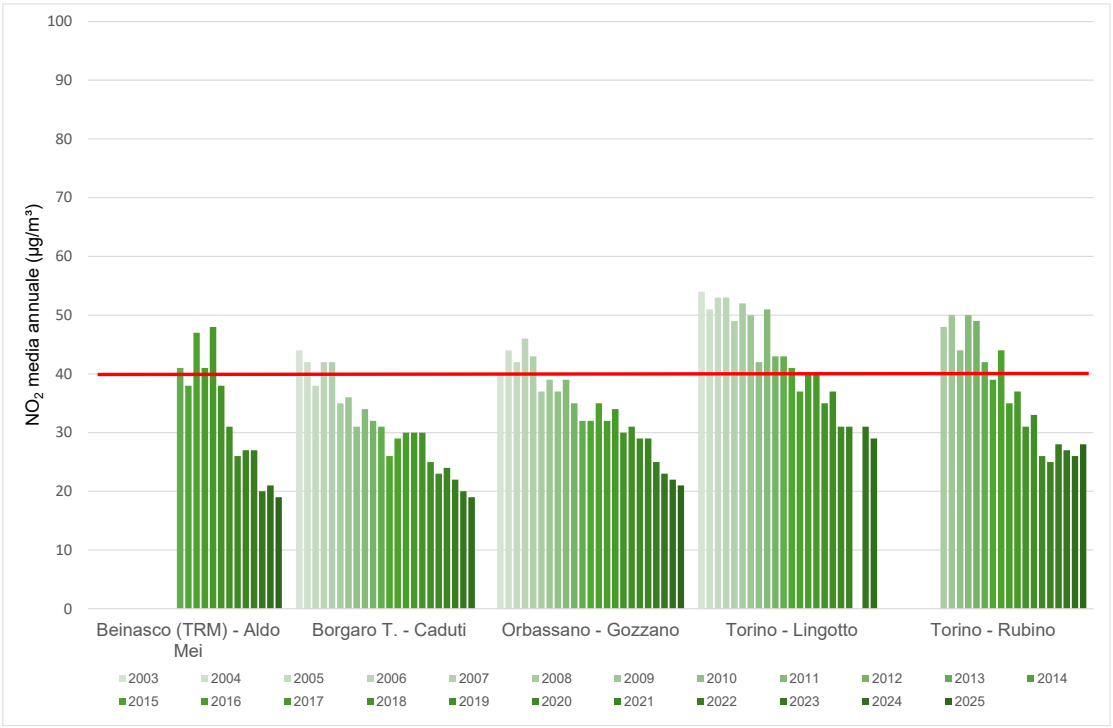


Figura 53: NO_2 nella Città Metropolitana di Torino: confronto medie annue stazioni di fondo area metropolitana torinese

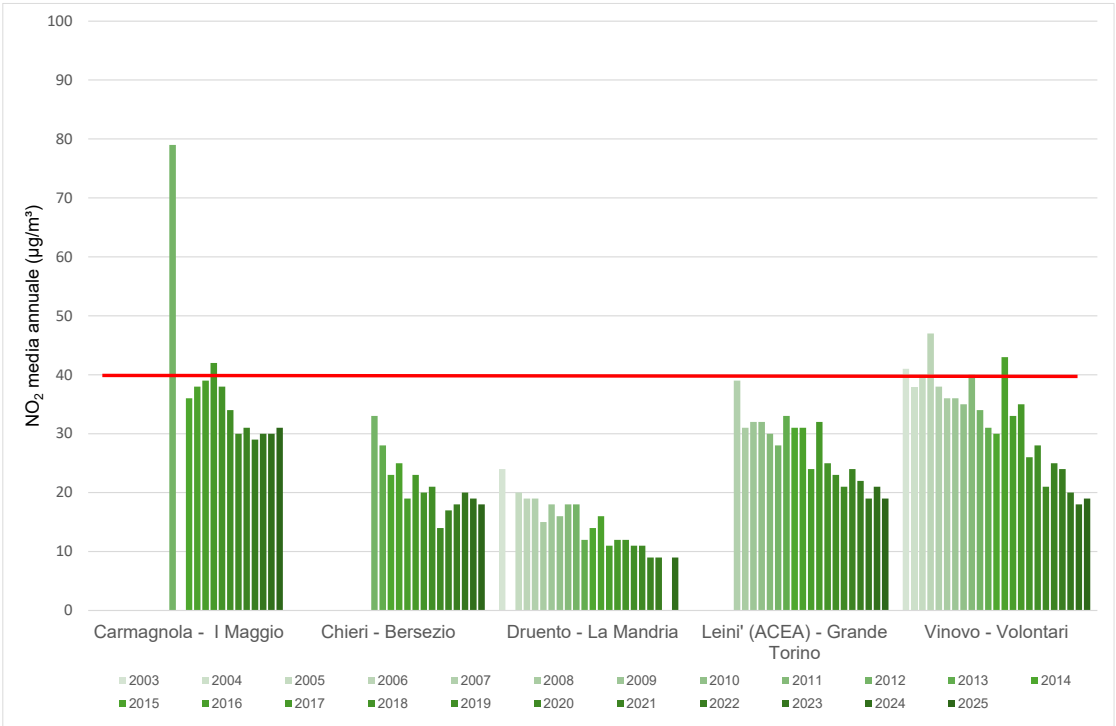


Figura 54*:* NO_2 nella Città Metropolitana di Torino: confronto medie annue stazioni di pianura esterne all'area metropolitana torinese

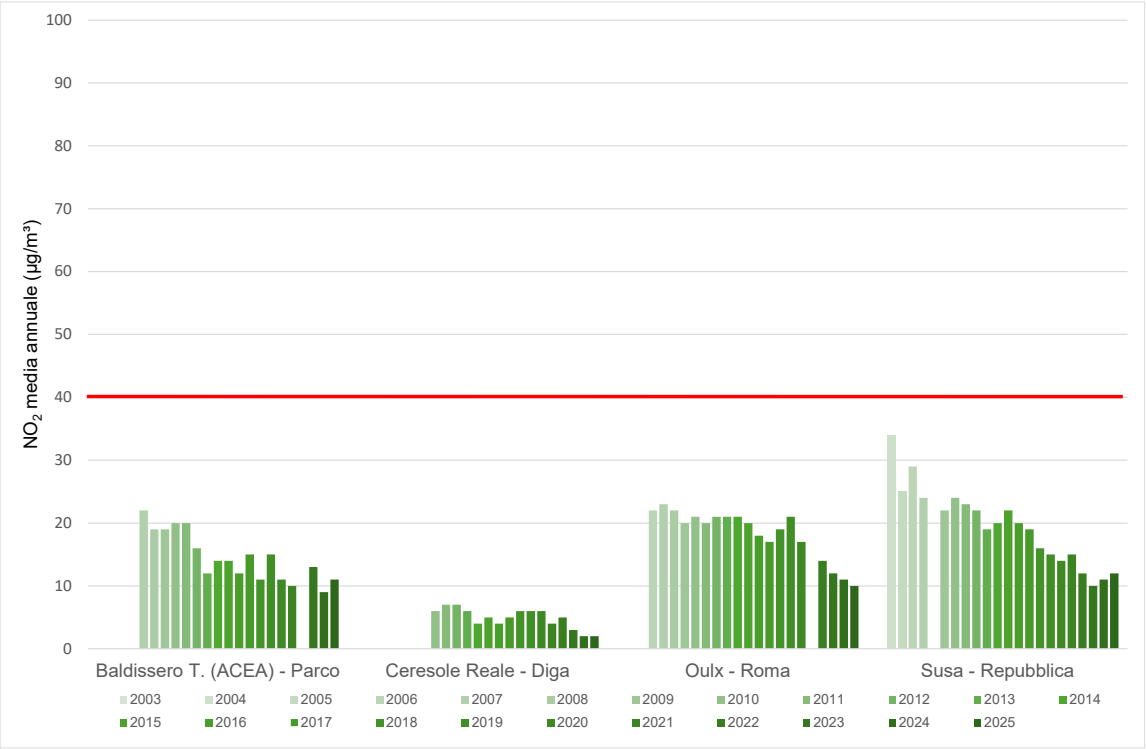


Figura 55: NO_2 nella Città Metropolitana di Torino: confronto medie annue stazioni di quota esterne all'area metropolitana torinese

Analogamente al PM10 le serie temporali delle concentrazioni dell'NO_2 misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia sono riportate nelle figure delle pagine seguenti. Per poter permettere una migliore leggibilità dei grafici, a partire dalle concentrazioni giornaliere, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni.

Nella Figura 56 le concentrazioni del 2025 (in rosso) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda azzurra del grafico) e medi (linea blu scuro tratteggiata) misurati dalla medesima stazione negli anni presi come riferimento (2015-2024). Come visibile, anche per questo inquinante viene evidenziato il caratteristico comportamento stagionale, che rileva concentrazioni maggiori nel periodo invernali e inferiori nel periodo primaverile - estivo.

Nel 2025 i dati sono quasi sempre al di sotto della media del periodo di confronto 2015-2024 nelle stazioni di traffico e di fondo dell'area metropolitana torinese, tranne ad inizio marzo, in concomitanza con un periodo di alta stabilità atmosferica, confermando il trend in riduzione dell'inquinante. Per le stazioni di pianura esterne all'area metropolitana le concentrazioni sono al di sotto della media del periodo di confronto nei mesi più freddi, nei mesi più caldi sono molto a ridosso o poco sopra le medie del periodo, il periodo di inizio marzo è quello più critico, come per l'area metropolitana torinese. Le stazioni di quota rilevano le concentrazioni più basse in assoluto e sono sempre al di sotto delle medie del 2015-2024.

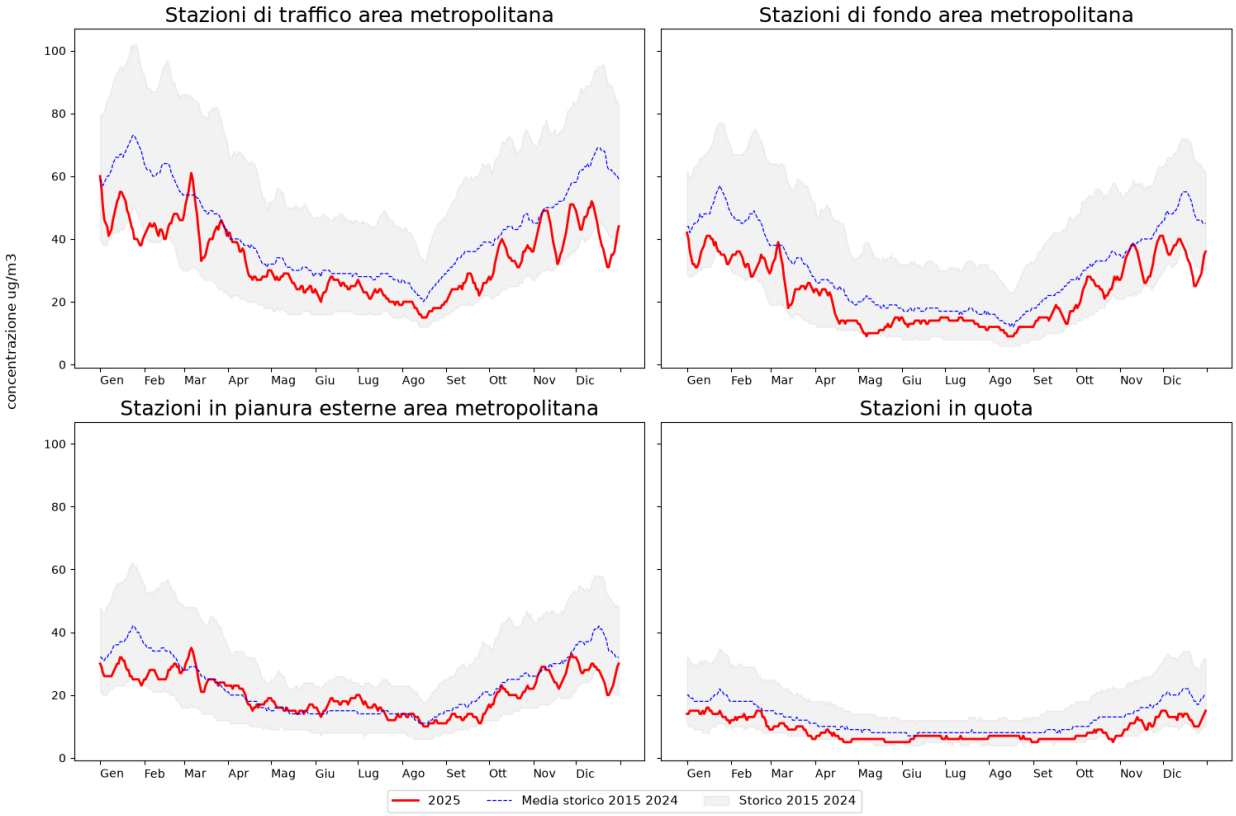


Figura 56: NO_2 Città Metropolitana di Torino: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

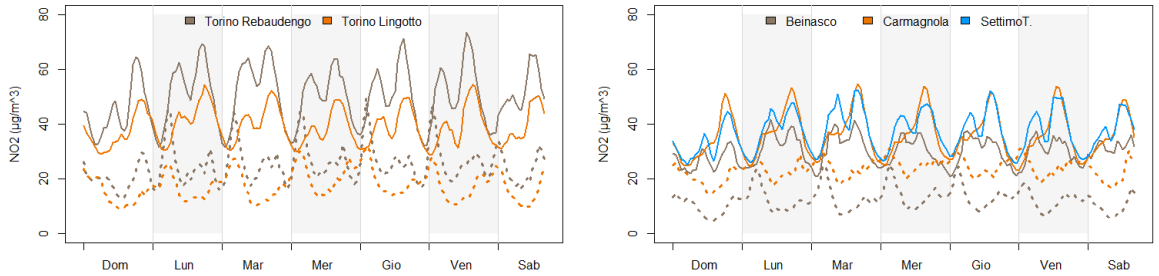


Figura 57: NO_2 Città Metropolitana di Torino: settimane tipo stazioni di Torino Rebaudengo-Torino Rubino e Beinasco-Carmagnola-Settimo Torinese.

Per le stazioni di Torino - Rubino e Torino - Rebaudengo (Figura 57 a sinistra) e il gruppo di stazioni Beinasco – Carmagnola - Settimo (Figura 57 a destra) è stata calcolata la settimana tipo. Gli andamenti di NO_2 messi a confronto tra la stazione di fondo urbano di Torino - Lingotto (linea arancione) e la stazione da traffico di Torino - Rebaudengo (linea grigia) nel trimestre invernale (dicembre-gennaio-febbraio, linea continua) e quello estivo (giugno-luglio-agosto, linea tratteggiata), evidenziano sensibili riduzioni per entrambi i siti il sabato e la domenica, più marcate nel periodo invernale. I picchi mattutini e serali, che trovano corrispondenza nell'andamento del traffico veicolare, sono decisamente più elevati presso la stazione da traffico rispetto a quella di fondo, con concentrazioni nei picchi che arrivano a più del doppio nella stazione di Torino - Rebaudengo rispetto a quella di Torino - Lingotto, legate alle emissioni dirette del traffico veicolare.

L'influenza del traffico è visibile anche nelle stazioni esterne a Torino, in particolare a Settimo e Beinasco, aventi il classico doppio picco invernale pur con concentrazioni inferiori ai massimi di Torino - Rebaudengo, mentre nella stazione di Carmagnola è più evidente il picco serale.

7.1.5 Ozono (O_3)

L'inquinante viene misurato presso le stazioni di fondo (urbano-suburbano) di Borgaro, Chieri, Ivrea, Leinì, Orbassano, Susa, Torino - Lingotto, Torino - Rubino e Vinovo ed in quelle di fondo rurale di Baldissero Torinese, Ceresole Reale e Druento. Nei grafici di Figura 58 Figura 59 è illustrato l'andamento, dal 2005 al 2025, dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana, che non deve essere superato per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni. Come si può osservare, il valore obiettivo nel 2025 (relativo al triennio 2023-2025) è superato nella maggioranza delle stazioni del territorio metropolitano, fanno eccezione Ceresole Reale, Ivrea e Leinì.

Viene quindi confermata una spiccata criticità legata a questo inquinante, nonostante la riduzione a livello nazionale delle emissioni degli ossidi di azoto e dei composti organici non metanici (NMVOC), precursori dell'ozono.

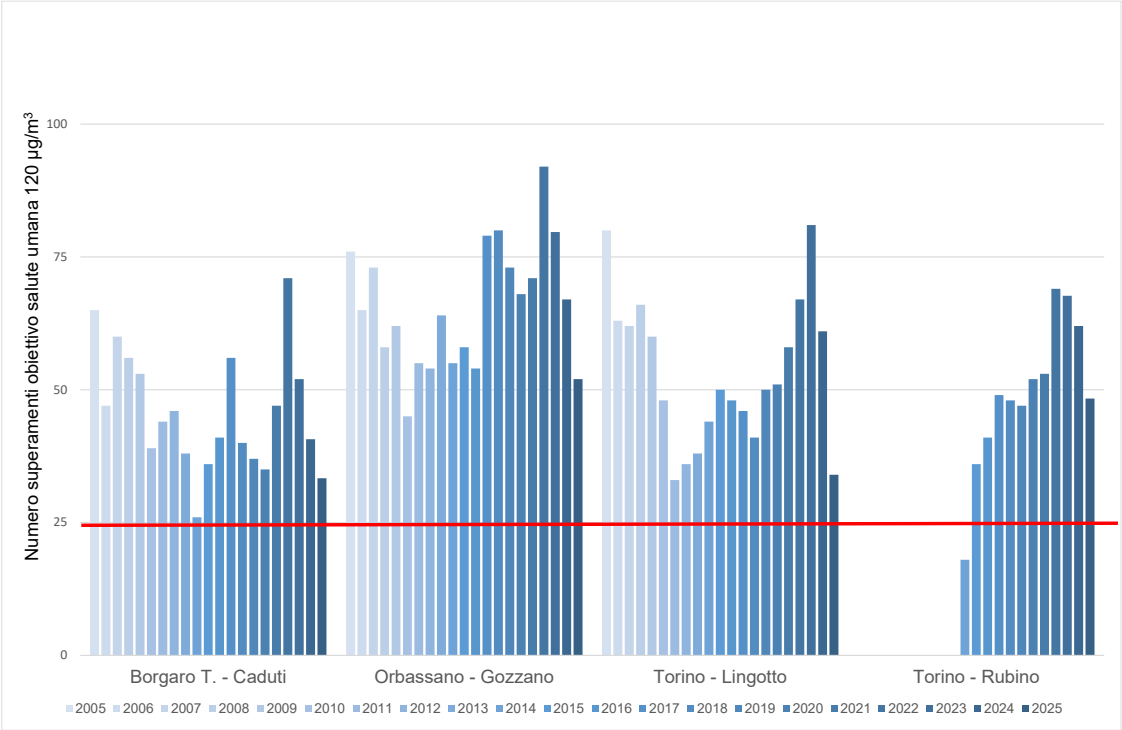


Figura 58: O_3 nella Città Metropolitana di Torino: confronto numero di superamenti valore obiettivo per la protezione della salute umana, stazioni di fondo dell'area metropolitana torinese

Per quanto riguarda l'andamento giornaliero dell'inquinante[35], in Figura 60 si può vedere che le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori d'estate e nelle stazioni di fondo in quota (Baldissero-Ceresole-Susa, i cui valori minimi rimangono più alti nel periodo invernale rispetto alle stazioni urbane), sia nell'area metropolitana torinese (Borgaro-Orbassano-To Lingotto-To Rubino), che al di fuori (Chieri-Druento-Ivrea-Leinì-Vinovo). L'anno 2025 si colloca nell'intorno della media del periodo di riferimento, tranne in due periodi a giugno e ad agosto, che sono molto al di sopra della media, non raggiungendo però i massimi del periodo.

Il mese di giugno 2025 in Piemonte ha registrato una temperatura media di circa 20.3°C, con un'anomalia termica positiva di quasi 3.4°C rispetto alla media del periodo 1991-2020, ed è risultato il secondo mese di giugno più caldo degli ultimi 68 anni, dopo giugno 2003[36]. Anche le precipitazioni sono state inferiori alla norma degli anni 1991-2020, determinando in tal modo valori elevati di ozono.

[35] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

[36] https://www.arpa.piemonte.it/sites/default/files/media/2025-08/Giugno_2025_0.pdf

In agosto si è verificata un'ondata di calore durata una dozzina di giorni circa sul Piemonte, dall'8 al 19 agosto[37], di conseguenza sono aumentati i valori di ozono.

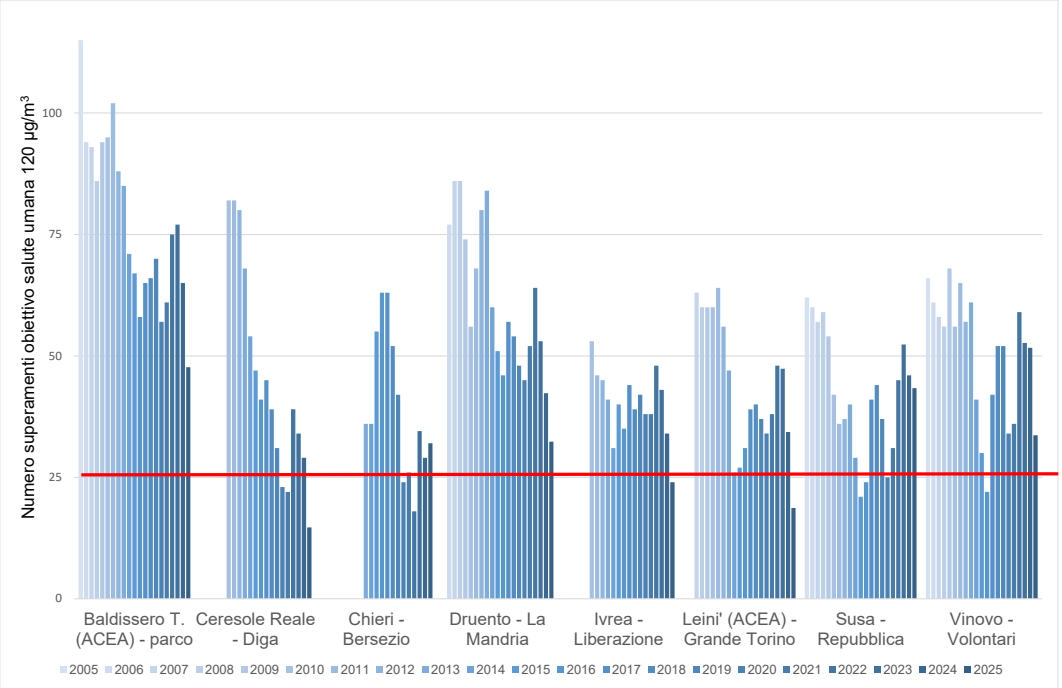


Figura 59: O_3 nella Città Metropolitana di Torino: confronto numero di superamenti valore obiettivo per la protezione della salute umana, stazioni di fondo esterne all'area metropolitana torinese

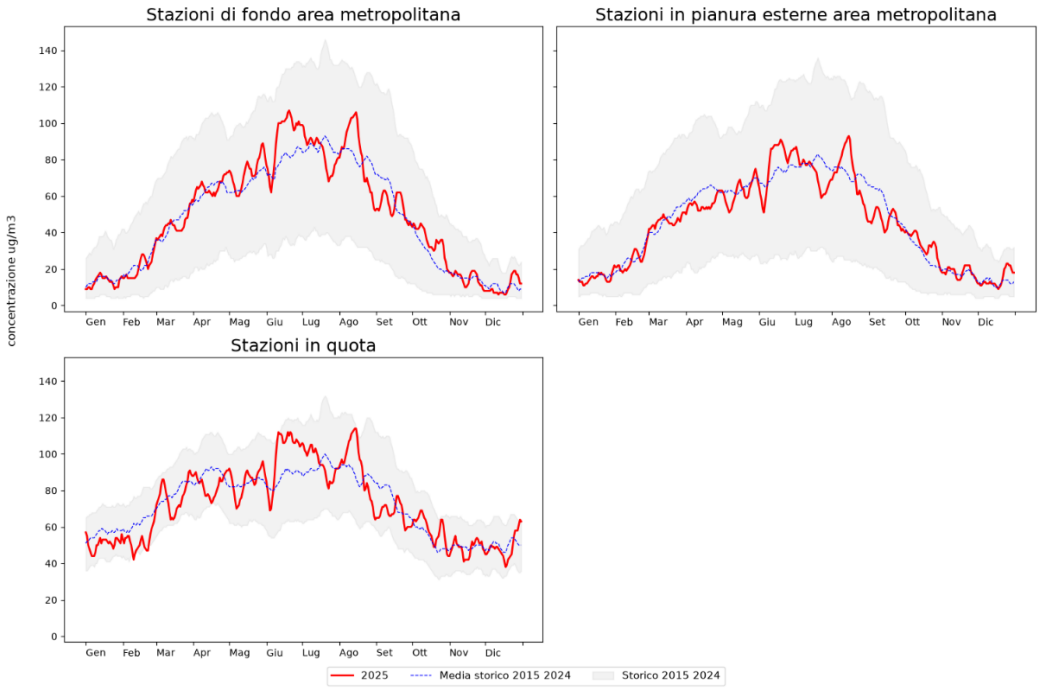


Figura 60: O_3 nella Città Metropolitana di Torino: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

[37] https://www.arpa.piemonte.it/sites/default/files/media/2025-09/Agosto_2025.pdf

7.2 Provincia di Alessandria

La Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria nella provincia di Alessandria è distribuita in modo strategico, con 4 stazioni localizzate nei principali comuni ovvero Alessandria, Tortona, Casale Monferrato e Novi Ligure. Ulteriori punti di rilevamento sono presenti in aree caratterizzate da rilevanti insediamenti industriali, come nel caso del comune di Arquata Scrivia. È inoltre attiva una stazione in area appenninica, situata nel comune di Dernice, che rappresenta un punto di fondo a livello regionale, utile per la valutazione dei livelli di inquinamento atmosferico in assenza di fonti antropiche significative, così come raffigurato nella Figura 61

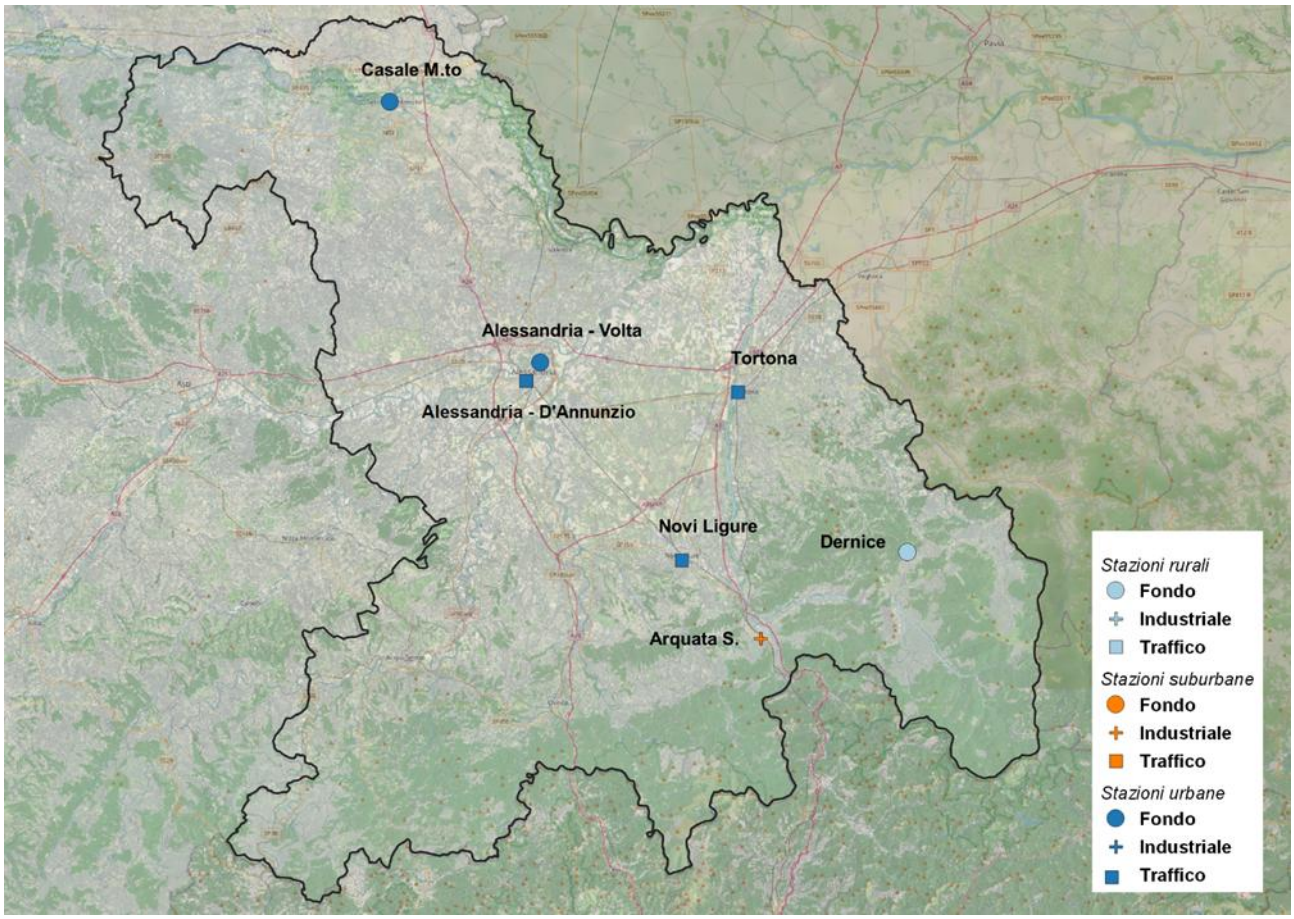


Figura 61: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento provincia di Alessandria.

7.2.1 Particolato sospeso: PM10

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici di Figura 62 e Figura 63, dove sono confrontate le concentrazioni medie ed il numero di superamenti del limite giornaliero di PM10 registrati presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003.

I dati del 2025 evidenziano valori medi annuali al di sotto del valore limite di 40µg/m^3 per tutte le stazioni della rete ed un numero di superamenti del valore limite giornaliero che eccede il limite di legge solo per Alessandria D'Annunzio. Tuttavia, anche i superamenti del limite giornaliero fanno registrare una tendenza alla diminuzione negli ultimi anni.

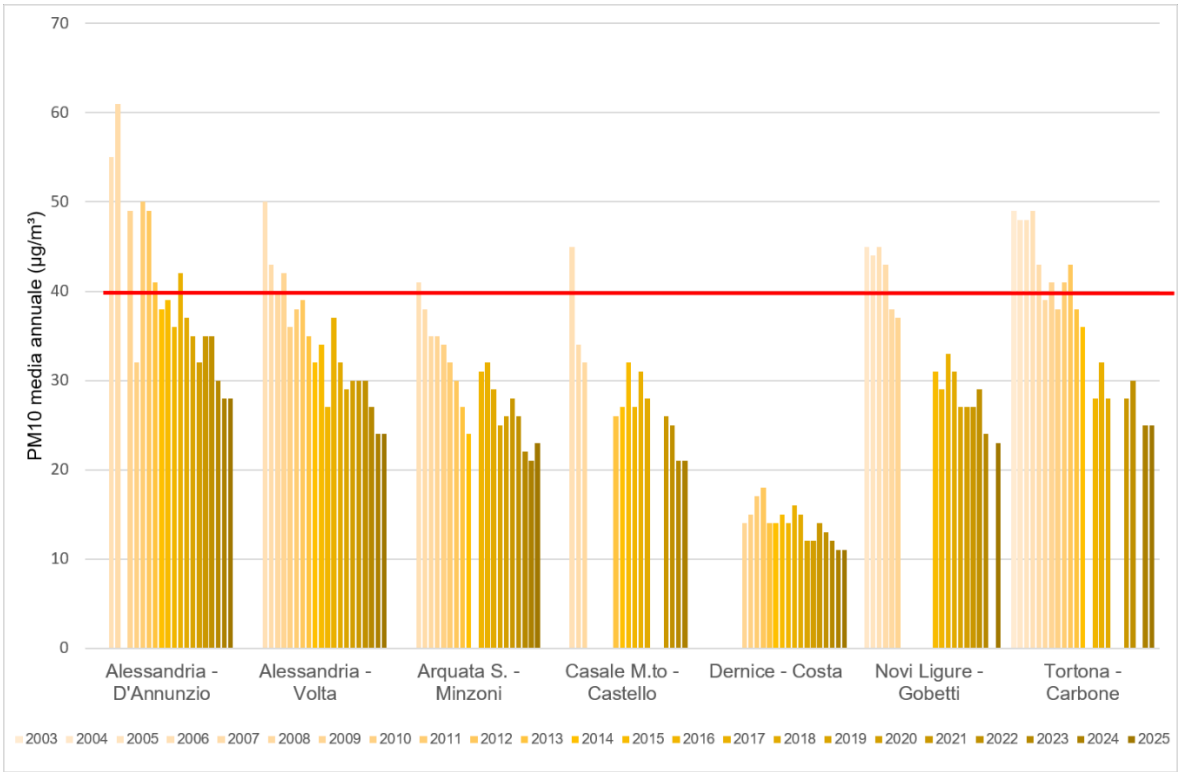


Figura 62: PM10 provincia di Alessandria: confronto medie annue

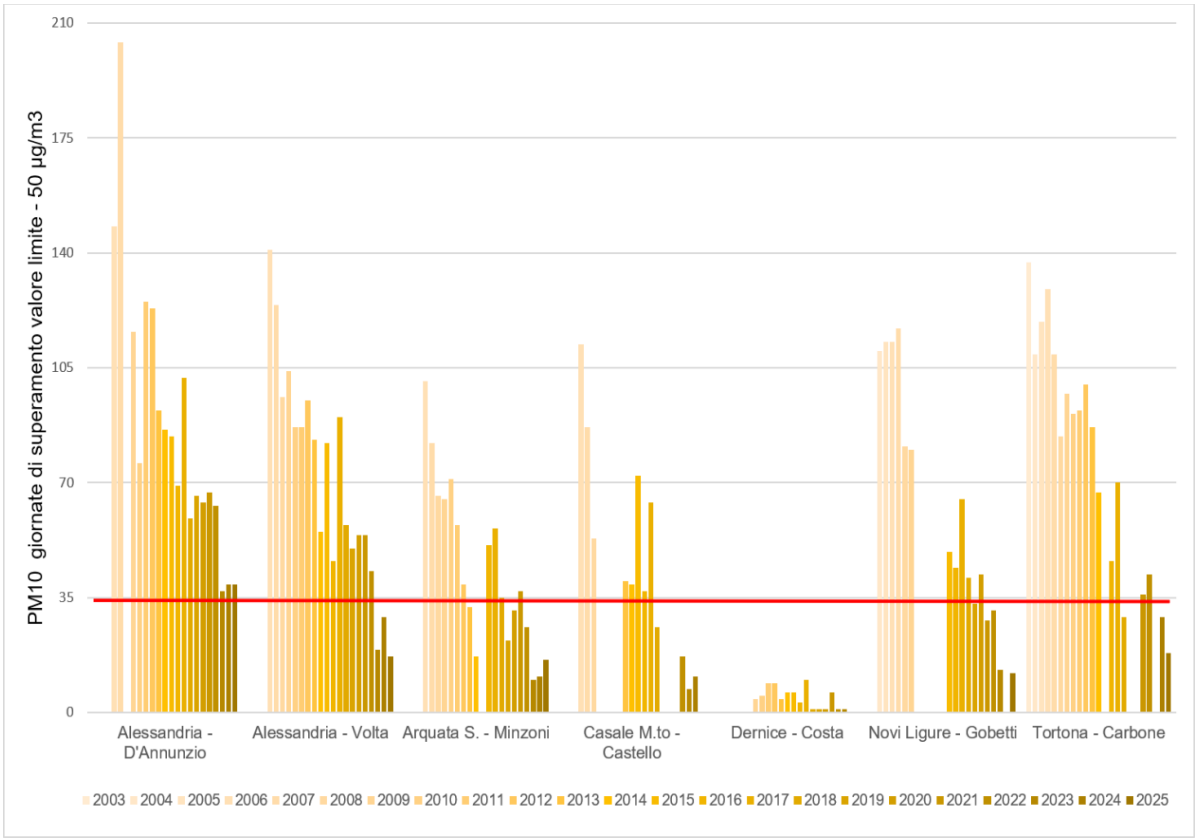


Figura 63: PM10 Provincia di Alessandria: numero di superamenti del limite giornaliero

Le serie temporali relative alle concentrazioni di polveri sottili (PM10), misurate nel periodo compreso tra il 1° gennaio e il 31 dicembre 2025 presso ciascuna stazione della rete provinciale di monitoraggio, sono rappresentate nei grafici riportati in Figura 64. Tali dati sono confrontati con il

periodo di riferimento 2015–2024. Per migliorare la leggibilità e l'interpretazione dei grafici, le concentrazioni giornaliere sono state elaborate mediante il calcolo di medie mobili su sette giorni. In ciascun grafico, le concentrazioni rilevate nel 2025 (tracciate in rosso) sono confrontate con:

- la banda grigia, che rappresenta l'intervallo tra i valori minimi e massimi registrati nello storico 2015–2024;
- la linea tratteggiata blu scuro, che indica la media storica calcolata sul medesimo intervallo temporale.

Gli andamenti evidenziano chiaramente la stagionalità del comportamento degli inquinanti: le concentrazioni di PM10 tendono a diminuire progressivamente dal periodo invernale verso i mesi estivi, per poi aumentare nuovamente in autunno. Oltre alla componente stagionale, si osservano oscillazioni significative delle concentrazioni nel corso dell'anno, attribuibili alla variabilità delle condizioni meteorologiche. I picchi di concentrazione si verificano generalmente in corrispondenza di condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (assenza di vento, inversioni termiche), mentre i valori minimi coincidono con eventi di rimozione atmosferica, quali precipitazioni e ventilazione.

Dall'analisi della Figura 64 risulta evidente per l'anno 2025 una notevole variabilità temporale delle concentrazioni. Sono stati rilevati episodi caratterizzati da concentrazioni superiori ai valori medi di riferimento e anche prossime o superiori ai limiti dell'intervallo storico, nella seconda metà di febbraio, nei mesi di giugno e agosto, ottobre e novembre. Gli episodi si sono verificati presso tutte le stazioni della rete alessandrina. Nel corso dell'anno si sono verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso l'Italia. Dall'analisi degli eventi, stimati dal modello utilizzato da ISPRA, per la provincia di Alessandria i giorni interessati da dust, di intensità variabile, sono stati compresi tra 30-35, a seconda dell'area considerata. Gli effetti di tali eventi sono risultati particolarmente evidenti nei mesi di giugno ed agosto. Per quanto riguarda l'evento relativo al mese di giugno potrebbe essere stato influenzato, dal trasporto di particolato proveniente dai vasti incendi che hanno interessato il Canada.

Il grafico di Figura 65 rappresenta il range delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate da tutte le stazioni della provincia di Alessandria, i valori specifici della stazione di fondo rurale di Dernice, e la pioggia cumulata su scala regionale. Tali elementi sono messi in relazione con l'accumulo atmosferico sul territorio regionale, al fine di evidenziare eventuali correlazioni tra le concentrazioni di particolato, le condizioni meteorologiche e i fenomeni di trasporto su larga scala. Risulta evidente l'andamento omogeneo delle concentrazioni dell'inquinante tra tutte le stazioni, dovuto ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera e alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Nelle giornate in cui si verifica la condizione di accumulo, le concentrazioni risultano elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero. Il 2025 è stato un anno in cui si è registrata una elevata frequenza di giornate piovose, condizione che ha contribuito al contenimento delle concentrazioni dell'inquinante per buona parte dell'anno. I mesi di giugno e agosto fanno eccezione per i già citati episodi di trasporto di polveri di origine desertica che hanno determinato incrementi delle concentrazioni di PM10 anche in presenza di condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione. Studi recenti[38,39] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

[38] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[39] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

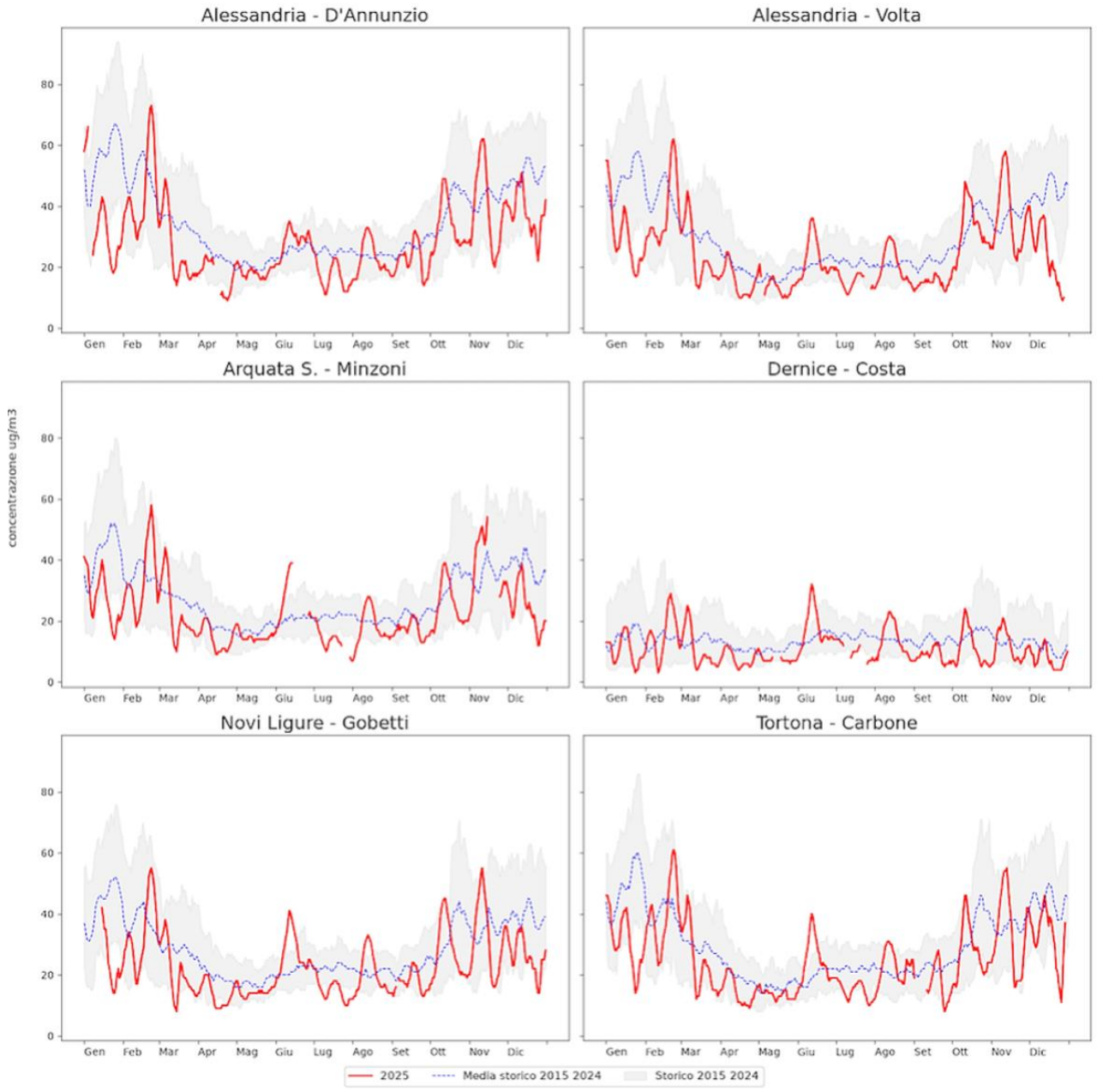


Figura 64: PM10 Provincia di Alessandria: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento 2015-2024

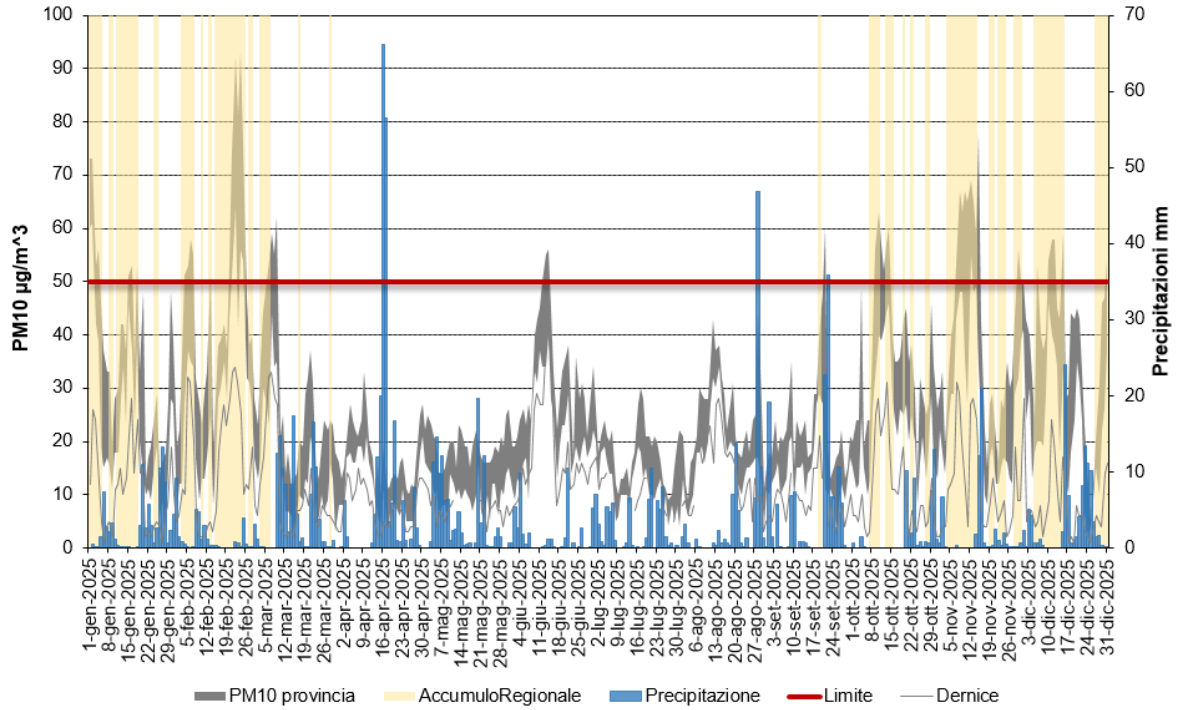


Figura 65: PM10 Range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della Provincia di Alessandria (banda grigia) in ciascun giorno del 2025, concentrazioni medie di Dernice (linea grigia) in ciascun giorno del 2025; precipitazioni cumulate giornaliere (rilevate a livello regionale), indicatore di accumulo (banda gialla)[40]

7.2.2 Benzo(a)pirene nel PM10

In Figura 66 sono rappresentate, a sinistra, le concentrazioni medie mensili di PM10 registrate presso le stazioni della provincia di Alessandria e, a destra, i valori mensili relativi alla percentuale di Benzo(a)Pirene (BaP) presente nel particolato. Analogamente ad altri inquinanti atmosferici, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni medie mensili di BaP mostrano una marcata variazione stagionale. Nei mesi più caldi, generalmente da aprile a settembre, si osservano valori contenuti e relativamente uniformi, nettamente inferiori alla media annuale, la quale risulta invece influenzata dai valori elevati registrati nel periodo invernale. L'elevata radiazione solare nei mesi estivi contribuisce alla degradazione fotochimica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), tra cui il BaP. Al contrario, nei mesi freddi e autunnali, le polveri risultano arricchite di questi composti, a causa delle condizioni di inversione termica che favoriscono l'accumulo degli inquinanti in atmosfera. A ciò si aggiunge il contributo emissivo derivante dalla combustione della legna per il riscaldamento domestico, particolarmente rilevante nei contesti residenziali e rurali. Il periodo invernale si conferma come il più critico per l'esposizione al particolato atmosferico, non solo in termini di concentrazioni assolute, ma anche per quanto riguarda la composizione chimica, in particolare la presenza di microinquinanti organici.

Nel corso del 2025, le concentrazioni medie di BaP nel PM10 rilevate presso le stazioni urbane di Alessandria, la stazione di fondo rurale di Dernice e la stazione industriale di Arquata non hanno evidenziato valori significativi, risultando sempre inferiori al valore obiettivo previsto dalla normativa vigente.

[40] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600 m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

Analizzando l'andamento mensile del contributo percentuale di BaP al PM10, si osserva che presso la stazione industriale di Arquata, le polveri rilevate nei periodi febbraio–marzo e ottobre risultano maggiormente arricchite di BaP rispetto alle altre stazioni della rete. Nel mese di dicembre, presso la stazione di Alessandria - Volta, si registrano sia concentrazioni di BaP che percentuali di BaP rispetto al PM10 superiori rispetto a quelle rilevate nelle altre stazioni della provincia. La stazione di Alessandria - D'Annunzio segue lo stesso andamento, sia in termini di concentrazione che di percentuale, pur presentando valori inferiori.

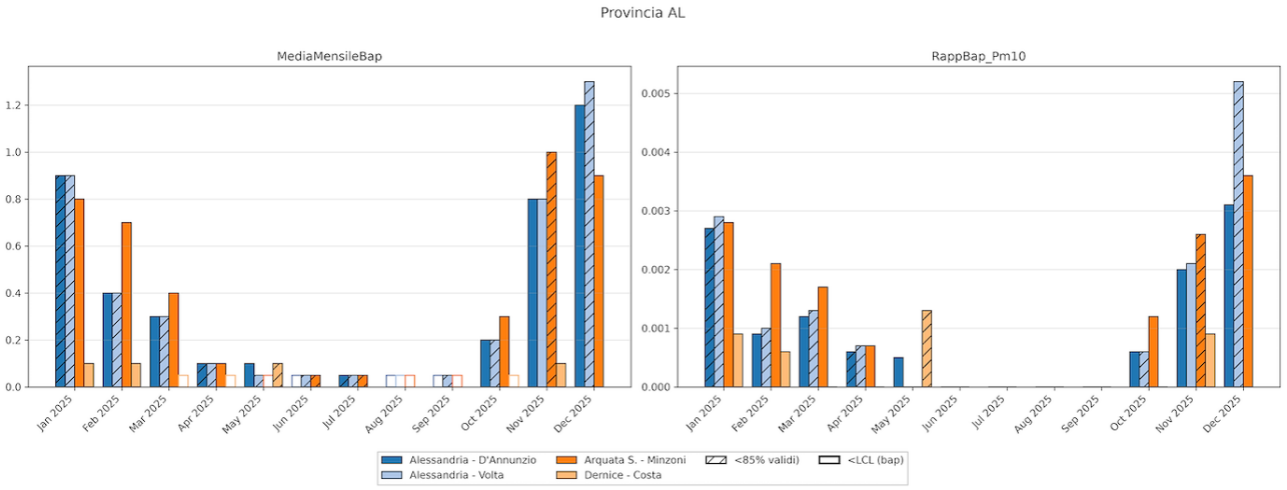


Figura 66: Benzo(a)pirene provincia di Alessandria: concentrazioni medie mensili (sinistra) e percentuali medie mensili (destra) di B(a)P nel PM10 anno 2025 (la barra dell'istogramma tratteggiato viene visualizzata con dato mensile di PM10 e/o BaP <85%.

7.2.3 Particolato sospeso: PM2.5

Analogamente al PM10 la situazione riscontrata anno per anno dalle due stazioni della rete provinciale dove viene misurato il PM2.5 è rappresentata nell'istogramma di Figura 67, dove sono confrontate le concentrazioni medie dell'inquinante nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2010. Come si può osservare, il dato annuo mostra per Alessandria valori superiori al limite normativo in 4 anni su 15; Dernice mostra invece valori sempre inferiori a 25 µg/m^3.

Le differenze tra siti urbani e rurali risultano evidenti non solo in termini di concentrazione, ma anche nella composizione chimica del particolato. Nei siti rurali, le concentrazioni sono generalmente più basse e la frazione grossolana del PM10 è percentualmente più abbondante. Questa frazione è costituita prevalentemente da polveri di origine naturale, sia biogenica (es. pollini) che crostale (es. particelle derivanti dall'erosione del suolo).

Come già evidenziato per il PM10, anche per il PM2.5 si osserva una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni negli ultimi anni presso la stazione urbana di Alessandria, segno di un miglioramento progressivo della qualità dell'aria. Al contrario, i valori rilevati presso la stazione di fondo rurale di Dernice risultano più stabili, pur mostrando una lieve flessione al ribasso, coerente con l'assenza di significative sorgenti locali.

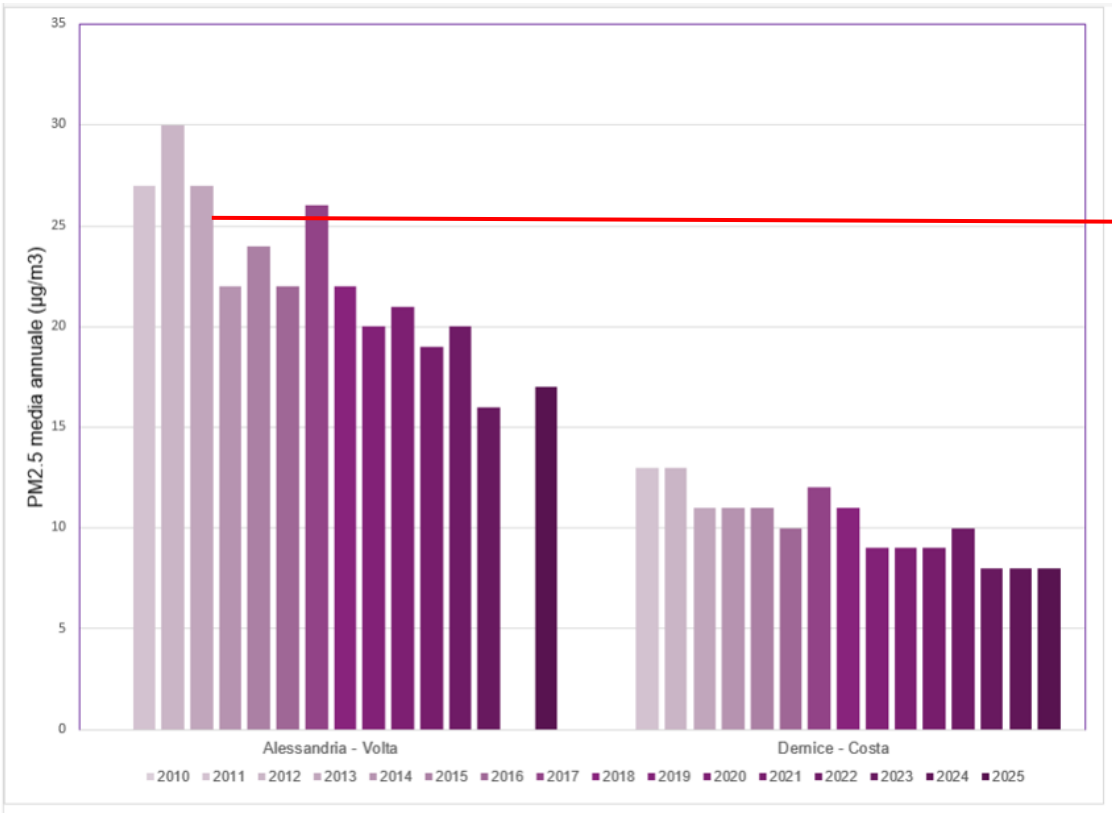


Figura 67: PM2.5 provincia di Alessandria - confronto medie annue

7.2.4 Biossido di azoto (NO2)

La situazione riscontrata anno per anno da ciascuna stazione della rete provinciale è rappresentata nel grafico di Figura 68, dove sono confrontate le concentrazioni medie annue di NO_2 registrate nel 2025, a partire, ove disponibili dai dati storici raccolti dal 2003. Gli ossidi di azoto sono principalmente emessi dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico, come la stazione di Alessandria - D'Annunzio in cui nell'anno 2025 la concentrazione media è stata pari 25 µg/m^3 , confermando una tendenza alla diminuzione a partire dal 2017. Le stazioni da traffico di Novi Ligure e Tortona presentano un andamento delle concentrazioni simile a quello della stazione di Alessandria d'Annunzio. Presso le stazioni di fondo urbano di Alessandria – Volta e Casale Monferrato, le concentrazioni medie risultano inferiori a 20 µg/m³, ovvero circa la metà del limite annuale previsto dalla normativa. La stazione rurale di Dernice mostra valori costantemente bassi per tutti gli anni considerati, confermando la sua funzione di sito di fondo regionale, scarsamente influenzato da sorgenti emissive locali.

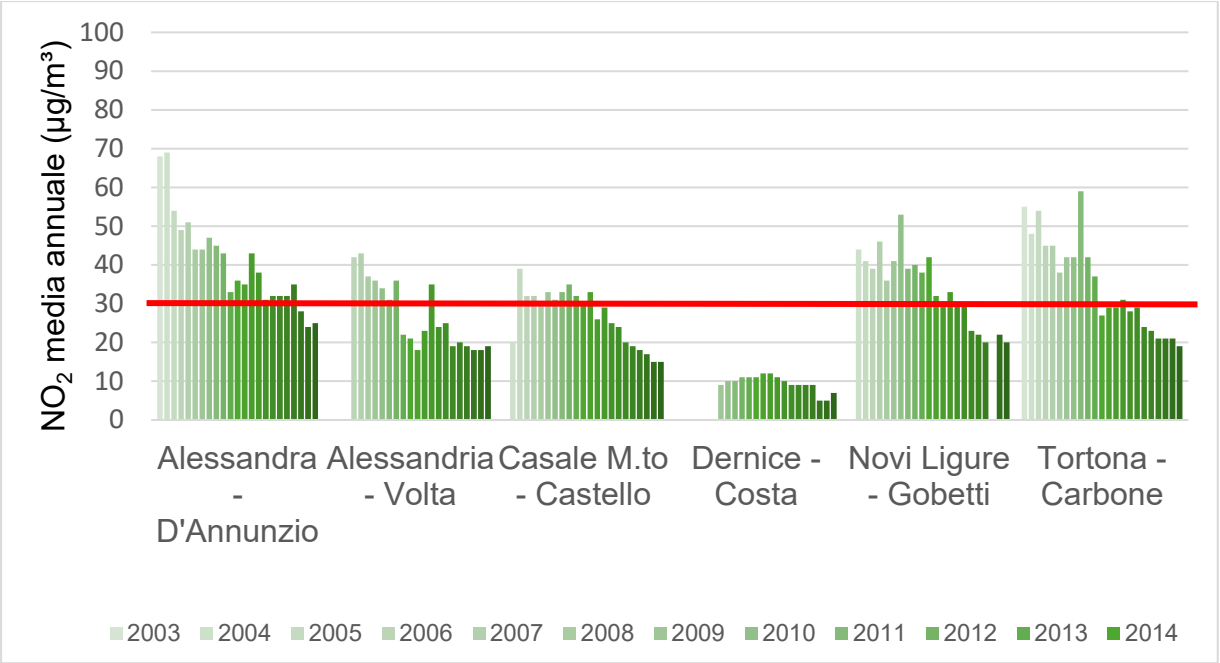


Figura 68: NO_2 Provincia di Alessandria - confronto medie annue

Analogamente a quanto fatto per il PM10, le serie temporali delle concentrazioni di biossido di azoto misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre 2025 presso ciascuna stazione della rete provinciale sono riportate in Figura 69. Per migliorare la leggibilità dei grafici, le concentrazioni giornaliere sono state rappresentate come medie mobili su sette giorni. In ciascun grafico, le concentrazioni del 2025 (linea rossa) sono confrontate con:

- la banda grigia, che rappresenta l'intervallo tra i valori minimi e massimi registrati nel periodo di riferimento 2015–2024;
- la linea tratteggiata blu scuro, che indica la media storica.

Anche per questo inquinante si evidenzia il caratteristico comportamento stagionale, con concentrazioni più elevate nei mesi freddi e una progressiva riduzione nel periodo estivo. Il confronto tra i dati del 2025 e la serie storica mostra un decremento lieve e generalizzato delle concentrazioni di NO_2, evidente presso tutte le stazioni considerate.

Per gli ossidi di azoto sono disponibili misure con risoluzione oraria, per le stazioni riportate in Figura 70 sono state elaborate le "settimane medie" dell'anno 2025. L'analisi è stata condotta considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio, febbraio – linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto – linea tratteggiata) calcolando per ciascuna ora del giorno la media dei valori rilevati nei corrispondenti giorni della settimana. Tale elaborazione consente di evidenziare le variazioni ricorrenti delle concentrazioni associate sia alle diverse fasce orarie sia ai differenti giorni della settimana. Il confronto degli andamenti di NO_2 nei diversi giorni della settimana, rilevati presso la stazione di traffico Alessandria - D'Annunzio (linea grigia) e la stazione di fondo urbano di Casale Monferrato (linea arancione), mette in evidenza le differenze di concentrazione dell'inquinante nei due differenti periodi meteorologici.

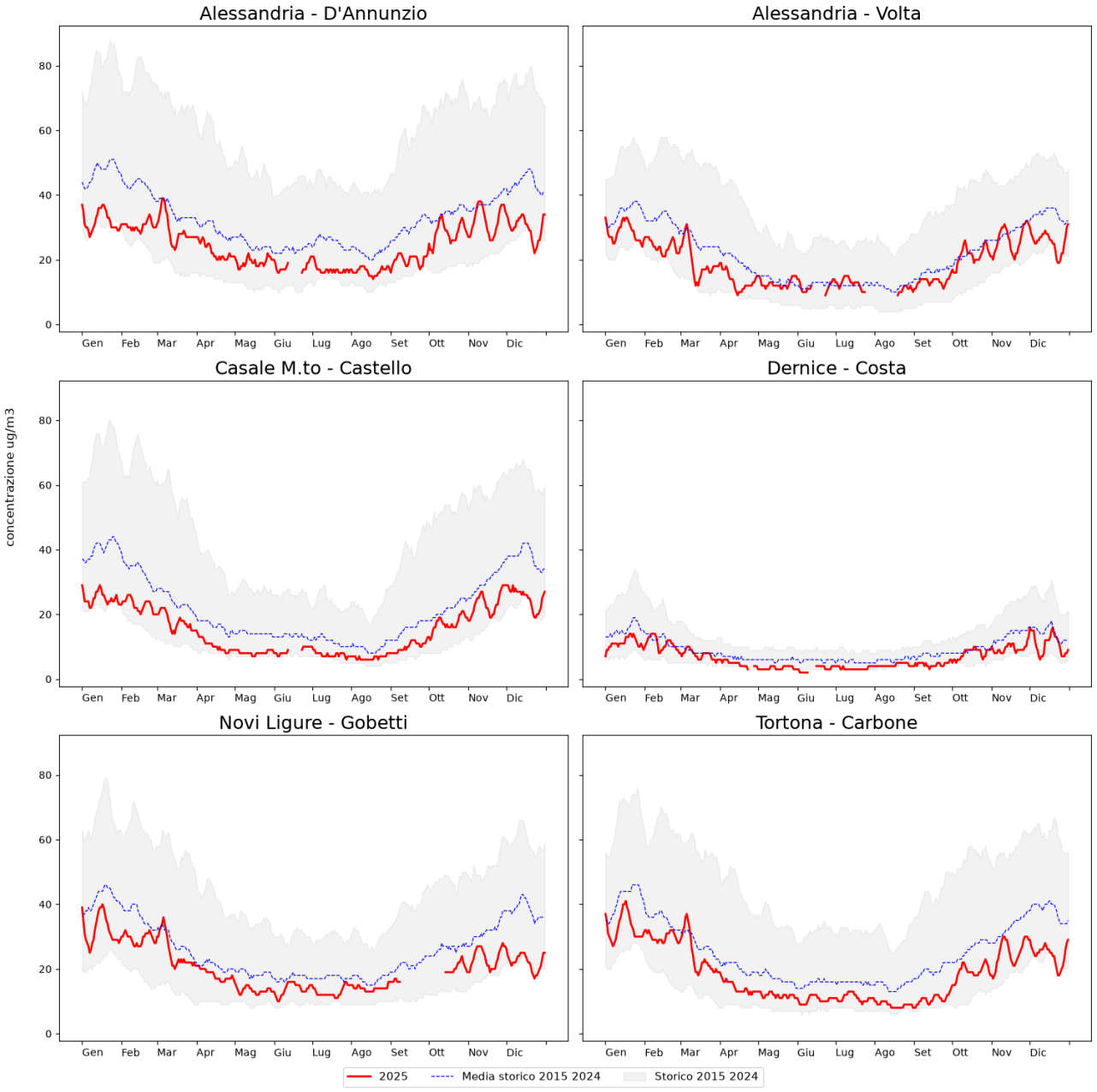


Figura 69: NO_2 Provincia di Alessandria: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2022 confrontate con i dati del periodo di riferimento 2014-2023 e con il 2024.

La differenza stimata tra i picchi delle due stazioni risulta maggiore nel periodo estivo, mentre nel periodo invernale i valori tendono ad essere più sovrapponibili, probabilmente a causa delle condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti anche nelle aree meno trafficate. L'analisi evidenzia sensibili riduzioni delle concentrazioni durante il fine settimana, in corrispondenza della riduzione del traffico veicolare. I picchi mattutini e serali, più accentuati, corrispondono agli orari di maggiore intensità del traffico e risultano più elevati presso la stazione da traffico rispetto a quella di fondo urbano, confermando il contributo diretto delle emissioni veicolari.

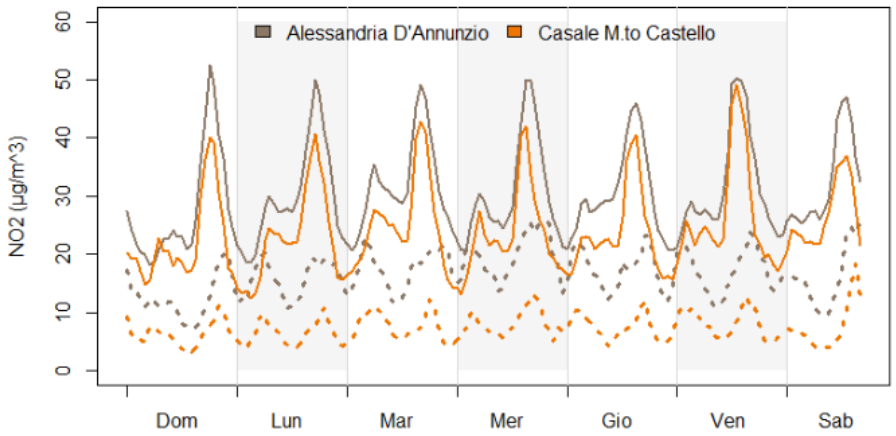


Figura 70: NO_2 Provincia di Alessandria: settimane tipo stazioni di Alessandria D'Annunzio e Casale Monferrato. Le linee continue si riferiscono al trimestre invernale, le linee tratteggiate al trimestre estivo.

7.2.5 Ozono (O3)

L'inquinante ozono (O_3) viene monitorato presso la stazione di fondo urbano di Alessandria - Volta e la stazione di fondo rurale di Dernice - Costa. Il grafico di Figura 71 illustra l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana nel periodo compreso tra il 2005 e il 2025: tale valore nel 2025 viene disatteso per entrambe le stazioni considerate. L'analisi del trend, evidenzia come negli ultimi anni non emerga una significativa tendenza alla riduzione, ma una variabilità determinata dalle condizioni meteorologiche.

Questo dato conferma una persistente criticità ambientale legata all'ozono, nonostante la riduzione a livello nazionale delle emissioni di ossidi di azoto e dei composti organici volatili non metanici, principali precursori dell'ozono troposferico.

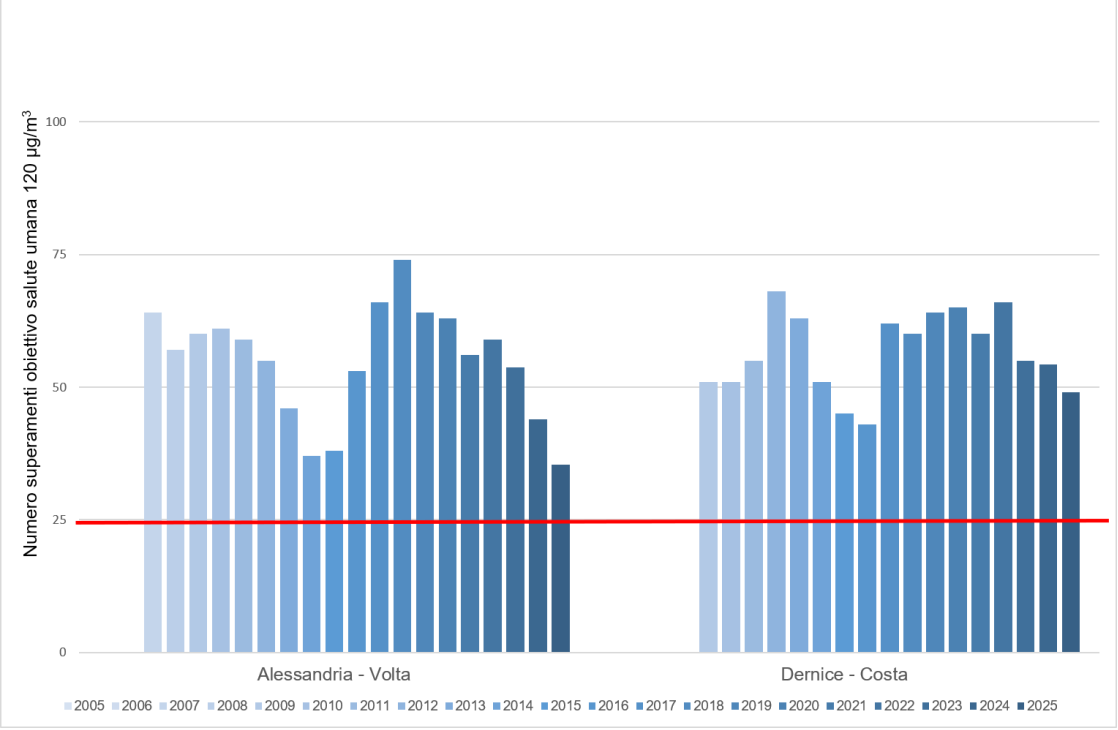


Figura 71: O_3 Provincia di Alessandria: confronto numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

La Figura 72 mostra l'andamento delle concentrazioni di ozono espresse come media mobile su 7 giorni[41]: il 2025 (linea rossa) presenta il consueto ciclo stagionale, caratterizzato da valori minimi nel periodo invernale e da un progressivo incremento fino ai mesi estivi. Rispetto alla media del periodo storico 2015-2024 (linea blu tratteggiata) si evidenziano in tutte le stazioni, ma in maniera più significativa per la stazione in quota di fondo rurale Dernice, scostamenti positivi, particolarmente evidenti nel semestre caldo. Le concentrazioni risultano infatti superiori alla media del periodo storico, pur mantenendosi prevalentemente all'interno dell'intervallo di variabilità dello stesso.

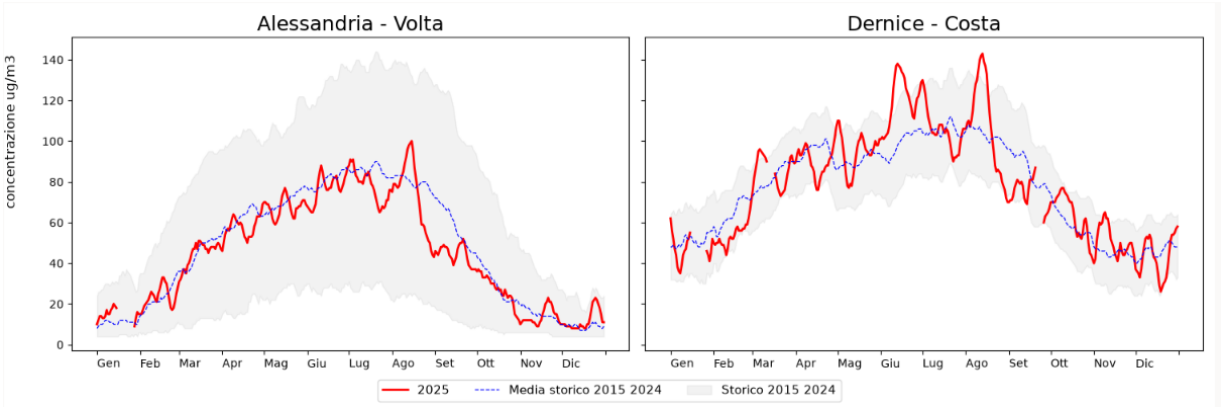


Figura 72: O_3 Provincia di Alessandria: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

[41] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

7.3 Provincia di Asti

In provincia di Asti le stazioni delle Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria si trovano nel capoluogo di Provincia con la stazione da traffico Asti – Baussano e la stazione di fondo urbano Asti – D'Acquisto e di un punto in area rurale presso il Comune di Vinchio, così come illustrato in Figura 73.

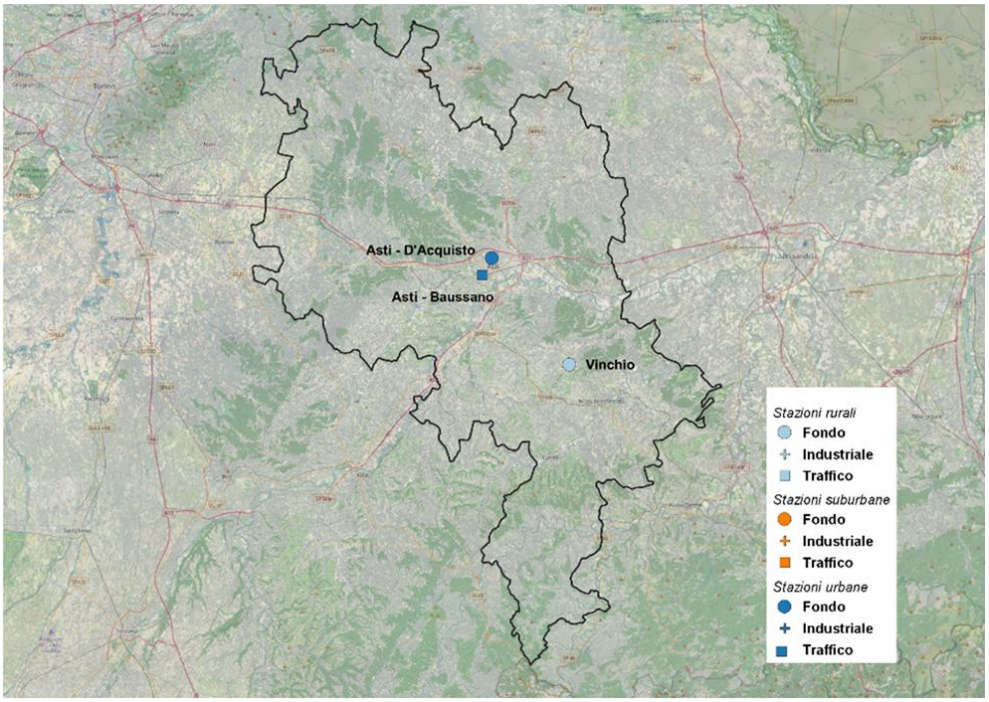


Figura 73: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento provincia di Asti.

7.3.1 Particolato sospeso: PM10

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici di Figura 74 e Figura 75, dove sono confrontate le concentrazioni medie ed il numero di superamenti del limite giornaliero di PM10 registrati nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003. Nel corso degli anni, l'inquinamento da polveri sottili ha mostrato un miglioramento complessivo, nonostante le oscillazioni annuali dovute principalmente alle variazioni meteorologiche. Il limite annuale del PM10 nel 2025 è stato rispettato in entrambe le stazioni urbane e nella stazione di fondo rurale di Vinchio e a partire dal 2011 si registra un rispetto generalizzato di tale parametro.

È stato rispetto il numero di superamenti del valore limite giornaliero per tutte le stazioni considerate, si conferma una tendenza complessiva al miglioramento sul lungo periodo, sebbene rallentato negli ultimi anni, al di là delle variazioni interannuali dovute alla variabilità delle condizioni meteorologiche in ciascun anno. A ciò ha contribuito una progressiva riduzione delle emissioni.

Le serie temporali relative alle concentrazioni di PM10, misurate nel periodo compreso tra il 1° gennaio e il 31 dicembre 2025 presso ciascuna stazione della rete provinciale di monitoraggio, sono rappresentate nei grafici riportati in Figura 76. Tali dati sono confrontati con il periodo di riferimento 2015–2024.

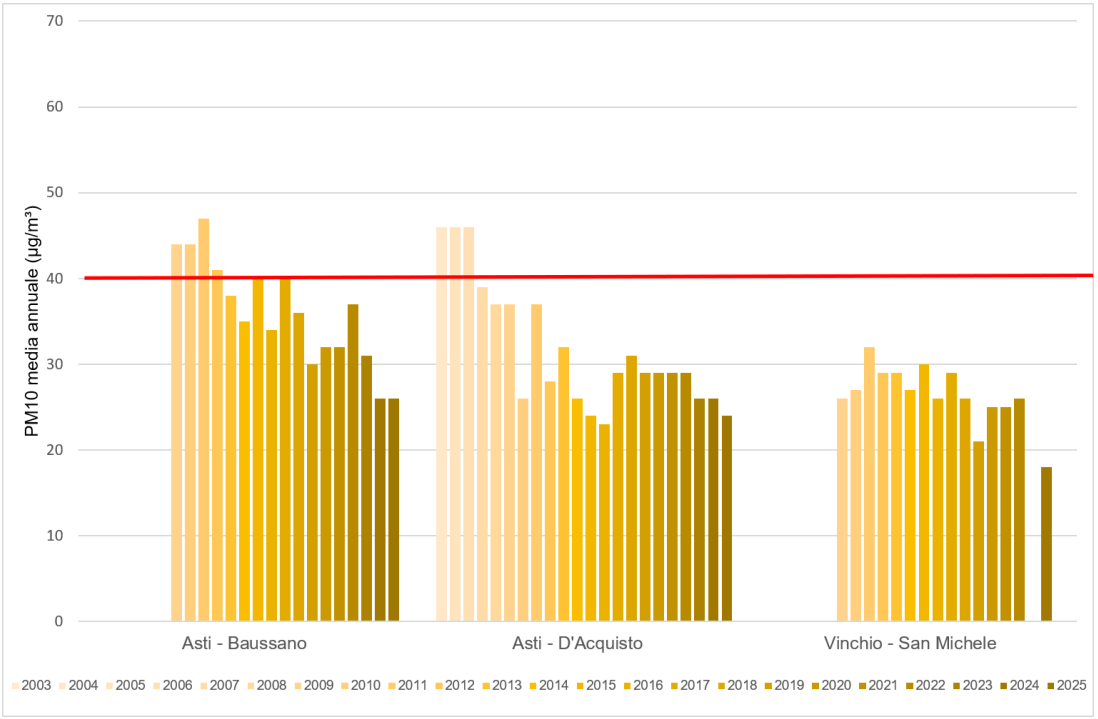


Figura 74: PM10 Provincia di Asti: confronto medie annue

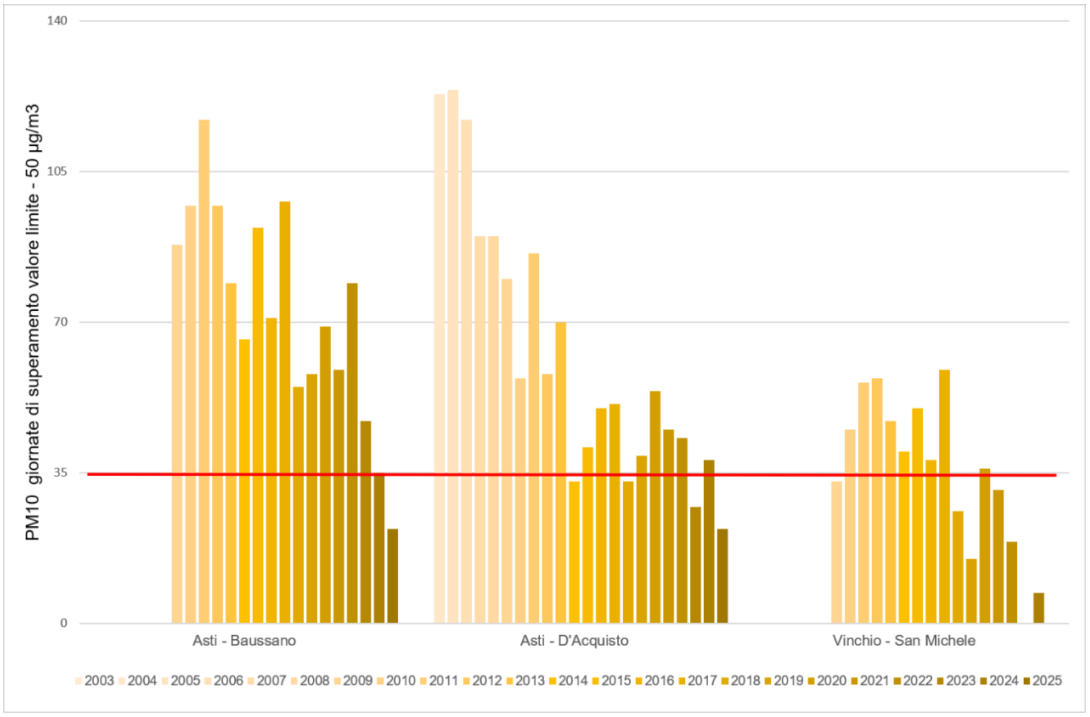


Figura 75: PM10 Provincia di Asti: numero di superamenti del limite giornaliero.

Per migliorare la leggibilità e l'interpretazione dei grafici, le concentrazioni giornaliere sono state elaborate mediante il calcolo di medie mobili su sette giorni. In ciascun grafico, le concentrazioni rilevate nel 2025 (tracciate in rosso) sono confrontate con:

- la banda grigia, che rappresenta l'intervallo tra i valori minimi e massimi registrati nello storico 2015–2024;
- la linea tratteggiata blu scuro, che indica la media storica calcolata sul medesimo intervallo temporale.

Gli andamenti evidenziano chiaramente la stagionalità: le concentrazioni di PM10 tendono a diminuire progressivamente dal periodo invernale verso i mesi estivi, per poi aumentare nuovamente in autunno. Oltre alla componente stagionale, si osservano oscillazioni significative delle concentrazioni nel corso dell'anno, attribuibili alla variabilità delle condizioni meteorologiche. I picchi di concentrazione si verificano generalmente in corrispondenza di condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (assenza di vento, inversioni termiche), mentre i valori minimi coincidono con eventi di rimozione atmosferica, quali precipitazioni e ventilazione intensa. Sono stati rilevati episodi caratterizzati da concentrazioni superiori ai valori medi di riferimento e anche prossime o superiori ai limiti dell'intervallo storico, nella seconda metà di febbraio, nei mesi di giugno e agosto, ottobre e novembre. Gli episodi si sono verificati presso tutte le stazioni della rete astigiana.

Nel corso dell'anno si sono verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso l'Italia. Dall'analisi degli eventi, stimati dal modello nazionale utilizzato da ISPRA, per la provincia di Asti i giorni interessati da dust, di intensità variabile, sono stati compresi tra 35-37, a seconda dell'area considerata. Gli effetti di tali eventi sono risultati particolarmente evidenti nei mesi di giugno ed agosto. Per quanto riguarda l'evento relativo al mese di giugno potrebbe essere stato influenzato anche dal trasporto di particolato proveniente dai vasti incendi che hanno interessato il Canada.

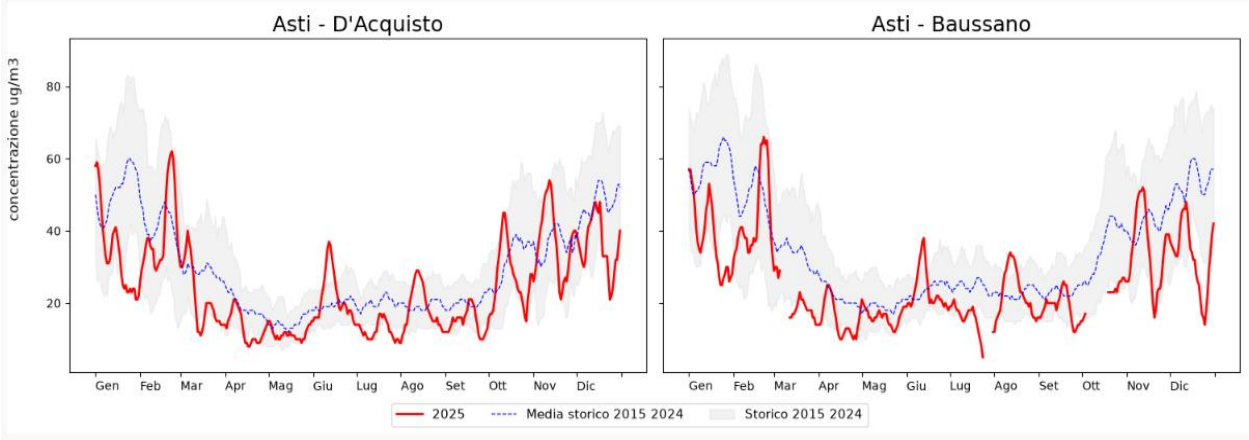


Figura 76: PM10 Provincia di Asti: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento (2015-2024).

Il grafico sottostante di Figura 77 rappresenta il range delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate da tutte le stazioni della provincia di Asti, i valori specifici della stazione di fondo rurale di Vinchio, e la pioggia cumulata su scala regionale. Tali elementi sono messi in relazione con l'accumulo atmosferico sul territorio regionale, al fine di evidenziare eventuali correlazioni tra le concentrazioni di particolato, le condizioni meteorologiche e i fenomeni di trasporto su larga scala. Risulta evidente l'andamento omogeneo delle concentrazioni dell'inquinante tra tutte le stazioni, dovuto ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera e alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Nelle giornate in cui si verifica la condizione di accumulo, le concentrazioni risultano elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero. Il 2025 è stato un anno in cui si è registrata una elevata frequenza di giornate piovose, condizione che ha contribuito al contenimento delle concentrazioni dell'inquinante per buona parte dell'anno. I mesi di giugno e agosto fanno eccezione per l'accadimento di episodi di trasporto di polveri di origine desertica che hanno determinato incrementi delle concentrazioni di PM10 anche in presenza di condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione.

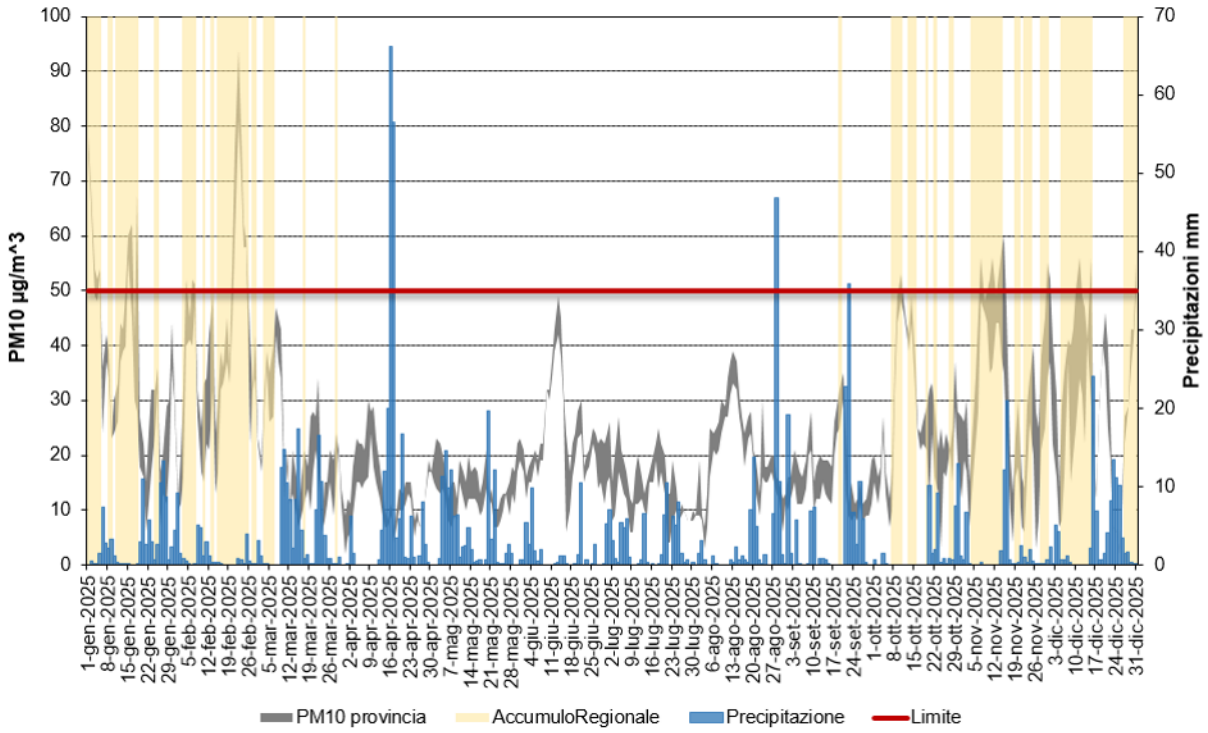


Figura 77: PM10 Range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della Provincia di Asti (banda grigia) in ciascun giorno del 2025; precipitazioni cumulate giornaliere (rilevate nel capoluogo di Provincia), indicatore di accumulo regionale, limite giornaliero imposto dalla normativa.

7.3.2 Benzo(a)pirene nel PM10

Nel 2025 non si osservano superamenti del valore obiettivo presso nessuna delle stazioni provinciali ove è determinato il parametro. La stazione di Asti - Baussano, che in passato ha registrato superamenti, ha fatto registrare un miglioramento tale da non rientrare tra le stazioni piemontesi con le maggiori concentrazioni.

Nella Figura 78 vengono rappresentate, a sinistra, le concentrazioni medie mensili registrate nelle stazioni ove il parametro è determinato, a destra i valori mensili relativi alla percentuale in cui esso è presente nel PM10. Come visibile, analogamente agli altri inquinanti come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, i valori medi mensili di BaP nel particolato presentano una notevole variazione stagionale. Nei mesi caldi, normalmente da aprile a settembre, si osservano concentrazioni piuttosto basse, uniformi e nettamente inferiori alla media annuale che è invece influenzata dai valori invernali. L'elevata radiazione solare contribuisce infatti alla degradazione degli IPA, al contrario nei mesi freddi e autunnali le polveri risultano arricchite di questi composti in quanto si creano condizioni di inversione termica che favoriscono l'accumulo degli inquinanti e in corrispondenza del diffuso utilizzo delle biomasse come combustibile per il riscaldamento domestico che si va a sommare al contributo derivante da combustioni quali, fra le altre, quelle associate al traffico veicolare. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

Anche per il 2025 il contenuto percentuale di benzo(a)pirene risulta significativo nel sito da traffico di Asti - Baussano, con valori anche doppi rispetto ad altre stazioni. Ciò è sicuramente da attribuire al contributo delle emissioni derivanti dalla combustione locale della legna nel riscaldamento domestico, sorgente che incrementa le sue emissioni al diminuire delle temperature esterne e, in misura minore ma non trascurabile, del traffico veicolare su Corso Don Minzoni e vie limitrofe.

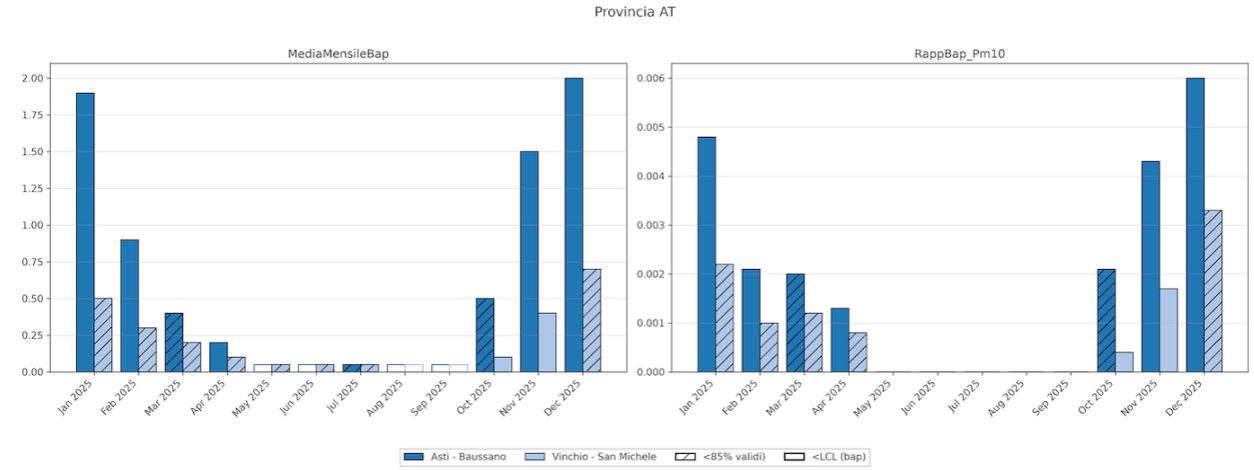


Figura 78: benzo(a)pirene nella provincia di Asti: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili di BaP nel PM10 anno 2025

7.3.3 Particolato sospeso: PM2.5

La determinazione del PM2.5 in Provincia di Asti è effettuata nelle stazioni di Vinchio San Michele, e nella stazione di fondo urbano di Asti – D'Acquisto. Analogamente al PM10 la situazione osservata anno per anno dalle due stazioni è rappresentata nell'istogramma seguente, dove sono confrontate le concentrazioni medie dell'inquinante nelle annualità a disposizione. Come visibile i valori nel 2025 risultano di poco superiori rispetto a quelli dell'anno precedente e i valori misurati nella stazione di Vinchio inferiori a quelli rilevati presso la stazione di fondo urbano di Asti – D'Acquisto. Nel complesso le concentrazioni misurate nella Provincia risultano confrontabili con quanto misurato nella zona centrale della Regione, dove la conformazione orografica favorisce l'accumulo degli inquinanti e la formazione della componente secondaria (componente che rientra prevalentemente nella frazione più fine del particolato), seppur con una certa variabilità annuale.

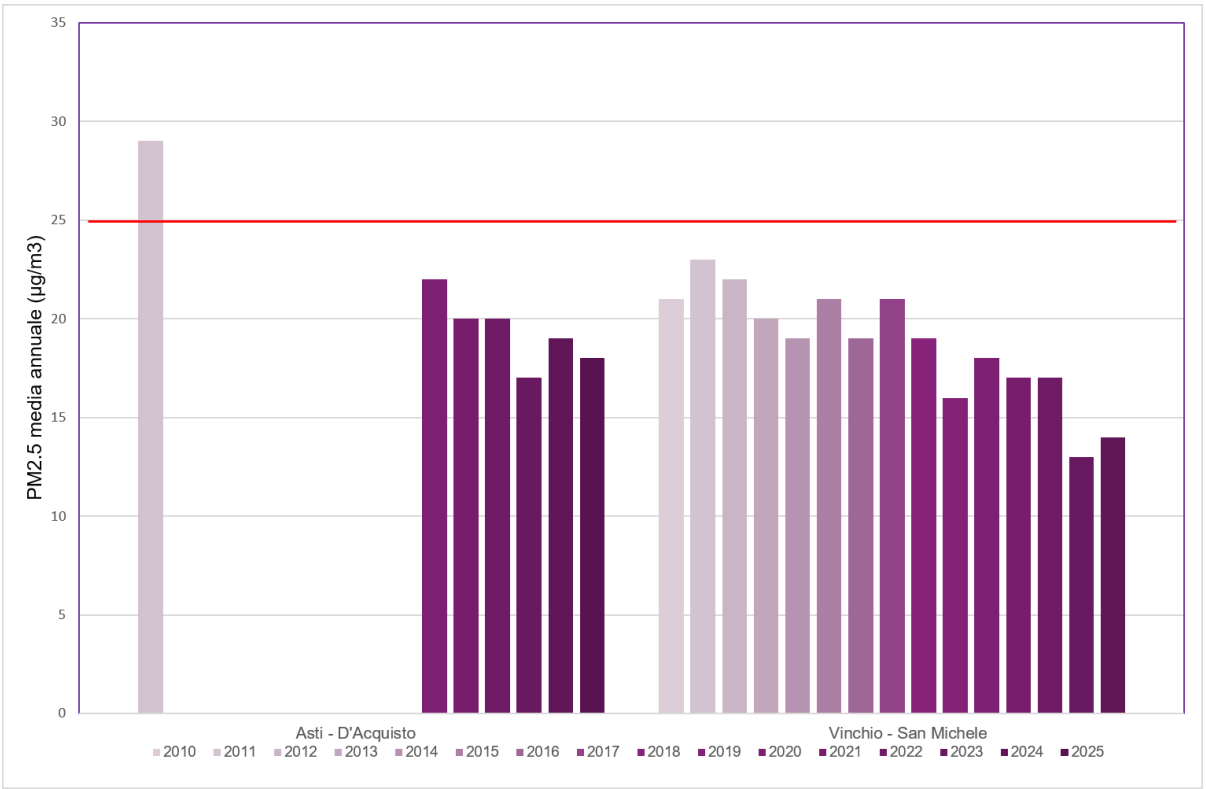


Figura 79: PM2.5 Provincia di Asti: confronto medie annue

7.3.4 Biossido di azoto (NO_2)

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nel grafico della Figura 80, dove sono confrontate le concentrazioni medie di NO_2 registrate presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003. Come atteso, essendo gli ossidi di azoto emessi principalmente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico: mediamente le concentrazioni misurate presso la stazione da traffico di Asti - Baussano risultano maggiori rispetto a quanto misurato nella stazione di fondo urbano, a causa dei diversi flussi di traffico presenti nei due siti, mentre presso la stazione rurale di Vinchio risultano nettamente inferiori. A partire dal 2018 nessuna delle stazioni presenti in Provincia di Asti ha raggiunto il valore limite per la media annuale e, come per gli inquinanti PM10 e PM2.5, si può osservare una tendenza alla riduzione delle concentrazioni medie annue nel corso degli anni.

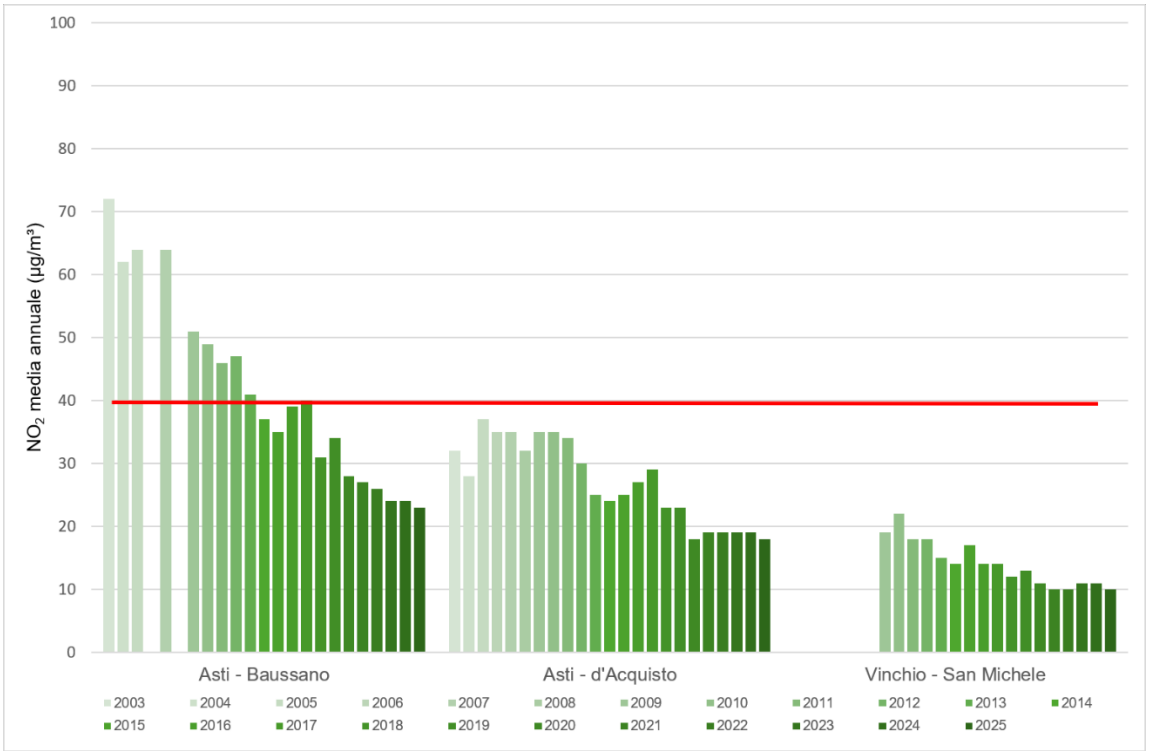


Figura 80: NO_2 Provincia di Asti: confronto tra le medie annue

Analogamente al PM10, le serie temporali delle concentrazioni del biossido di azoto NO_2, misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre 2025 da ciascuna stazione della provincia, sono riportate in Figura 81 come medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni medie giornaliere. Le concentrazioni del 2025 (in rosso) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda azzurra del grafico) e medi (linea blu scuro tratteggiata) misurati dalla medesima stazione negli anni presi come riferimento (2015-2024). Le concentrazioni di NO_2 del 2025 si mantengono, in tutte e tre le stazioni considerate, a valori inferiori o prossimi alle medie del periodo di riferimento.

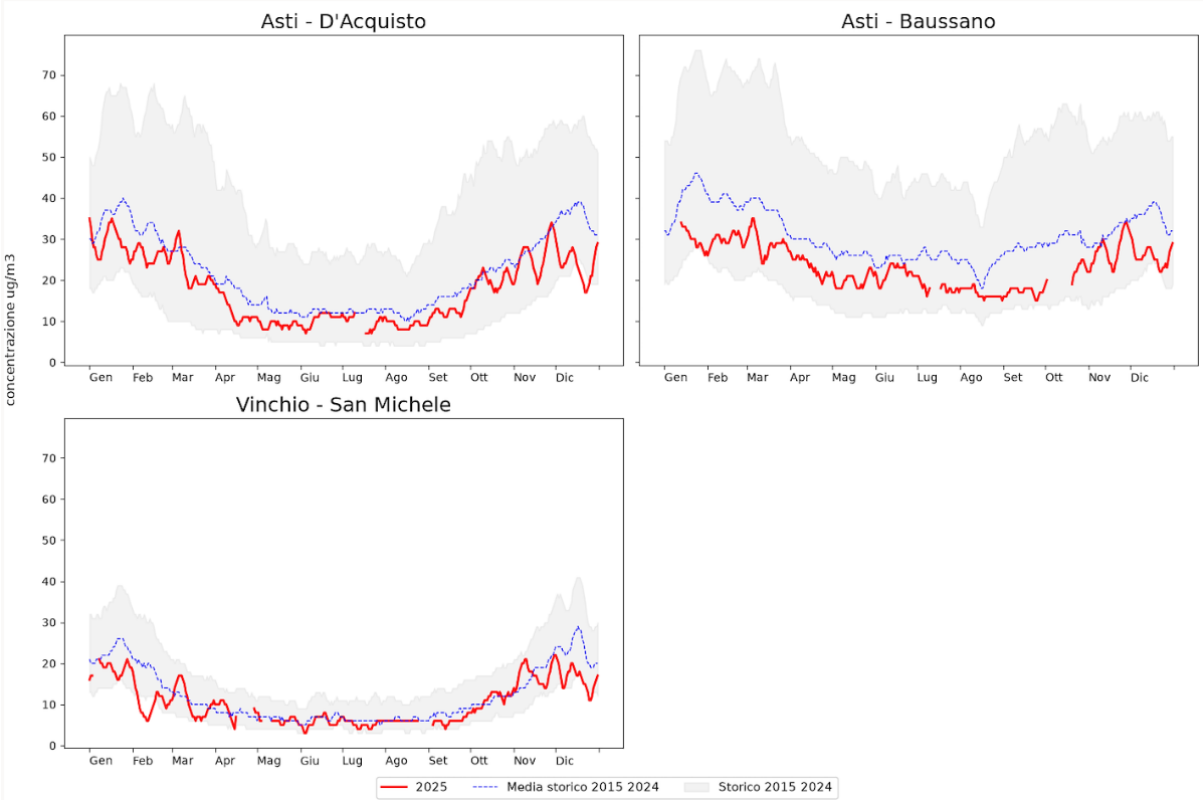


Figura 81: NO_2 Provincia di Asti: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2023 confrontate con i dati del periodo di riferimento (2014-2023)

In Figura 82, gli andamenti di NO_2 nelle ore del giorno e sui giorni della settimana messi a confronto tra la stazione di fondo urbano di Asti - D'Acquisto (linea arancione) e la stazione da traffico di Asti Baussano (linea grigia) nel periodo invernale (linea continua) ed estivo (linea tratteggiata), evidenziano per la giornata di domenica sensibili riduzioni per entrambi i punti di misura. Risultano ben visibili, inoltre, nella stazione di Asti - D'Acquisto i due picchi di concentrazione mattutino e serale correlati ai flussi di traffico, mentre in quella di Baussano "predomina" il picco serale, decisamente più elevato rispetto a quanto osservato nella stazione di fondo.

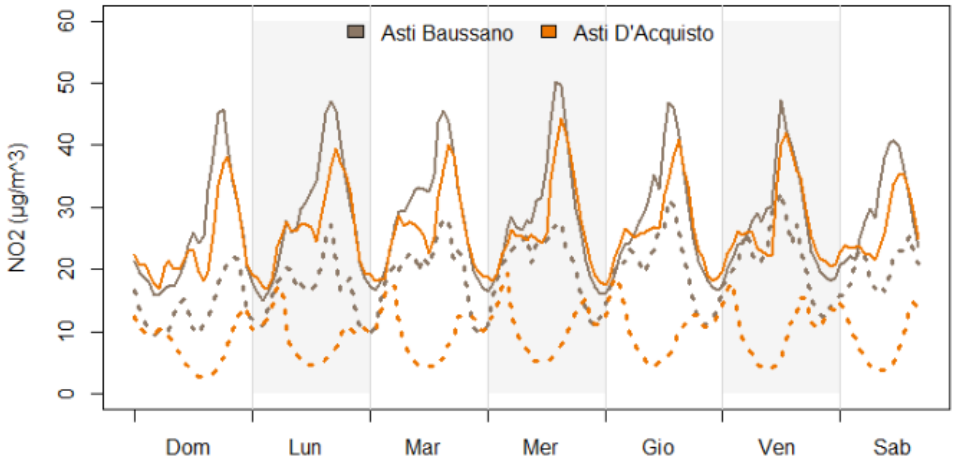


Figura 82: NO_2 settimana tipo nelle stazioni di Asti - Baussano e Asti - D'Acquisto

7.3.5 Ozono (O_3)

L'ozono viene monitorato presso la stazione di fondo urbano di Asti – D'Acquisto e presso la stazione di fondo rurale di Vinchio. Il grafico di illustra l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana nel periodo compreso tra il 2005 e il 2025: il valore obiettivo nel 2025 viene disatteso per entrambe le stazioni considerate. L'analisi del trend, evidenzia come negli ultimi anni non emerga una significativa tendenza alla riduzione, ma solo una variabilità determinata dalle condizioni meteorologiche. Questo dato conferma una persistente criticità ambientale legata all'ozono, nonostante la riduzione delle emissioni di ossidi di azoto e dei composti organici volatili non metanici, principali precursori dell'ozono troposferico.

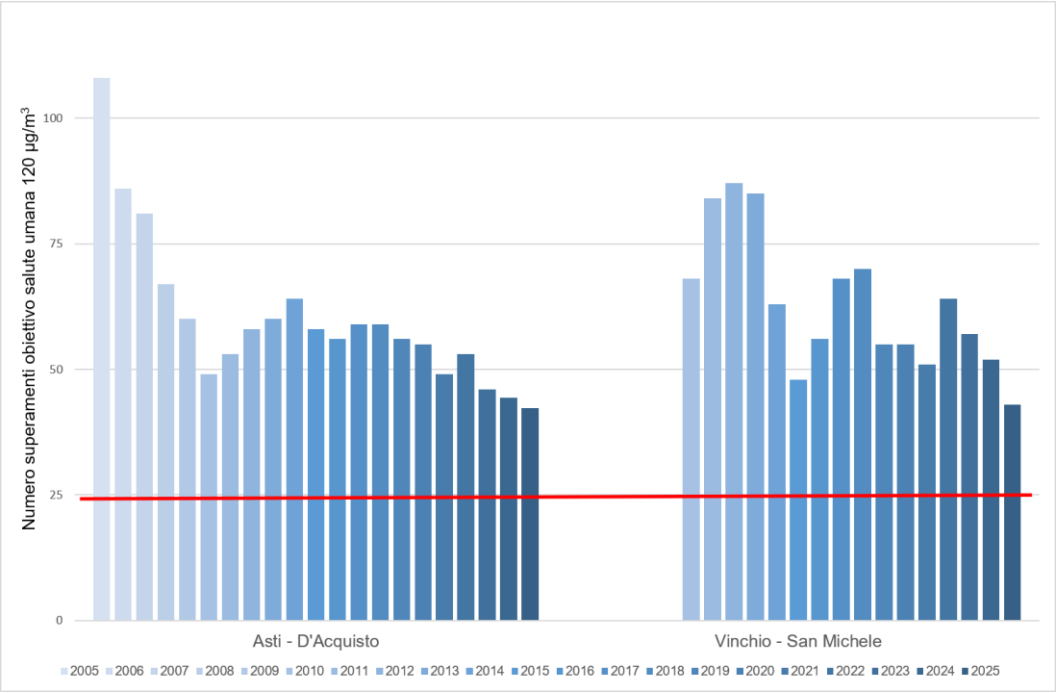


Figura 83: O_3 Provincia di Asti: confronto superamenti del valore obiettivo per la salute umana.

La Figura 84 mostra l'andamento delle concentrazioni di ozono espresse come media mobile su 7 giorni[42]: il 2025 (linea rossa) presenta il consueto ciclo stagionale, caratterizzato da valori minimi nel periodo invernale e da un progressivo incremento fino ai mesi estivi. Rispetto alla media del periodo storico 2015-2024 (linea blu tratteggiata) si evidenziano per entrambe le stazioni, ma in maniera più significativa per la stazione di fondo rurale Vinchio, scostamenti positivi, particolarmente evidenti nel semestre caldo. Le concentrazioni risultano infatti superiori alla media del periodo storico, pur mantenendosi prevalentemente all'interno dell'intervallo di variabilità.

[42] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

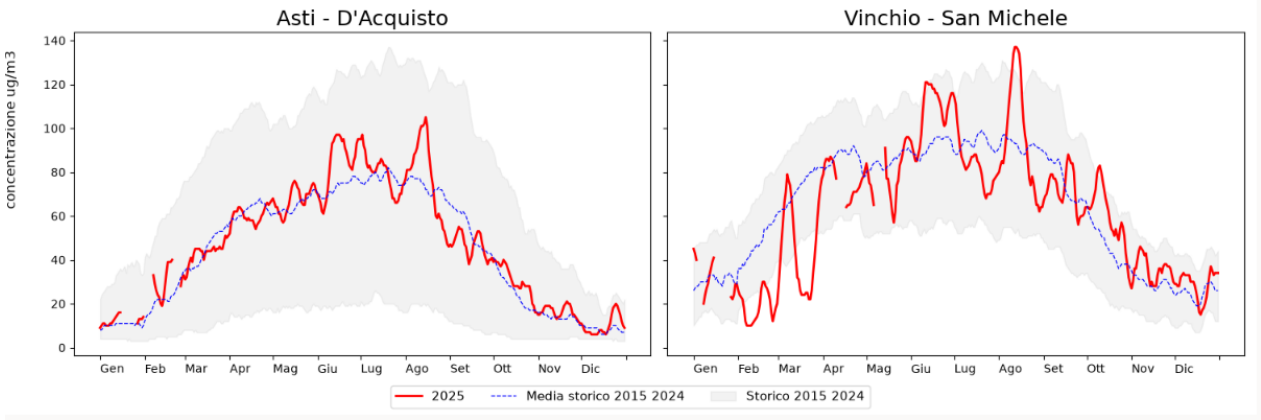


Figura 84: O_3 Provincia di Asti: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

7.4 Provincia di Biella

In provincia di Biella, le stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria si trovano, secondo quanto previsto dal Programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente (D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 24-903), nel capoluogo di provincia con la stazione di fondo Biella - Sturzo e la stazione da traffico Biella - Lamarmora, una stazione nel comune di Cossato e più a Nord la stazione di Trivero, posizionata a 716 m s.l.m., così come raffigurato Figura 85.

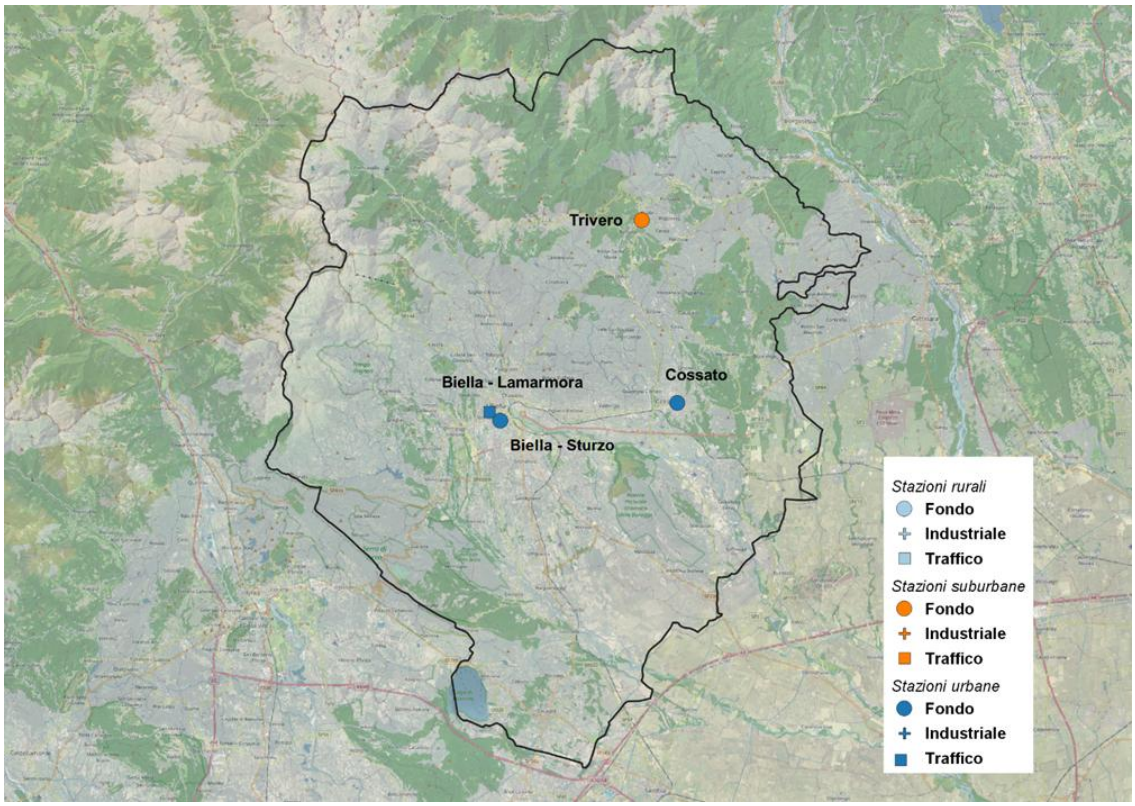


Figura 85: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento provincia di Biella

7.4.1 Particolato sospeso: PM10

Relativamente al particolato atmosferico PM10, la situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici della Figura 86 e Figura 87, dove sono confrontate le concentrazioni medie annue ed il numero di superamenti del valore limite giornaliero rilevati nelle stazioni attive nel 2025, utilizzando, ove disponibili, le serie storiche dal 2003.

Come evidenziato dai grafici, pur in presenza delle fisiologiche oscillazioni interannuali riconducibili principalmente alle differenti condizioni meteorologiche, si osserva un progressivo miglioramento del quadro complessivo dell'inquinamento da PM10 nel territorio provinciale. Il valore limite annuale risulta sempre rispettato in tutte le stazioni. Nel 2025 le concentrazioni medie annue mostrano variazioni molto contenute rispetto all'anno precedente: si registra un lieve incremento presso le stazioni di Biella-Sturzo e Trivero-Ronco, mentre i valori si mantengono sostanzialmente invariati nelle stazioni di Biella-Lamarmora e Cossato-Pace.

Si conferma inoltre il rispetto, in tutte le stazioni della provincia, del numero massimo consentito di superamenti del valore limite giornaliero, pari a 35 eventi annui. I superamenti osservati nel corso del 2025 risultano infatti limitati a poche unità, confermando il consolidato miglioramento per questo inquinante.

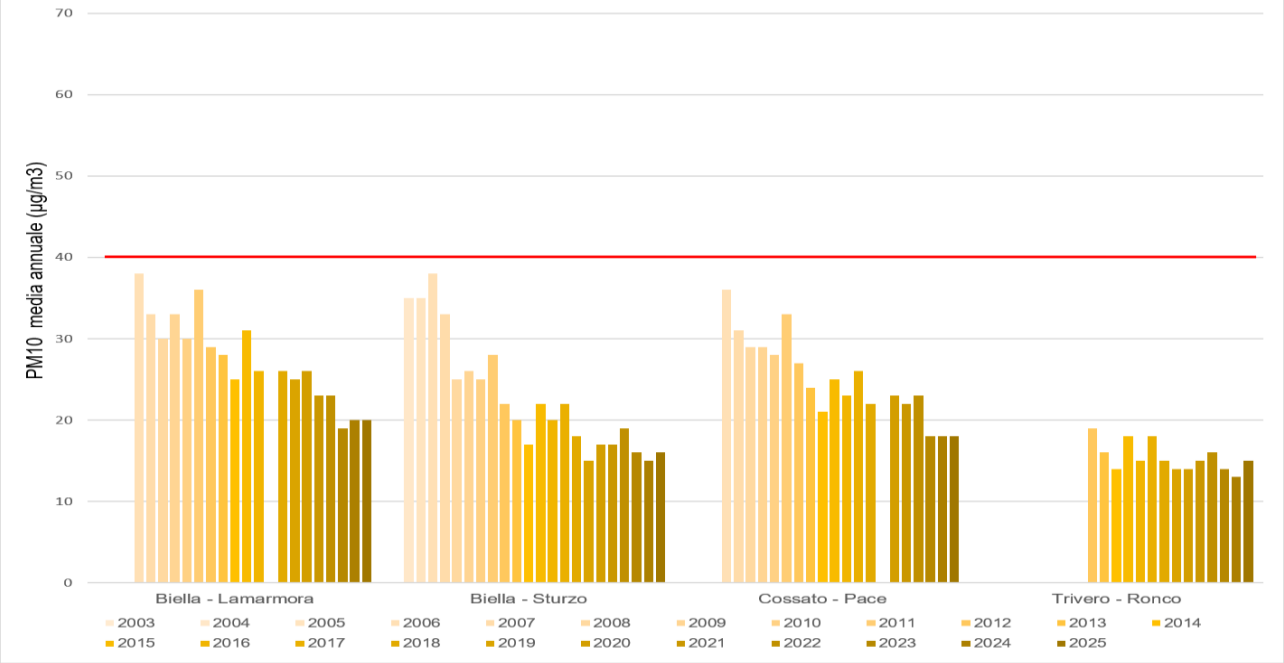


Figura 86: PM10 provincia di Biella: confronto medie annue

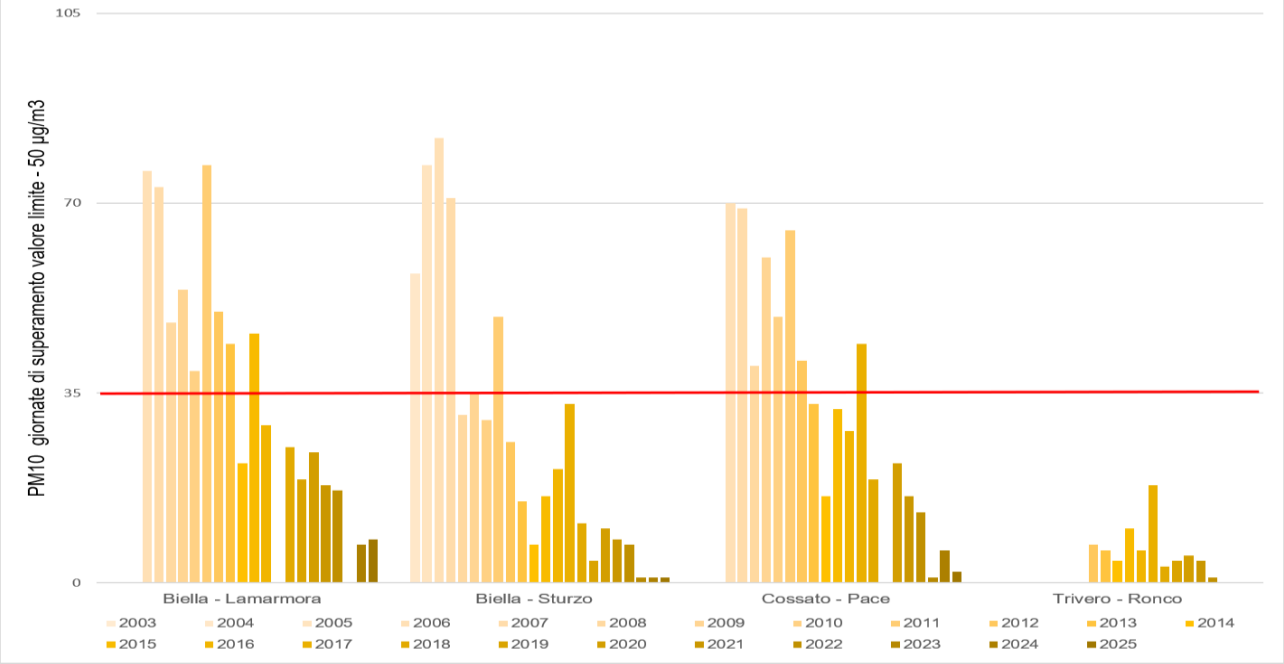


Figura 87: PM10 provincia di Biella: numero di superamenti del limite giornaliero

Le serie temporali delle concentrazioni di PM10 rilevate dalle stazioni della provincia nel periodo compreso tra il 1° gennaio e il 31 dicembre, confrontate con il periodo storico di riferimento 2015-2024, sono riportate nella Figura 88. Al fine di migliorare la leggibilità dei grafici, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni giornaliere. Nei grafici i valori registrati nel 2025 (linea rossa) sono confrontati con la distribuzione storica delle concentrazioni rilevate dalla medesima stazione nel periodo di riferimento, rappresentata dai valori minimi e massimi (banda grigia) e dalla media storica (linea blu tratteggiata). Gli andamenti evidenziano innanzitutto il comportamento stagionale dell'inquinante, ovvero, come generalmente le concentrazioni diminuiscano in modo progressivo nel passaggio dall'inverno ai mesi estivi per ritornare a crescere nuovamente nell'autunno.

Nel corso del 2025 le concentrazioni hanno mostrato una notevole variabilità temporale. In diversi periodi dell'anno i valori misurati si sono mantenuti inferiori alla media storica, in particolare tra gennaio e l'inizio di febbraio, durante parte dei mesi primaverili ed estivi e in alcune fasi comprese tra novembre e dicembre. Al contrario, si osservano episodi caratterizzati da concentrazioni superiori ai valori medi di riferimento e, localmente, anche prossime o superiori ai limiti dell'intervallo storico, in particolare nella seconda metà di febbraio, all'inizio di aprile, nei mesi di giugno e agosto e durante alcuni episodi del periodo autunnale.

Tra gli episodi più rilevanti si segnalano quelli osservati nella seconda metà di febbraio, particolarmente evidenti presso la stazione di Biella-Lamarmora, e quelli registrati nei mesi di giugno, agosto e ottobre, quando le concentrazioni hanno mostrato incrementi marcati rispetto ai valori medi storici. Gli episodi più intensi risultano compatibili con condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti e con eventi di trasporto a lunga distanza di particolato atmosferico.

Nel corso dell'anno si sono verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso l'Italia. Dall'analisi degli eventi, stimati dal modello nazionale utilizzato operativamente da ISPRA, risulta che in provincia di Biella i giorni interessati da eventi di dust, di intensità variabile, sono stati compresi tra 44 e 47, a seconda dell'area considerata. Gli effetti di tali eventi sono risultati particolarmente evidenti nei mesi di giugno e agosto, mentre in altri casi (marzo, maggio, settembre e dicembre) il contributo del trasporto sahariano è apparso meno palese. L'evento registrato a giugno potrebbe essere stato anche influenzato, soprattutto nei primi giorni, dal trasporto di particolato proveniente dai vasti incendi che hanno interessato il Canada.

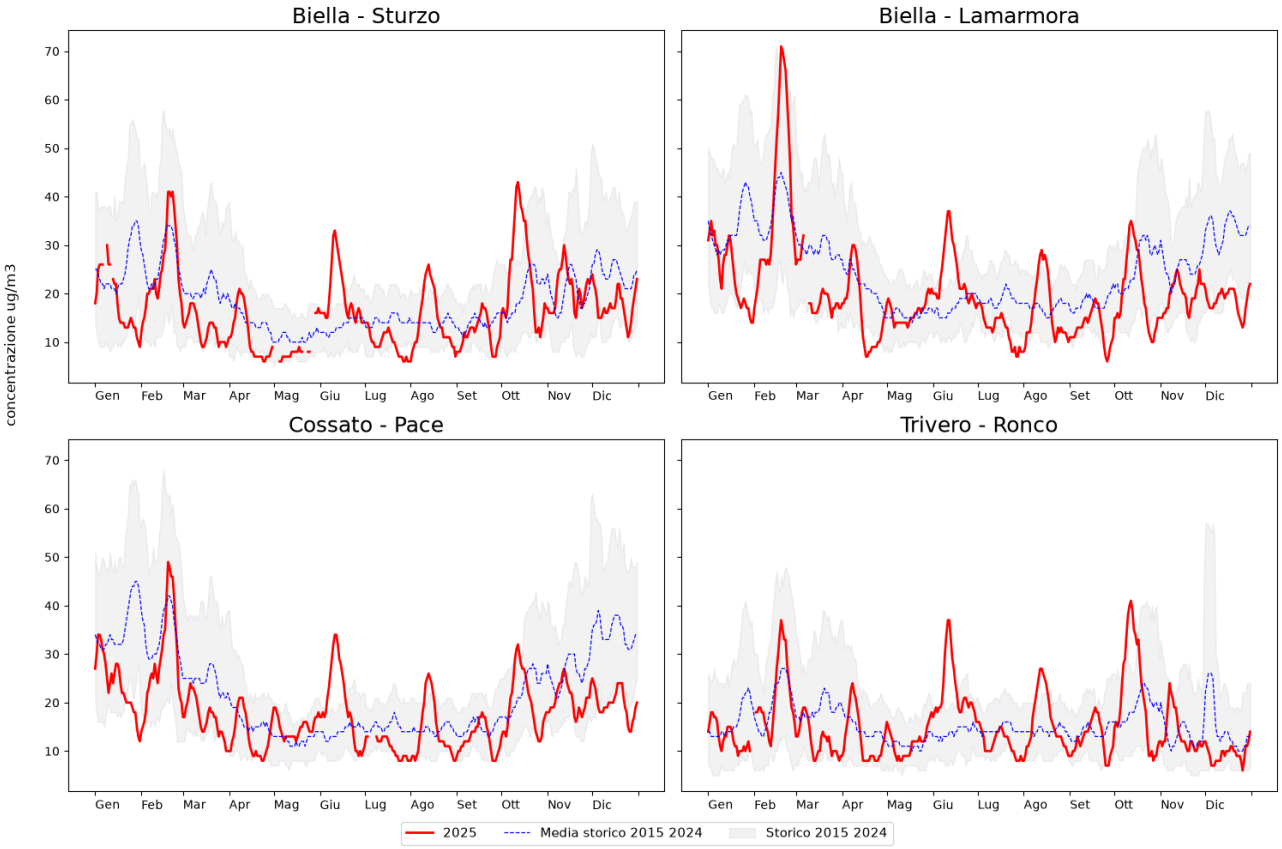


Figura 88: PM10 Provincia di Biella: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Sempre relativamente alle polveri sottili, si osserva come, oltre all'andamento stagionale delle concentrazioni, vi siano nel corso dell'anno importanti oscillazioni, dovute alle differenti condizioni meteorologiche: massimi di concentrazione corrispondenti, generalmente, a periodi di alta pressione

persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento).

L'influenza della meteorologia sulle concentrazioni di PM10 è esemplificata in Figura 89, dove sono rappresentati i giorni di accumulo a livello regionale[43], le precipitazioni giornaliere e l'intervallo delle concentrazioni medie giornaliere rilevate dalle stazioni della provincia nell'anno 2025 (banda grigia). Risulta evidente come le concentrazioni di questo inquinante presentino un andamento sostanzialmente omogeneo tra tutte le stazioni, caratteristica riconducibile ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera, nonché alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Durante le giornate caratterizzate da condizioni di accumulo, le concentrazioni risultano generalmente elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero, in particolare in alcuni giorni dei mesi di gennaio, febbraio, ottobre e novembre. Al contrario, in corrispondenza degli eventi precipitativi si osserva una riduzione dei livelli di PM10. Nel corso del 2025 si rileva inoltre una frequenza elevata di giornate piovose, fattore che ha contribuito a contenere le concentrazioni dell'inquinante per buona parte dell'anno. Fa eccezione quanto osservato nei mesi di giugno e agosto, quando gli episodi di trasporto di polveri di origine desertica non sono stati significativamente attenuati dalle precipitazioni, determinando incrementi delle concentrazioni di PM10, anche in presenza di condizioni meteorologiche generalmente favorevoli alla dispersione. Studi recenti[44,45] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

[43] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

[44] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[45] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

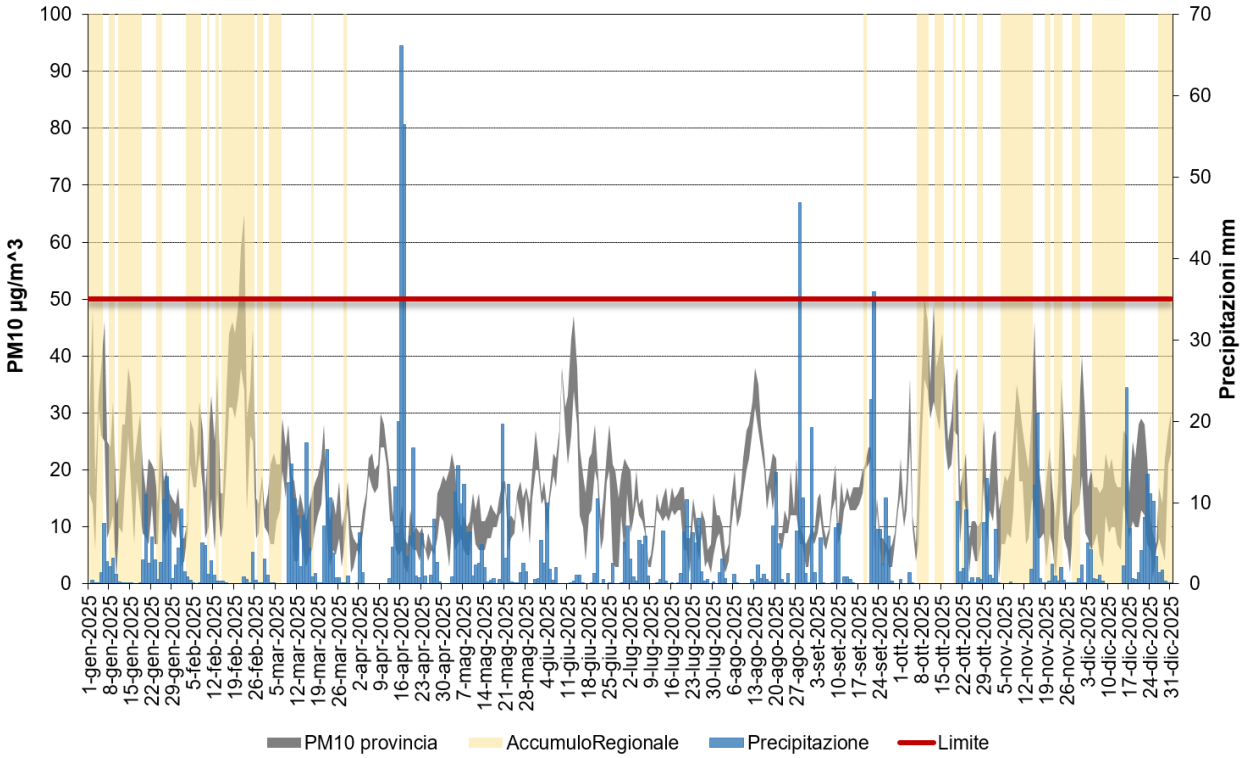


Figura 89: PM10 Provincia di Biella: range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della provincia in ciascun giorno del 2025; precipitazioni regionali cumulate giornaliere; indicatore di accumulo regionale.

7.4.2 Benzo(a)pirene nel PM10

In Figura 90 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di Benzo(a)pirene (quantificato sul PM10), registrate nelle stazioni della provincia ove è determinato, ed i valori della percentuale in cui è presente nel PM10 sempre su base mensile (per la stazione di Trivero il PM10 di riferimento è determinato con analizzatore automatico).

Analogamente agli inquinanti polveri sottili ed ossidi di azoto, anche i valori medi mensili di Benzo(a)pirene nel particolato presentano una variazione stagionale notevole: concentrazioni basse, uniformi e nettamente inferiori alla media annuale nei mesi caldi, generalmente da aprile a settembre, e concentrazioni maggiori nei mesi invernali. Infatti, nei mesi più caldi l'elevata radiazione solare contribuisce alla degradazione degli IPA, mentre nei mesi freddi e autunnali si creano condizioni di inversione termica favorevoli all'accumulo degli inquinanti. In particolare, le polveri PM10 risultano arricchite di questi composti dovuti principalmente al contributo delle emissioni da combustione della legna per il riscaldamento domestico.

Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

In tutti i punti di misura della provincia - Biella Sturzo, Biella Lamarmora, Cossato e Trivero - nell'anno 2025, analogamente agli anni precedenti, le concentrazioni di media annua di Benzo(a)pirene nel PM10 risultino ampiamente inferiori al valore obiettivo fissato dalla normativa (1.0 ng/m^3), attestandosi a valori compresi tra 0.1-0.5 ng/m^3. Pertanto, non si evidenziano criticità, anche considerando l'andamento mensile del contributo percentuale di Benzo(a)pirene al PM10 (Figura 90). In generale, l'inquinante presenta un trend (statisticamente significativo) in diminuzione in tutte le stazioni della rete (paragrafo 5.5).

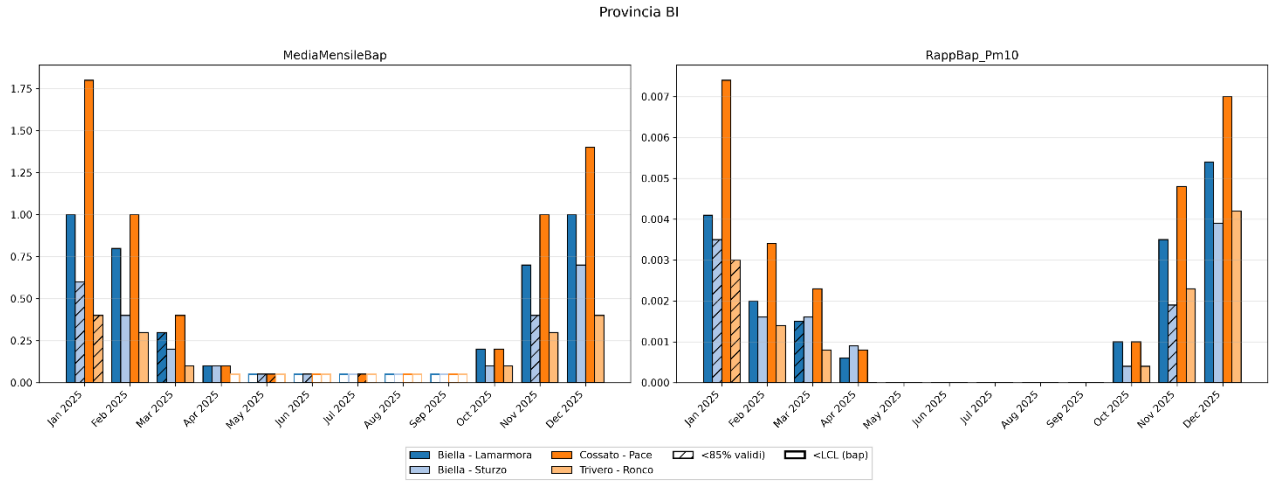


Figura 90: Benzo(a)pirene provincia di Biella: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili nel PM10 anno 2025 (istogramma a barre se dati PM10 e/o B(a)P inferiori al 85% su base mensile)

7.4.3 Particolato sospeso: PM2.5

Nella Figura 91, si osservano le concentrazioni medie delle polveri PM2.5 rilevate negli anni presso le due stazioni della rete provinciale a partire dal 2010, dove disponibili. Come risulta evidente dal grafico, il limite normativo è ampiamente rispettato in tutti gli anni considerati. Nel 2025 le concentrazioni si sono mantenute pressoché invariate rispetto all'anno precedente. Non si evidenziano differenze significative tra il sito urbano di Biella-Sturzo e il sito suburbano di Trivero-Ronco.

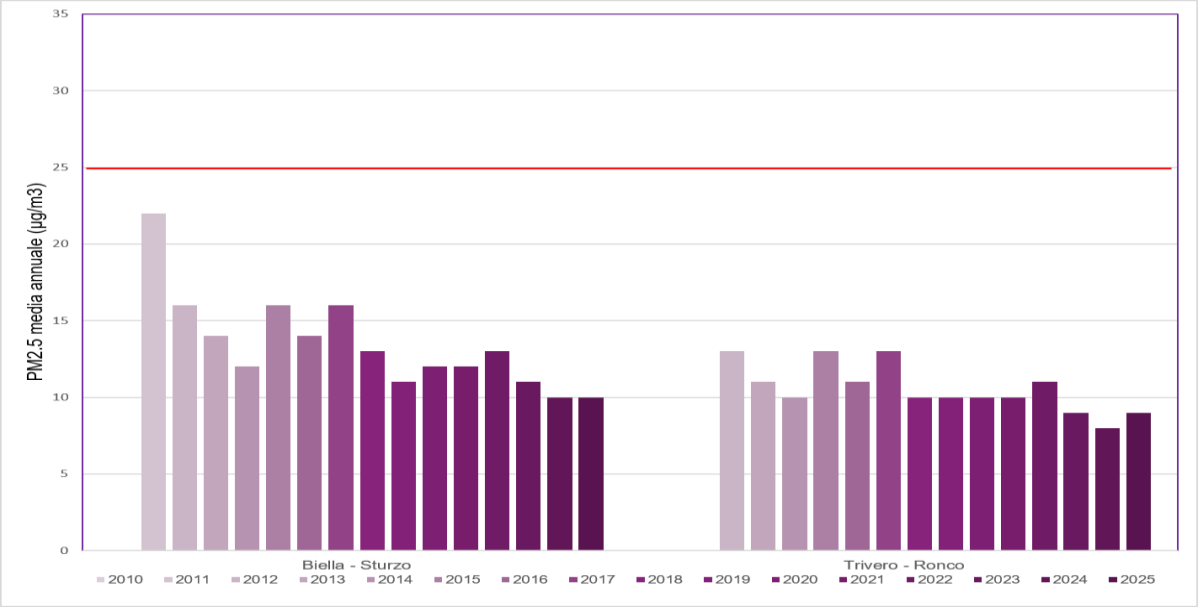


Figura 91: PM2.5 provincia di Biella: confronto tra le medie annue

7.4.4 Biossido di azoto (NO2)

Nella Figura 92 sono confrontate le concentrazioni medie di NO_2 rilevate presso le stazioni della rete provinciale, ove disponibili, a partire dall'anno 2003 ed attive nel 2025, da cui si evince che anche nel 2025 il valore limite annuale (40 µg/m^3) è ampiamente rispettato.

Poiché gli ossidi di azoto sono emessi principalmente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico, come la stazione di Biella – Lamarmora in cui nell'anno

2025 la concentrazione media è stata pari a 20 µg/m^3, denotando comunque una tendenza alla diminuzione rispetto alle misurazioni degli ultimi anni.

Presso la stazione di fondo urbano di Cossato-Pace la concentrazione media annuale si è attestata a 13 µg/m^3, in linea con gli anni precedenti, mentre la stazione di fondo suburbano di Trivero-Ronco ha evidenziato una concentrazione media pari a 8 µg/m^3. La stazione di Biella-Sturzo, a causa di problematiche strumentali, non ha raggiunto la soglia minima di dati validi richiesti (85%) per la validazione statistica del dato annuale; pertanto, per il 2025 non è disponibile una concentrazione media annua rappresentativa.

Dal 2011 nessuna stazione della provincia ha registrato concentrazioni medie annuali di biossido di azoto superiori al valore limite normativo. L'andamento delle serie storiche evidenzia inoltre una generale e progressiva riduzione delle concentrazioni nel corso degli anni, in linea con il miglioramento della qualità dell'aria osservato a livello regionale.

Le serie temporali delle concentrazioni del biossido di azoto NO_2, misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre dalle stazioni della provincia sono rappresentate in Figura 93 come medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni medie giornaliere. Anche per questo inquinante viene evidenziato il caratteristico comportamento stagionale, con valori più elevati durante il periodo invernale e minimi in quello estivo.

I dati relativi all'anno 2025 (linea rossa) mostrano livelli di concentrazione prossimi o inferiori alla media del periodo di riferimento 2015-2024 (linea blu tratteggiata, minimi e massimi banda grigia), confermando la tendenza al miglioramento.

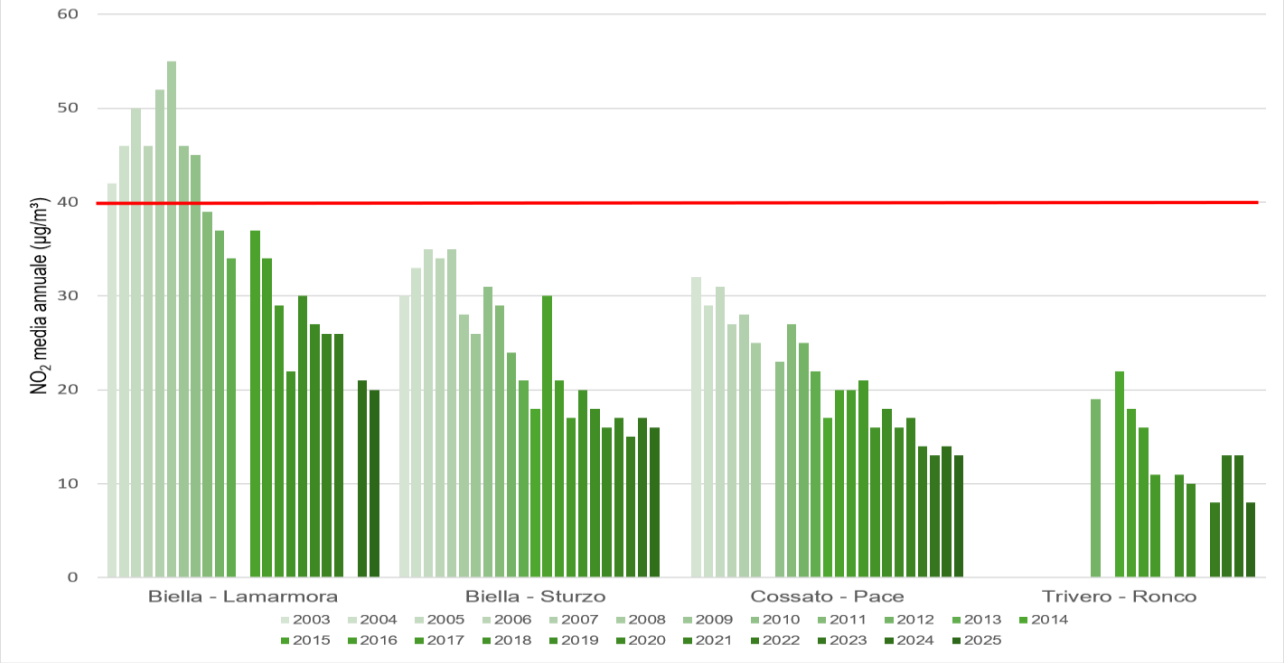


Figura 92: NO_2 provincia di Biella: confronto tra le medie annue

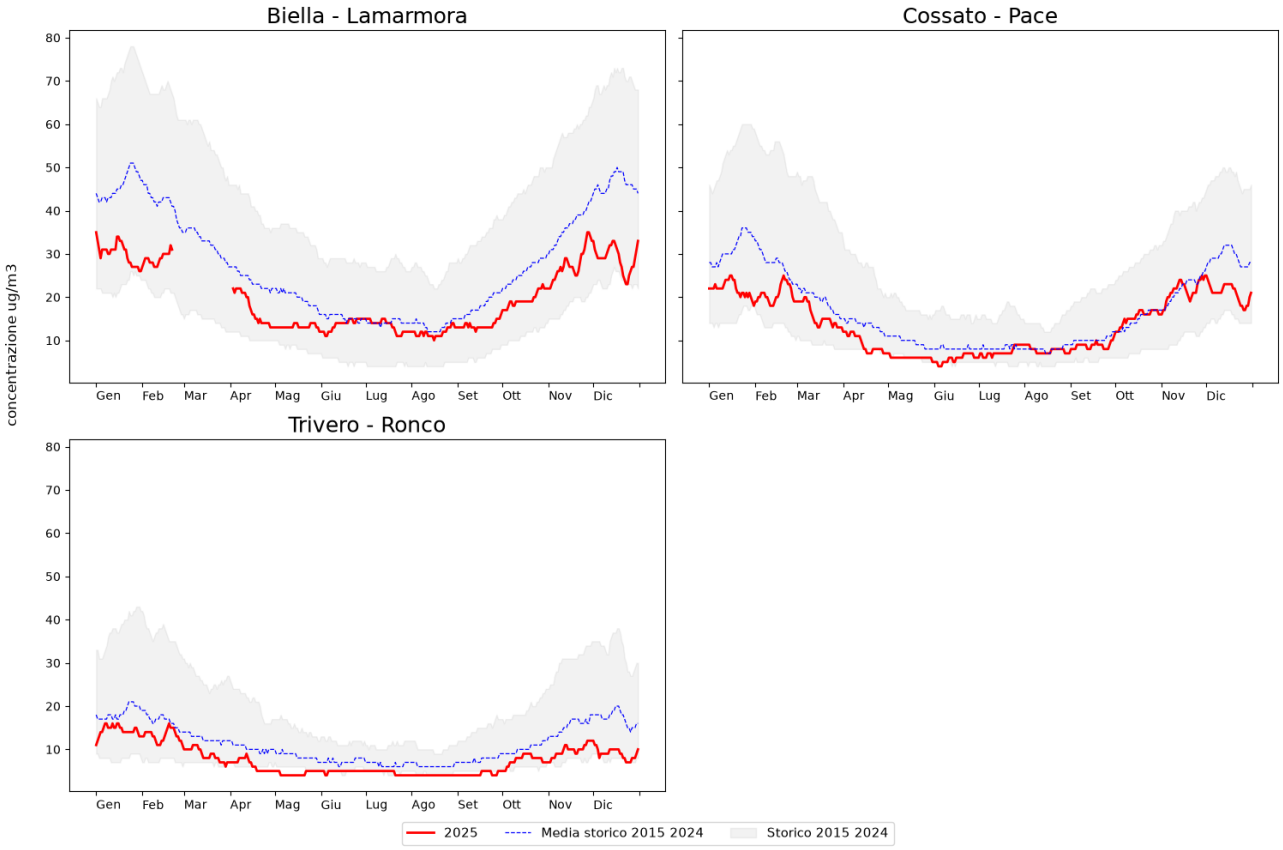


Figura 93 – NO_2 Provincia di Biella: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

Poiché per gli ossidi di azoto sono disponibili misure con risoluzione oraria, per le stazioni sotto riportate sono state elaborate le “settimane medie” dell’anno 2025. L’analisi è stata condotta considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio, febbraio – linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto – linea tratteggiata), calcolando per ciascun’ora del giorno la media dei valori rilevati nei corrispondenti giorni della settimana. Tale elaborazione consente di evidenziare le variazioni ricorrenti delle concentrazioni associate sia alle diverse fasce orarie sia ai differenti giorni della settimana.

Il confronto degli andamenti del biossido di azoto nei diversi giorni della settimana (Figura 94), rilevati presso la stazione di traffico urbana di Biella - Lamarmora (linea grigia) e la stazione di fondo urbana di Cossato - Pace (linea arancione), mette in evidenzia le differenze di concentrazione dell’inquinante nei due differenti periodi meteorologici. Come atteso, in entrambe le stazioni le concentrazioni medie risultano più elevate nel trimestre invernale rispetto a quello estivo, in conseguenza delle meno favorevoli condizioni di dispersione atmosferica e del maggiore contributo delle emissioni da combustione. Gli andamenti presentano inoltre il tipico profilo giornaliero caratterizzato da picchi nelle ore del mattino e della sera, associati principalmente ai flussi di traffico veicolare e alle attività antropiche. Risulta altresì evidente una diminuzione delle concentrazioni durante il fine settimana, in particolare nelle ore mattutine del sabato e della domenica, fenomeno osservabile in entrambi i siti di monitoraggio. Nel trimestre estivo si registra una generale diminuzione delle concentrazioni in entrambe le stazioni, accompagnata da profili orari più uniformi nel corso della settimana. Sebbene il profilo settimanale rimanga riconoscibile, le concentrazioni risultano significativamente inferiori rispetto al periodo invernale e le differenze tra i due siti tendono ad attenuarsi. Permangono tuttavia valori sistematicamente più elevati presso la stazione da traffico di Biella - Lamarmora rispetto alla stazione di fondo urbano di Cossato - Pace, confermando il ruolo

predominante delle emissioni veicolari nella determinazione dei livelli di biossido di azoto osservati nel contesto urbano.

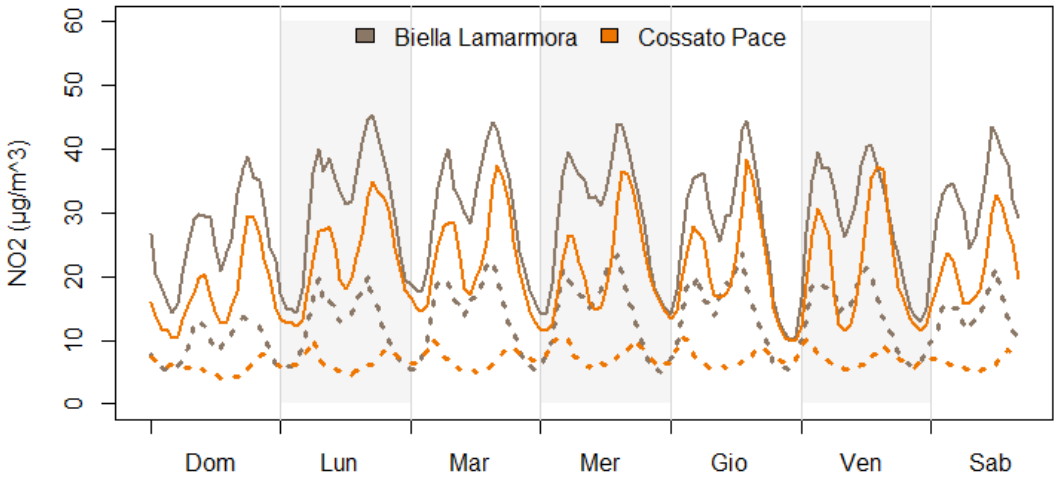


Figura 94 - NO_2 Provincia di Biella: settimane tipo nelle stazioni di Biella - Lamarmora e Cossato - Pace

7.4.5 Ozono (O3)

L'inquinante ozono nella provincia di Biella è misurato presso le stazioni di fondo di Biella - Sturzo, Cossato - Pace e Trivero-Ronco.

In Figura 95 è riportato l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 µg/m^3) dal 2005 al 2025, che non deve essere superato per più di 25 volte per anno civile, come media su 3 anni (il dato attribuito al 2025 è relativo al triennio 2023-2025). Come risulta dal grafico, il valore obiettivo nel 2025 viene disatteso nelle stazioni di Biella - Sturzo e Cossato - Pace, mentre è rispettato presso la stazione di Trivero-Ronco. A differenza dell'anno precedente, nel 2025 sono stati registrati anche alcuni superamenti della soglia oraria di informazione alla popolazione (180 µg/m3), come descritto nel paragrafo 5.4.2.

Sebbene rispetto ai primi anni duemila si sia osservato un progressivo miglioramento dei livelli di concentrazione, negli ultimi anni non emerge una significativa tendenza alla riduzione, ma una variabilità principalmente determinata dalle condizioni meteorologiche.

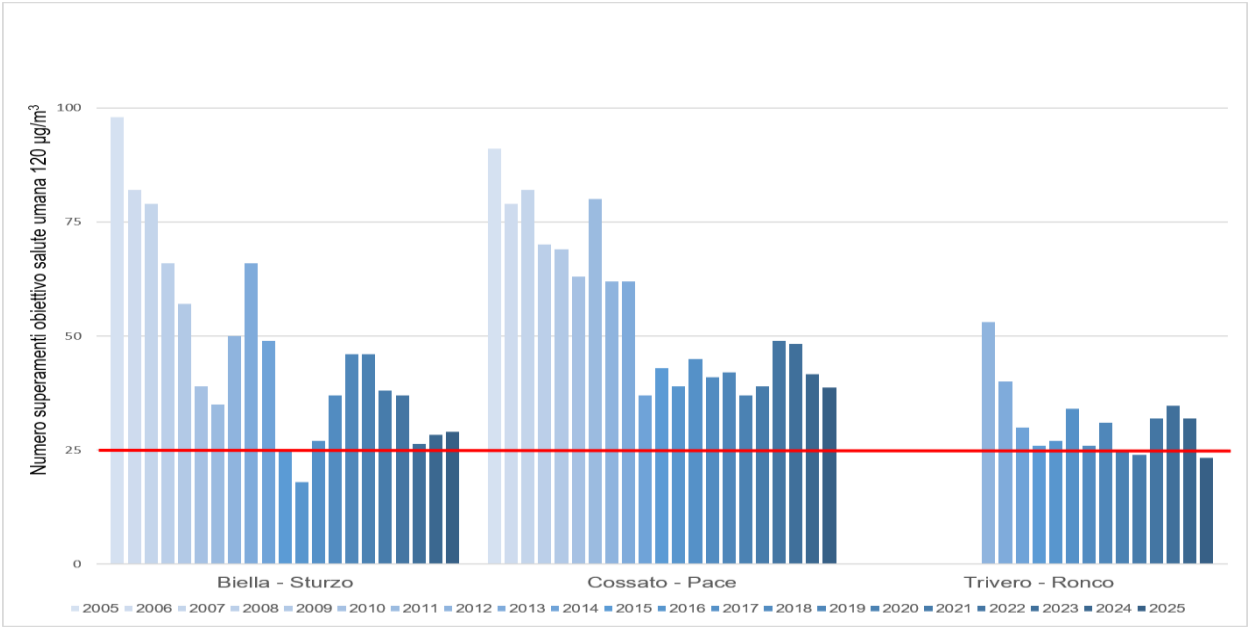


Figura 95 - O_3: numero superamenti obiettivo salute umana

Per quanto riguarda l'andamento delle concentrazioni di ozono espresse come media mobile su 7 giorni[46] (Figura 96), il 2025 (linea rossa) presenta il consueto ciclo stagionale, caratterizzato da valori minimi nel periodo invernale e da un progressivo incremento fino ai massimi estivi. Rispetto alla media del periodo storico 2015-2024 (linea blu tratteggiata), si evidenziano in tutte le stazioni della rete alcuni scostamenti positivi, particolarmente evidenti nel semestre caldo. Le concentrazioni risultano infatti generalmente superiori alla media del periodo storico, pur mantenendosi prevalentemente all'interno dell'intervallo di variabilità. Tale comportamento risulta coerente con l'instaurarsi di condizioni meteorologiche favorevoli alla formazione e all'accumulo dell'ozono nei bassi strati dell'atmosfera.

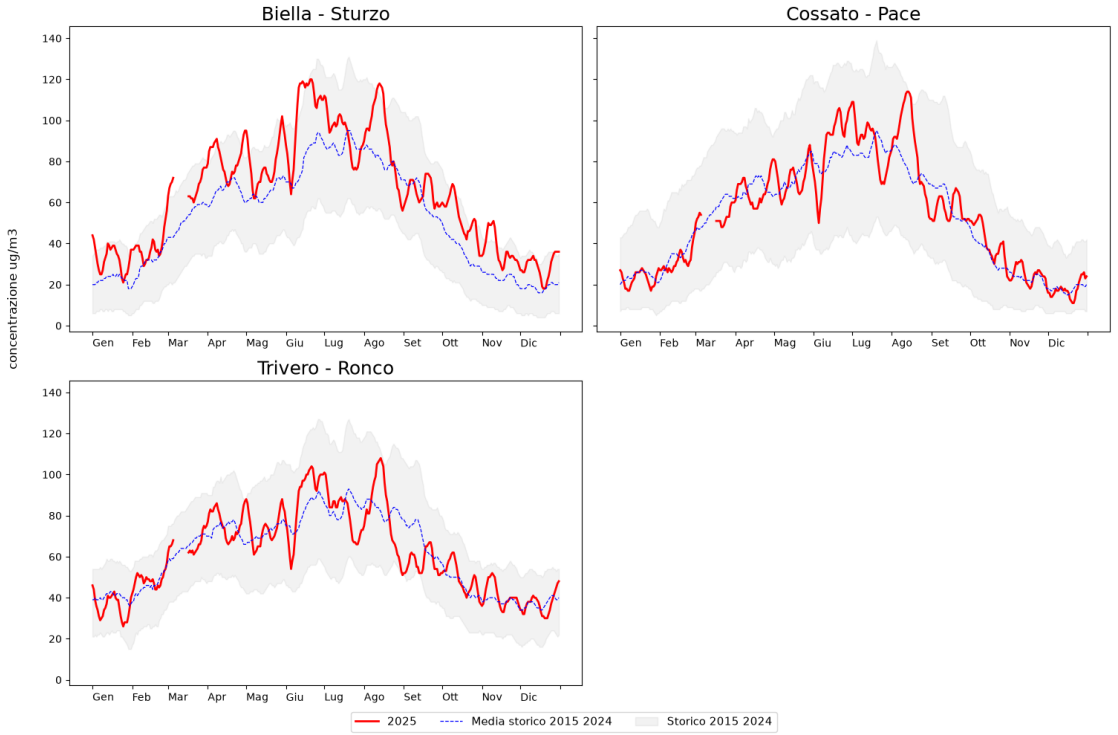


Figura 96: O_3 Provincia di Biella: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

[46] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

7.5 Provincia di Cuneo

In provincia di Cuneo sono presenti sette stazioni della rete regionale di monitoraggio dell'aria. Due sono collocate in ambito rurale (Revello – Staffarda e Saliceto – Moizo), cinque nei centri abitati di Cuneo, Alba, Bra, Cavallermaggiore e Mondovì. La stazione di Cavallermaggiore è stata attivata nel 2021, in zona suburbana. La distribuzione delle stazioni sul territorio provinciale è raffigurata nella Figura 97.

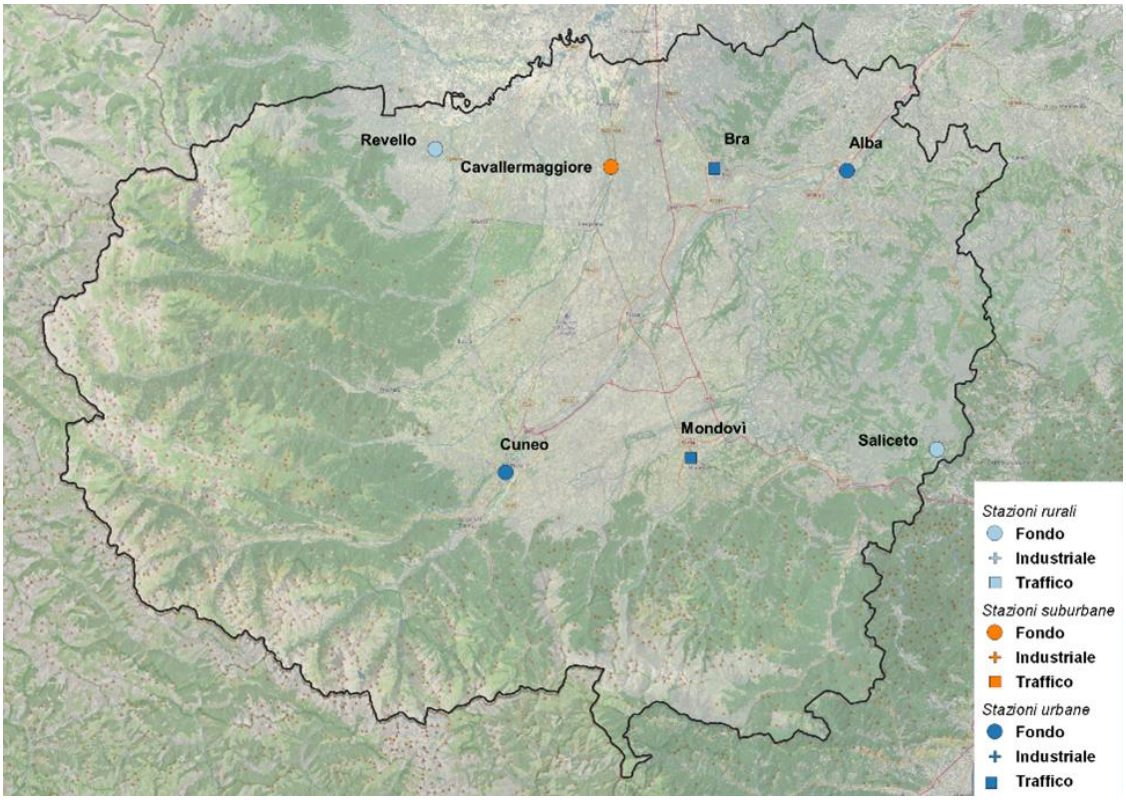


Figura 97: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento provincia di Cuneo.

7.5.1 Particolato sospeso: PM10

Relativamente alle polveri sottili (PM10), la situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici della Figura 98 e della Figura 99, dove sono confrontate le concentrazioni medie ed il numero di superamenti del limite giornaliero di PM10 registrati presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003. Come si può osservare, nonostante le oscillazioni dovute principalmente alle differenze meteorologiche tra i diversi anni, la situazione dell'inquinamento da polveri sottili è complessivamente migliorata nel tempo ed il limite sulla media annua, a partire dal 2013, è costantemente rispettato su tutto il territorio della provincia. Nel 2025 le concentrazioni medie annue sono leggermente aumentate, rispetto al minimo storico dell'anno precedente, nelle stazioni di Alba, Bra, Cavallermaggiore e Saliceto; tuttavia, per tutte le stazioni i calcoli evidenziano trend di riduzione della media annuale statisticamente significativi (Figura 13 e Figura 14).

Il numero di superamenti del limite giornaliero si è ancora ridotto nelle stazioni di Alba e Bra che con 12 superamenti hanno raggiunto il loro minimo storico. Nelle stazioni della zona sud della provincia sono diminuiti o rimasti invariati laddove già molto contenuti (3 a Saliceto e 2 a Cuneo).

La stazione di Cavallermaggiore, per la sua posizione centrale nella zona di pianura a nord della provincia, ha registrato anche nel 2025 i livelli più elevati di polveri sottili, tuttavia, anch'essa si è mantenuta sotto i 35 superamenti consentiti (21 nel 2025), pertanto, per il terzo anno consecutivo, il limite normativo è stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni della provincia.

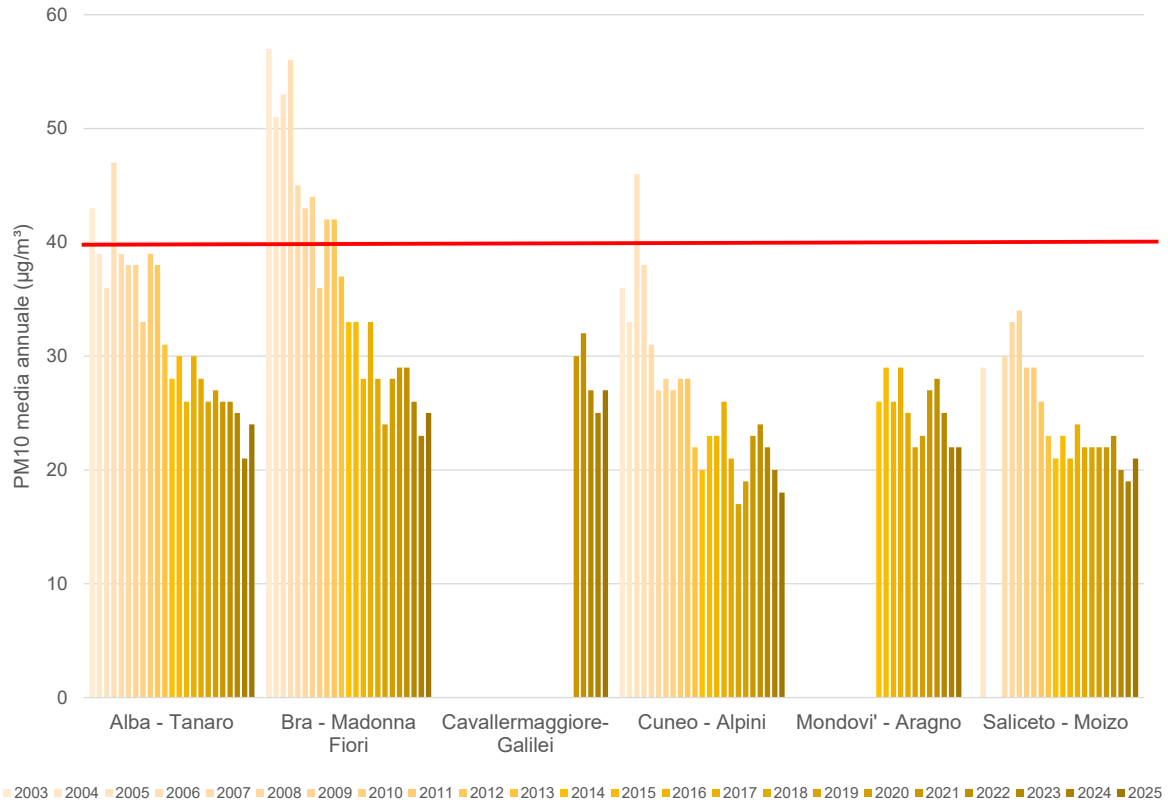


Figura 98: PM10 Provincia di Cuneo: confronto fra medie annue.

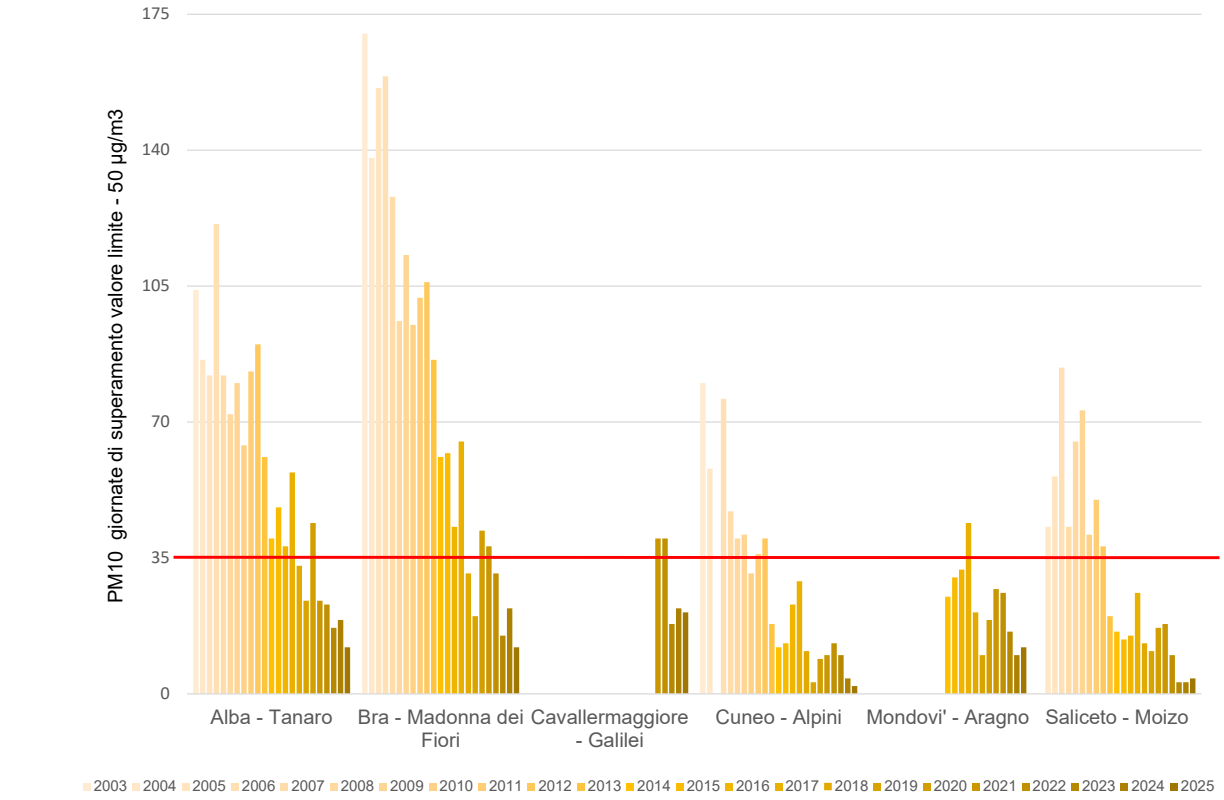


Figura 99: PM10 Provincia di Cuneo: numero di superamenti del limite giornaliero.

I trend delle concentrazioni per ciascuna stazione, attiva da un numero significativo di anni, sono quantificati nel paragrafo 5.1 a cui si rimanda. Si sottolinea che l'analisi dei dati evidenzia come, i siti ove le concentrazioni e i superamenti sono maggiori, abbiano trend di riduzione statisticamente significativi sia sull'intero periodo di analisi che sugli ultimi dieci anni (Figura 18 e Figura 19).

Le serie temporali delle concentrazioni giornaliere delle polveri sottili (PM10) misurate tra il 1° gennaio al 31 dicembre del 2025 presso le stazioni della provincia sono riportate nei grafici di Figura 100. Al fine di migliorare la leggibilità degli andamenti temporali, le concentrazioni giornaliere sono state elaborate mediante il calcolo di una media mobile su sette giorni. In ciascun grafico i valori osservati nel 2025 (linea rossa) sono confrontati con il campo di variabilità storica della medesima stazione, rappresentato dai valori minimi e massimi registrati nel periodo di riferimento 2014-2024 (banda grigia), e con il corrispondente valore medio (linea grigio scuro tratteggiata).

Gli andamenti evidenziano il tipico comportamento stagionale del PM10, caratterizzato da concentrazioni generalmente più elevate nel periodo invernale, quando le condizioni meteorologiche risultano meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti, e da una progressiva diminuzione verso i mesi estivi, seguita da un nuovo incremento nel corso dell'autunno. Nei primi due mesi del 2025 si osservano, rispetto all'andamento storico, un minimo nella seconda decade di gennaio e un successivo episodio di aumento delle concentrazioni verso la fine di febbraio che, nella maggior parte delle stazioni, raggiunge valori superiori alla media del periodo di riferimento. Nel mese di giugno è inoltre evidente, presso tutte le stazioni, un episodio di incremento delle concentrazioni che si colloca al di sopra del campo di variabilità storica; un secondo aumento, di minore intensità, è osservabile nel mese di agosto. Nel trimestre autunnale si registrano infine, pressoché in tutte le stazioni, diversi episodi di incremento delle concentrazioni, particolarmente evidenti nei mesi di

ottobre, novembre e dicembre, che risultano frequentemente superiori ai corrispondenti valori medi delle serie storiche.

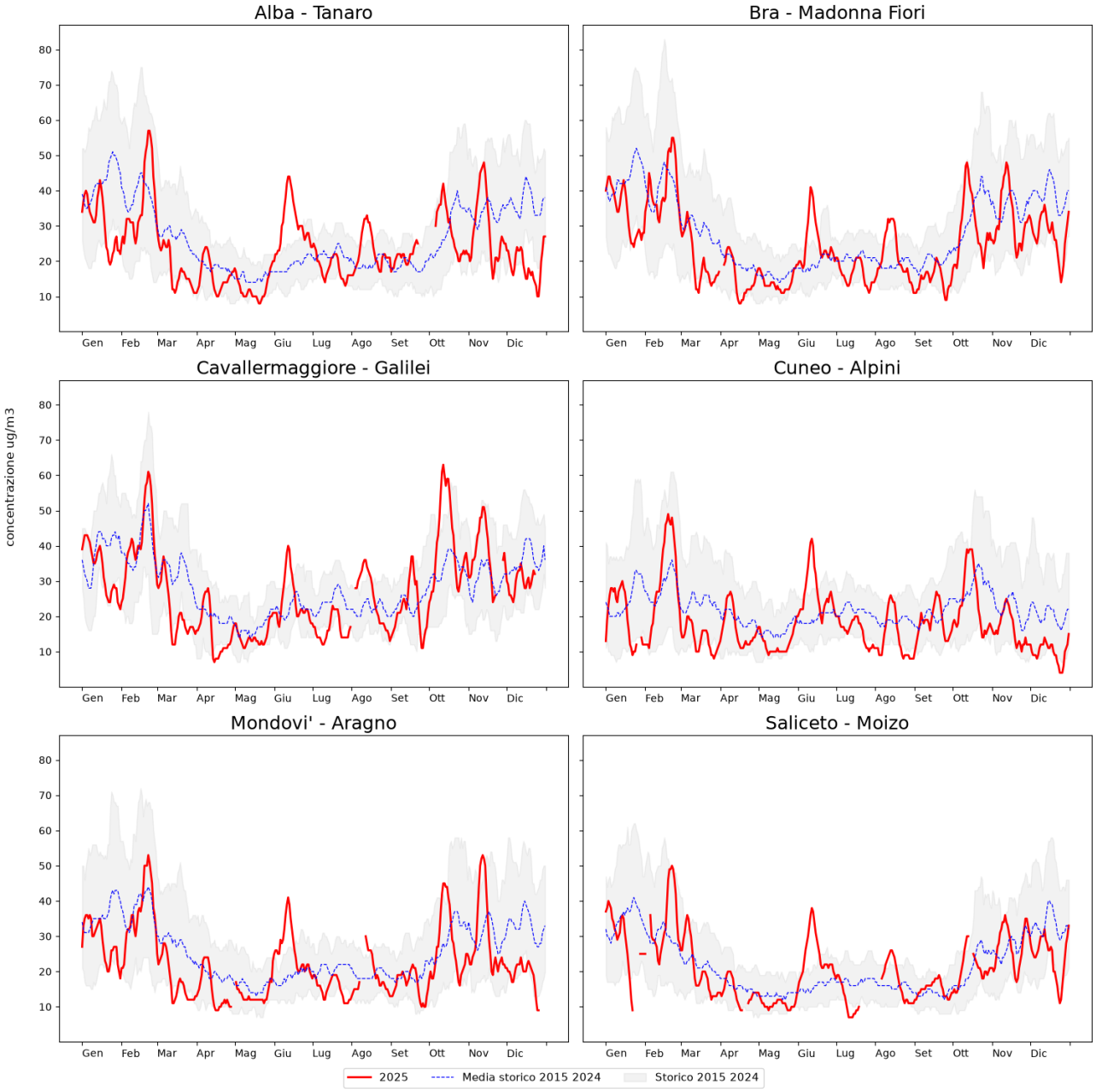


Figura 100: PM10 Provincia di Cuneo: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Oltre all'andamento stagionale, determinato principalmente dalla variazione dell'altezza dello strato atmosferico in cui gli inquinanti vengono dispersi, le oscillazioni delle concentrazioni di PM10 osservate nel corso dell'anno sono influenzate dall'alternarsi di differenti condizioni meteorologiche. In generale, i massimi di concentrazione corrispondono a periodi caratterizzati da condizioni anticicloniche persistenti, che favoriscono l'accumulo degli inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera, mentre i minimi sono generalmente associati a fenomeni di rimozione e dispersione, quali precipitazioni e ventilazione. Il grafico della Figura 101 illustra, giorno per giorno, l'intervallo delle concentrazioni misurate dall'insieme delle stazioni della provincia di Cuneo nel corso del 2025; sono inoltre indicati mediante bande verticali gialle i giorni con condizioni meteorologiche favorevoli all'

accumulo degli inquinanti[47], mentre gli istogrammi blu rappresentano le precipitazioni cumulate rilevate dalle stazioni regionali con quota inferiore ai 600 m.
Dall'analisi della figura si osserva come i superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ siano stati registrati prevalentemente durante i periodi di accumulo individuati a scala regionale, generalmente interrotti o attenuati dall'arrivo di precipitazioni significative o da episodi di ventilazione. Un esempio è rappresentato dagli eventi meteorologici della seconda decade di gennaio, che hanno determinato una marcata diminuzione delle concentrazioni dopo alcuni giorni caratterizzati da valori elevati, seguiti da un nuovo incremento in corrispondenza del successivo periodo di accumulo.
Nei primi giorni di giugno si osserva invece un marcato aumento delle concentrazioni di PM10 associato a episodi di trasporto di polveri desertiche provenienti dal Nord Africa, che il 3 giugno hanno determinato a Mondovì il superamento del valore limite giornaliero. Il 9 giugno si è inoltre registrato sul territorio regionale il contributo del trasporto a lunga distanza del particolato originato dai vasti incendi boschivi sviluppatisi in Canada[48]; nei giorni successivi si sono nuovamente osservati apporti di polveri sahariane.
L'effetto combinato di tali contributi transfrontalieri e delle sorgenti locali ha determinato l'evidente incremento delle concentrazioni osservato nella Figura 100 nel mese di giugno. In particolare, nelle giornate del 13 e 14 giugno, presso la stazione di Alba si sono registrati superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³.

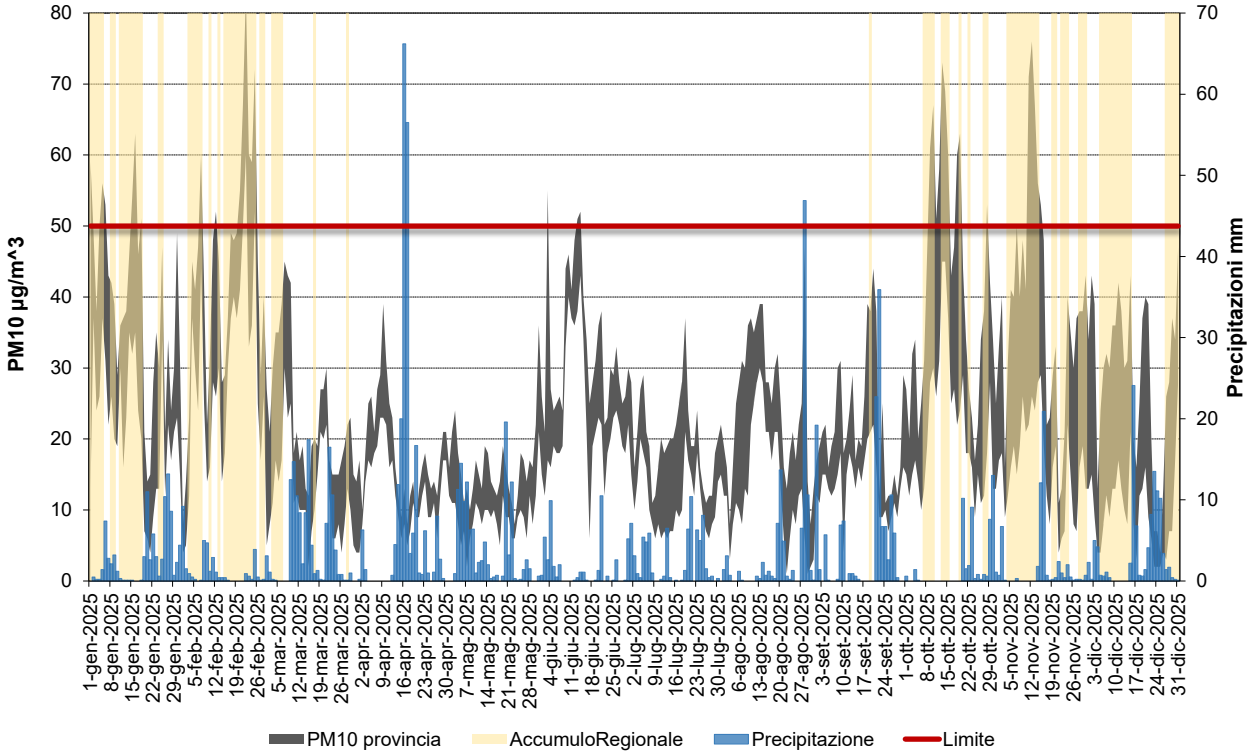


Figura 101: PM10 Provincia di Cuneo: Range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della provincia in ciascun giorno del 2025; precipitazioni cumulate giornaliere (media delle stazioni con quota <600m); indicatore di accumulo regionale.

[47] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600 m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm nei 3 giorni precedenti.

[48] https://atmosphere.copernicus.eu/copernicus-large-smoke-transport-canadian-wildfires-reaches-europe

7.5.2 Benzo(a)pirene nel PM10

La determinazione del B(a)P presente nel particolato è costantemente eseguita, su base mensile, per le stazioni della rete fissa della qualità dell'aria dove il campionamento del PM10 viene effettuato.

Il confronto con il limite normativo riportato nel paragrafo 5.5 di analisi a scala regionale evidenzia come nel 2025 il limite sia stato rispettato in tutte le stazioni. La stazione di Saliceto, che in passato ha registrato superamenti, tra le stazioni di fondo rurali regionali è quella che presenta la maggior concentrazione di B(a)P.

Il dettaglio delle concentrazioni medie mensili registrate nel 2025 in ciascuna stazione della provincia è riportato nel grafico di sinistra della Figura 102, mentre in quello di destra sono rappresentati i valori mensili relativi alla percentuale in cui esso è presente nel PM10.

Analogamente ad altri inquinanti, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene si registrano generalmente nel periodo invernale, che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo. Tuttavia, il rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive del benzo(a)pirene è molto più elevato del rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive degli altri inquinanti misurati, e ciò è indice dell'influenza di una sorgente specifica di tale inquinante che si attiva nei mesi freddi. Inoltre, il contenuto percentuale di B(a)P raggiunge il minimo nei mesi estivi, con valori analoghi per i diversi siti, a causa dell'azione di degradazione svolta dalla radiazione solare. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma altresì per il contenuto di microinquinanti organici.

Anche per il 2025 il contenuto percentuale di benzo(a)pirene è particolarmente elevato nel sito rurale di Saliceto, con valori doppi rispetto alle altre stazioni nei mesi autunnali. Ciò è sicuramente da attribuire al contributo delle emissioni derivanti dalla combustione locale della legna nel riscaldamento domestico, sorgente che si incrementa al diminuire delle temperature esterne.

Valori intermedi e senza differenze significative si evidenziano per le stazioni urbane e suburbane presenti in Alba, Bra, Cavallermaggiore e Mondovì, mentre i valori della stazione di Cuneo si confermano come i più bassi della rete provinciale.

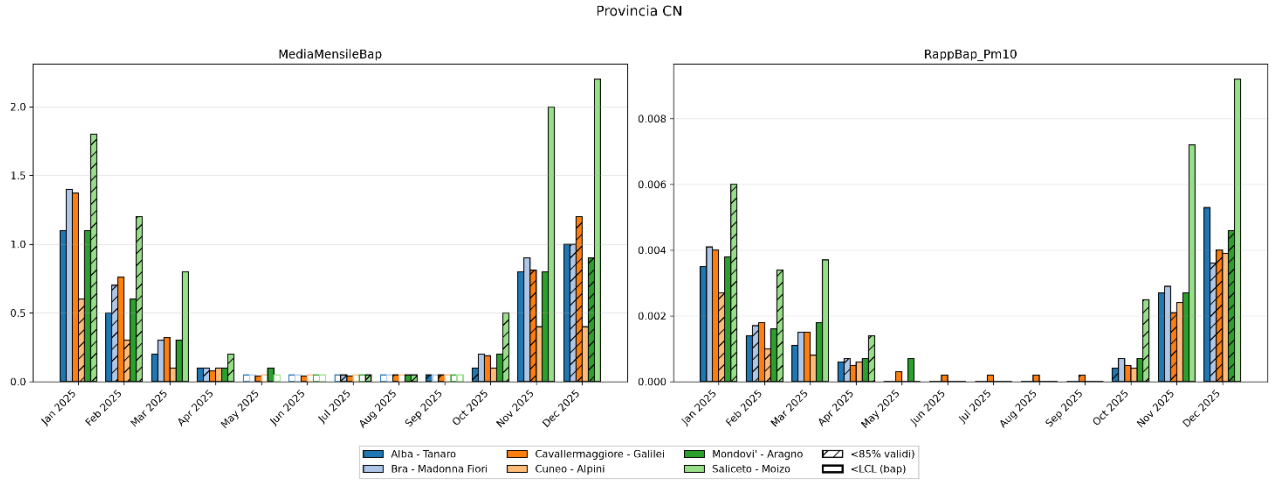


Figura 102: Benzo(a)pirene Provincia di Cuneo: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili di B(a)P nel PM10 nel 2025 (i valori delle colonne tratteggiate sono ricavati da dati con disponibilità inferiori al 85%).

7.5.3 Particolato sospeso: PM2.5

Nei siti urbani il particolato, soprattutto in inverno, è costituito per la maggior parte dalla frazione più fine che contiene maggiormente contributi secondari di origine antropica come le particelle carboniose (carbonio organico e carbonio elementare), sali inorganici (nitrato e solfato di ammonio), IPA e metalli pesanti.

Nella provincia di Cuneo la misura della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm è iniziata nel 2011 presso la stazione di Cuneo. Nel 2014 è stata implementata presso la stazione di Mondovì, nel 2019 in quella di Bra e nel 2021 presso la stazione di Cavallermaggiore.

La situazione riscontrata anno per anno da queste stazioni della rete provinciale è rappresentata nell'istogramma di Figura 103, dove sono confrontate le concentrazioni medie dell'inquinante per le annualità dal 2011 al 2025 con disponibilità di dati superiori alla percentuale annua richiesta dalle indicazioni europee. Il limite normativo è rispettato su tutto il territorio provinciale. Come per il PM10, anche per la frazione PM2.5 le concentrazioni maggiori della provincia sono tuttora rilevate presso la stazione di Cavallermaggiore sebbene negli ultimi tre anni abbiano riscontrato una notevole riduzione anche in questo sito, la media annua si è infatti ridotta da 22 a 18 µg/m^3.

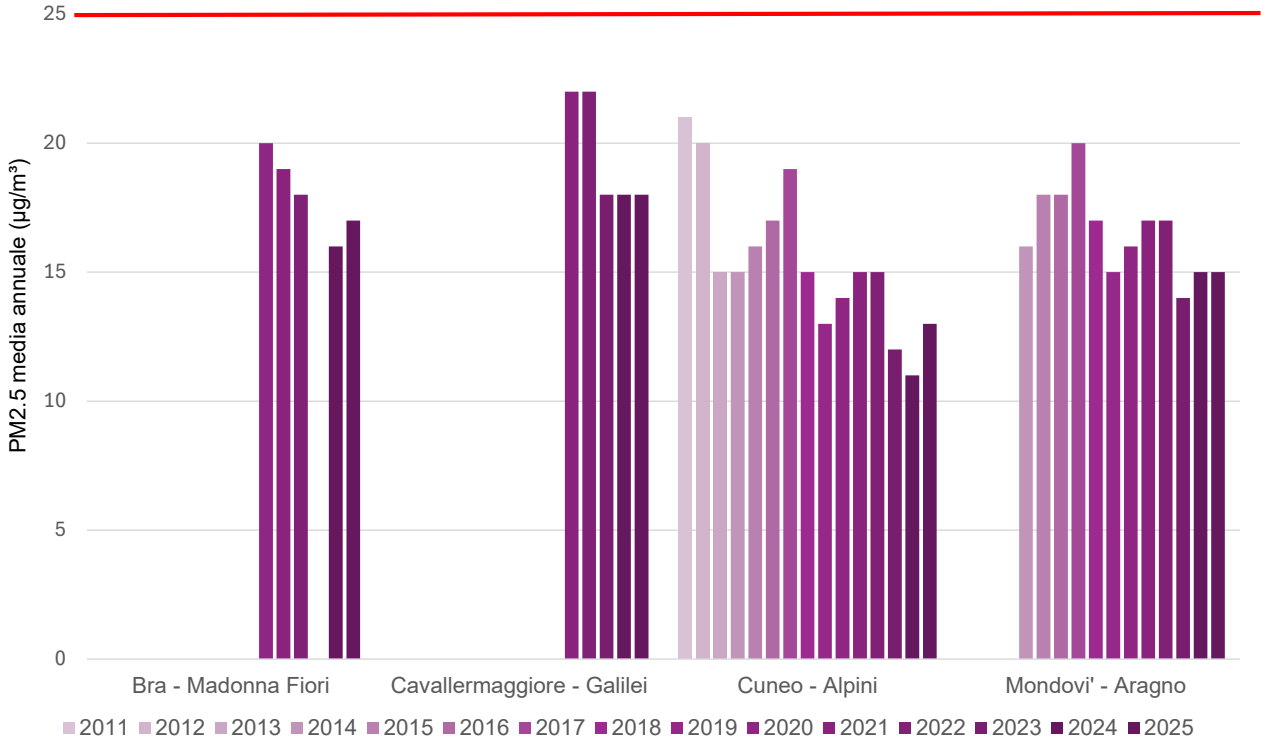


Figura 103: PM2.5 Provincia di Cuneo: confronto fra medie annue.

7.5.4 Biossido di azoto (NO_2)

Le concentrazioni medie annue di biossido di azoto, rilevate nelle stazioni della rete provinciale nel 2025 con disponibilità di dati superiori al 85%, sono riportate nel grafico di Figura 104, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m^3.

Anche per questo inquinante che, insieme al PM10 risulta tra i più critici del periodo invernale e per il quale sono ancora rilevati superamenti sia nel bacino padano che in altri paesi europei, il grafico evidenzia la tendenza alla riduzione nel tempo delle concentrazioni, quantificata per ciascuna stazione nel paragrafo 5.3.

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto, a causa della loro breve vita media, i processi di trasporto che subiscono sono limitati alla scala spaziale locale. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità e, come prevedibile, essendo gli ossidi di azoto emessi principalmente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni urbane.

Tra le stazioni della provincia di Cuneo, nonostante la progressiva riduzione che si è verificata negli anni, anche nel 2025, i valori più elevati permangono quelli registrati da quella di Mondovì - Aragno,

che risulta fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni del traffico veicolare, anche pesante, che vi transita. In tale stazione, le restrizioni introdotte nel 2020 per contenere l'emergenza da COVID-19 avevano allora determinato le maggiori variazioni nelle concentrazioni di NO_2, ma la media annua era tornata nel 2021 al livello del 2019 e, ancora nel 2025, non ha raggiunto quel minimo storico. Tra le stazioni della zona nord della provincia i livelli più bassi di NO_2sono confermati nella stazioni fi fondo suburbano di Cavallermaggiore, in quanto distante da fonti dirette.

Il limite normativo di 40 µg/m^3 è ampiamente rispettato in tutti i siti.

I dati della stazione di Saliceto, avendo raggiunto una percentuale di disponibilità inferiore all'85% non sono stati riportati nei grafici.

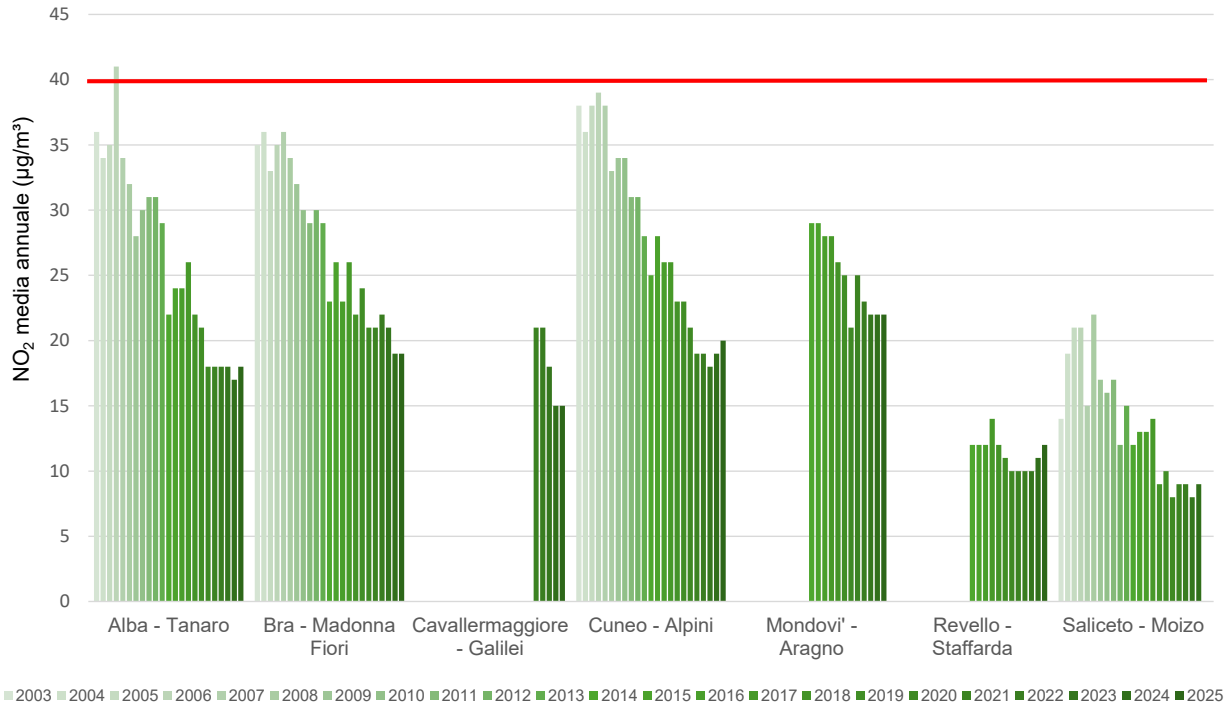


Figura 104: NO_2 Provincia di Cuneo: confronto fra medie annue.

Analogamente al PM10, le serie temporali delle concentrazioni giornaliere del biossido di azoto misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre del 2025 dalle stazioni della provincia sono riportate nei grafici di Figura 105 come medie mobili calcolate su sette giorni. Le concentrazioni del 2025 (in rosso) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda azzurra del grafico) e medi (linea blu scuro tratteggiata) misurati dalla medesima stazione negli anni disponibili all'interno del periodo di riferimento (2014-2023).

Anche per questo inquinante viene evidenziato il caratteristico comportamento stagionale con concentrazioni maggiori nel periodo invernale e inferiori nel periodo primaverile estivo. Per la maggior parte delle stazioni i valori nel 2025 si sono per lo più mantenuti nell'intorno o al di sotto del valore medio del periodo di riferimento.

I dati della stazione di Revello presentano in tutti gli anni, in modo anomalo rispetto alle altre stazioni, un aumento delle concentrazioni di NO_2 anche nei mesi estivi, verosimilmente riconducibile alle emissioni dei motori utilizzati per estrarre l'acqua dai pozzi irrigui nei dintorni della centralina dove è praticata la coltura del mais.

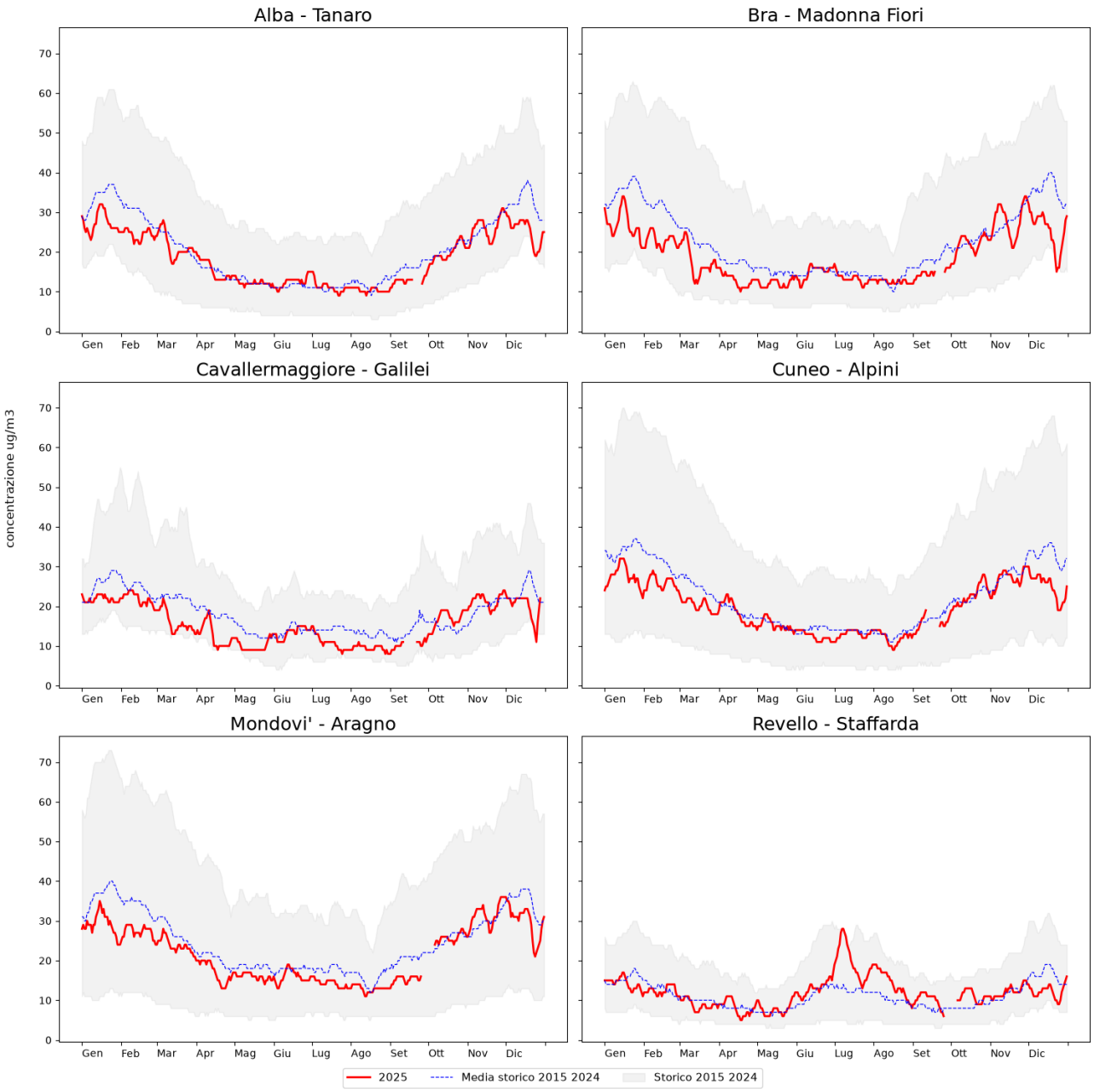


Figura 105: NO_2 Provincia di Cuneo: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Siccome per gli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per le stazioni urbane sono state calcolate le “settimane medie” su base oraria dell’anno 2025, considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio, febbraio – linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto – linea tratteggiata) e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Le stazioni sono state suddivise in due grafici, riportati in Figura 106, separando le due della zona sud da quelle della zona nord della provincia. Per ciascuna stazione, oltre alle differenze tra i trimestri freddi e quelli caldi, sono ben visibili le modulazioni orarie delle concentrazioni legate direttamente alle attività antropiche, con picchi evidenti coincidenti con le ore di punta del traffico, e la riduzione delle concentrazioni nelle domeniche. Tra le due zone, in particolare per il trimestre invernale,

emergono differenze: nella zona nord i minimi notturni rimangono a valori più elevati (verosimilmente a causa delle maggiori condizioni di accumulo) mentre i valori centrali della giornata scendono a valori prossimi al minimo notturno.

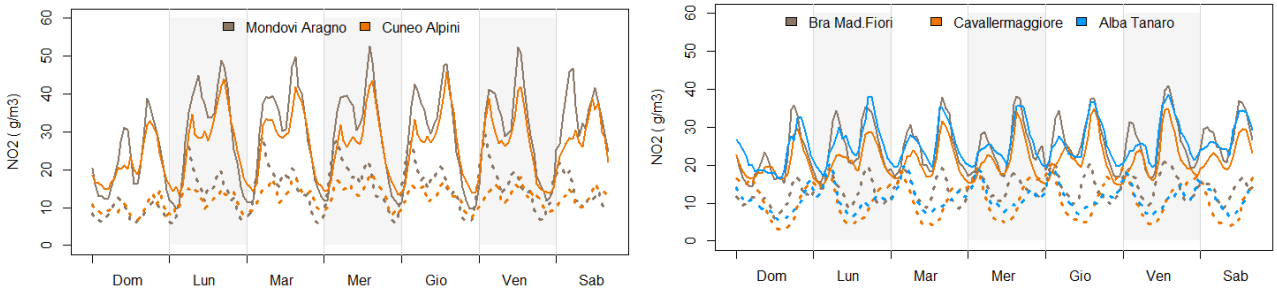


Figura 106: NO_2 Provincia di Cuneo: settimane medie delle stazioni dei centri abitati della zona sud (a sinistra) e della zona nord (a destra). Le linee continue si riferiscono al trimestre invernale, le linee tratteggiate al trimestre estivo.

7.5.5 Ozono (O_3)

L'inquinante viene misurato presso le stazioni di fondo urbano di Alba e Cuneo, ed in quelle di fondo rurale di Revello e Saliceto.

L'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana, che dovrebbero essere inferiori a 25 volte per anno civile come media su 3, è illustrato nei grafici della Figura 107 per gli anni dal 2005 al 2025 (il dato attribuito al 2025 è relativo al triennio 2023-2025). Il numero medio dei giorni di superamento dell'ultimo triennio per la prima volta è risultato inferiore alla soglia prevista in tre su quattro delle stazioni della provincia. Anche per questo inquinante è evidente come, per le stazioni dove la misura è iniziata nel 2003, si sia verificato un miglioramento nel tempo (quantificato nel corrispondente paragrafo della sezione regionale); è altresì evidente come la situazione si sia pressoché stabilizzata negli ultimi anni, mantenendo una variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteorologiche. Nell'estate 2025 in particolare, i numeri di superamenti sono stati limitati grazie alle temperature più contenute dei mesi di maggio, luglio e settembre. I superamenti del valore obiettivo sono stati per la maggior parte registrati nelle diverse stazioni nei mesi di giugno e agosto.

I grafici di Figura 108 rappresentano, per ogni giorno del 2025, la concentrazione massima oraria raggiunta di ozono (in rosso), confrontata con i valori massimi, minimi (banda grigia del grafico) e medi (linea blu tratteggiata) dei massimi orari misurati dalla medesima stazione negli anni disponibili all'interno del periodo di riferimento (2014-2024). Gli andamenti evidenziano innanzitutto il comportamento stagionale dell'inquinante, ovvero come le concentrazioni crescano in modo progressivo in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi, per tornare nuovamente a diminuire in autunno quando, radiazione solare e temperatura dell'aria che ne favoriscono la formazione, tornano a ridursi.

Relativamente al 2025, si può osservare come le concentrazioni abbiano raggiunto i valori maggiori, superando anche la media del periodo di riferimento, ma rimanendo per lo più entro i massimi, nel mese di giugno, che è stato il mese più caldo del trimestre estivo, arrivando ad avere anomalie termiche positive rispetto alla norma climatica di oltre 3 °C ed in corrispondenza dell'ondata di calore durata, sul Piemonte, circa dall'8 al 19 agosto.[49]

Nel corso del 2025 in nessuna stazione della provincia è stata superata la soglia di informazione di 180 µg/m^3.

1 [49] Il clima in Piemonte - Estate 2025 - Rischi Naturali ed Ambientali - Arpa Piemonte

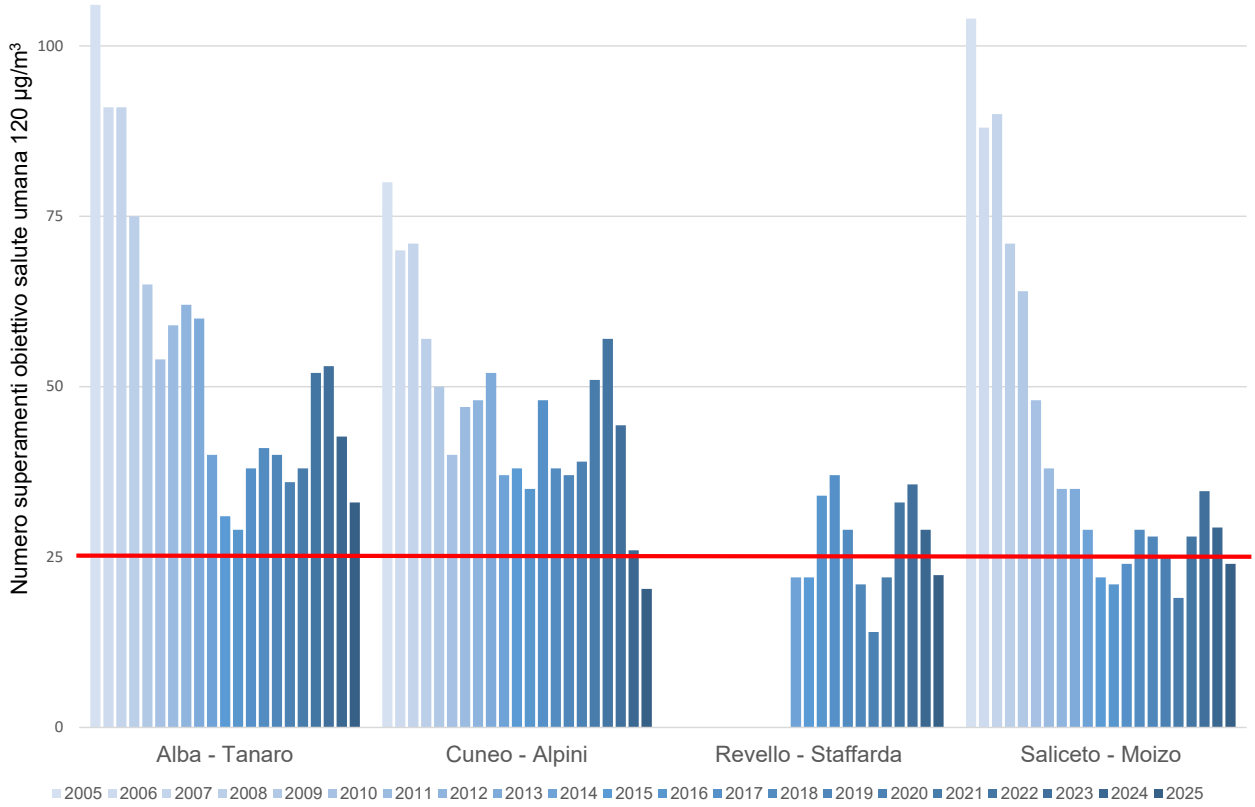


Figura 107: O_3 Provincia di Cuneo: numero superamenti obiettivo salute umana.

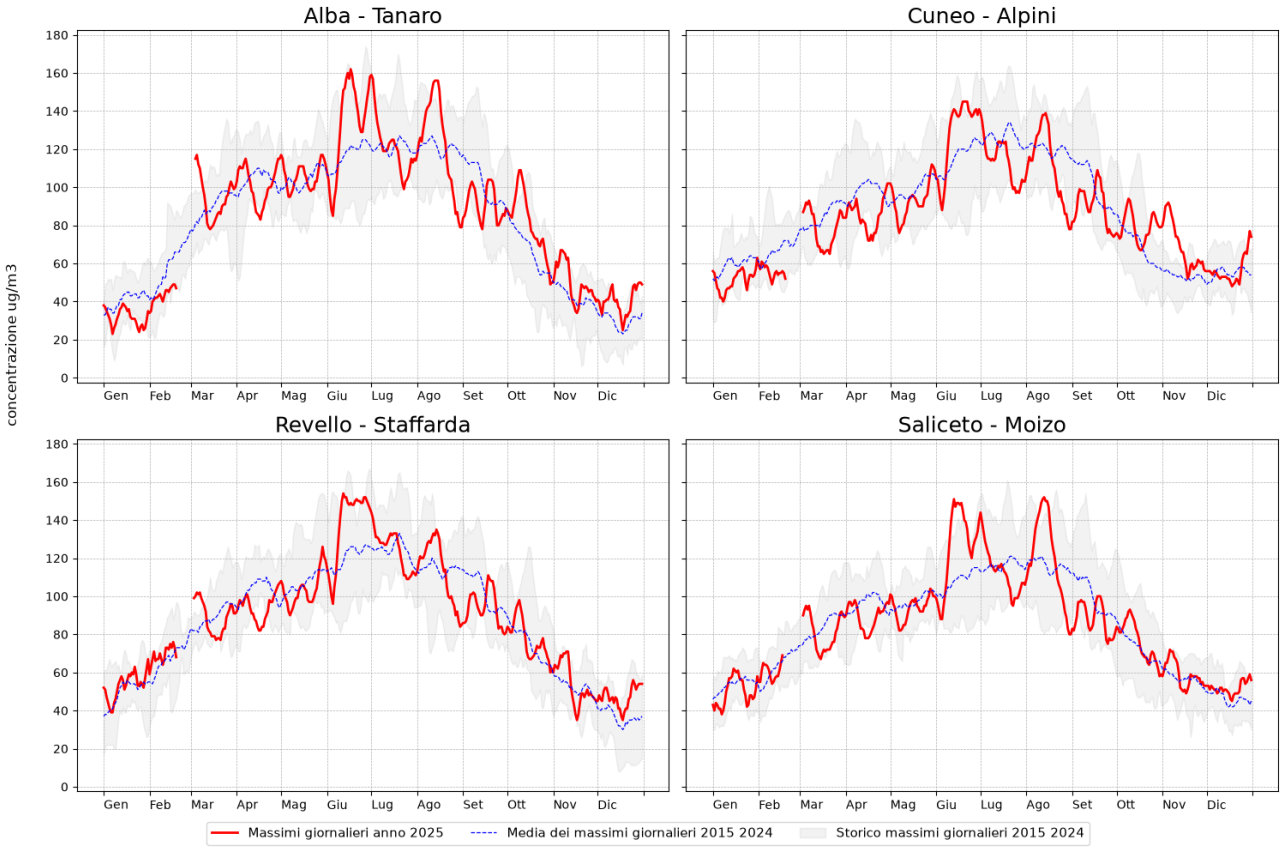


Figura 108: O_3 Provincia di Cuneo: serie temporale delle massime concentrazioni orarie di ciascun giorno del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

7.6 Provincia di Novara

In provincia di Novara le stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria si trovano nel capoluogo di Provincia con la stazione di fondo Novara - Arpa e la stazione da traffico Novara - Roma, due stazioni in prossimità di un sito caratterizzato da importanti insediamenti industriali (Cerano e Trecate) e, più a nord, le stazioni di Borgomanero e Castelletto Ticino, così come raffigurato in Figura 109.

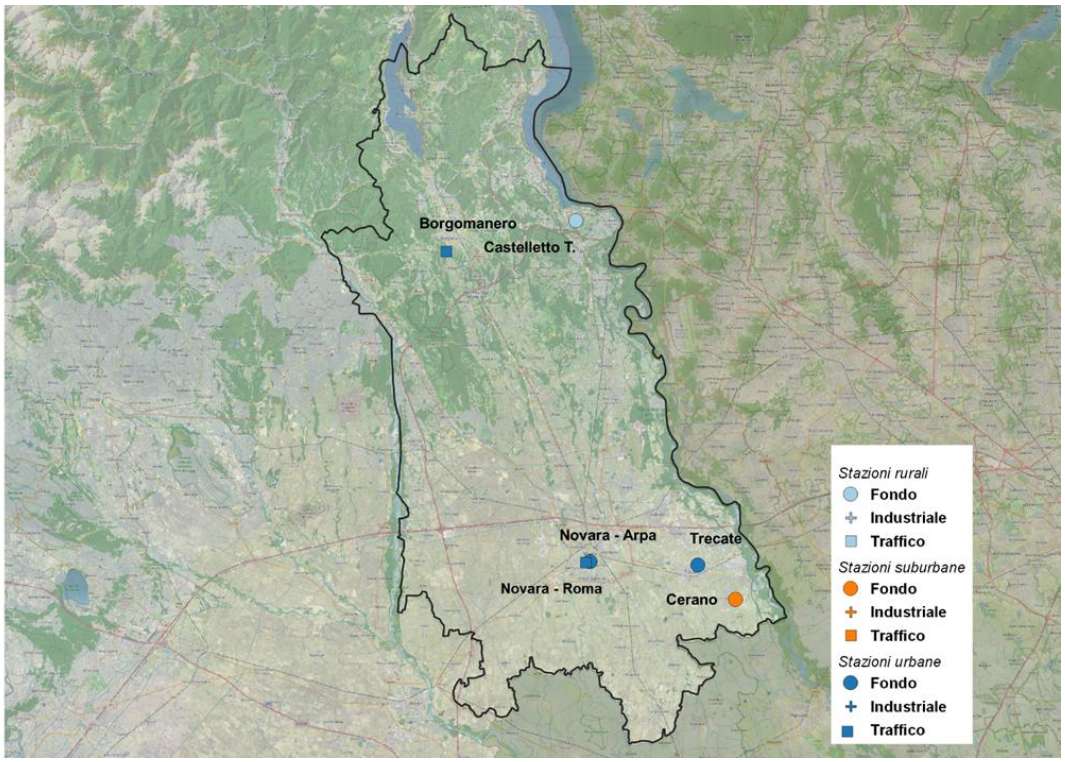


Figura 109: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento provincia di Novara.

7.6.1 Particolato sospeso: PM10

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici di Figura 110 e Figura 111, dove sono confrontate le concentrazioni medie ed il numero di superamenti del limite giornaliero di PM10 registrato presso le stazioni attive nel 2025 a partire, ove disponibili, dai dati del 2003.

I dati del 2025 evidenziano valori medi annuali al di sotto del valore limite di 40 µg/m^3 per tutte le stazioni della rete ed un numero di superamenti del valore limite giornaliero rispettato. Le medie annuali risultano in linea con l'anno precedente, mentre le giornate di superamento del valore limite giornaliero (50 µg/m^3 da non superare in più di 35 giorni/anno) sono risultate in netto calo.

Come si può osservare, l'andamento dell'inquinante è complessivamente migliorato nel tempo ed il limite sulla media annua, a partire dal 2009, è costantemente rispettato su tutto il territorio della provincia. Le oscillazioni che in generale si registrano nei livelli degli ultimi anni sono dovute principalmente alla variabilità metereologica.

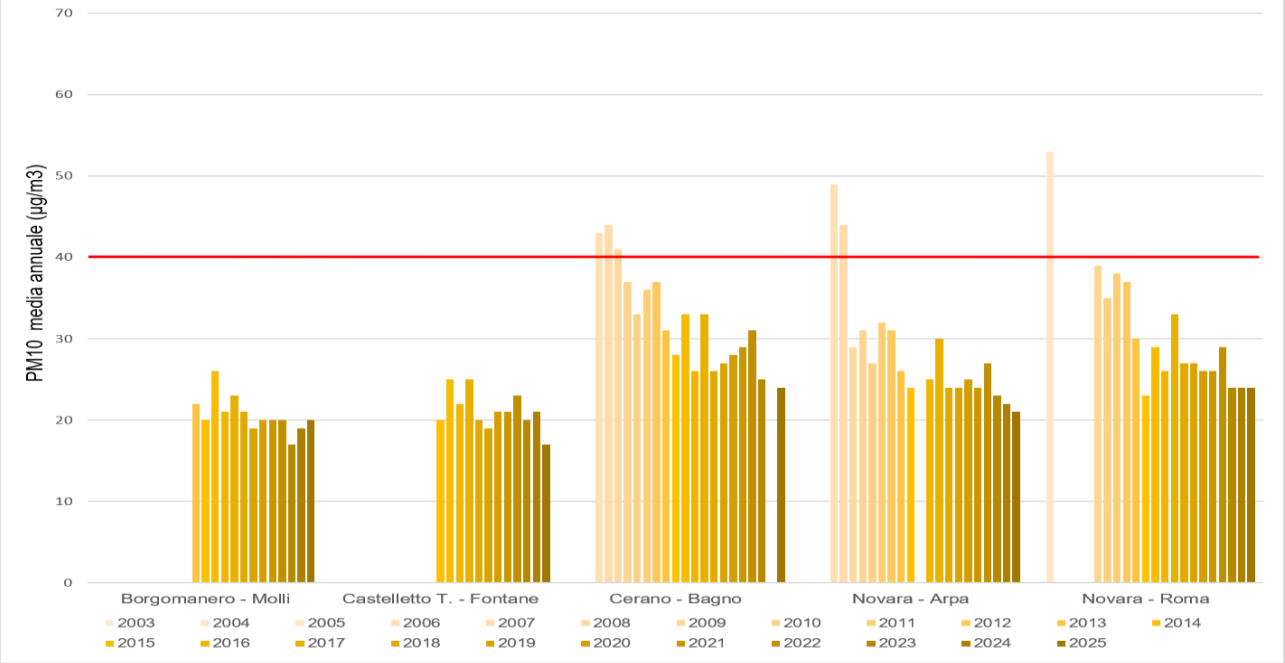


Figura 110 - PM10: confronto fra medie annue

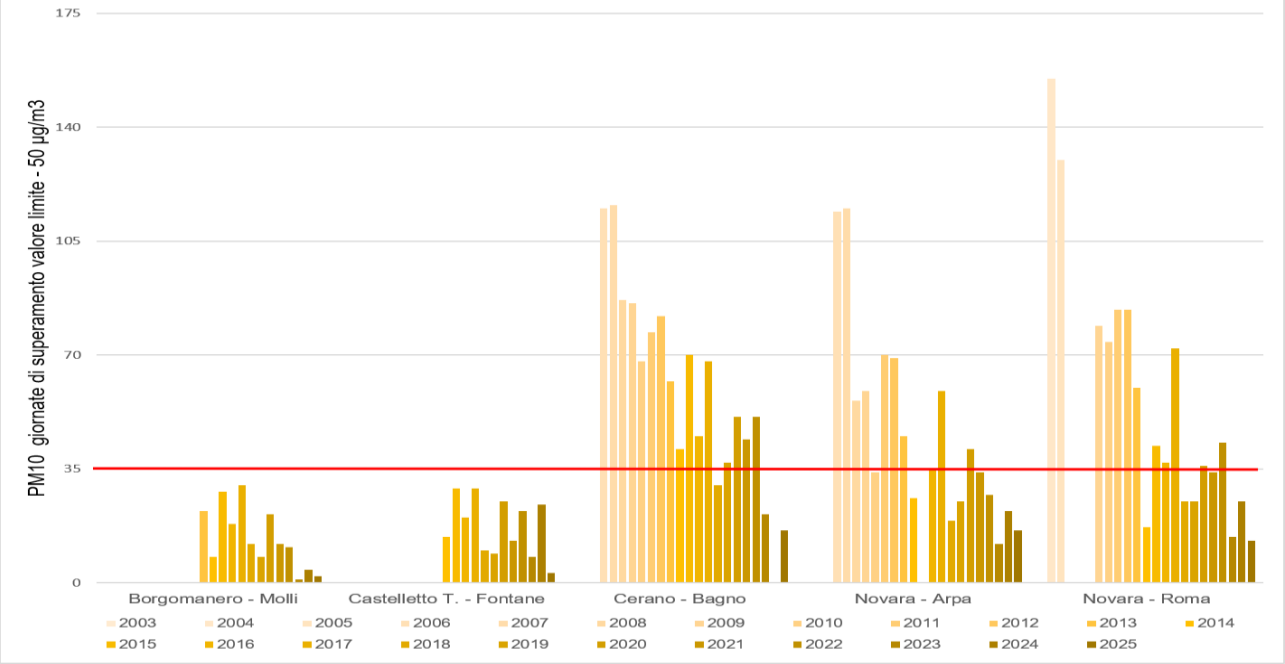


Figura 111 - PM10: numero di superamenti del limite giornaliero

Le serie temporali delle concentrazioni di polveri sottili (PM10), misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia rispetto al periodo di riferimento 2015-2024, sono riportate nella Figura 112. Per una migliore leggibilità dei grafici, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni giornaliere. Nei grafici le concentrazioni del 2025 (linea rossa) sono confrontate con i valori minimi e massimi storici (banda grigia) e con la media storica (linea blu tratteggiata) registrati dalla medesima stazione nel periodo di riferimento.

Gli andamenti evidenziano il tipico comportamento stagionale del PM10, caratterizzato da concentrazioni generalmente più elevate nel semestre freddo e più contenute nel periodo primaverile ed estivo. Nel corso del 2025 le concentrazioni hanno mostrato una marcata variabilità temporale, con differenze tra le diverse stazioni. In generale, i valori rilevati si sono mantenuti frequentemente

al di sotto della media storica tra gennaio e l'inizio di febbraio, durante parte dei mesi primaverili ed estivi e in alcune fasi comprese tra novembre e dicembre, evidenziando condizioni generalmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Al contrario, si osservano episodi caratterizzati da concentrazioni superiori ai valori medi di riferimento e, localmente, anche prossime o superiori ai limiti dell'intervallo storico.

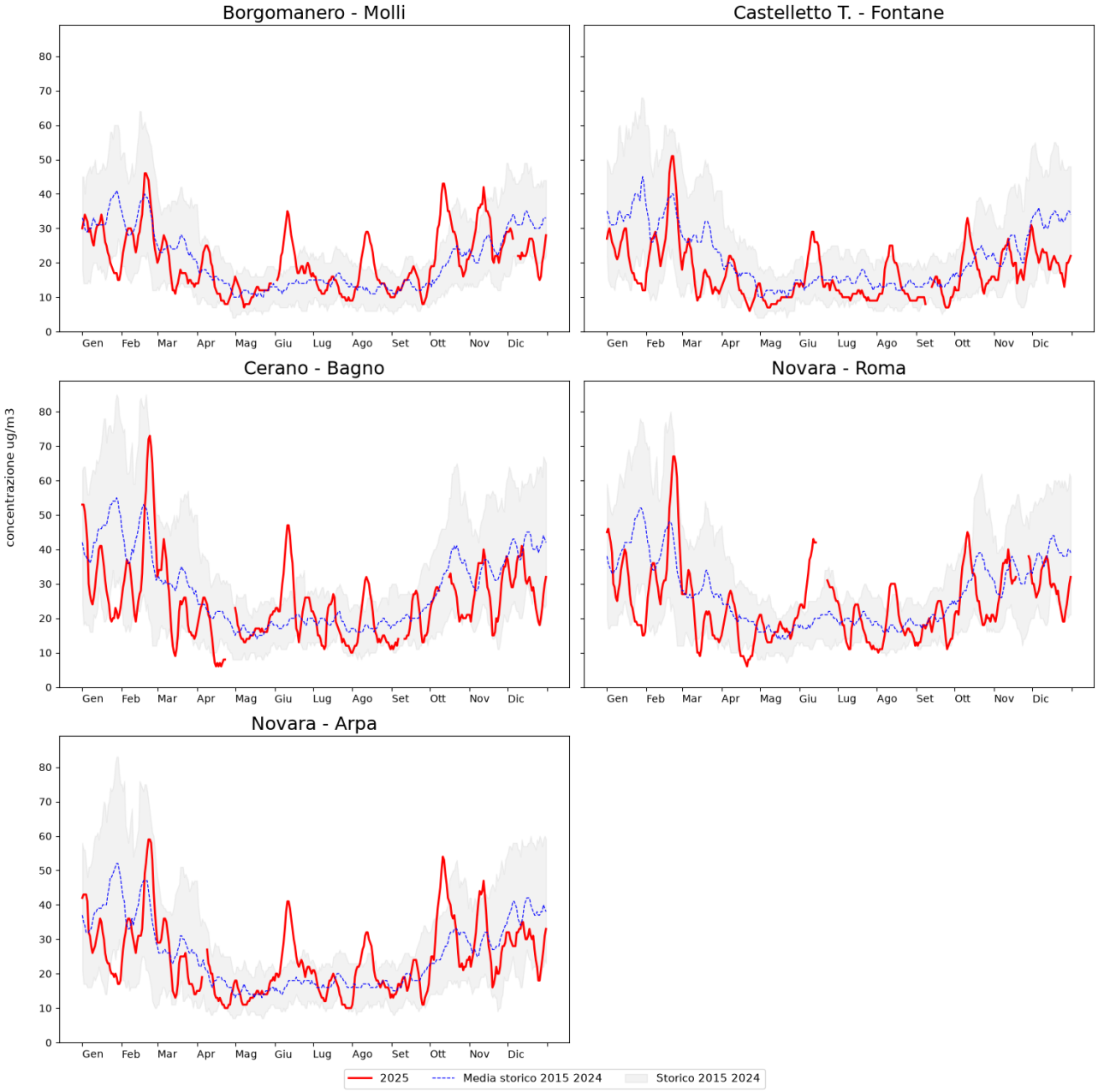


Figura 112 - PM10 Provincia di Novara: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Gli episodi più significativi sono stati registrati nella seconda metà di febbraio e tra giugno e agosto, quando tutte le stazioni hanno evidenziato incrementi marcati delle concentrazioni, con valori che in alcuni casi si sono avvicinati al limite superiore dell'intervallo storico. Ulteriori aumenti, meno diffusi sul territorio, sono stati osservati nei mesi di ottobre e novembre. Gli episodi più intensi risultano compatibili con condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti e con eventi di trasporto a lunga distanza di particolato atmosferico.

Nel corso dell'anno si sono verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso l'Italia. Dall'analisi degli eventi, stimati dal modello nazionale utilizzato operativamente da ISPRA, risulta che in provincia di Novara i giorni interessati da eventi di dust, di intensità variabile, sono stati compresi tra 32 e 41, a seconda dell'area considerata. Gli effetti di tali eventi sono risultati particolarmente evidenti nei mesi di giugno e agosto, mentre in altri casi il contributo del trasporto sahariano è apparso meno palese. L'evento registrato a giugno potrebbe essere anche dipeso, soprattutto nei primi giorni, dalle polveri provenienti dai vasti incendi che hanno interessato il Canada. Studi recenti[50,51] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

Sempre relativamente al particolato atmosferico, si osserva come, oltre all'andamento stagionale delle concentrazioni, vi siano nel corso dell'anno importanti oscillazioni, dovute alle differenti condizioni meteorologiche: massimi di concentrazione corrispondenti, generalmente, a periodi di alta pressione persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento).

L'influenza delle condizioni meteorologiche sulle concentrazioni di PM10 è illustrata in Figura 113, nella quale sono rappresentati i giorni di accumulo a livello regionale[52], le precipitazioni giornaliere e l'intervallo delle concentrazioni medie giornaliere rilevate dalle stazioni della provincia nell'anno 2025 (banda grigia). Risulta evidente come le concentrazioni di questo inquinante presentino un andamento sostanzialmente omogeneo tra tutte le stazioni, caratteristica riconducibile ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera, nonché alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Durante le giornate caratterizzate da condizioni di accumulo, le concentrazioni risultano generalmente elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero, in particolare in alcuni giorni dei mesi di gennaio, febbraio, ottobre, novembre e dicembre. Al contrario, in corrispondenza degli eventi precipitativi si osserva una riduzione dei livelli di PM10. Nel corso del 2025 si rileva inoltre una frequenza elevata di giornate piovose, fattore che ha contribuito a contenere le concentrazioni dell'inquinante. Fa eccezione quanto osservato nei mesi di giugno e agosto, quando gli episodi di trasporto di polveri di origine desertica (dust) non sono stati significativamente attenuati dalle precipitazioni, determinando incrementi delle concentrazioni di PM10, anche in presenza di condizioni meteorologiche generalmente favorevoli alla dispersione.

[50] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[51] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

[52] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

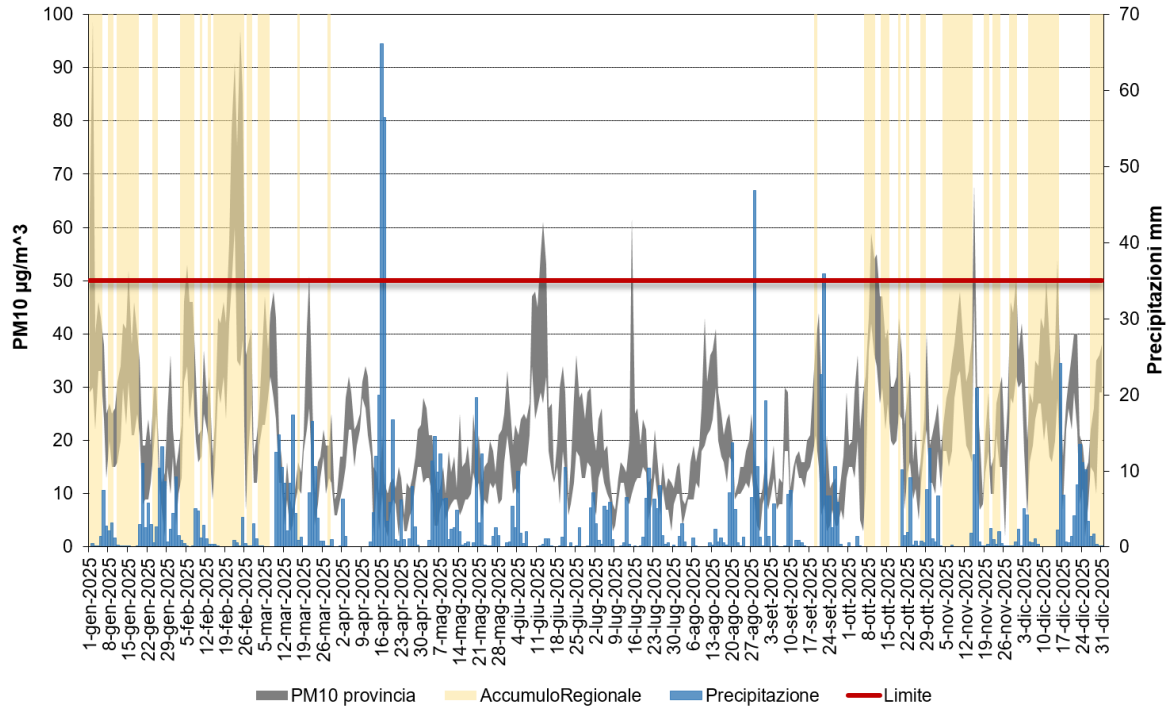


Figura 113 - PM10 Provincia di Novara: range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della provincia in ciascun giorno del 2025; precipitazioni regionali cumulate giornaliere; indicatore di accumulo regionale.

7.6.2 Benzo(a)pirene nel PM10

In Figura 114 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di Benzo(a)pirene (quantificato sul PM10), registrate nelle stazioni della provincia ove è determinato, ed i valori della percentuale in cui è presente nel PM10 sempre su base mensile (per la stazione di Borgomanero il PM10 di riferimento è determinato con analizzatore automatico).

Analogamente agli inquinanti polveri sottili ed ossidi di azoto, anche i valori medi mensili di Benzo(a)pirene nel particolato presentano una variazione stagionale notevole: concentrazioni basse, uniformi e nettamente inferiori alla media annuale nei mesi caldi, generalmente da aprile a settembre, e concentrazioni maggiori nei mesi invernali.

Infatti, nei mesi più caldi l'elevata radiazione solare contribuisce alla degradazione degli IPA, mentre nei mesi freddi e autunnali si creano condizioni di inversione termica favorevoli all'accumulo degli inquinanti. In particolare, le polveri PM10 risultano arricchite di questi composti dovuti principalmente al contributo delle emissioni da combustione della legna per il riscaldamento domestico.

Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

In tutti i punti di misura della provincia - Cerano, Novara - Arpa, Novara - Roma e Borgomanero - nell'anno 2025, analogamente agli anni precedenti, le concentrazioni di media annua di Benzo(a)pirene nel PM10 risultano ampiamente inferiori al valore obiettivo fissato dalla normativa a 1.0 ng/m^3. Le concentrazioni rilevate sono comprese tra 0.2-0.3 ng/m^3 per le stazioni di Novara e Cerano e di 0.4 ng/m^3 per la stazione di Borgomanero, dove probabilmente è un po' più diffuso l'utilizzo della legna per il riscaldamento domestico, rispetto agli altri due siti.

Pertanto, non si evidenziano criticità, anche considerando l'andamento mensile del contributo percentuale di Benzo(a)pirene al PM10 (Figura 114). In generale, l'inquinante presenta un trend (statisticamente significativo) in diminuzione in tutte le stazioni della rete (paragrafo 5.5).

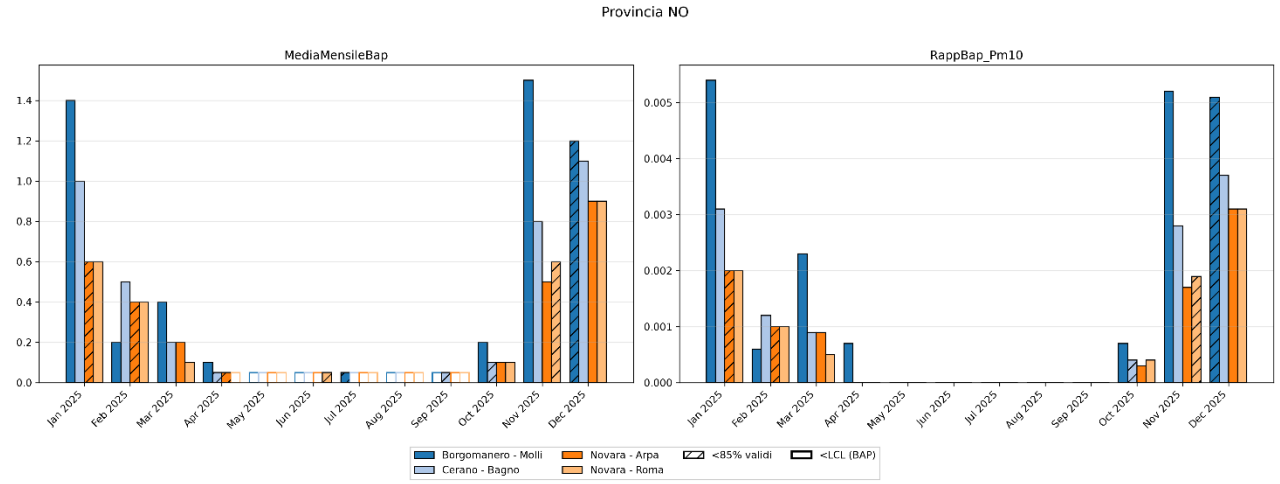


Figura 114: Benzo(a)pirene provincia di Novara: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili nel PM10 anno 2025 (istogramma a barre se dati PM10 e/o B(a)P inferiori al 85% su base mensile)

7.6.3 Particolato sospeso: PM2.5

Nella Figura 115, si osservano, le concentrazioni medie delle polveri PM2.5, rilevate negli anni presso le due stazioni della rete provinciale a partire dal 2010 dove disponibili.

Solo nell'anno 2011 la stazione di Novara - Arpa, classificata di fondo urbano, presenta un valore superiore al limite normativo, mentre la stazione di Borgomanero, classificata da traffico, presenta valori sempre inferiori al limite. Nel 2025 si è registrato un lieve incremento delle concentrazioni in entrambe le stazioni, ma comunque con valori inferiori rispetto agli anni precedenti al 2022.

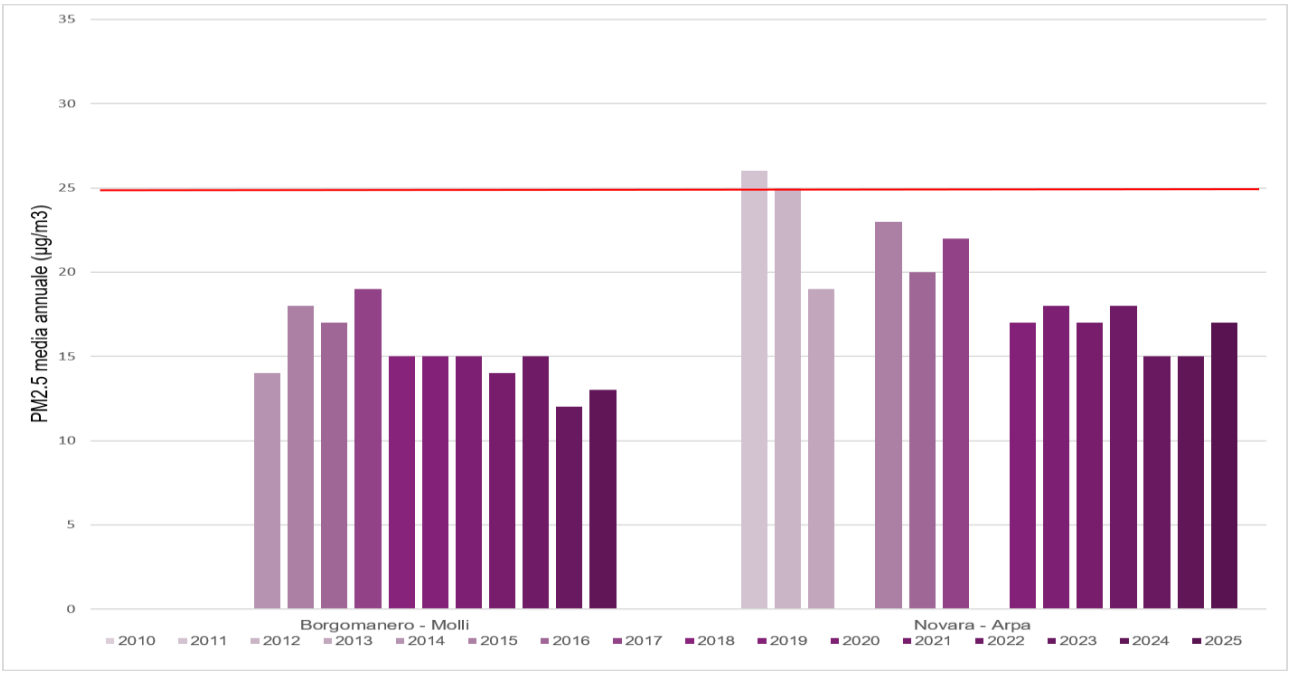


Figura 115 - PM2.5: confronto tra medie annue

7.6.4 Biossido di azoto (NO_2)

Nella Figura 116 sono confrontate le concentrazioni medie di NO_2 rilevate presso le stazioni della rete provinciale, ove disponibili, a partire dall'anno 2003 ed attive nel 2025, da cui si evince che nel 2025 il valore limite annuale (40 µg/m^3) è rispettato in tutte le stazioni della provincia.

Essendo gli ossidi di azoto principalmente emessi dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico, come la stazione di Novara - Roma in cui nell'anno 2025 la concentrazione media è stata pari a 28 µg/m^3, mentre la stazione di Borgomanero, pur classificata da traffico, ha registrato un dato medio più basso pari a 19 µg/m^3.

Nelle restanti stazioni di fondo di Novara - Arpa, Cerano e Trecate, le medie rilevate si sono attestate tra 18 e 23 µg/m^3, mentre la stazione di fondo rurale di Castelletto Ticino ha presentato il dato più basso della provincia, pari a 15 µg/m^3. In generale, per il parametro si sta osservando una tendenza alla riduzione delle concentrazioni medie annue nel corso degli anni.

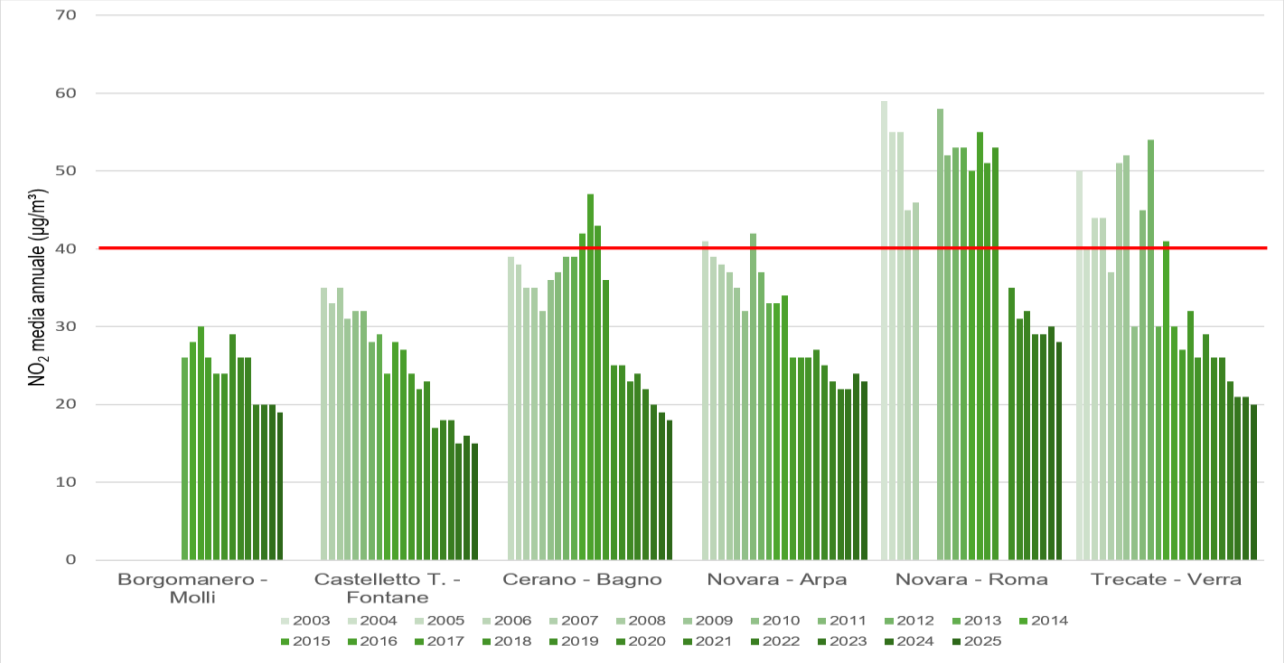


Figura 116 - NO_2: confronto tra medie annue

Le serie temporali delle concentrazioni del biossido di azoto NO_2, misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia sono rappresentate in Figura 117 come medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni medie giornaliere. Anche per questo inquinante viene evidenziato il caratteristico comportamento stagionale. In tutte le stazioni della provincia i dati relativi all'anno 2025 (linea rossa) mostrano livelli mediamente più bassi, rispetto al periodo di riferimento 2015-2024 (linea blu tratteggiata, minimi e massimi banda grigia), confermando la tendenza al miglioramento.

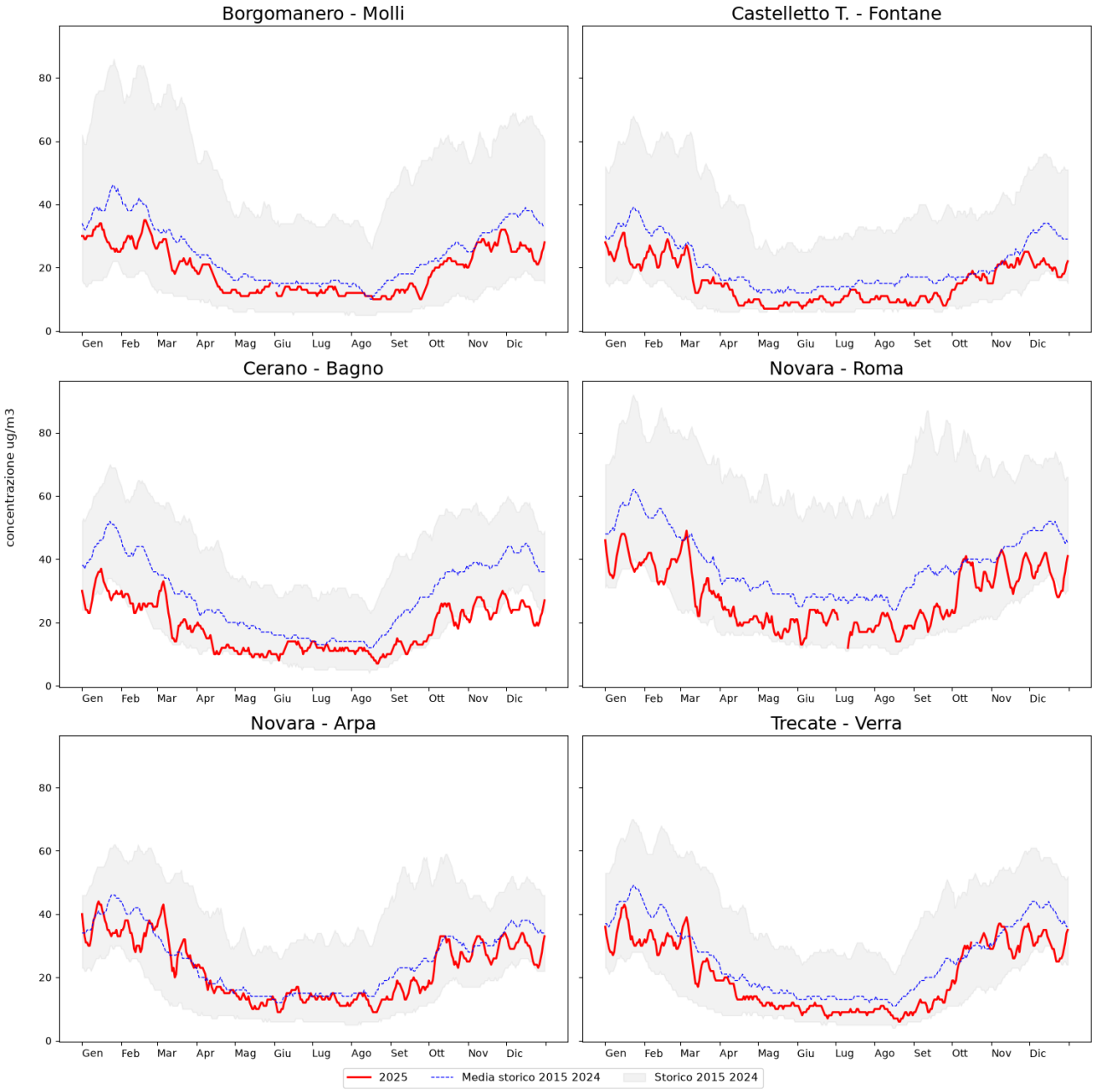


Figura 117 – NO_2 Provincia di Novara: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

Siccome per gli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per le stazioni sotto riportate sono state calcolate le “settimane medie” su base oraria dell’anno 2025, considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio, febbraio – linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto – linea tratteggiata) e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Il confronto degli andamenti del NO_2 nei diversi giorni della settimana (Figura 118), rilevati nella stazione di fondo rurale di Castelletto Ticino (linea arancione) e nella stazione da traffico di Novara - Roma (linea grigia), evidenzia le differenze di concentrazione dell’inquinante nei due differenti periodi meteorologici e la riduzione di concentrazione la domenica, in particolare la mattina, in entrambi i siti. Come prevedibile i picchi mattutini e serali, dovuti principalmente al traffico veicolare

degli spostamenti casa-lavoro, risultano più elevati presso la stazione da traffico rispetto a quella di fondo. Inoltre, considerata la somiglianza dei profili delle concentrazioni rilevati nelle due differenti stazioni, si conferma che Castelletto Ticino, pur trovandosi sotto una delle rotte dell'aeroporto di Malpensa, non risulta particolarmente gravato dalle sue potenziali ricadute emissive.

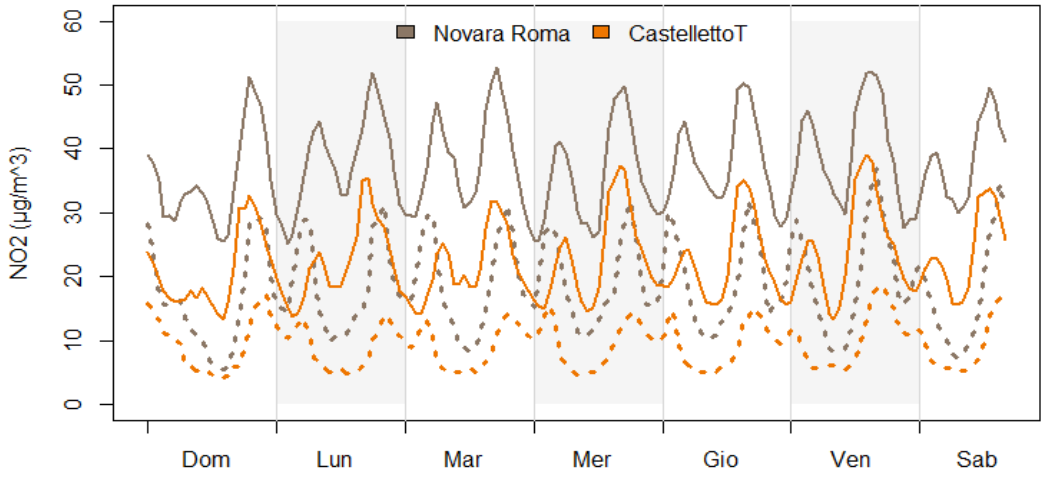


Figura 118 – NO_2 Provincia di Novara: settimane tipo stazioni di Novara - Roma e Castelletto Ticino

7.6.5 Ozono (O3)

L'inquinante ozono nella provincia di Novara è misurato presso la stazione di fondo urbano Novara - Arpa ed in quella di fondo rurale di Castelletto Ticino.

In Figura 119 è riportato l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana pari a 120 µg/m^3, da non superarsi per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni, rilevati dal 2005 al 2025 (il dato attribuito al 2025 è relativo al triennio 2023-2025). Il valore obiettivo risulta sistematicamente disatteso in entrambe le stazioni.

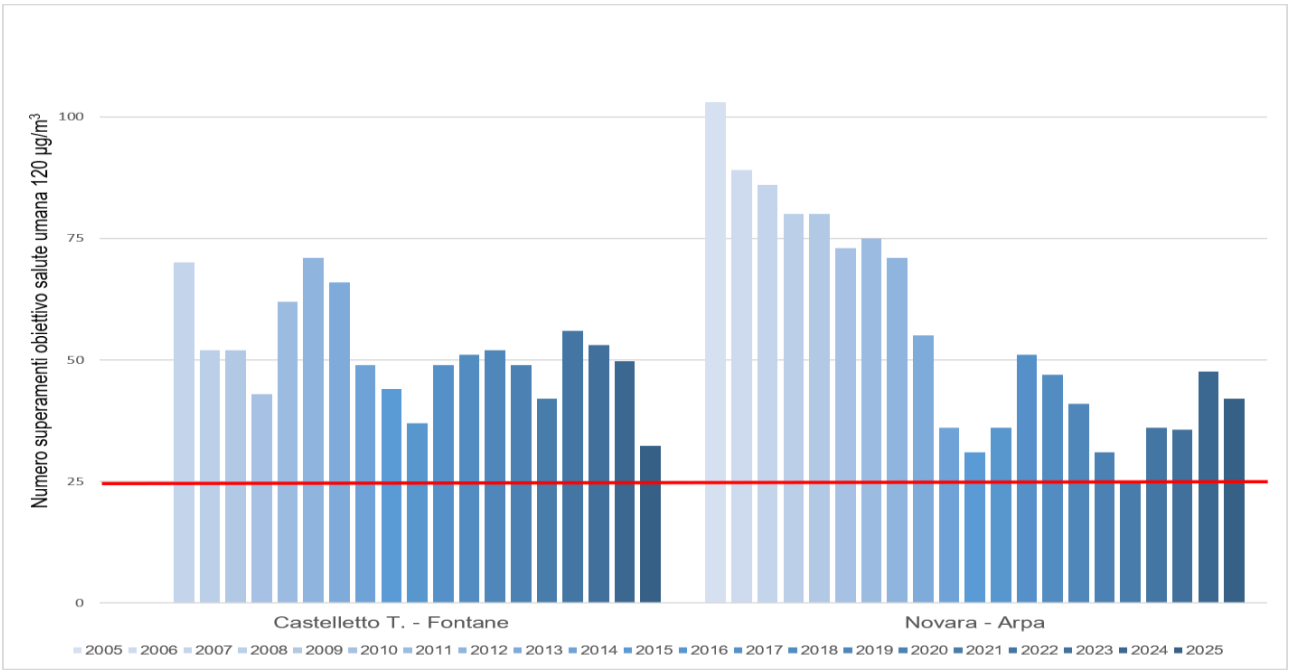


Figura 119 - O_3: numero superamenti del valore obiettivo per la salute umana

Nel corso del periodo analizzato, dopo un iniziale miglioramento, non emerge un trend di diminuzione significativo e stabile, a conferma della persistente criticità associata a questo inquinante. Al contrario, si osserva un'elevata variabilità interannuale, riconducibile principalmente alle condizioni meteorologiche estive, che influenzano in modo determinante i processi fotochimici di formazione dell'ozono. Dopo il minimo registrato nel triennio centrato sul 2021, unico periodo in cui il valore obiettivo risulta rispettato presso la stazione di Novara-Arpa, si osserva una ripresa del numero di superamenti in entrambe le stazioni. Il dato relativo al 2025 conferma il permanere del mancato rispetto del valore obiettivo, con livelli che si mantengono superiori alla soglia normativa sia a Novara - Arpa sia a Castelletto Ticino, in linea con quanto osservato a scala regionale.

Per quanto riguarda l'andamento delle concentrazioni di ozono, espresse come media mobile su 7 giorni[53], la Figura 120 evidenzia il tipico ciclo stagionale dell'inquinante, caratterizzato da valori contenuti nel periodo invernale e da un progressivo incremento nel corso della primavera fino al raggiungimento dei massimi estivi, in concomitanza con l'aumento dell'irraggiamento solare e delle temperature, fattori che favoriscono i processi fotochimici di formazione dell'ozono.

Per la stazione di Novara - Arpa, il profilo registrato nel 2025 (linea rossa) mostra alcuni scostamenti rispetto al comportamento del periodo di riferimento 2015-2024. In particolare, tra marzo e la prima metà di agosto si osservano concentrazioni generalmente superiori alla media storica degli ultimi dieci anni (linea blu tratteggiata). Presso la stazione di Castelletto Ticino, invece, l'andamento del 2025 risulta sostanzialmente in linea con il riferimento storico, senza evidenti anomalie rispetto alla variabilità osservata negli anni precedenti.

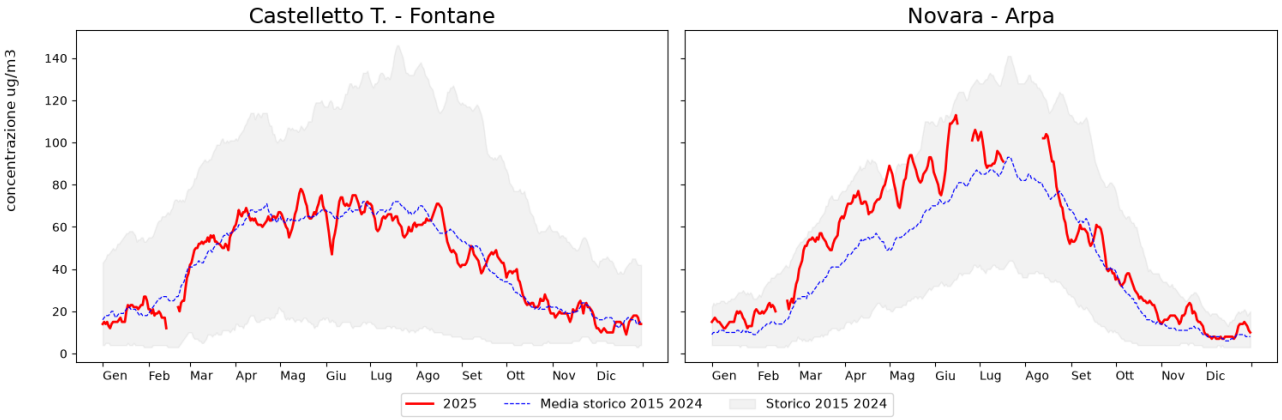


Figura 120 – O_3 Provincia di Novara: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

[53] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

7.7 Provincia del Verbano-Cusio-Ossola

In provincia del Verbano-Cusio-Ossola le stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria si trovano nel capoluogo di provincia con la stazione Verbania - Gabardi, nei due principali comuni, Domodossola e Omegna, una stazione a Pieve Vergonte, sito caratterizzato dalla presenza di importanti insediamenti industriali, e una in area alpina a 1637 m s.l.m., la stazione Baceno - Alpe Devero, così come raffigurato in Figura 121.

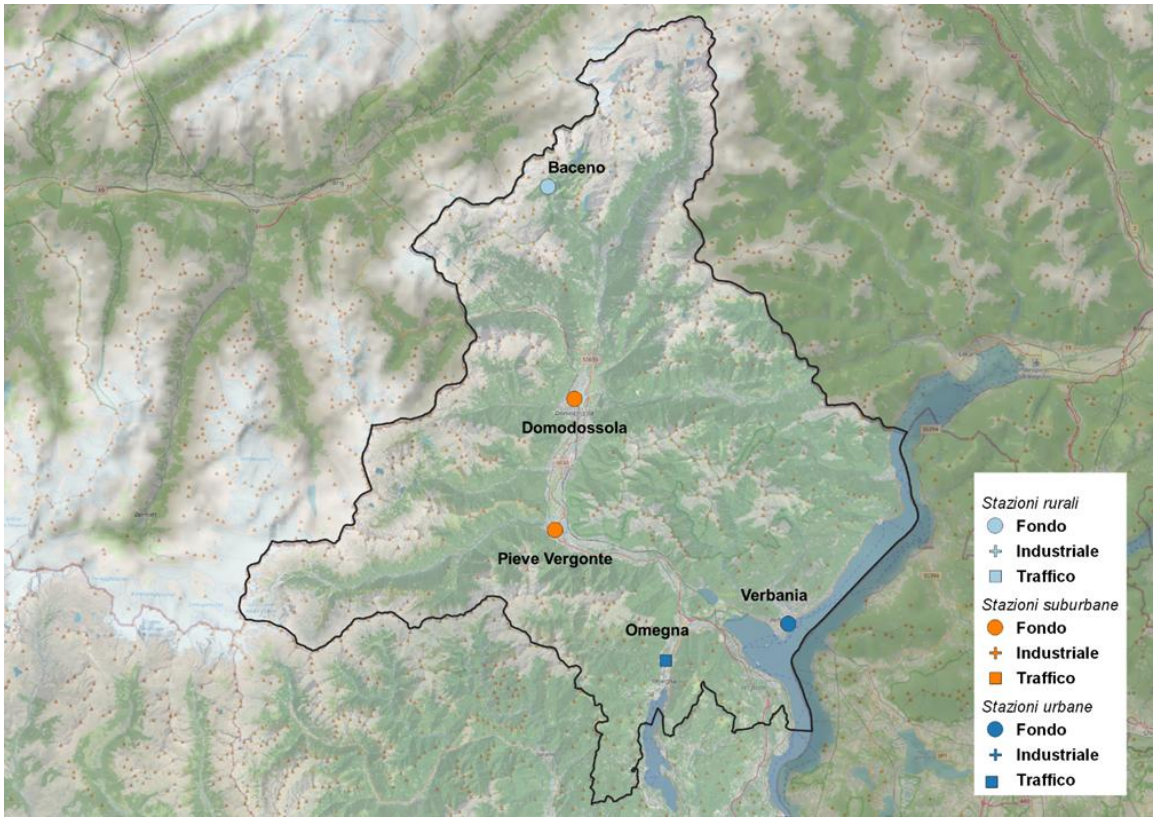


Figura 121: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento della provincia del Verbano-Cusio-Ossola

7.7.1 Particolato sospeso: PM10

La situazione rilevata annualmente presso ciascuna stazione della rete provinciale è illustrata nei grafici riportati in Figura 122 e Figura 123, nei quali sono confrontati i valori medi annui di PM10 e il numero di superamenti del valore limite giornaliero registrati dalle stazioni attive nel 2025, utilizzando, ove disponibili, le serie storiche a partire dal 2003.

Per la stazione di Baceno non sono disponibili i dati relativi al PM10 per l'anno 2025, in quanto la percentuale di dati validi acquisiti non ha raggiunto l'85%, soglia minima prevista dalla normativa europea per la valutazione del parametro. La stazione è comunque caratterizzata da basse concentrazioni di particolato, essendo ubicata in un'area montana di alta quota scarsamente influenzata da sorgenti emissive locali.

Per tutte le altre stazioni della provincia, i dati del 2025 evidenziano concentrazioni medie annuali inferiori al valore limite di 40 µg/m³ e il rispetto del limite relativo al numero massimo di superamenti della concentrazione media giornaliera.

Nel complesso, i livelli di PM10 mostrano una sostanziale stabilità nel corso degli ultimi anni; le variazioni osservate tra un anno e l'altro risultano prevalentemente attribuibili alle differenti condizioni meteorologiche che influenzano la dispersione e l'accumulo degli inquinanti in atmosfera.

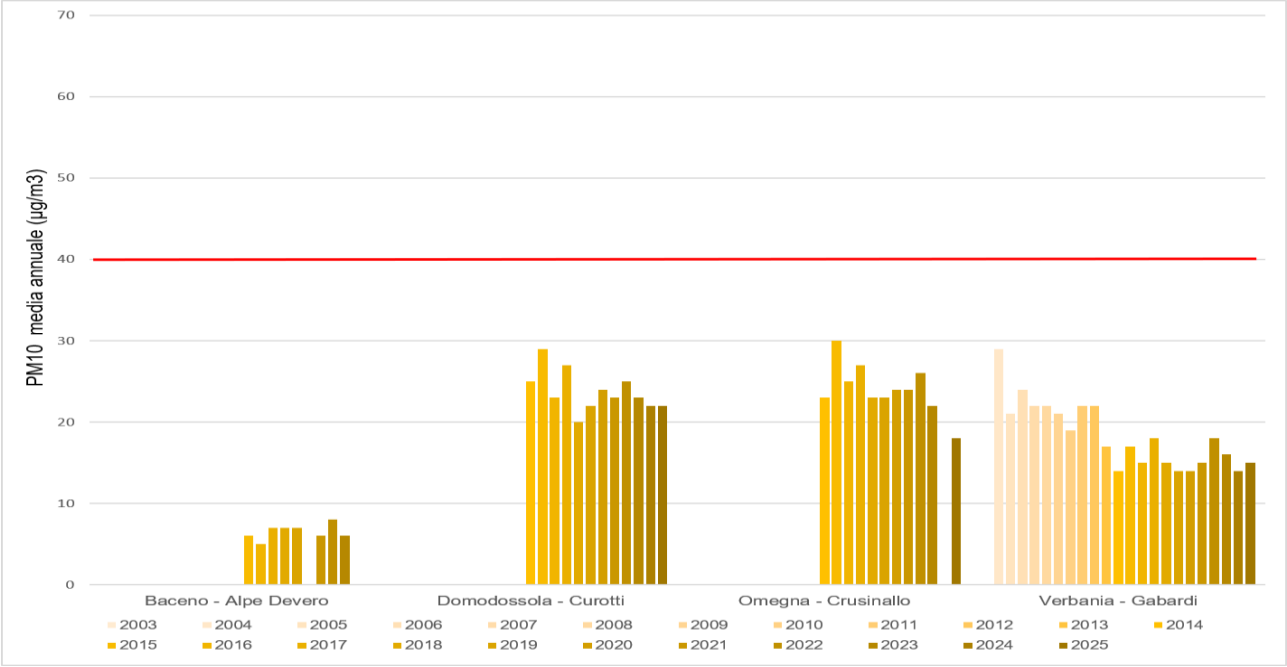


Figura 122 - PM10: confronto fra medie annue

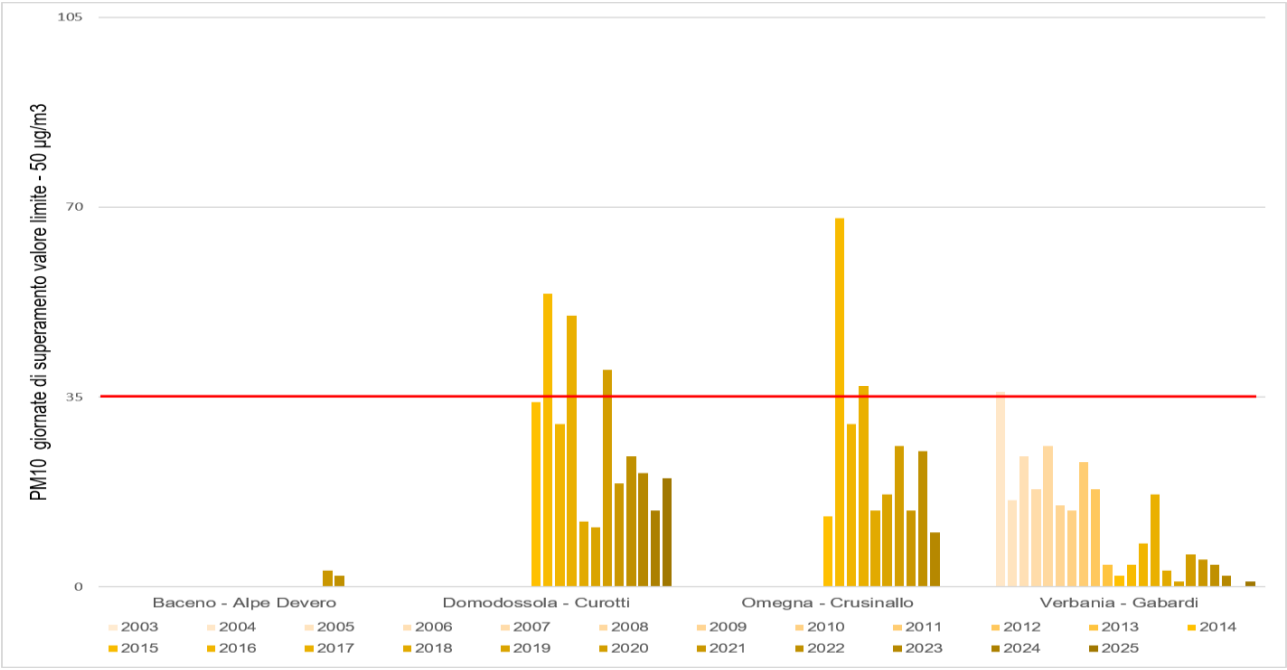


Figura 123 - PM10: numero di superamenti del limite giornaliero

Le serie temporali delle concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo compreso dal 1° gennaio e il 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia, rispetto al periodo di riferimento 2015-2024, sono riportate nella Figura 124. Al fine di migliorare la leggibilità dei grafici, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni giornaliere. Gli andamenti evidenziano il consueto comportamento stagionale del PM10, caratterizzato da concentrazioni generalmente più elevate nei mesi invernali e autunnali e da livelli più contenuti nel periodo primaverile ed estivo, in relazione alle condizioni meteorologiche maggiormente favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel corso del 2025 le concentrazioni hanno mostrato una significativa variabilità temporale, pur mantenendosi nella maggior parte dei casi all'interno dell'intervallo di variabilità storica. Presso le stazioni di Omegna-Crusinallo e Verbania-Gabardi i valori osservati

sono risultati frequentemente inferiori alla media del periodo 2015-2024, soprattutto nei mesi invernali iniziali, durante la primavera e in gran parte del periodo autunnale. La stazione di Domodossola-Curotti ha invece evidenziato concentrazioni generalmente più elevate rispetto alle altre stazioni provinciali, con diversi episodi in cui i valori registrati hanno superato la media storica, in particolare nei mesi di gennaio e febbraio.

Nel corso dell'anno si sono inoltre verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso il Nord Italia. Gli effetti di tali fenomeni risultano particolarmente riconoscibili in corrispondenza degli incrementi registrati nei mesi di giugno e agosto, quando le concentrazioni hanno mostrato aumenti simultanei nelle diverse stazioni della provincia. L'episodio di giugno potrebbe inoltre essere stato influenzato, almeno in parte, dal trasporto a grande distanza delle polveri prodotte dagli estesi incendi boschivi che hanno interessato il Canada. Studi recenti[54,55] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

Nel complesso, il confronto con il periodo storico evidenzia per il 2025 livelli di PM10 generalmente in linea o inferiori ai valori medi del decennio precedente, confermando una situazione complessivamente in miglioramento, pur in presenza di alcuni episodi temporanei di incremento delle concentrazioni legati a specifiche condizioni meteorologiche e ai fenomeni di trasporto di particolato su scala continentale.

[54] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[55] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

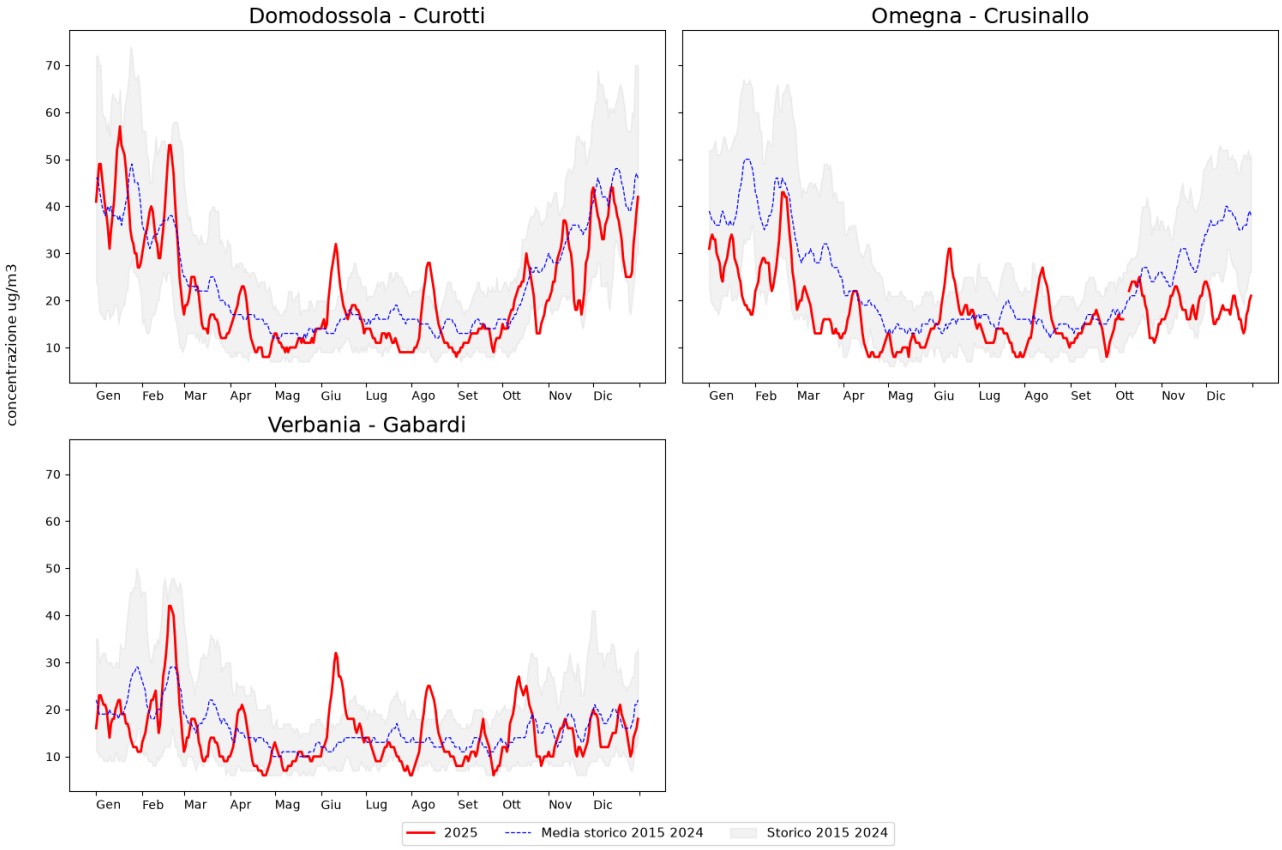


Figura 124 - PM10 Provincia di Verbania: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Relativamente alle polveri sottili, si osserva come, oltre all'andamento stagionale delle concentrazioni, vi siano nel corso dell'anno importanti oscillazioni, dovute alle differenti condizioni meteorologiche: massimi di concentrazione corrispondenti, generalmente, a periodi di alta pressione persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento).

L'influenza della meteorologia sulle concentrazioni di PM10 è esemplificata in Figura 125, dove sono rappresentati i giorni di accumulo a livello regionale[56], le precipitazioni giornaliere e l'intervallo delle concentrazioni medie giornaliere rilevate dalle stazioni della provincia nell'anno 2025 (banda grigia). Risulta evidente come le concentrazioni di questo inquinante presentino un andamento sostanzialmente omogeneo tra tutte le stazioni, caratteristica riconducibile ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera, nonché alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Durante le giornate caratterizzate da condizioni di accumulo, le concentrazioni risultano generalmente elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero, in particolare in alcuni giorni dei mesi di gennaio, febbraio, ottobre, novembre e dicembre. Al contrario, in corrispondenza degli eventi precipitativi si osserva una riduzione dei livelli di PM10. Nel corso del 2025 si rileva inoltre una frequenza elevata di giornate piovose, fattore che ha contribuito a contenere le concentrazioni dell'inquinante per buona parte dell'anno. Fa eccezione quanto osservato nei mesi di giugno e agosto, quando gli episodi di trasporto di polveri di origine desertica (dust) non sono stati

[56] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

significativamente attenuati dalle precipitazioni, determinando incrementi delle concentrazioni di PM10, anche in presenza di condizioni meteorologiche generalmente favorevoli alla dispersione.

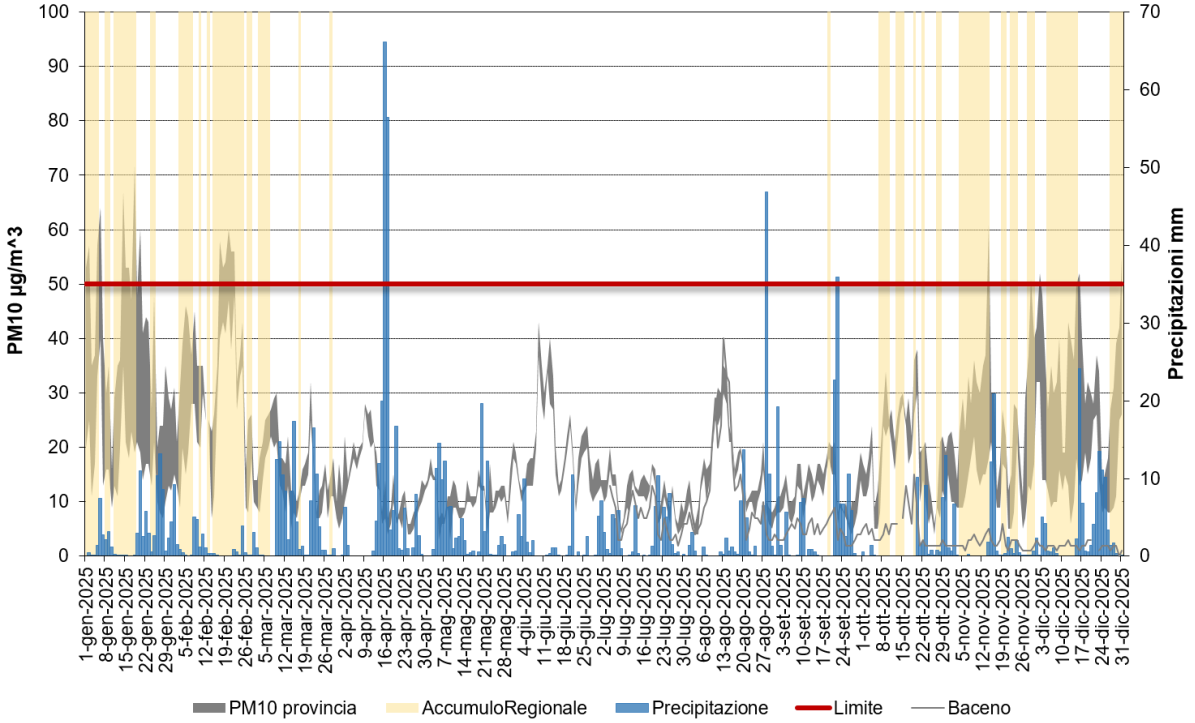


Figura 125 - PM10 Provincia di Verbania: range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della provincia in ciascun giorno del 2025; precipitazioni regionali cumulate giornaliere; indicatore di accumulo regionale.

7.7.2 Benzo(a)pirene nel PM10

In Figura 126 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di Benzo(a)pirene, determinato sulla frazione PM10, rilevate presso le stazioni della provincia in cui il parametro viene monitorato. Nella stessa figura è inoltre rappresentata, su base mensile, la percentuale di Benzo(a)pirene presente nel PM10 (determinato con analizzatore automatico).

Analogamente agli inquinanti polveri sottili ed ossidi di azoto, anche il Benzo(a)pirene evidenzia una marcata variabilità stagionale. Le concentrazioni risultano generalmente basse e relativamente uniformi durante il semestre caldo, indicativamente da aprile a settembre, mentre aumentano sensibilmente nel periodo autunnale e invernale. Tale andamento è determinato sia da fattori meteorologici sia dalle dinamiche emissive tipiche della stagione fredda. Nei mesi estivi, infatti, l'elevata radiazione solare favorisce la degradazione fotochimica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), mentre durante l'autunno e l'inverno le condizioni di maggiore stabilità atmosferica e i frequenti episodi di inversione termica favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera. A ciò si aggiunge il contributo delle emissioni derivanti dalla combustione della biomassa legnosa per il riscaldamento domestico, principale sorgente di Benzo(a)pirene sul territorio. Tale fenomeno risulta particolarmente evidente presso il sito di Domodossola, zona di fondovalle alpino, che anche nel 2025 ha registrato le concentrazioni più elevate di Benzo(a)pirene a livello regionale.

Il periodo invernale rappresenta pertanto la fase più critica dell'anno non solo sotto il profilo delle concentrazioni di particolato atmosferico, ma anche per quanto riguarda la presenza di microinquinanti organici associati alla frazione PM10. Dall'analisi dei dati riportati in Figura 126, si notano le concentrazioni più elevate di Benzo(a)pirene, presso la stazione di Domodossola, dove la media annuale ha raggiunto 1,0 ng/m³, valore coincidente con il valore obiettivo stabilito dalla normativa vigente. Non si evidenziano invece particolari criticità presso la stazione di Verbania che

per il settimo anno consecutivo registra concentrazioni di media annuale pari a 0.2 ng/m^3, confermando concentrazioni ampiamente inferiori al valore obiettivo.

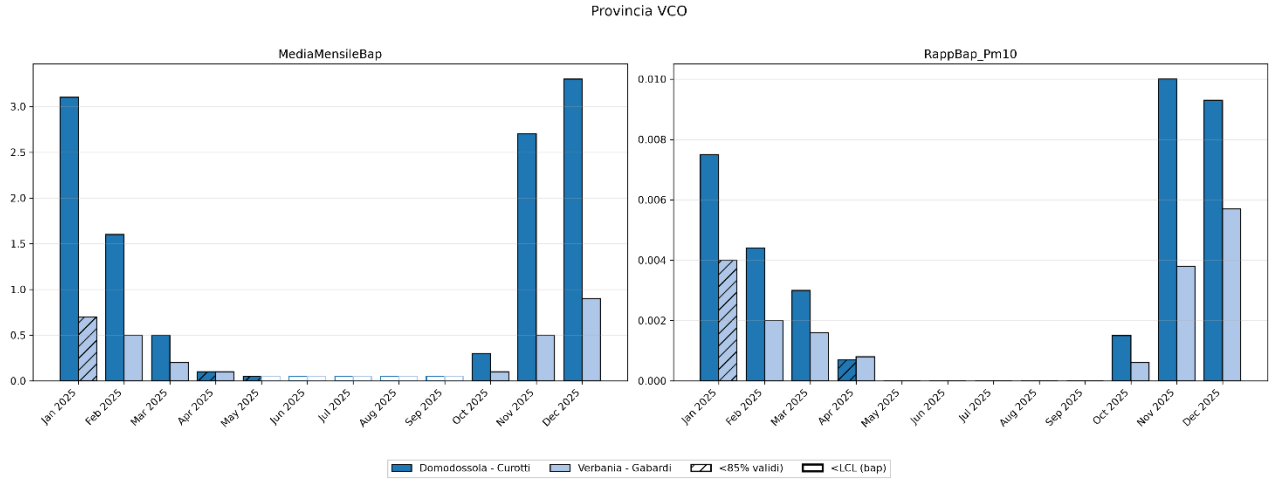


Figura 126 - benzo(a)pirene provincia di Verbania: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili nel PM10 anno 2025 (istogramma a barre se dati PM10 e/o B(a)P inferiori al 85% su base mensile)

7.7.3 Particolato sospeso: PM2.5

Nella Figura 127, si osservano, le concentrazioni medie delle polveri PM2.5, rilevate negli anni presso le stazioni della rete provinciale a partire dal 2010, dove disponibili.

Presso la stazione di Omegna-Crusinallo il parametro è determinato solo dal 2025, mentre per la stazione di Baceno-Alpe Devero non sono disponibili i dati relativi agli anni 2024 e 2025, in quanto non è stato acquisito il numero minimo di dati (> 85%) per avere una media rappresentativa.

Come risulta evidente dal grafico, il limite normativo è sempre stato ampiamente rispettato in tutti gli anni per i quali la misura è disponibile. Nel 2025, presso le stazioni di Domodossola e Verbania, si è registrato un lieve incremento delle concentrazioni, rispetto all'anno precedente, ma con variazioni non particolarmente significative, mostrando una variabilità legata principalmente alle condizioni meteo-climatiche.

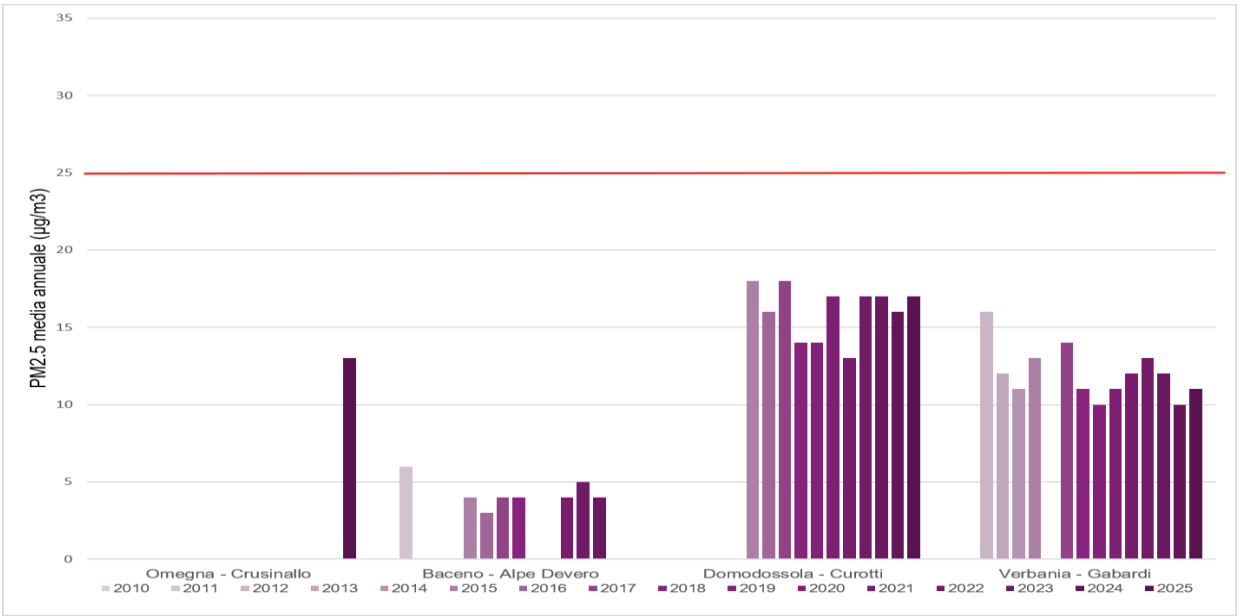


Figura 127 - PM2.5 provincia di Verbania: confronto fra medie annue

7.7.4 Biossido di azoto (NO2)

L'andamento annuale delle concentrazioni medie di NO_2 rilevate presso le stazioni della rete provinciale è riportato nel grafico della figura seguente, che confronta i dati registrati nel 2025 con le serie storiche disponibili a partire dal 2003. Anche nel 2025 il valore limite annuale per la protezione della salute umana, pari a 40 µg/m³, è stato rispettato in tutte le stazioni della provincia (Figura 128).

Poiché gli ossidi di azoto sono emessi prevalentemente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si osservano nelle stazioni di traffico. In particolare, presso la stazione di Omegna-Crusinallo la concentrazione media annuale nel 2025 è risultata pari a 23 µg/m³, valore invariato rispetto all'anno precedente. Nelle stazioni di fondo urbano di Verbania e Domodossola le medie annuali si sono attestate rispettivamente a circa 12 µg/m³ e 16 µg/m³, mentre a Pieve Vergonte la concentrazione media è stata pari a 10 µg/m³. Presso la stazione di Baceno-Alpe Devero, ubicata in ambiente montano e scarsamente influenzata da sorgenti emissive locali, le concentrazioni si sono mantenute su livelli contenuti per l'intero anno.

Nel complesso, i dati del 2025 evidenziano una lieve diminuzione delle concentrazioni rispetto all'anno precedente, confermando la tendenza alla progressiva riduzione dei livelli di NO_2 osservata negli ultimi anni.

Le serie temporali delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) misurate presso le stazioni della rete provinciale nel periodo compreso tra il 1° gennaio e il 31 dicembre sono rappresentate in Figura 129. I dati sono rappresentati come medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni medie giornaliere, al fine di evidenziare l'andamento stagionale dell'inquinante e attenuare la variabilità di breve periodo. In tutte le stazioni della provincia si osserva il tipico ciclo stagionale del NO_2, caratterizzato da concentrazioni più elevate nel semestre freddo e da livelli più contenuti durante il periodo estivo. I valori registrati nel 2025 (linea rossa) si collocano generalmente in prossimità o al di sotto della media del periodo di riferimento 2015-2024 (linea blu tratteggiata), rimanendo nella quasi totalità dei casi all'interno dell'intervallo di variabilità rappresentato dalla banda grigia.

La stazione di Verbania sembra evidenziare una riduzione più marcata rispetto all'andamento rilevato nelle altre stazioni della rete. Nel complesso, l'andamento osservato nel 2025 conferma la tendenza alla progressiva riduzione delle concentrazioni di NO_2 evidenziata negli ultimi anni.

Presso la stazione di Baceno - Alpe Devero, le concentrazioni si mantengono su livelli particolarmente bassi per tutto l'anno, spesso prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

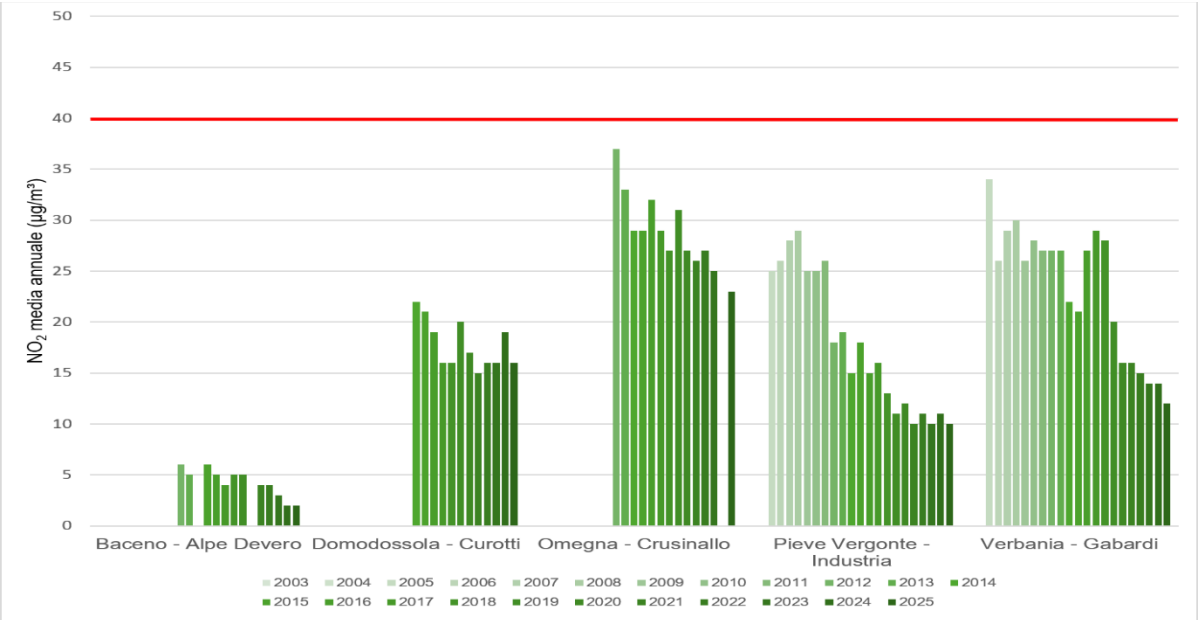


Figura 128 - NO_2 provincia di Verbania: confronto medie annue

Siccome per gli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per le stazioni sotto riportate sono state calcolate le “settimane medie” su base oraria dell’anno 2025, considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio, febbraio – linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto – linea tratteggiata) e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Gli andamenti di NO_2, nelle ore del giorno nei diversi giorni della settimana (Figura 130), messi a confronto tra la stazione di fondo urbana di Verbania - Gabardi (linea arancione) e la stazione da traffico di Omegna - Crusinallo (linea grigia), nel periodo invernale ed estivo, evidenziano le differenze di concentrazione dell’inquinante nei due differenti periodi meteorologici e la riduzione di concentrazione la domenica, in particolare la mattina, in entrambi i siti. I picchi mattutini e serali presentano l’andamento tipico ricorrente condizionato dalle attività antropiche e risultano più elevati presso la stazione da traffico rispetto a quella di fondo, trovando corrispondenza con l’andamento del traffico veicolare.

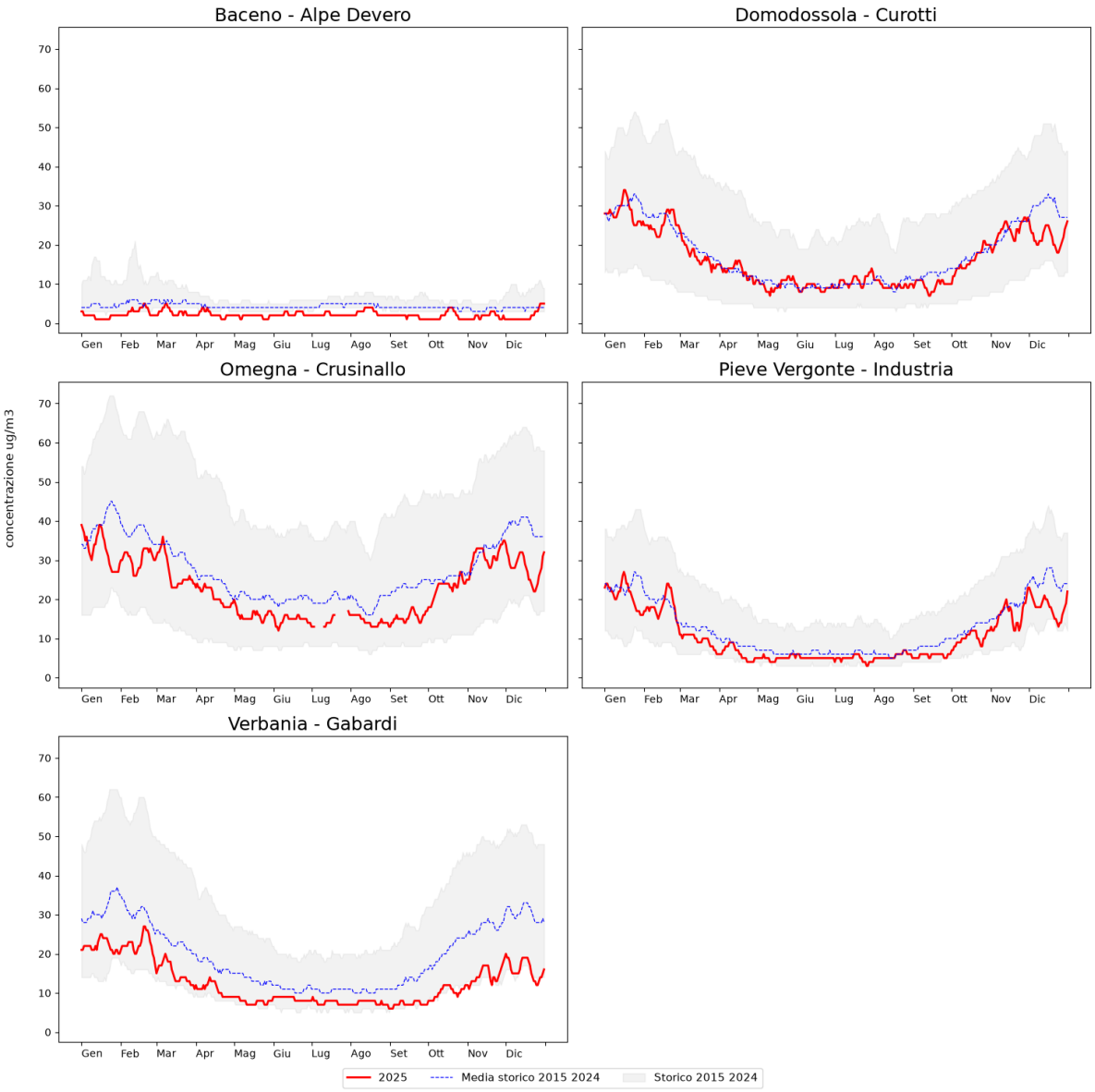


Figura 129 – NO_2 Provincia di Verbania: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

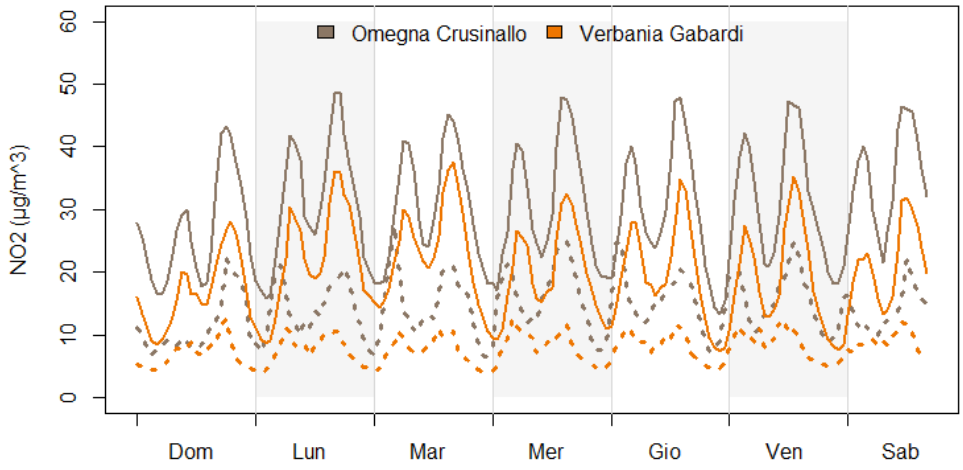


Figura 130 – NO_2 Provincia di Verbania: settimane tipo stazioni di Omegna - Crusinallo e Verbania - Gabardi

7.7.5 Ozono (O_3)

In provincia di Verbania l'ozono viene misurato presso le stazioni di Domodossola - Curotti, Pieve Vergonte - Industria e Verbania - Gabardi, rappresentative del fondo urbano/suburbano, ed in quella di Baceno - Alpe Devero, rappresentativa del fondo rurale in quota.

In Figura 131 è illustrato l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 µg/m^3) dal 2005 al 2025. Tale valore non deve essere superato per più di 25 giorni per anno civile, calcolati come media su 3 anni; il dato attribuito al 2025 è pertanto riferito al triennio 2023-2025. Come evidenziato in Figura 131, nel 2025 il valore obiettivo risulta non rispettato nelle stazioni di Verbania e Pieve Vergonte, mentre è rispettato nelle stazioni di Domodossola e di Baceno - Alpe Devero. Quest'ultima, in ragione della sua collocazione in quota e della diversa tipologia di sito, presenta un andamento differente rispetto alle altre stazioni. Dopo un iniziale e significativo miglioramento osservato nei primi anni della serie storica, negli anni più recenti si evidenziano variazioni solo lievemente decrescenti, influenzate in misura rilevante dalle condizioni meteorologiche che caratterizzano i singoli anni.

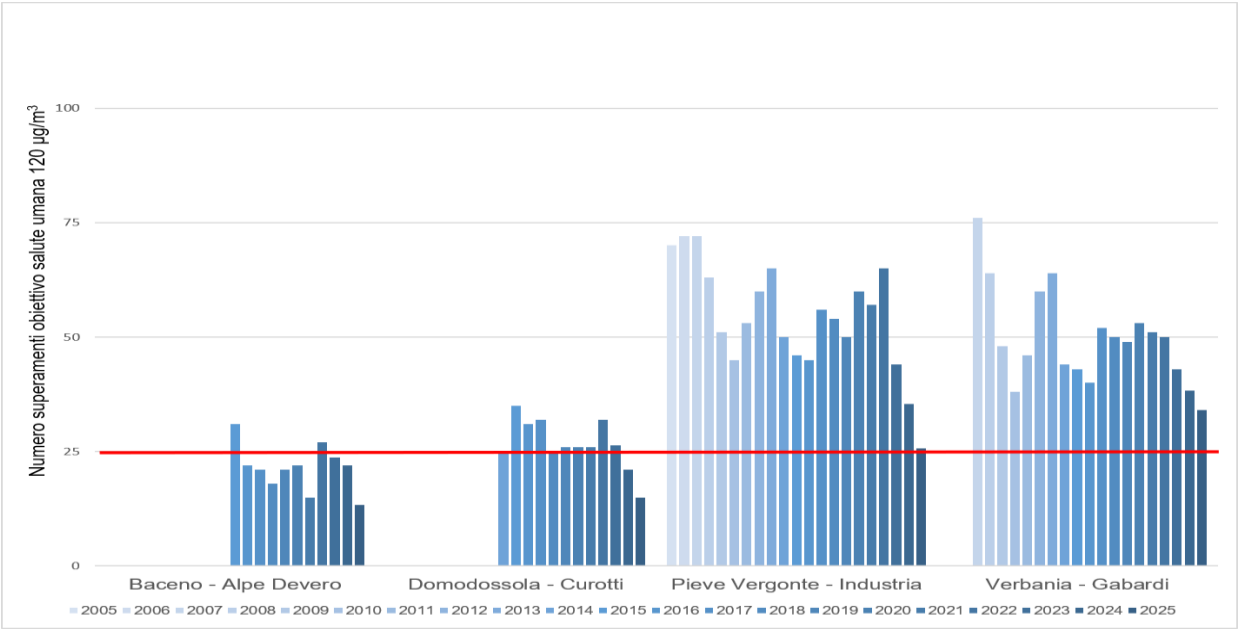


Figura 131 - O_3 Provincia di Verbania: numero di superamenti del valore obiettivo per la salute umana

Per quanto riguarda l'andamento delle concentrazioni medie mobili su 7 giorni[57], i grafici di Figura 132 evidenziano nel 2025 alcuni scostamenti rispetto al riferimento storico 2015-2024, con differenza tra le divere stazioni della rete. Nelle stazioni di Domodossola, Pieve Vergonte e Verbania i valori osservati risultano generalmente in linea con il comportamento storico per gran parte dell'anno, pur mostrando episodi con concentrazioni superiori alla media di riferimento tra la primavera e l'estate. Nella prima parte dell'anno e tra settembre e ottobre si osservano invece periodi caratterizzati da concentrazioni inferiori ai valori medi del periodo di riferimento.

Presso la stazione di Baceno - Alpe Devero, rappresentativa del fondo rurale in quota, il parametro non presenta il tipico andamento stagionale a campana osservato nelle altre stazioni, normalmente associato all'intensità della radiazione solare. Le concentrazioni rimangono infatti relativamente elevate e più uniformi nel corso dell'anno, per la minore influenza dei processi di rimozione.

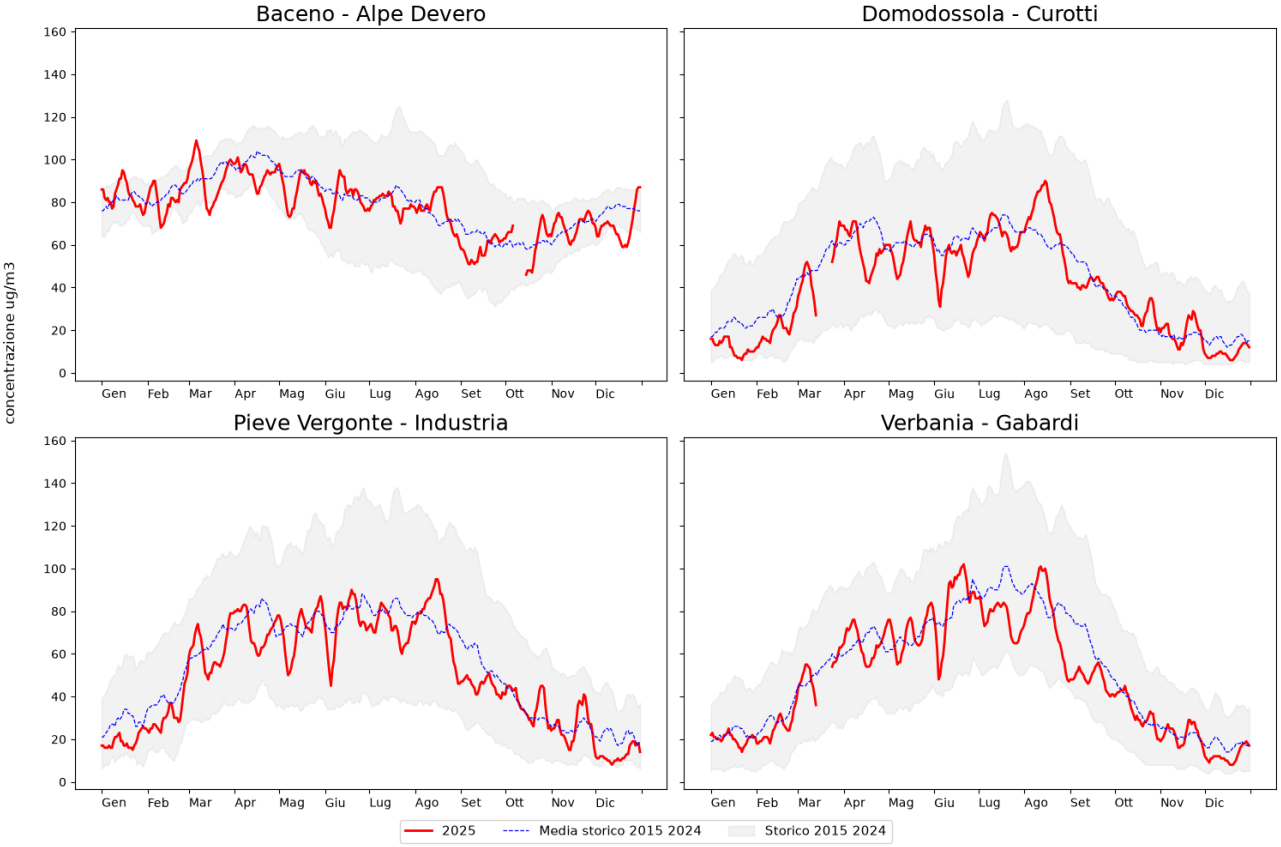


Figura 132 – O_3 Provincia di Verbania: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

[57] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

7.8 Provincia di Vercelli

In provincia di Vercelli, le stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria sono localizzate, secondo quanto previsto dall'ultimo Programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente (D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 24-903), nel capoluogo di provincia, con la stazione di fondo Vercelli - CONI e la stazione di traffico Vercelli – Gastaldi; la rete è completata dalla stazione di Cigliano, collocata in prossimità di un'importante arteria autostradale, e più a nord dalla stazione di Borgosesia. L'ubicazione dei siti di monitoraggio è riportata in Figura 133.

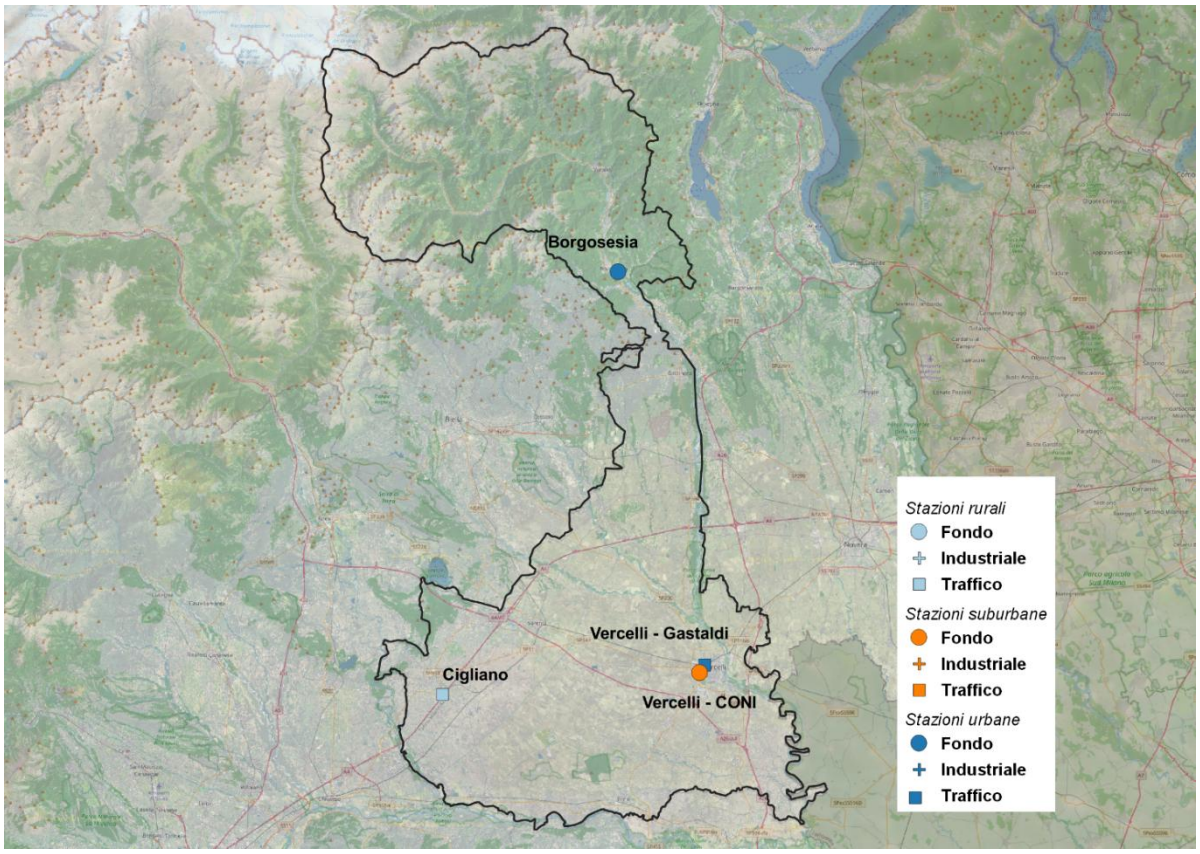


Figura 133: Ubicazione delle stazioni della Rete di rilevamento della provincia di Vercelli.

7.8.1 Particolato sospeso: PM10

La situazione relativa al particolato atmosferico PM10 rilevata annualmente presso le stazioni della rete provinciale è illustrata nei grafici di Figura 134 e Figura 135, nei quali sono riportate, rispettivamente, le concentrazioni medie annuali e il numero di superamenti del valore limite giornaliero registrati dalle stazioni attive nel 2025, confrontati con le serie storiche disponibili a partire dal 2003.

Come evidenziato dai dati, pur in presenza di oscillazioni annuali riconducibili principalmente alle diverse condizioni meteorologiche, il quadro dell'inquinamento da PM10 mostra un progressivo miglioramento nel tempo. Il valore limite annuale di 40 µg/m³ risulta infatti rispettato in tutte le stazioni della provincia in modo continuativo almeno dal 2012. Nel 2025 le concentrazioni medie annuali si mantengono sostanzialmente invariate rispetto all'anno precedente presso le stazioni di fondo di Borgosesia e Vercelli-CONI. Si osservano invece valori leggermente inferiori presso la stazione di Cigliano e un moderato incremento presso la stazione di traffico di Vercelli-Gastaldi. Anche il valore limite giornaliero, da non superare per più di 35 giorni nell'anno, risulta rispettato in tutte le stazioni della provincia. Rispetto al 2024, il numero di superamenti del limite giornaliero presenta una marcata diminuzione presso le stazioni di Cigliano e Vercelli-CONI, mentre presso la stazione di

Vercelli-Gastaldi si registra un aumento significativo, passando da 19 superamenti nel 2024 a 29 nel 2025.

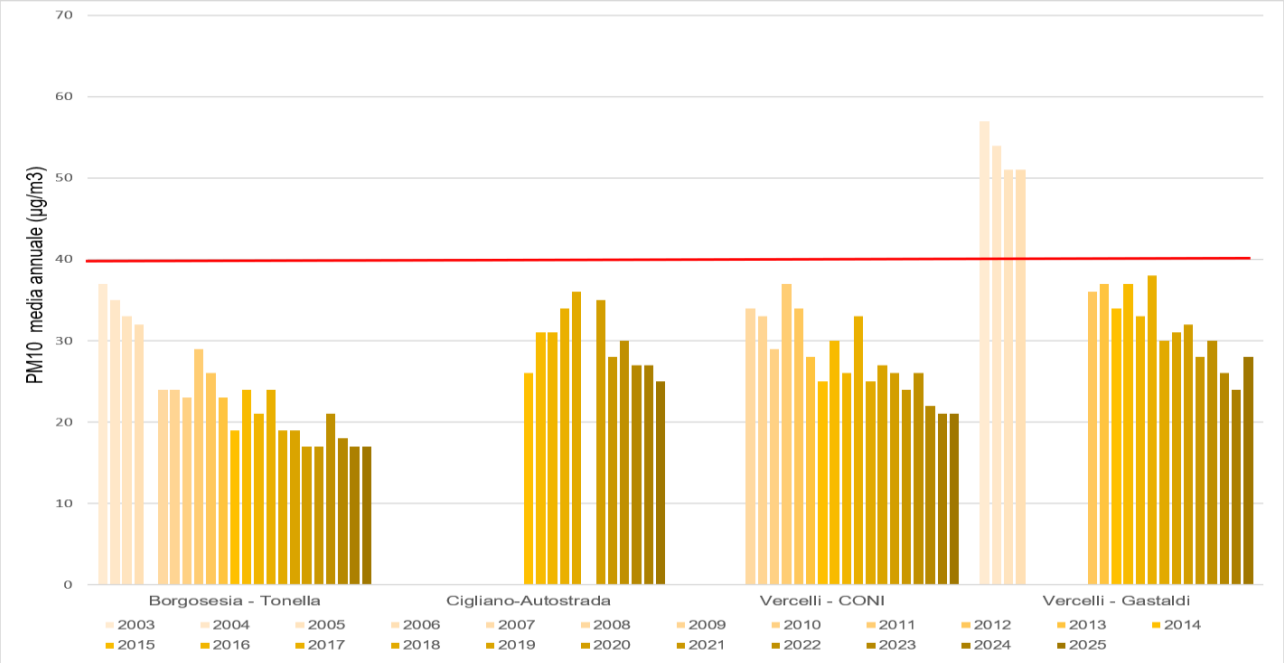


Figura 134 - PM10 provincia di Vercelli: confronto medie annue

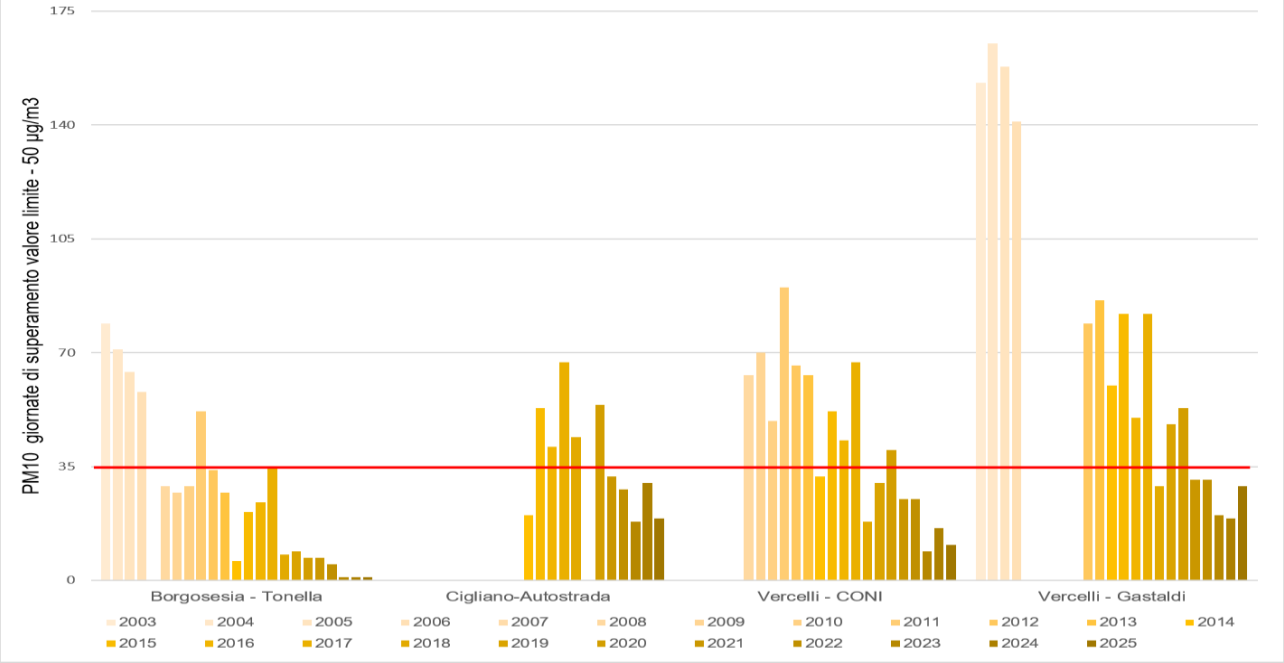


Figura 135: provincia di Vercelli: numero di superamenti del limite giornaliero

Le serie temporali delle concentrazioni di polveri sottili (PM10), misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia rispetto al periodo di riferimento 2015-2024, sono riportate nella Figura 136. Per una migliore leggibilità dei grafici, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni giornaliere. Nei grafici le concentrazioni rilevate nel 2025 (in rosso) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda grigia) e medi (linea blu tratteggiata) misurati dalla medesima stazione nel periodo 2015-2024 preso come riferimento.

Gli andamenti evidenziano innanzitutto il comportamento stagionale degli inquinanti, ovvero, come generalmente le concentrazioni diminuiscano in modo progressivo nel passaggio dall'inverno ai mesi estivi per ritornare a crescere nuovamente nell'autunno.

Dal confronto delle serie di concentrazioni misurate nell'ultimo anno (linea rossa) si delinea una flessione delle concentrazioni, in alcuni periodi particolarmente favorevoli alla dispersione, rispetto alla media degli anni precedenti (linea blu tratteggiata); si osservano anche scostamenti rispetto alle oscillazioni dei valori storici minimi/massimi (banda grigia). In particolare, questo aspetto si rileva a cavallo tra gennaio e febbraio, a marzo e in alcuni giorni del periodo autunnale, nei quali si osserva un'evidente diminuzione delle concentrazioni di PM10, rispetto alla media storica. Al contrario, si osservano episodi caratterizzati da concentrazioni superiori ai valori medi di riferimento e, localmente, anche prossime o superiori ai limiti dell'intervallo storico. Gli episodi più significativi sono stati registrati nella seconda metà di febbraio, tra giugno e agosto, e ad ottobre, quando tutte le stazioni hanno evidenziato incrementi marcati delle concentrazioni, con valori che in alcuni casi hanno superato il limite superiore dell'intervallo storico. Gli episodi più intensi risultano compatibili con condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti e con eventi di trasporto a lunga distanza di particolato atmosferico.

Nel corso dell'anno si sono infatti verificati numerosi episodi di trasporto di polveri desertiche di origine sahariana verso l'Italia. Dall'analisi degli eventi, stimati dal modello utilizzato operativamente da ISPRA, risulta che in provincia di Vercelli i giorni interessati da eventi di dust, di intensità variabile, sono stati compresi tra 34 e 45, a seconda dell'area considerata. Gli effetti di tali eventi sono risultati particolarmente evidenti nei mesi di giugno e agosto, mentre in altri casi il contributo del trasporto sahariano è apparso meno palese. L'evento registrato a giugno potrebbe essere stato influenzato, almeno in parte e soprattutto nei primi giorni, dal trasporto a grande distanza delle polveri prodotte dagli estesi incendi boschivi che hanno interessato il Canada. Studi recenti[58,59] hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto si associ a una variazione della climatologia dei principali pattern di circolazione e delle rispettive occorrenze, con possibili effetti sulla frequenza e intensità degli episodi di sollevamento e trasporto di polvere dal nord Africa.

[58] Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., and Basart, S., 2024: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation, Atmos. Chem. Phys., 24, 4083–4104, https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024, 2024.

[59] Salvador, P., Pey, J., Pérez, N. et al., 2022: Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. npj Clim Atmos Sci 5, 34 (2022). https://doi.org/10.1038/s41612-022-00256-4.

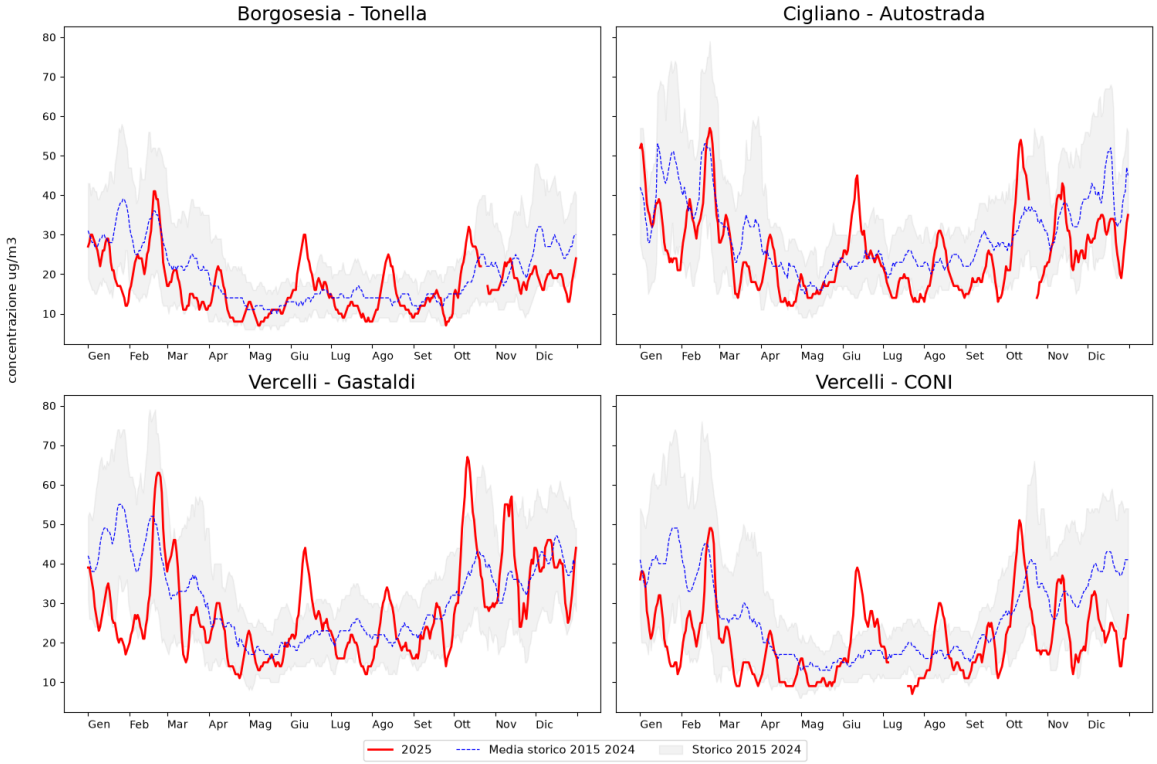


Figura 136: PM10 Provincia di Vercelli: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Relativamente alle polveri sottili, si osserva come, oltre all'andamento stagionale delle concentrazioni, vi siano nel corso dell'anno importanti oscillazioni, dovute alle differenti condizioni meteorologiche: massimi di concentrazione corrispondenti, generalmente, a periodi di alta pressione persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento).

L'influenza delle condizioni meteorologiche sulle concentrazioni di PM10 è illustrata in Figura 137, nella quale sono riportati i giorni di accumulo a livello regionale[60], le precipitazioni giornaliere e l'intervallo delle concentrazioni medie giornaliere rilevate dalle stazioni della provincia nell'anno 2025 (banda grigia). Risulta evidente come le concentrazioni di questo inquinante presentino un andamento sostanzialmente omogeneo tra tutte le stazioni, caratteristica riconducibile ai lunghi tempi di permanenza del particolato in atmosfera, nonché alla forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche. Durante le giornate caratterizzate da condizioni di accumulo, le concentrazioni risultano generalmente elevate e, in alcuni casi, superiori al limite giornaliero, in particolare in alcuni giorni dei mesi di gennaio, febbraio, marzo e nel periodo autunnale fino a dicembre. Al contrario, in corrispondenza degli eventi precipitativi si osserva una riduzione dei livelli di PM10. Nel corso del 2025 si rileva inoltre una frequenza elevata di giornate piovose, fattore che ha contribuito a contenere le concentrazioni dell'inquinante. Fa eccezione quanto osservato nei mesi di giugno e agosto, quando gli episodi di trasporto di polveri di origine desertica (dust) non sono stati significativamente attenuati dalle precipitazioni, determinando incrementi delle concentrazioni di PM10, anche in presenza di condizioni meteorologiche generalmente favorevoli alla dispersione.

[60] Sono individuate come giornate favorevoli all'accumulo sul territorio regionale quelle in cui l'"Indice Giorni Critici" dell'agglomerato torinese è pari a 1, contemporaneamente la velocità mediana del vento misurato dalle stazioni meteo al di sotto dei 600m di quota è inferiore o uguale a 1.8 m/s e non ci sono state precipitazioni >=5mm negli ultimi 3 giorni (nei giorni in cui l'Indice Giorni Critici non era disponibile se n'è ottenuta una stima a partire dai dati di radioattività naturale).

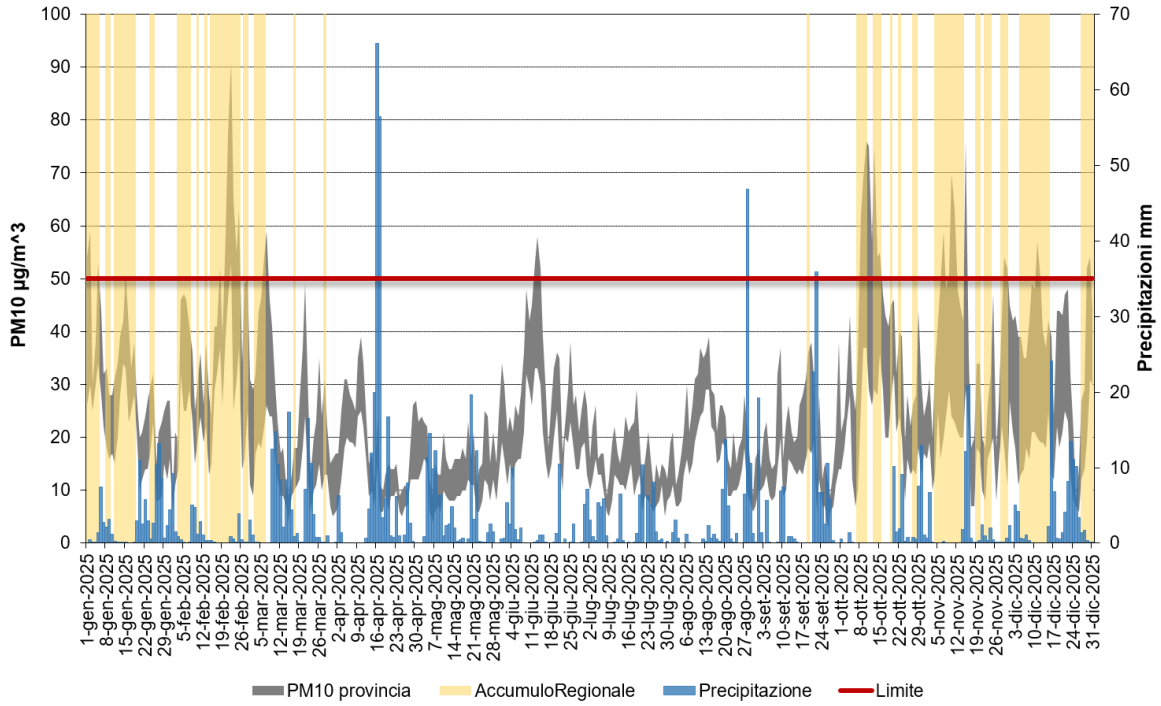


Figura 137: PM10 Provincia di Vercelli: range delle concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della provincia in ciascun giorno del 2025; precipitazioni regionale cumulate giornaliere; indicatore di accumulo regionale.

7.8.2 Benzo(a)pirene nel PM10

In Figura 138 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di Benzo(a)pirene (quantificato sul PM10), registrate nelle stazioni della provincia in cui il parametro viene monitorato. Nella stessa figura è inoltre rappresentata, su base mensile, la percentuale di Benzo(a)pirene presente nel PM10 (per la stazione di Borgosesia il PM10 di riferimento è determinato con analizzatore automatico).

Analogamente agli inquinanti polveri sottili ed ossidi di azoto, anche i valori medi mensili di Benzo(a)pirene nel particolato presentano una variazione stagionale notevole: concentrazioni basse, uniformi e nettamente inferiori alla media annuale nei mesi caldi, generalmente da aprile a settembre, e concentrazioni maggiori nei mesi invernali.

Infatti, nei mesi più caldi l'elevata radiazione solare contribuisce alla degradazione degli IPA, mentre nei mesi freddi e autunnali si creano condizioni di inversione termica favorevoli all'accumulo degli inquinanti. In particolare, le polveri PM10 risultano arricchite di questi composti dovuti principalmente al contributo delle emissioni da combustione della legna per il riscaldamento domestico. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

Nei due punti di misura della provincia, Vercelli - CONI e Borgosesia, nell'anno 2025, analogamente agli anni precedenti, le concentrazioni di media annua di Benzo(a)pirene nel PM10 risultano ampiamente inferiori al valore obiettivo fissato dalla normativa (1.0 ng/m^3), attestandosi rispettivamente a 0.3 ng/m^3 e 0.5 ng/m^3.

Pertanto, non si evidenziano criticità, anche considerando l'andamento mensile del contributo percentuale di Benzo(a)pirene al PM10 (Figura 138). In generale, l'inquinante presenta un trend (statisticamente significativo) in diminuzione in tutte le stazioni della rete (paragrafo 5.5).

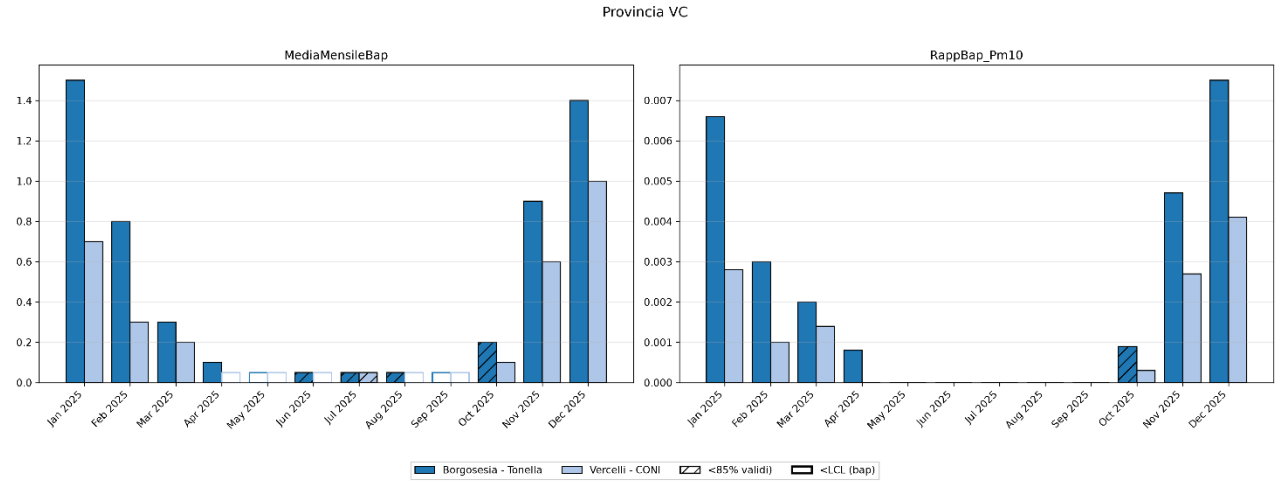


Figura 138: benzo(a)pirene provincia di Vercelli: concentrazioni medie mensili e percentuali medie mensili nel PM10 anno 2025 (istogramma a barre tratteggiati se dati PM10 e/o B(a)P inferiori al 85% su base mensile)

7.8.3 Particolato sospeso: PM2.5

Nella Figura 139, si osservano, le concentrazioni medie delle polveri PM2.5, rilevate negli anni presso le stazioni della rete provinciale a partire dal 2010 dove disponibili.

Solo negli anni 2011 e 2015 la stazione di Vercelli - CONI, classificata di fondo suburbano, presenta valori superiori al limite normativo, mentre le altre stazioni presentano valori sempre inferiori. Nel 2025 non si rilevano variazioni significative nelle concentrazioni medie annue rispetto agli anni precedenti, mostrando una variabilità legata principalmente alle condizioni meteo-climatiche. Dal 2024 la determinazione del parametro viene effettuata anche presso la stazione urbana di traffico di Vercelli-Gastaldi.

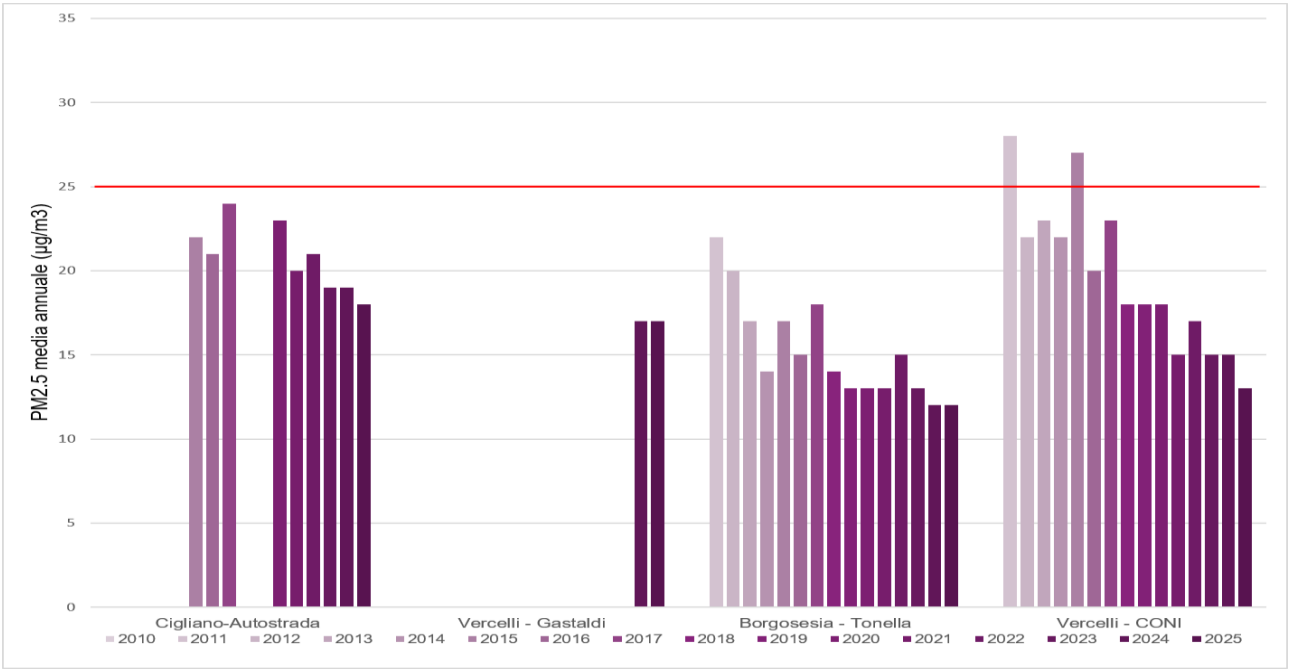


Figura 139: PM2.5 provincia di Vercelli: confronto medie annue

7.8.4 Biossido di azoto (NO_2)

Nella Figura 140 sono confrontate le concentrazioni medie di NO_2 rilevate presso le stazioni della rete provinciale, ove disponibili, a partire dall'anno 2003 ed attive nel 2025, da cui si evince che anche nel 2025 il valore limite annuale è rispettato in tutte le stazioni della provincia.

Essendo gli ossidi di azoto emessi principalmente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico, come le stazioni di Vercelli - Gastaldi e Cigliano, in cui nell'anno 2025 hanno rilevato entrambe una concentrazione media pari a 21 µg/m^3. Nelle restanti stazioni di fondo di Vercelli - CONI e Borgosesia le medie rilevate si sono attestate rispettivamente a 15 e 13 µg/m^3.

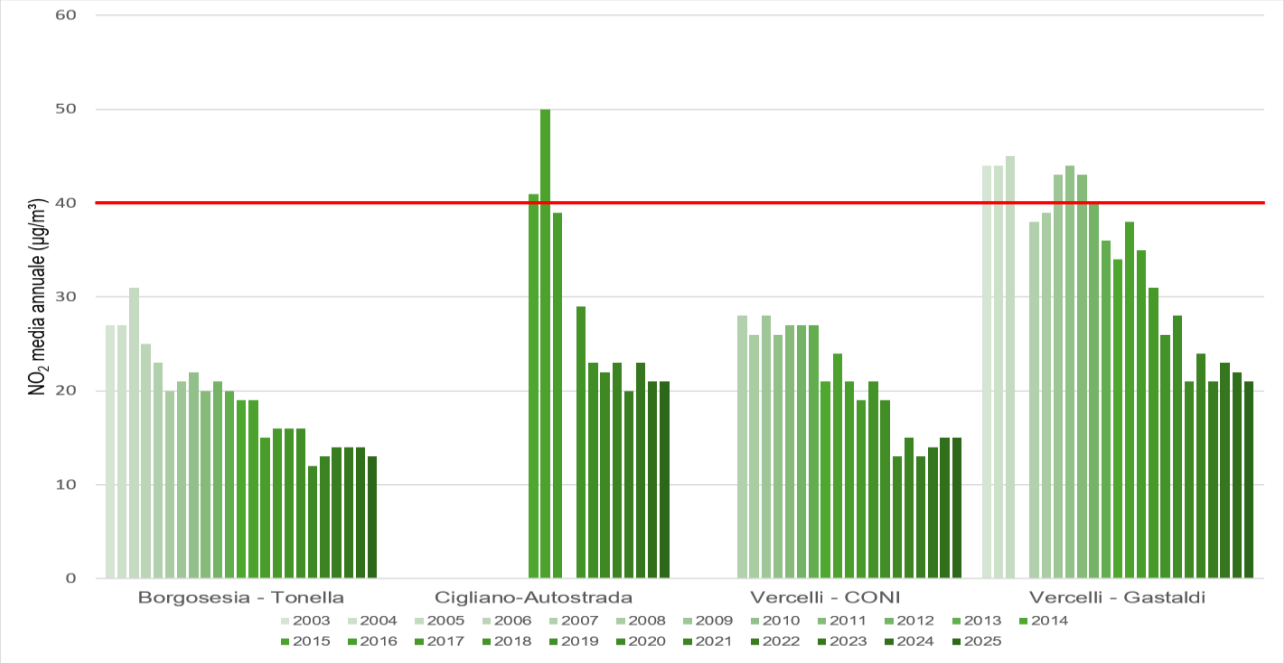


Figura 140: NO_2: confronto fra medie annue

Le serie temporali delle concentrazioni del biossido di azoto NO_2, misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia, sono rappresentate in Figura 141 come medie mobili calcolate su sette giorni a partire dalle concentrazioni medie giornaliere. Anche per questo inquinante si evidenzia il caratteristico andamento stagionale, con concentrazioni generalmente più elevate nel semestre freddo e minime nel periodo estivo. In tutte le stazioni della provincia i dati relativi all'anno 2025 (linea rossa) mostrano livelli generalmente prossimi o inferiori alla media del periodo di riferimento 2015-2024 (linea blu tratteggiata; banda grigia compresa tra i valori minimi e massimi del periodo). La diminuzione rispetto alla media storica risulta particolarmente evidente nei primi mesi dell'anno e, nel complesso, meno marcata presso la stazione di fondo urbano di Borgosesia. Per la stazione di Cigliano si osserva invece un marcato episodio di incremento tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate, con valori superiori alla media storica del periodo. La stazione di Cigliano presenta, in generale, un trend della media annuale (paragrafo 5.3) statisticamente significativo e fortemente decrescente. Si ritiene che tale tendenza possa essere associata alle caratteristiche dei flussi veicolari che interessano il tratto autostradale in prossimità della stazione di monitoraggio e alla loro evoluzione nel tempo.

Nel complesso, le variazioni riscontrate sembrano confermare la tendenza decrescente delle concentrazioni di NO_2 osservata negli anni nelle stazioni della rete.

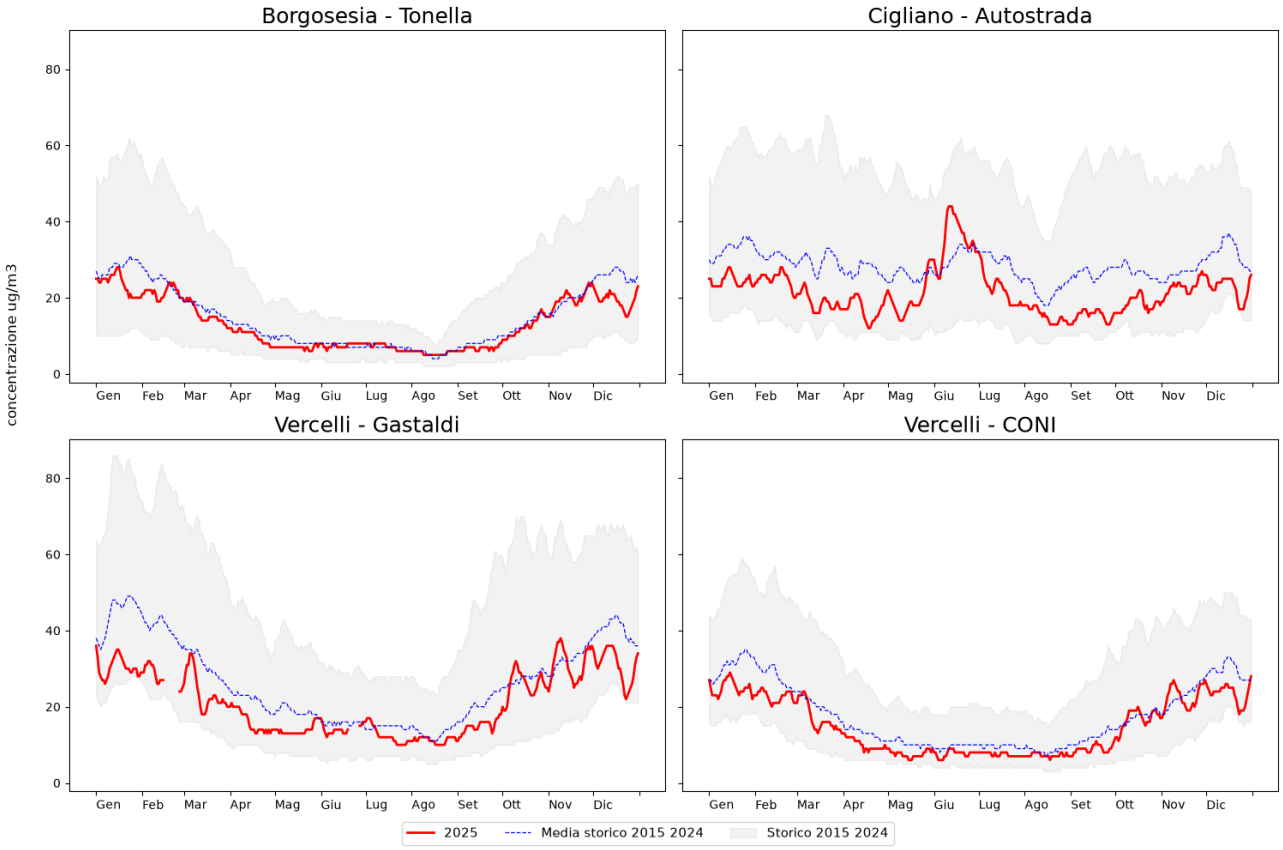


Figura 141: NO_2 Provincia di Vercelli: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

Siccome per gli ossidi di azoto sono disponibili le concentrazioni medie orarie, per le stazioni sotto riportate sono state calcolate le "settimane medie" su base oraria dell'anno 2025, considerando i dati del trimestre invernale (dicembre, gennaio e febbraio, linea continua) e del trimestre estivo (giugno, luglio e agosto, linea tratteggiata) e mediando i valori rilevati alla stessa ora nei diversi giorni della settimana. Tale rappresentazione consente di evidenziare eventuali ricorrenze temporali associate alle emissioni e alle condizioni di dispersione atmosferica.

Il confronto tra gli andamenti del NO_2 rilevati presso la stazione di Cigliano - Autostrada (traffico in contesto rurale, linea arancione) e la stazione di Vercelli - Gastaldi (traffico in contesto urbano, linea grigia) mostra in entrambe i siti il tipico ciclo giornaliero caratterizzato da due massimi, nelle ore di punta del mattino e della sera, associati ai flussi di traffico veicolare (Figura 142). Tali picchi risultano più pronunciati nella stazione urbana di Vercelli, dove le concentrazioni raggiungono i livelli più elevati durante il periodo invernale.

In entrambe le stazioni le concentrazioni invernali risultano superiori a quelle estive, per effetto delle condizioni meteorologiche maggiormente favorevoli all'accumulo degli inquinanti nel semestre freddo. La diminuzione delle concentrazioni durante il fine settimana, in particolare nelle ore mattutine di sabato e domenica, evidenzia inoltre la riduzione delle emissioni associate alla mobilità veicolare. Presso la stazione di Cigliano - Autostrada l'influenza diretta del traffico autostradale determina un profilo temporale più stabile nel corso dell'anno e differenze stagionali meno marcate rispetto alla stazione urbana di Vercelli.

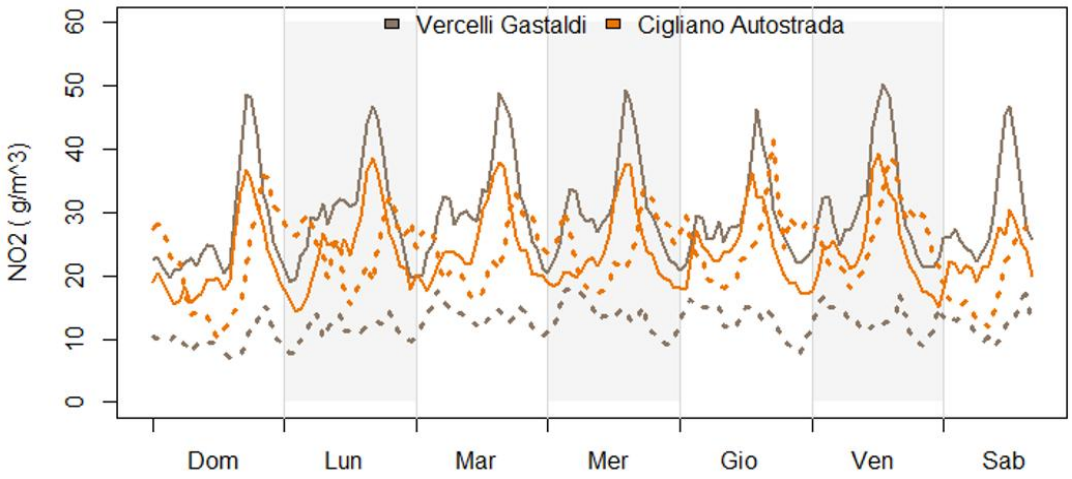


Figura 142: NO_2 Provincia di Vercelli: settimane tipo stazioni di Vercelli Gastaldi e Cigliano Autostrada

7.8.5 Ozono (O_3)

L'inquinante viene misurato presso le stazioni di fondo di Borgosesia e Vercelli - CONI.

In Figura 143 è riportato l'andamento dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 $\mu g/m^3$), da non superarsi per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni, rilevati dal 2005 al 2025 (il dato attribuito al 2025 è relativo al triennio 2023-2025). Il valore obiettivo risulta disatteso in entrambe le stazioni. Nel corso del periodo analizzato, dopo un iniziale miglioramento, non emerge un trend di diminuzione significativo e stabile, a conferma della persistente criticità associata a questo inquinante. Al contrario, si osserva un'elevata variabilità interannuale, riconducibile principalmente alle condizioni meteorologiche estive, che influenzano in modo determinante i processi fotochimici di formazione dell'ozono.

Per quanto riguarda l'andamento delle concentrazioni di ozono espresse come media mobile su 7 giorni[61], in Figura 144 si evidenzia il tipico ciclo stagionale dell'inquinante, caratterizzato da valori contenuti nel periodo invernale e da un progressivo incremento nel corso della primavera fino al raggiungimento dei massimi estivi, in concomitanza con l'aumento dell'irraggiamento solare e delle temperature, fattori che favoriscono i processi fotochimici di formazione dell'ozono. Nel 2025 (linea rossa) i valori osservati presso le due stazioni risultano generalmente in linea con la media del periodo di riferimento storico 2015-2024 per gran parte dell'anno, pur mostrando episodi con concentrazioni superiori tra la primavera e l'estate.

[61] Per ogni giorno dell'anno vengono calcolate le medie mobili a 7 giorni dei valori medi, minimi e massimi giornalieri. Successivamente, per ciascun giorno, si calcola il valore medio storico utilizzando i dati degli anni precedenti.

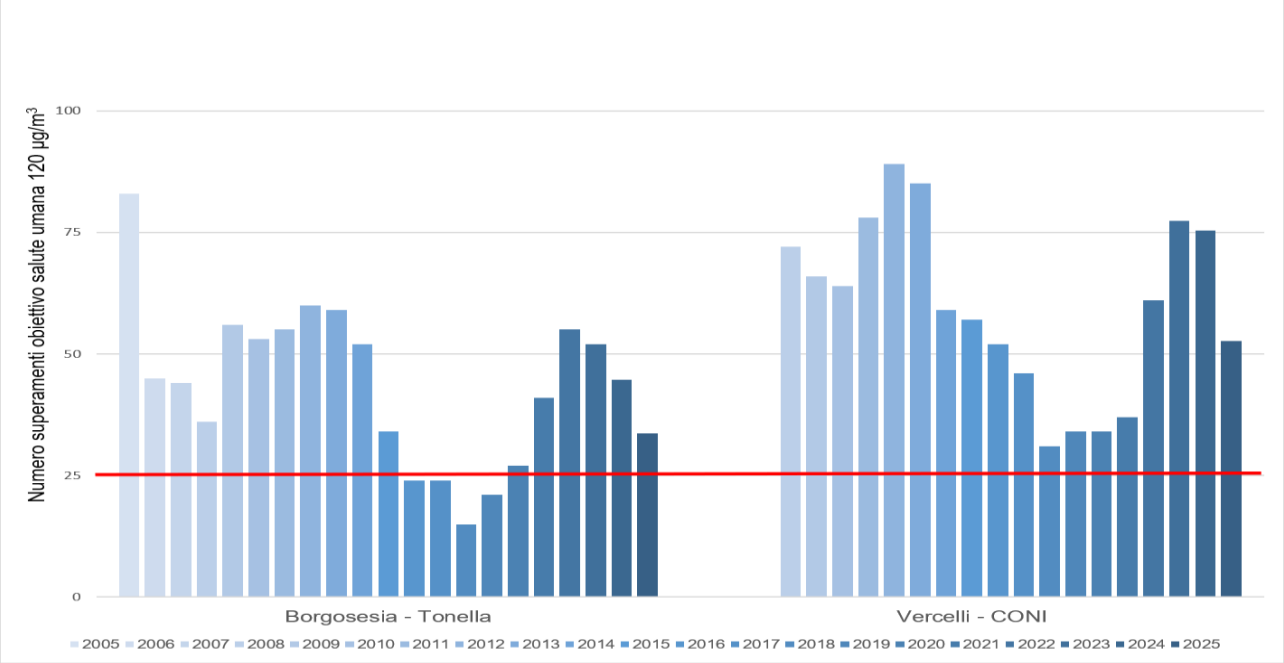


Figura 143: O_3: numero di superamenti del valore obiettivo per la salute umana

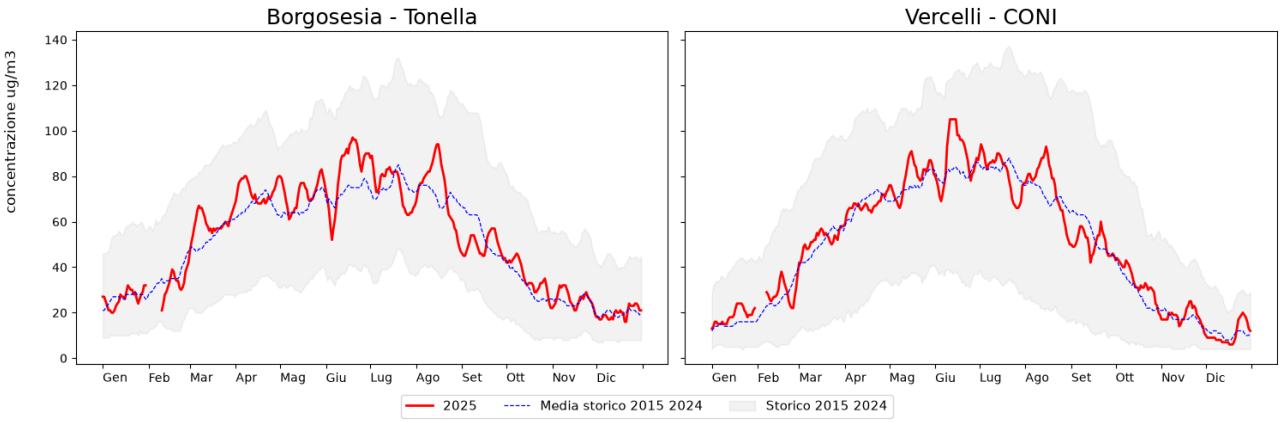


Figura 144: O_3 Provincia di Vercelli: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

8 Approfondimenti

8.1 Il Black Carbon in Piemonte

Testo a cura di Evelina Ballato (Arpa Piemonte Dipartimento Territoriale Nord-Est) e Milena Sacco Arpa Piemonte Dipartimento Territoriale Nord-Ovest)

8.1.1 Introduzione

Il black carbon (BC) è parte della frazione carboniosa del particolato fine, ed è definito come l'insieme delle particelle carboniose in grado di assorbire luce con lunghezza d'onda caratteristica nello spettro del visibile (380 ÷ 760 nm). Fondamentalmente, queste particelle di carbonio presentano una microstruttura simile a quella della grafite aggregata in piccole sfere con diametro indicativamente compreso tra 10 e 50 nm. Il BC proviene dalla combustione incompleta di carburanti di origine fossile, principalmente diesel, dalla combustione della biomassa (ad esempio in ambito agricolo o per gli incendi boschivi) e dal riscaldamento domestico (sia con combustibili fossili che con biomasse).

La misura viene effettuata mediante un analizzatore in continuo (Aethalometer Model AE33 – Magee Scientific, successivamente etalometro). Il principio di misura dell'etalometro è basato sull'attenuazione dell'intensità della radiazione luminosa; l'aria aspirata attraversa un nastro di materiale filtrante, creando così un deposito di PM10 a densità crescente, che viene investito da fasci luminosi a diverse lunghezze d'onda: dall'aumento dell'attenuazione della radiazione luminosa tra due misure consecutive si risale alla concentrazione del black carbon. Questa analisi viene eseguita con sette lunghezze d'onda ottiche, comprese tra vicino infrarosso e vicino ultravioletto. Per la misura del BC si utilizza la lunghezza d'onda di 880 nm.

Il BC ha effetti tossici trascurabili sui polmoni umani e animali e sulle cellule delle vie aeree come macrofagi e cellule epiteliali respiratorie. È stato invece suggerito che eserciti un ruolo chiave indiretto nella tossicità come vettore universale di sostanze organiche semi-volatili tossiche e altri composti co-rilasciati nei processi di combustione o attaccati alla loro superficie durante il trasporto regionale e a lungo raggio[62].

L'attenzione verso questo componente del particolato è cresciuta negli anni, poiché oltre a contribuire all'inquinamento atmosferico, influisce sul cambiamento climatico ed è stato inserito come inquinante da ridurre insieme al PM2,5 nell'aggiornamento 2012 del Protocollo di Gotheborg, entrato in vigore il 7 ottobre 2019. Il BC, infatti è noto come un forzante climatico a vita breve, ha un forte effetto di riscaldamento ma non persiste nell'atmosfera come l'anidride carbonica (CO_2). Tuttavia, ricerche più recenti mostrano che il BC intrappola il calore 680 volte più della CO_2. Pertanto, in particolare nel contesto globale dello scioglimento dei ghiacciai, della riduzione della massa di ghiaccio ai Poli, con effetti a catena sulla flora e sulla fauna e l'innalzamento del livello del mare, la riduzione delle emissioni di BC è un obiettivo fondamentale nella lotta ai cambiamenti climatici[63].

Il monitoraggio del BC con strumentazione in grado di fornire un primo livello di "source apportionment" identificando le due principali categorie di contributo (da fonti fossili e da biomassa) ha quindi rilevanza sia in termini di inquinamento atmosferico al suolo che di valutazione delle politiche di riduzione dei gas climalteranti.

8.1.2 Le misure

Il black carbon in Piemonte viene regolarmente misurato dall'estate 2018 in due stazioni, una di fondo urbano in Torino, e una di fondo suburbano a Domodossola. Le due stazioni sono collocate in contesti molto differenti, Torino-Lingotto in un parco dell'area urbana torinese, Domodossola-Curotti in una città di 18 mila abitanti, centro principale della val d'Ossola nella piana del fiume Toce, alla confluenza di più valli alpine. Questa differenza è messa in evidenza dalle misure degli inquinanti

[62] Janssen N. et al., (2012) Health Effects Of Black Carbon, World Health Organization

[63] [http://www.unece.org/info/media/presscurrent-press-h/environment/2019/entry-into-force-of-amended-gothenburg-protocol-is-landmark-for-clean-air-and-climate-action/doc.html

che vengono effettuate presso le due stazioni. Torino-Lingotto presenta generalmente dei valori più critici di biossido di azoto e di PM10 rispetto a Domodossola (Tabella 25 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), ma quest'ultima è caratterizzata da livelli di benzo(a)pirene generalmente superiori o prossimi al valore obiettivo annuale fissato da normativa, pari a 1.0 ng/m^3 (ultimo superamento 1.3 ng/m^3 nel 2020), quando Torino-Lingotto ha sempre rispettato il limite.

Nel 2025, i livelli di benzo(a)pirene misurati a Domodossola hanno mostrato un lieve peggioramento rispetto all'anno precedente, raggiungendo il valore obiettivo. Le concentrazioni misurate sono risultate oltre due volte superiori rispetto a quelle osservate a Torino-Lingotto (1.0 ng/m^3 contro 0.4 ng/m^3 come media annuale). Ne risulta quindi un particolato significativamente più ricco di benzo(a)pirene rispetto a quello rilevato a Torino-Lingotto, come evidenziato in Figura 146.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, nel 2025 a Domodossola si sono registrati valori inferiori rispetto all'anno precedente, tornando ai livelli tipicamente osservati presso la stazione. La concentrazione media annuale di PM10 è risultata invariata rispetto al 2024, attestandosi a 22 µg/m^3. A Torino-Lingotto, invece, si è osservato un lieve incremento delle concentrazioni, con una media annuale di 28 µg/m^3, mentre il biossido di azoto è leggermente diminuito (30 µg/m^3 contro i 31 del 2024).

Parametro	Domodossola – Curotti NO_2 (µg/m^3)	To-Lingotto NO_2 (µg/m^3)	Domodossola – Curotti NO (µg/m^3)	To-Lingotto NO (µg/m^3)	Domodossola – Curotti Black Carbon (µg/m^3)	To-Lingotto Black Carbon (µg/m^3)
Ore valide	8674	6824	8674	7670	8189	8329
Percentuale ore valide	99%	78%	99%	88%	93%	95%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	32	50	39	48	5.22	2.98
Media dei massimi giornalieri	32	48	39	44	4.97	2.97
Media dei valori orari	16	30	10	17	2.19	1.56

Tabella 25: dati statistici anno 2025 per le stazioni Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti

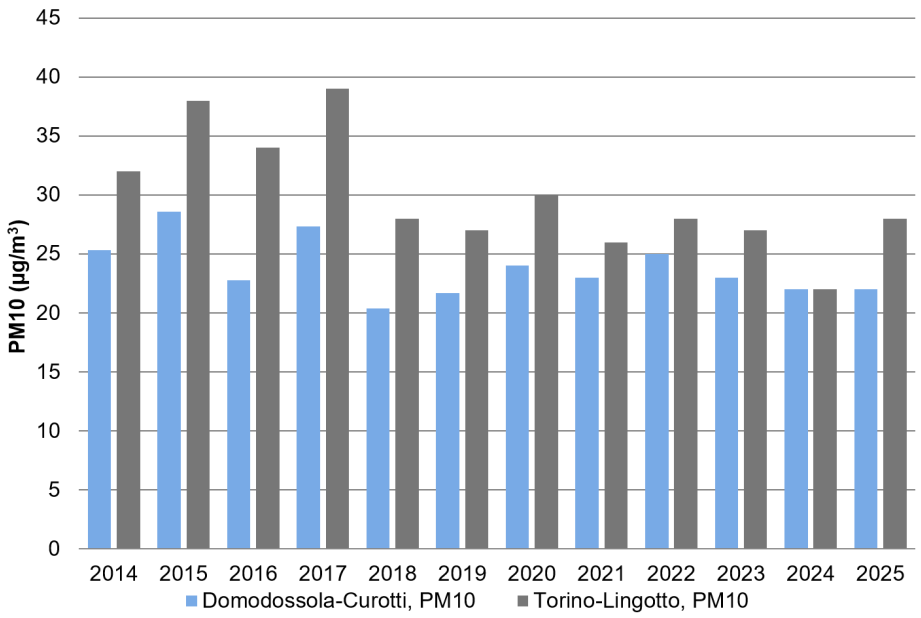


Figura 145: medie annuali di PM10 a Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti.

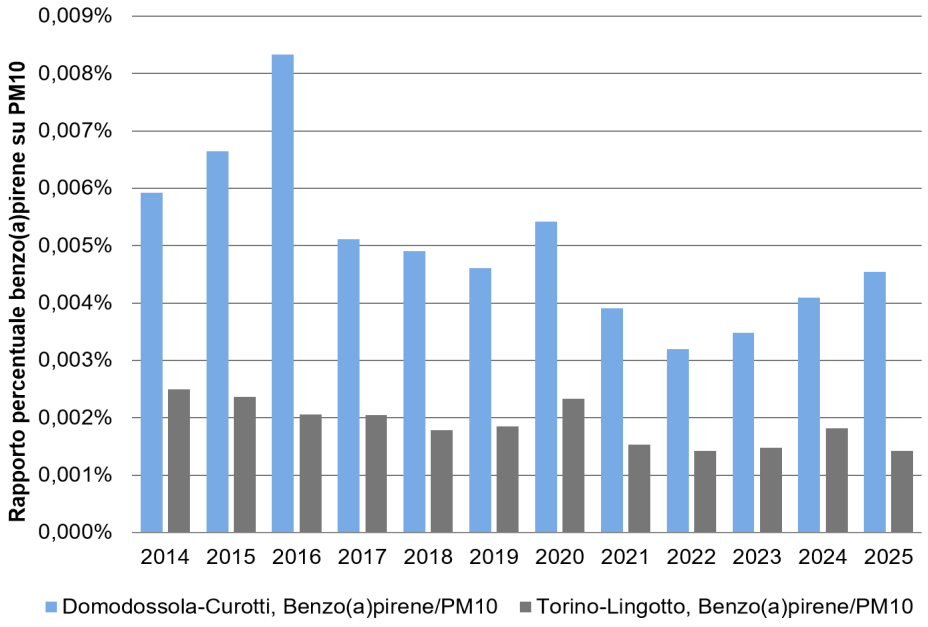


Figura 146: percentuale di benzo(a)pirene nel PM10 – anni 2014-2025

Tale criticità relativamente al benzo(a)pirene ha fatto subito supporre come molto significativa la fonte riscaldamento tramite combustione di biomasse. Questa ipotesi è stata poi supportata dal source apportionment modellistico relativo al 2015 effettuato per il nuovo Piano Regionale per la Qualità dell'Aria della Regione Piemonte, nel quale è indicato il contributo percentuale alla media annuale del PM10 del riscaldamento a biomassa, che è il 44,2% a To-Lingotto ed il 76,7% a Domodossola, mentre complessivamente il traffico veicolare contribuisce al 35,7% del PM10 a Torino-Lingotto, contro il 10,3 % di Domodossola. La revisione dello studio di source apportionment modellistico effettuata nel 2022 per l'aggiornamento del Piano Regionale di qualità dell'aria conferma i rapporti, indicando il contributo percentuale alla media annuale del PM10 del riscaldamento a biomassa del 32,7% a Torino-Lingotto e del 80,9% a Domodossola, mentre il traffico veicolare contribuisce al 51,2% del PM10 a Torino-Lingotto, contro il 12,6 % di Domodossola[64].

Nel 2025, analogamente a quanto osservato negli anni precedenti, la concentrazione media annua di BC a Domodossola risulta superiore a quella registrata a Torino, mentre per il PM10 si osserva la situazione opposta. Di conseguenza, il contributo del BC al PM10 è più elevato a Domodossola rispetto a Torino (10% contro 5,6%), come osservabile in Figura 3. L'unica eccezione si è verificata nel 2022, quando entrambi i siti hanno presentato un contributo del BC al PM10 uguale, pari al 7,3%. Anche i valori giornalieri confermano il tipico andamento stagionale, caratterizzato da massimi invernali e minimi estivi, in linea con quanto osservata per il PM10.

L'esame delle correlazione del black carbon con NO, NO_2 e PM10 misurati nelle due stazioni, fatta per il periodo invernale, maggiormente significativo per questi inquinanti, evidenzia un'ottima correlazione del PM10 con il BC per entrambe le stazioni, discreta per l'NO_2, mentre per l'NO, tipico inquinante primario da traffico, le due stazioni si differenziano: mediamente, negli ultimi sette inverni a Torino-Lingotto è ottima (R di Pearson 0.9), mentre a Domodossola è più scarsa (R di Pearson 0.5), come si può vedere in Tabella 26 ed in Tabella 27. Questo indica il maggiore contributo della sorgente traffico al BC misurato a Torino, rispetto a Domodossola.

[64] https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-04/prqa_allegatob.pdf

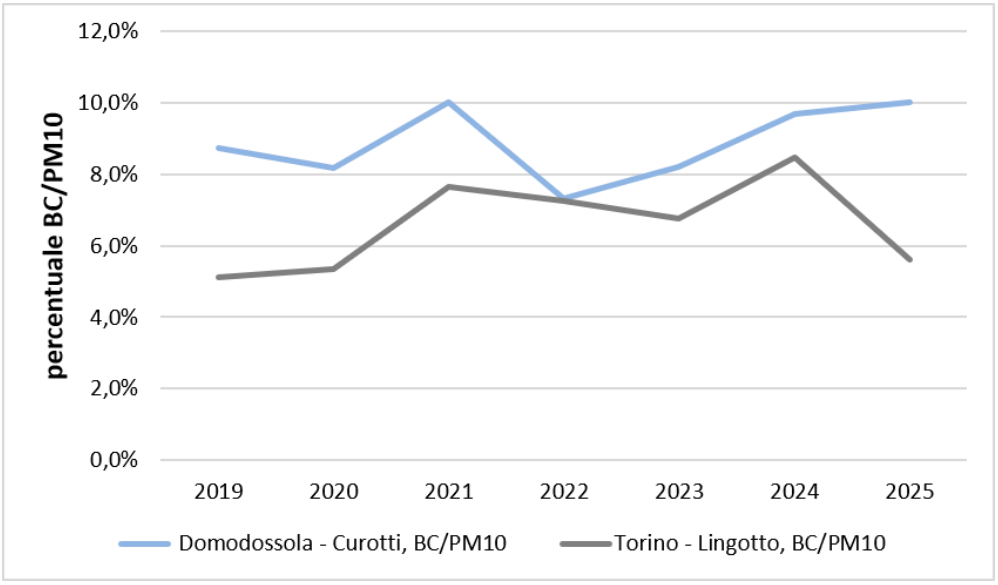


Figura 147: Andamento annuale della percentuale di BC nel PM10 a Torino e Domodossola

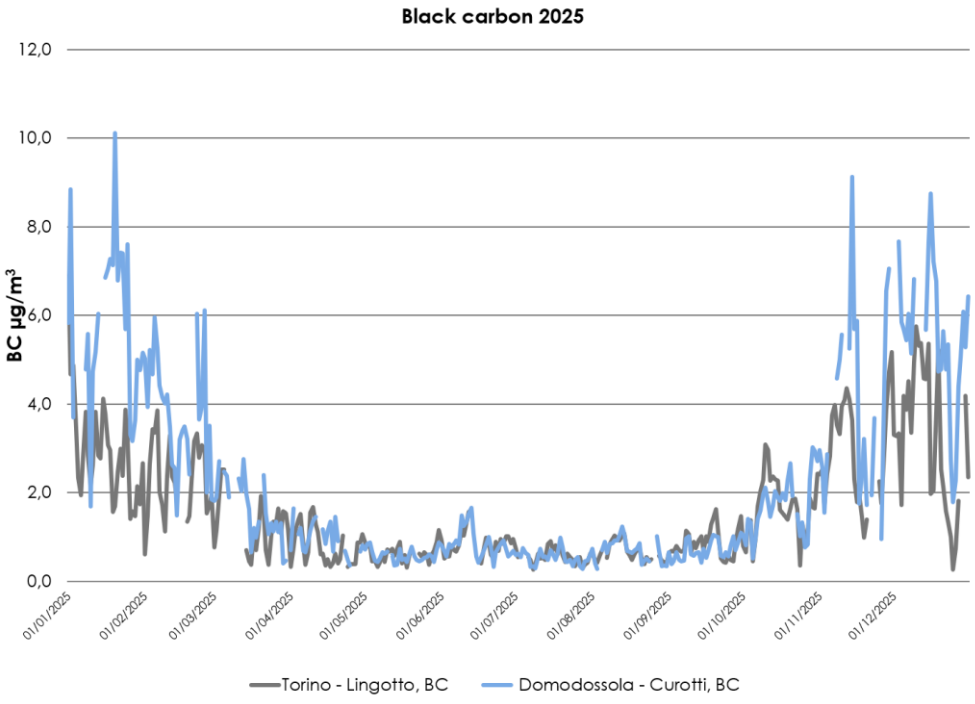


Figura 148: Andamento giornaliero del BC a Torino e Domodossola nel 2025

L'utilizzo di un analizzatore in continuo di BC nelle due stazioni ha consentito di quantificare la percentuale di black carbon attribuibile alla combustione delle biomasse in entrambi i siti, calcolata

applicando il metodo elaborato da Sandradewi, J. et al.[65]. La verifica della correttezza di questo tipo di stima è stata approfondita in uno studio di Arpa Piemonte nel sito di To-Lingotto[66].

Considerando solo il periodo freddo, ottobre – marzo, negli otto inverni finora monitorati, i valori percentuali di black carbon attribuibile alla combustione di biomasse a Domodossola sono mediamente più alti rispetto a Torino-Lingotto (44 % contro 30 % rispettivamente); il trend sembra in lenta, ma progressiva diminuzione in Domodossola, con un minimo registrato nell'inverno 2023-2024, mentre a Torino la percentuale negli ultimi sei inverni è stabile, risultando una decina di punti in più rispetto ai primi inverni di monitoraggio, ossia agli anni 2018-2019 e 2019-2020, attestandosi attorno al 30% (Figura 147 e Tabella 28).

	To-Lingotto - Black Carbon															
	R di Pearson ott-dic 2018	R di Pearson gen-mar 2019	R di Pearson ott-dic 2019	R di Pearson gen-mar 2020	R di Pearson ott-dic 2020	R di Pearson gen-mar 2021	R di Pearson ott-dic 2021	R di Pearson gen-mar 2022	R di Pearson ott-dic 2022	R di Pearson gen-mar 2023	R di Pearson ott-dic 2023	R di Pearson gen-mar 2024	R di Pearson ott-dic 2024	R di Pearson gen-mar 2025	R di Pearson ott-dic 2025	R di Pearson gen-mar 2026
To-Lingotto - NO_2	0.63	0.68	0.75	0.79	0.65	0.71	0.71	0.54	0.57	0.67	0.58	0.63	0.65	0.58	0,69	0,74
To-Lingotto - NO	0.90	0.93	0.90	0.95	0.90	0.88	0.88	0.90	0.87	0.91	0.91	0.91	0.94	0.89	0,88	0,84
To-Lingotto - PM10	0.80	0.88	0.78	0.88	0.82	0.83	0.82	0.92	0.82	0.87	0.87	0.91	0.92	0.83	0,79	0,83

Tabella 26: Correlazione del BC con gli altri inquinanti a Torino-Lingotto (dati orari per NO ed NO2, giornalieri per il PM10).

	Domodossola Curotti - Black Carbon															
	R di Pearson ott-dic 2018	R di Pearson gen-mar 2019	R di Pearson ott-dic 2019	R di Pearson gen-mar 2020	R di Pearson ott-dic 2020	R di Pearson gen-mar 2021	R di Pearson ott-dic 2021	R di Pearson gen-mar 2022	R di Pearson ott-dic 2022	R di Pearson gen-mar 2023	R di Pearson ott-dic 2023	R di Pearson gen-mar 2024	R di Pearson ott-dic 2024	R di Pearson gen-mar 2025	R di Pearson ott-dic 2025	R di Pearson gen-mar 2026
Domodossola Curotti - NO_2	0.61	0.70	0.60	0.74	0.65	0.66	0.71	0.78	0.69	0.70	0.47	0.58	0.59	0.65	0,56	0,70
Domodossola Curotti - NO	0.65	0.39	0.65	0.61	0.57	0.47	0.62	0.53	0.58	0.46	0.32	0.42	0.53	0.62	0,66	0,63
Domodossola Curotti - PM10	0.82	0.83	0.85	0.88	0.83	0.61	0.94	0.80	0.93	0.88	0.87	0.90	0.91	0.79	0,87	0,79

[65] Sandradewi, J. et al., (2008) Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter, Environ. Sci. Technol. 42, 3316–3323

[66] Sacco M. et al, (2019) Caratterizzazione della componente carboniosa del particolato aero-disperso in un sito di fondo urbano torinese, Atti VII Convegno Nazionale Il controllo degli agenti fisici - Monitoraggio ambientale: dalla produzione all'analisi del dato, Arpa Piemonte in collaborazione con AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione)

Tabella 27: Correlazione del BC con gli altri inquinanti a Domodossola-Curotti (dati orari per NO ed NO2, giornalieri per il PM10)

L'andamento nel tempo delle concentrazioni di BC totale e di BC attribuibile alle due principali componenti (combustione delle biomasse e dei combustibili fossili) sono visualizzabili in Figura 149 e Figura 150, rappresentate come concentrazioni medie mensili.

Anche l'analisi del profilo medio giornaliero dell'ultimo inverno del BC da combustione di biomasse e da combustione di combustibili fossili indica che a Domodossola ci sia una fonte aggiuntiva di BC attribuibile alla combustione di biomasse rispetto al sito torinese, come osservabile nella Figura 151 a sinistra.

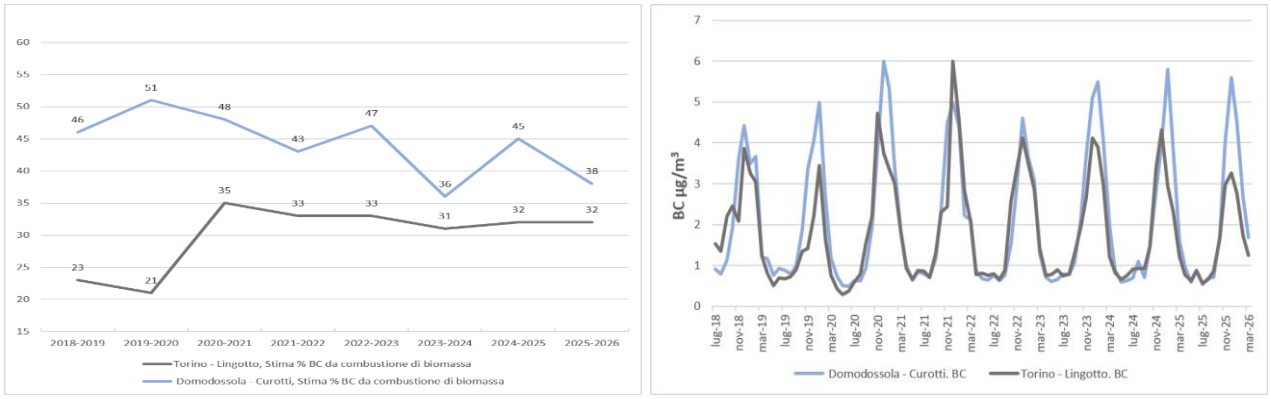


Figura 149: andamento medio stima % da combustione delle biomasse – inverni - e andamento medio BC - medie mensili luglio 2018-marzo 2026 - a Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti

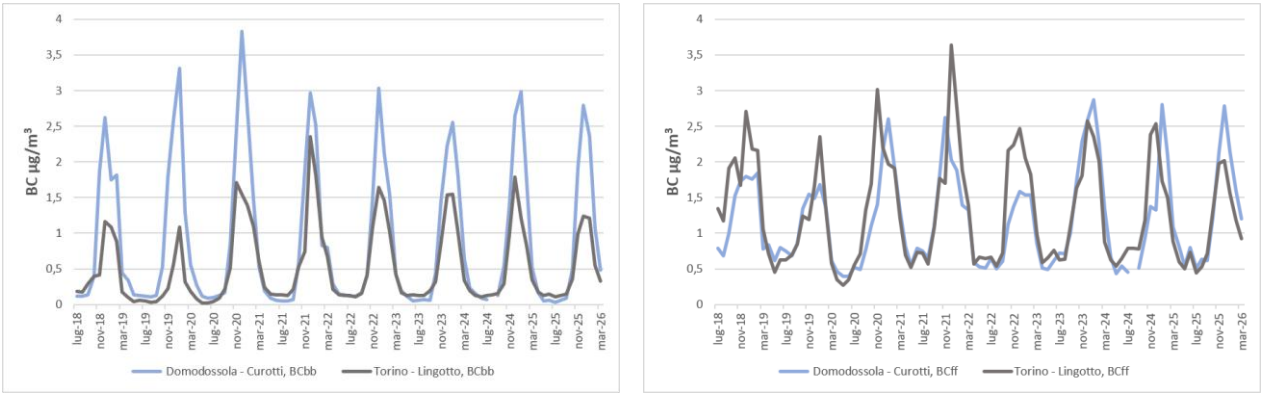


Figura 150: andamento medio BC da combustione delle biomasse (BCbb) e da combustione di combustibili fossili (BCff) - medie mensili - a Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti luglio 2018-marzo 2026

Il profilo medio giornaliero del BC da combustione di combustibili fossili a Domodossola mostra, a partire dall'inverno 2023-2024, caratteristiche differenti rispetto agli anni precedenti. Inizialmente, infatti, i valori medi orari risultavano spesso inferiori a quelli osservati nel sito di Torino; negli ultimi tre inverni, invece, soprattutto nelle ore tardo-serali e notturne, si evidenzia un contributo della combustione di combustibili fossili maggiore rispetto a quello rilevato a Torino.

Particolarmente interessante è il confronto dell'andamento dei parametri misurati nel semestre freddo (ottobre-marzo) riportato in Tabella 28. A Torino-Lingotto, il PM10 registrato nell'ultimo inverno mostra un incremento rispetto all'anno precedente, mentre a Domodossola è stato rilevato uno dei valori più bassi della serie storica considerata. Il BC, invece, risulta in diminuzione nell'inverno 2025-2026 in entrambi i siti monitorati.

A To-Lingotto si conferma sostanzialmente stabile il rapporto tra la componente di BC derivante dalla combustione di biomassa e quella attribuita alla combustione di combustibili fossili, con percentuali pari a circa 32% di BCbb e 68% di BCff.

A Domodossola, al contrario, si osserva un decremento della stima percentuale di BC derivante da combustione di biomassa, passata dal 45% al 38%, con valori che tornano ad essere simili a quelli rilevati nell'inverno 2023-2024.

Per comprendere meglio le variazioni osservate non è possibili prescindere da una valutazione meteorologica complessiva, nel seguito si analizzano i principali indicatori meteorologici.

In generale, in Piemonte l'inverno 2025/2026 ha presentato una temperatura media di circa 3°C (2,9°C nell'inverno precedente), con un'anomalia termica positiva di 1,3°C (1,1°C nell'inverno precedente), rispetto alla media del periodo 1991-2020, risultando la settima stagione invernale più calda degli ultimi 69 anni. Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state superiori alla media degli anni 1991-2020, con 248,4 mm medi ed un surplus di 101,8 mm (pari al 69%), risultando il decimo inverno più piovoso nella distribuzione storica dal 1958. È il terzo inverno consecutivo senza un episodio significativo di neve a Torino città.

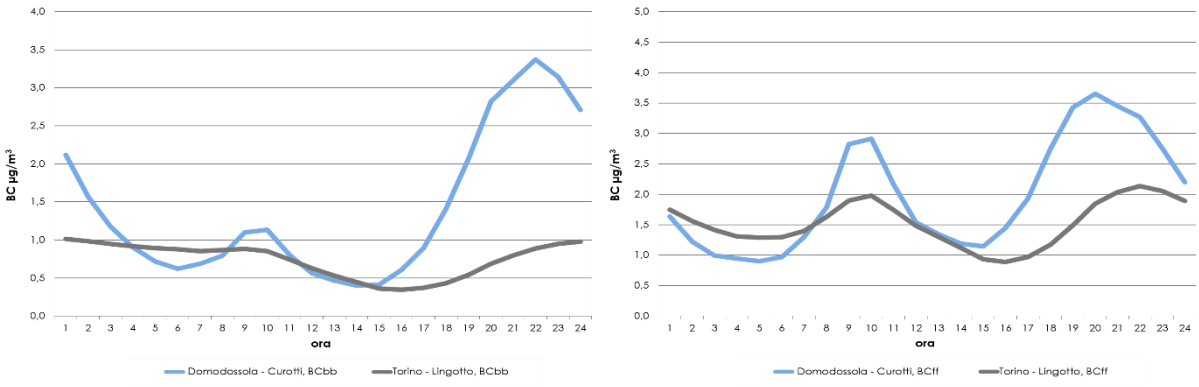


Figura 151: andamento del giorno medio per il BC da combustione di biomasse (sinistra) e per il BC da combustione di combustibili fossili (destra) nel periodo ottobre 2025 – marzo 2026

In particolare, l'inverno 2025-26 a Domodossola ha registrato una temperatura media di 7,1 °C, più alta di 0,5 °C rispetto a quella dell'inverno 2024-25 (6,6°C), con una media dei massimi giornalieri maggiore (13,3°C contro 12,8°C). A Torino la temperatura media è stata di 9,2 °C, più alta di 0,1°C rispetto all'inverno precedente e con una media dei massimi giornalieri, anche qui, superiore (12,9°C contro 12,6°C). Per quanto riguarda le precipitazioni, sia a Torino che a Domodossola i mm di pioggia totali caduti da ottobre a marzo sono stati inferiori a quelli dell'inverno precedente e confrontabili tra loro, pari a circa 375 mm. Le precipitazioni nevose sono state, come già detto, nulle a Torino, mentre presso il sito della Diga di Larecchio che, pur se ubicato in quota (1860 slm), è distante solo una ventina di chilometri da Domodossola, sono risultate in linea con gli inverni precedenti.

In generale, i dati analizzati sembrano presentare delle oscillazioni imputabili principalmente alle variazioni interannuali delle condizioni meteorologiche.

Le differenze osservate nelle concentrazioni di BC, e in particolare della componente attribuita alla combustione della biomassa, sembrano essere influenzate in misura rilevante dalle condizioni meteorologiche invernali, che incidono sia sul fabbisogno di riscaldamento sia sulla dispersione degli inquinanti in atmosfera.

In questo contesto, si può ipotizzare che le temperature mediamente più elevate registrate durante l'inverno 2025-26 abbiano contribuito a ridurre, in entrambi i siti, le emissioni di BC, in particolare quelle associate alla combustione della biomassa per il riscaldamento domestico. Tale diminuzione è risultata più evidente a Domodossola, dove il contributo delle sorgenti legate alla combustione della legna è storicamente più rilevante. Alla riduzione osservata potrebbero aver contribuito anche le misure adottate negli ultimi anni per il contenimento dei consumi energetici, il miglioramento dell'efficienza degli impianti di riscaldamento e, più in generale, agli effetti delle misure di risanamento della qualità dell'aria, come ad esempio la progressiva limitazione degli impianti a biomassa meno efficienti.

	media inverno 2018-2019	media inverno 2019-2020	media inverno 2020-2021	media inverno 2021-2022	media inverno 2022-2023	media inverno 2023-2024	media inverno 2024-2025	media inverno 2025-2026
To-Lingotto, PM10	40	39	40	39	35	37	31	35
To-Lingotto, Stima % BC da combustione di biomassa	23	21	35	33	33	31	32	32
To-Lingotto, BC	2.63	1.79	3.12	3.33	2.98	2.84	2.68	2.25
To-Lingotto, BCbb	0.71	0.44	1.11	1.18	1.02	0.95	0.94	0.77
To- Lingotto, BCff	1.92	1.34	1.97	2.15	1.94	1.89	1.74	1.48
Domodossola - Curotti, PM10	24	30	33	34	34	28	31	27
Domodossola - Curotti, Stima % BC da combustione di biomassa	46	51	48	43	47	36	45	38
Domodossola - Curotti, BC	3.28	2.96	3.63	3.46	2.82	3.64	3.32	3.23
Domodossola - Curotti, BCbb	1.69	1.71	1.97	1.68	1.54	1.51	1.69	1.44
Domodossola - Curotti, BCff	1.52	1.25	1.65	1.79	1.26	2.15	1.63	1.80

Tabella 28: medie e variazioni percentuali degli inquinanti inverni (ott-mar) dal 2018 al 2026

Per valutare se le concentrazioni di black carbon misurate siano attribuibili prevalentemente a sorgenti emissive a carattere locale o più esterne rispetto al punto di monitoraggio, sono stati esaminati i grafici “polar plot”. Il grafico bivariato in coordinate polari (polar plot), consente di rappresentare, rispetto al punto di misura, le concentrazioni dell'inquinante in funzione della direzione e velocità del vento: la coordinata radiale indica la velocità del vento (m/s), l'angolo polare individua la direzione (gradi Nord), mentre nel piano sono riprodotte le concentrazioni, in base alla legenda con gradiente di colore.

L’analisi dei grafici polar plot relativi alle due stazioni, riferita al periodo invernale 01/10/2025-31/03/2026, evidenzia la differenza che caratterizza i due siti di misura.
Per la stazione di Domodossola-Curotti si osservano le concentrazioni più elevate di BC in condizioni di bassa ventilazione (in coerenza con le caratteristiche anemologiche locali), suggerendo l’influenza predominante di sorgenti emissive riferibili a una scala spaziale a carattere locale, prossime al punto di misura (Figura 152).
Per la stazione di Torino-Lingotto, si conferma quanto già rilevato negli inverni precedenti: le concentrazioni più elevate di BC si registrano con venti di provenienza Sud-Sud-Ovest, con maggior incidenza nelle ore notturne, denotando un possibile apporto dovuto a sorgenti di emissione esterne all’area di monitoraggio, verosimilmente localizzate in alcuni comuni della prima cintura della conurbazione, caratterizzati da una tipologia di edilizia residenziale maggiormente predisposta all’uso della biomassa per il riscaldamento domestico, rispetto alla Città di Torino (Figura 153).

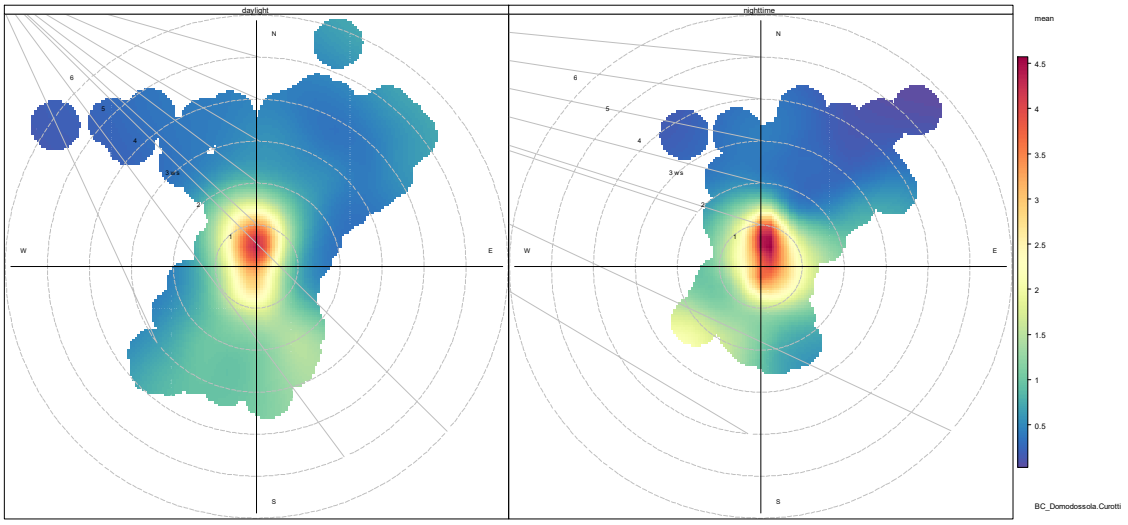


Figura 152: Domodossola-Curotti, polar plot delle concentrazioni di BC in funzione di direzione e velocità del vento inverno 2025-2026

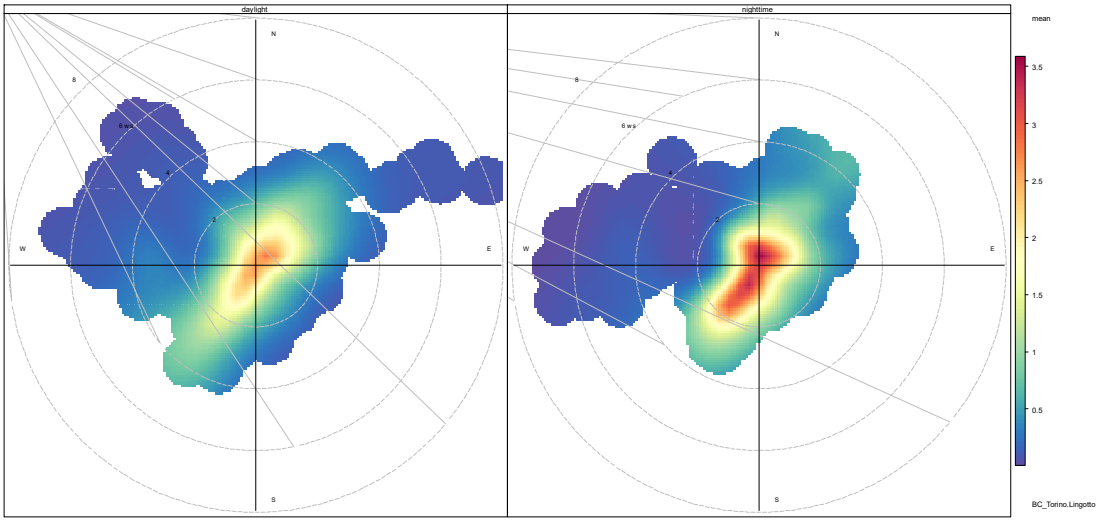


Figura 153: Torino-Lingotto, polar plot delle concentrazioni di BC in funzione di direzione e velocità del vento inverno 2025-2026

Le misure di Black Carbon effettuate in Piemonte confermano le profonde differenze tra i siti di Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti. A Torino il BC risulta maggiormente influenzato dalle emissioni legate al traffico veicolare, mentre a Domodossola emerge con maggiore evidenza il contributo della combustione della biomassa per il riscaldamento domestico. L'inverno 2025-2026 è stato caratterizzato da concentrazioni inferiori rispetto alla stagione precedente, in particolare per la componente attribuibile alla biomassa, probabilmente anche per effetto delle temperature più elevate registrate nel periodo. I risultati confermano l'utilità del monitoraggio del BC quale indicatore sia della qualità dell'aria sia dell'efficacia delle misure di riduzione delle emissioni.

8.2 Metalli non normati

Testo a cura di Luisella Bardi (Arpa Piemonte Dipartimento Territoriale Sud-Ovest) e Sara Scaglione (Arpa Piemonte Dipartimento Territoriale Nord-Ovest)

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 stabilisce obblighi di monitoraggio e di rispetto di limiti di legge per quattro metalli pesanti associati al PM_{10}: arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb).

La sola analisi dei metalli normati, tuttavia, offre una visuale parziale della complessa matrice chimica del particolato atmosferico. Accanto ad essi, il PM_{10} contiene una vasta gamma di metalli comunemente definiti "non normati" poiché la legislazione vigente non prevede per essi valori limite o standard di qualità dell'aria dedicati. La loro determinazione analitica riveste un'importanza strategica fondamentale per il controllo e la gestione della qualità dell'aria su scala regionale.

A scopo di approfondimento tecnico-scientifico, Arpa Piemonte effettua la determinazione di una serie di metalli non normati presenti nel particolato PM_{10}. Nel corso degli anni l'attività analitica è stata dedicata in particolare alla ricerca di: antimonio (Sb), cromo (Cr), ferro (Fe), manganese (Mn), rame (Cu), vanadio (V) e zinco (Zn).

Le analisi chimiche sono state condotte sui campioni di PM_{10} prelevati da alcune stazioni della rete regionale selezionate in modo da rappresentare differenti contesti emissivi e territoriali. Nel dettaglio, sono state oggetto di analisi una stazione di fondo urbano (Torino - Rubino) per valutare i livelli di fondo rappresentativi dell'esposizione della popolazione nei contesti urbani; quattro stazioni di fondo suburbano (Beinasco, Cavallermaggiore, Cerano, Vercelli) per monitorare le aree periferiche o di transizione tra il tessuto urbano e quello extraurbano; tre stazioni di traffico urbano (Bra, Mondovì, Torino - Rebaudengo) per valutare l'impatto delle emissioni veicolari e delle relative componenti non esaustive; infine, una stazione di fondo rurale (Ceresole) per stimare i livelli di fondo regionale, non influenzati dalle sorgenti antropiche dirette.

Il metodo utilizzato per la determinazione dei metalli presenti nella frazione di particolato PM_{10} fa riferimento alla procedura riportata nella norma UNI EN 14902:2005 e prevede la digestione acida dei campioni seguita da analisi con tecnica ICP-MS (spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente).

La concentrazione di ciascun metallo viene determinata ed espressa direttamente come media mensile attraverso un unico trattamento analitico di un "campione composto mensile", ottenuto accorpando le fustelle (porzioni di filtro) prelevate da ogni singolo filtro giornaliero sottoposto al campionamento del particolato PM_{10} nel corso del mese.

Per questi metalli la normativa non fornisce limiti, sono tuttavia presenti in letteratura i seguenti riferimenti:

- valori di linea guida in aria ambiente stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità[67];
- RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definiti da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency);
- MRL (Miminal Risk Level) per esposizione cronica/subcronica definiti dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)[68].

Nella tabella seguente è riportato un riepilogo dei valori di riferimento attualmente disponibili ed alcune indicazioni dei livelli di concentrazione normalmente riscontrate in aria ambiente.

[67] World Health Organization Regional Office for Europe, *Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition*, WHO Regional Publications, European Series No. 91, Copenhagen, 2000

[68] https://wwwn.cdc.gov/TSP/MRLS/mrlsListing.aspx

Metallo	Linea guida O.M.S. (ng/m³)	U.S. EPA RfC (ng/m³)	ATSDR MRL (ng/m³)	Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m³)	Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (*) (ng/m³)
Antimonio	-	-	300 ng/m³	-	-
Cromo	(**)	100 come Cr(VI)	30 come Cr(VI) 100 come Cr(III)	5-200	< 20
Manganese	150 come media annuale	50	300	10-70 (media annuale) in aree urbane e rurali; 200-500 (media annuale) nell'intorno di sorgenti industriali specifiche	40 in aree urbane; 10 in aree rurali
Rame	-	-	-	-	1-200
Vanadio	1000 (24 h)	100 (screenig tossicologico)	-	50-200 in area urbana	11 come media nazionale degli Stati Uniti
Zinco	-	-	-	-	20-160 in area urbana

Tabella 29: Metalli sul PM10 non normati – valori di riferimento (*) Dati contenuti nei documenti ToxGuide e Public Health Statement di ATSDR (**) O.M.S. stima un rischio carcinogenico per il Cr(VI) pari a 4 x 10^{-2} per un'esposizione a 1000 ng/m³ per l'intero arco della vita

Per ciascun metallo oggetto di studio vengono di seguito confrontati, per i diversi siti di misura della rete Arpa Piemonte:

- tutti i valori mensili ottenuti dall'inizio del monitoraggio fino alla fine del 2025, mediante box plot e tabelle contenenti i principali indicatori statistici, al fine di valutare i livelli di concentrazione riscontrati nelle diverse tipologie di stazione (traffico metropolitano, traffico urbano, fondo urbano, suburbano e rurale);
- l'andamento stagionale dei valori assoluti mensili (ng/m³) e dell'incidenza percentuale sul PM_{10} (%) nel 2025, per comprendere il contributo relativo del singolo metallo alla massa complessiva del particolato nei diversi mesi e la potenziale influenza di sorgenti stagionali;
- il confronto dell'andamento stagionale del 2025 e quello storico delle concentrazioni, al fine di contestualizzare i valori rilevati nel 2025 e valutarne l'evoluzione rispetto agli anni precedenti.

8.2.1 Antimonio

Fonti: l'antimonio è considerato uno dei traccianti più caratteristici dell'usura dei freni. Viene utilizzato nei materiali frenanti per migliorarne le proprietà di attrito. Durante la frenata viene emesso nel particolato atmosferico ed è spesso associato a Cu, Fe e Zn. Può inoltre essere emesso da processi metallurgici, fonderie, incenerimento di rifiuti e altre combustioni industriali.

La distribuzione di tutte le concentrazioni medie mensili di Antimonio determinate sui filtri di PM10 campionati in ciascuna stazione della rete regionale dell'Arpa dall'inizio del suo periodo di campionamento fino al dicembre 2025, è rappresentata, nella figura seguente, con grafici a box.

Nella tabella sottostante, per ogni sito è indicata la tipologia di stazione e il periodo a cui i dati si riferiscono, sono quindi riportate il 25° percentile, la media, mediana, il valore massimo, il 75° percentile e il numero di dati disponibili di concentrazioni medie mensili per ogni punto di misura.

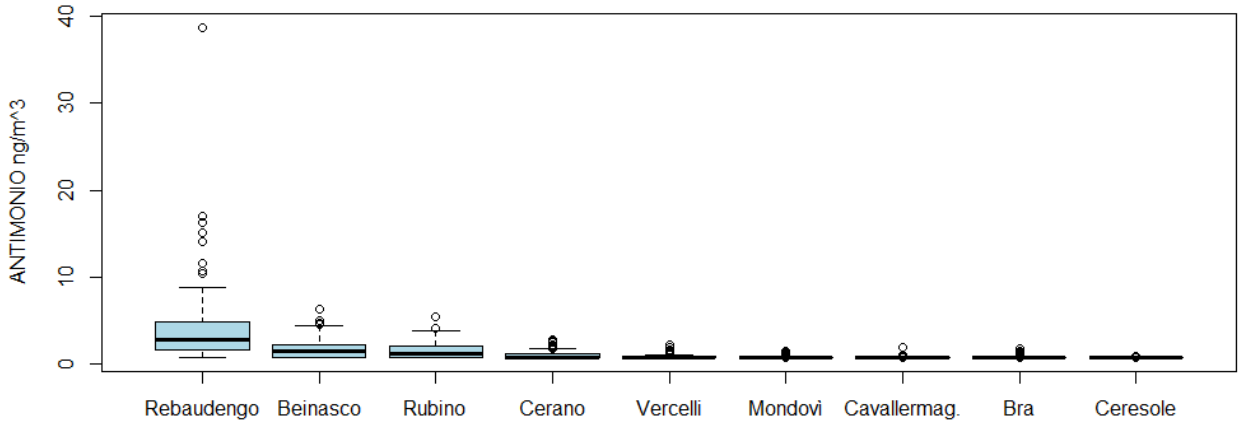


Figura 154: Antimonio: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Sb (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2014-2025)	Beinasco (FS) (2014-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (FS) (2014-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	1.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Media	3.9	1.7	1.5	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7
Mediana	2.8	1.5	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
75°perc	4.8	2.2	2.0	1.1	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7
Max	38.8	6.3	5.4	2.7	2.2	1.4	1.8	1.7	0.9
N. dati	143	143	100	105	122	120	49	123	59

Tabella 30: Antimonio: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Le medie mensili delle concentrazioni di Antimonio riscontrate in ciascuna stazione nel 2025 sono rappresentate nella Figura 155 (le stazioni sono state disposte in ordine per concentrazione media annuale decrescente). Essa mostra come nel 2025 la maggior parte delle stazioni al di fuori del contesto metropolitano non abbia mai evidenziato concentrazioni superiori al limite di rilevabilità del metodo (LCL), in coerenza con quanto riscontrato negli anni precedenti. Nella Figura 156 è riportato il contributo percentuale dell'Antimonio alle concentrazioni di PM10 (sono state rappresentate solo le stazioni che presentavano almeno ¼ dei mesi del 2025 con valori > LCL).

Il confronto dell'andamento stagionale del 2025 con quello storico delle concentrazioni, riportato per ogni stazione in Figura 157, permette di constatare come i dati dello scorso anno rientrino all'interno dei livelli riscontrati nei diversi mesi in ciascun sito e si avvicinino per lo più ai percentili più bassi. (le concentrazioni del 2025 non sono state riportate per i mesi con percentuale di dati validi < 85%).

Per l'antimonio si evidenzia una chiara variabilità stagionale, con concentrazioni maggiori nel periodo invernale che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo. Tuttavia, l'incremento che si osserva anche nel contenuto percentuale dell'antimonio nelle polveri, è indice dell'influenza di una sorgente specifica di tale inquinante che si attiva nei mesi freddi. Con concentrazioni maggiori presso la stazione di traffico urbano della Città Metropolitana di Torino, e poi, in misura minore, in quelle di fondo urbano e di fondo suburbano della stessa città.

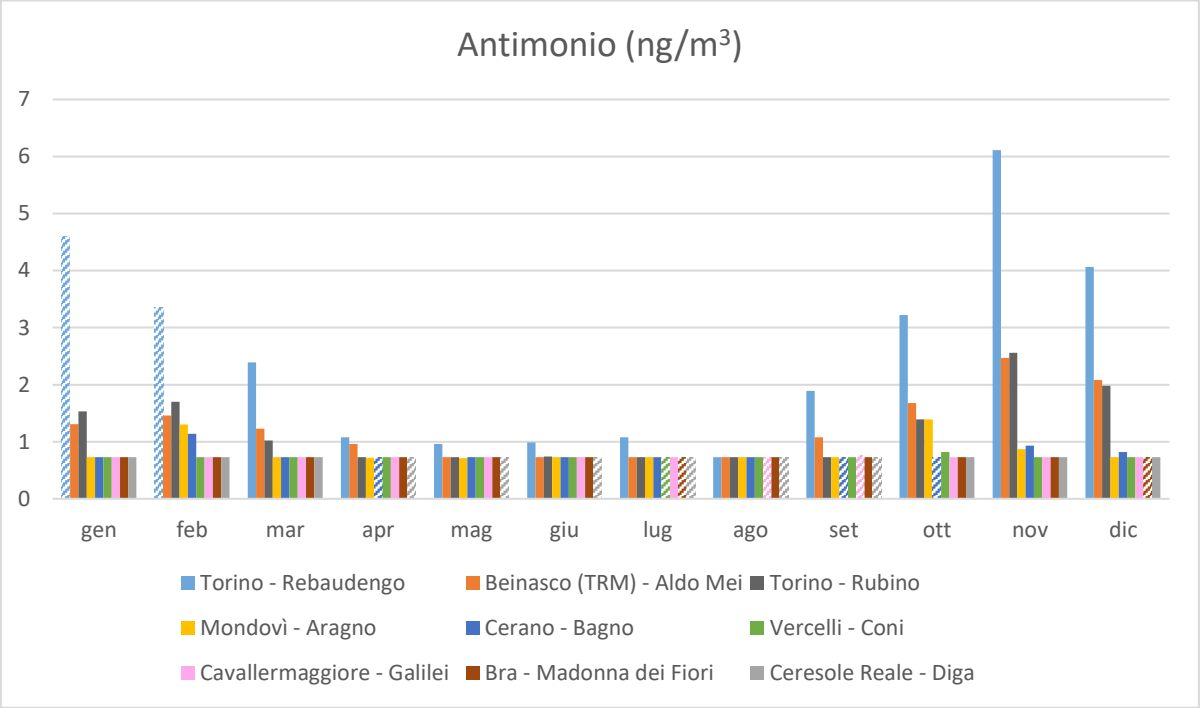


Figura 155: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di antimonio espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

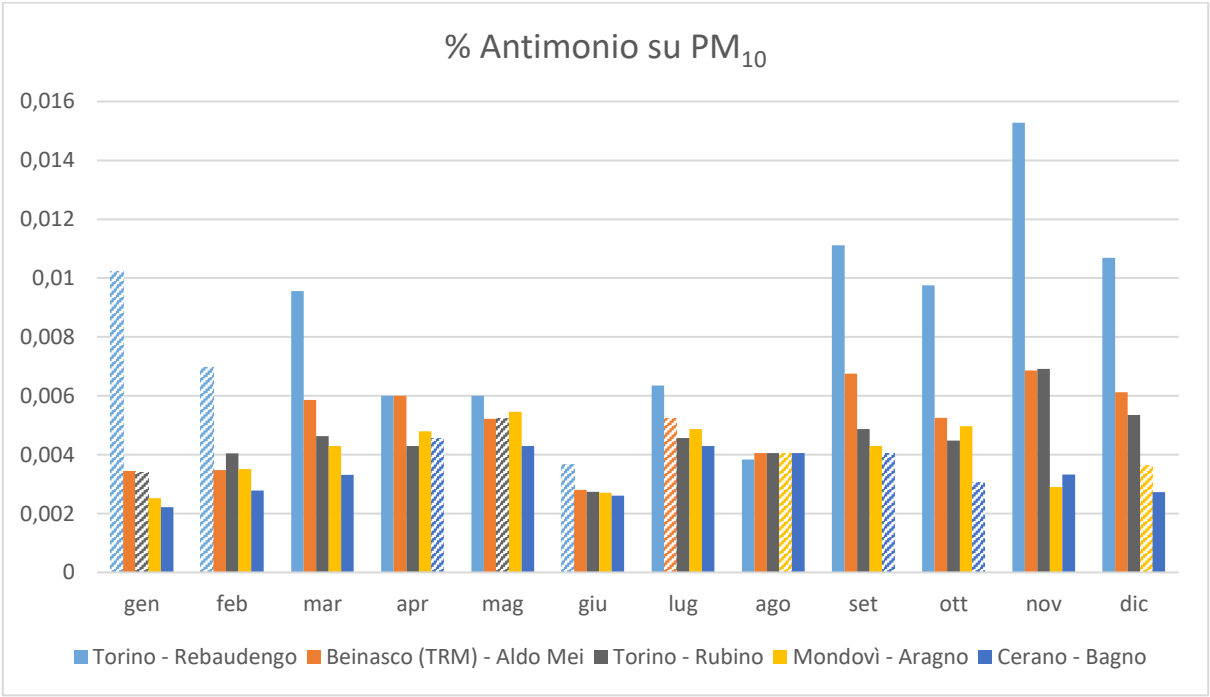


Figura 156: Anno 2025: Percentuali medie mensili di antimonio su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile)

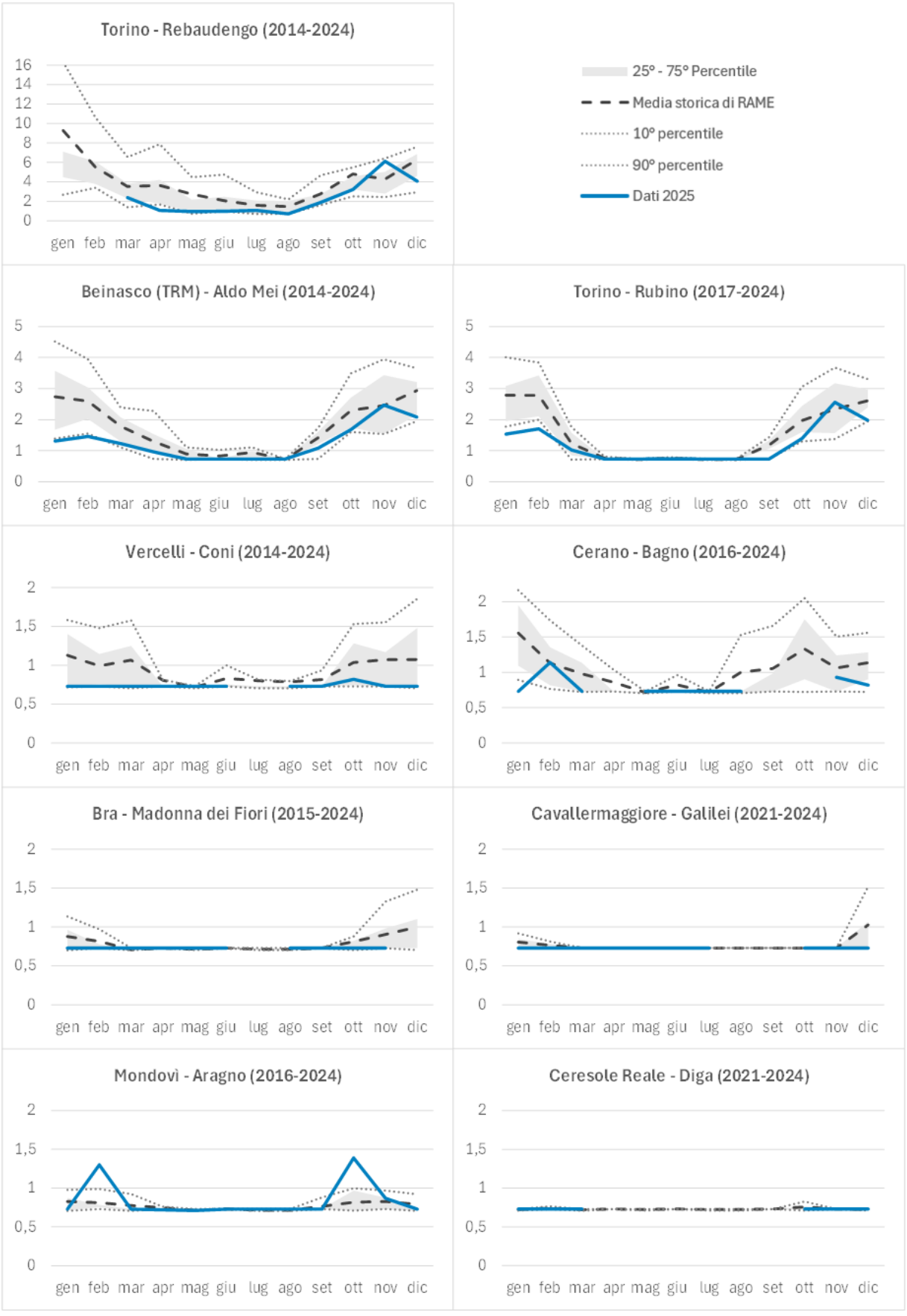


Figura 157: Antimonio: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.2 Rame

Fonti: il rame è generalmente riconosciuto come un elemento tracciante delle emissioni non esaustive del traffico veicolare, in particolare associato all'usura dei sistemi frenanti. La sua presenza in atmosfera può tuttavia essere ricondotta anche ad altre sorgenti, quali i processi di fusione e lavorazione dei metalli, e da processi di combustione industriale.

La distribuzione di tutte le concentrazioni medie mensili di Rame determinate sui filtri di PM10 campionati in ciascuna stazione della rete regionale dell'Arpa dall'inizio del suo periodo di campionamento fino al dicembre 2025, è rappresentata, nella figura seguente, con grafici a box.

Nella tabella sottostante, per ogni sito è indicata la tipologia di stazione e il periodo a cui i dati si riferiscono, sono quindi riportate il 25° percentile, la media, mediana, il valore massimo, il 75° percentile e il numero di dati disponibili di concentrazioni medie mensili per ogni punto di misura.

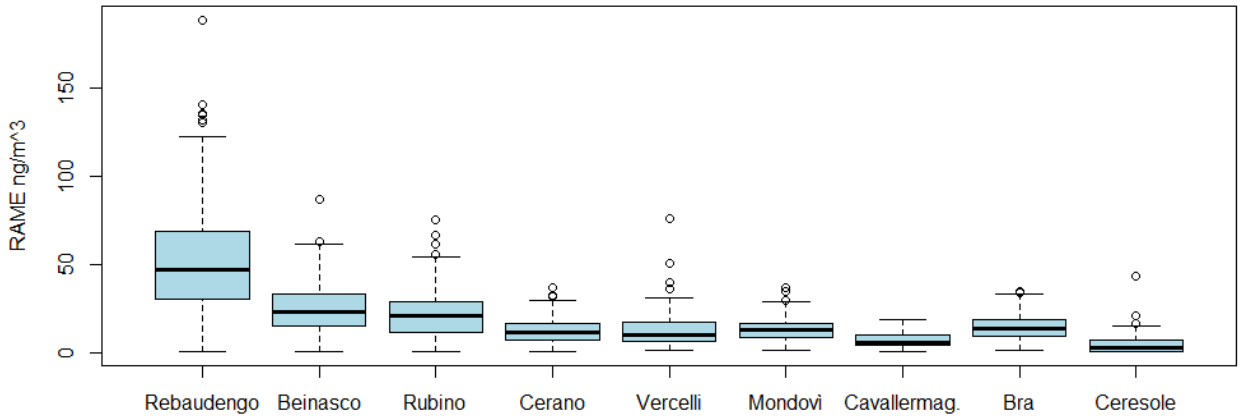


Figura 158: Rame: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Cu (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2012-2025)	Beinasco (FS) (2012-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (TU) (2013-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	30.3	15.0	11.8	7.3	6.3	8.7	4.4	9.5	1.2
Media	54.0	25.7	23.5	12.6	13.0	13.6	7.6	14.9	5.5
Mediana	47.3	23.4	20.9	11.4	10.5	12.9	6.1	14.1	3.1
75°perc	68.9	33.5	29.2	16.7	17.3	16.8	10.3	19.0	7.3
Max	188.4	86.5	75.2	37.2	76.0	36.9	19.1	34.9	43.7
N. dati	167	158	100	105	132	120	49	123	57

Tabella 31: Rame: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Le medie mensili delle concentrazioni di rame riscontrate nelle diverse stazioni nel 2025 sono riportate nelle figure successive unitamente al contributo percentuale sul PM10 e al confronto con le serie storiche. Dall'analisi dei dati emerge una chiara differenziazione tra i siti della conurbazione torinese e le restanti stazioni della rete regionale. I valori più elevati si osservano infatti presso la stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo, seguita dalle stazioni di fondo urbano di Torino-Rubino e di fondo suburbano di Beinasco, mentre concentrazioni progressivamente inferiori caratterizzano gli altri siti urbani e suburbani e, soprattutto, la stazione di fondo rurale di Ceresole.

Il rame mostra una marcata variabilità stagionale con concentrazioni maggiori nei mesi autunnali e invernali e minimi nel periodo estivo. Tale comportamento è attribuibile sia alle condizioni meteorologiche meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti durante la stagione fredda sia all'accumulo delle emissioni non esaustive del traffico veicolare, di cui il rame rappresenta uno dei principali traccianti.

Anche il contenuto percentuale sul PM10 tende ad aumentare nei mesi invernali, in particolare nelle stazioni dell'area metropolitana torinese, indicando che l'incremento delle concentrazioni non è dovuto esclusivamente all'aumento della massa complessiva di particolato ma anche ad un maggiore peso relativo delle sorgenti emissive responsabili del rilascio di rame.

Il confronto con l'andamento storico evidenzia come i valori del 2025 risultino generalmente compresi all'interno dell'intervallo di variabilità osservato negli anni precedenti, senza particolari anomalie o segnali di incremento strutturale delle concentrazioni.

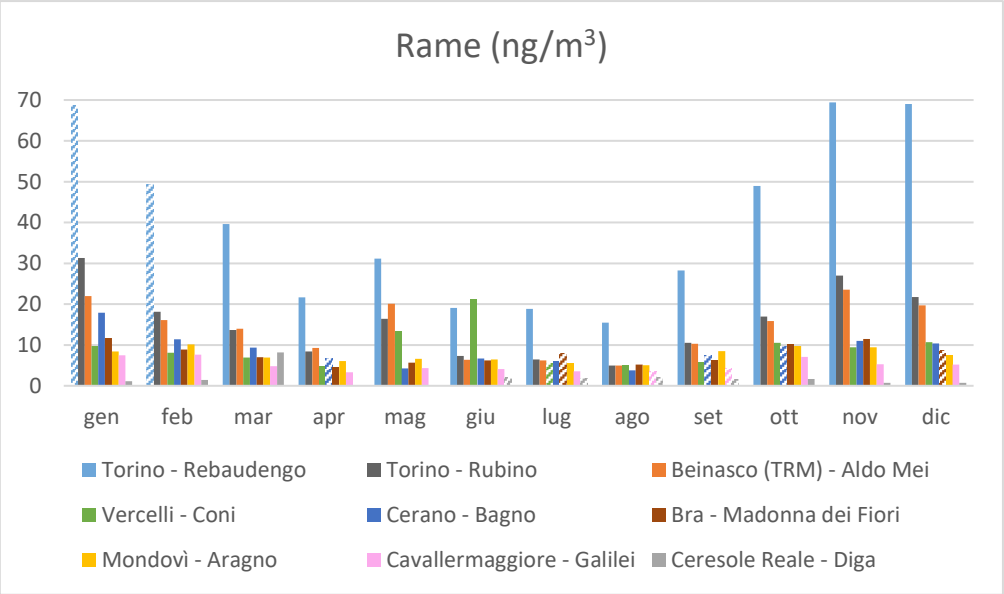


Figura 159: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di rame espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

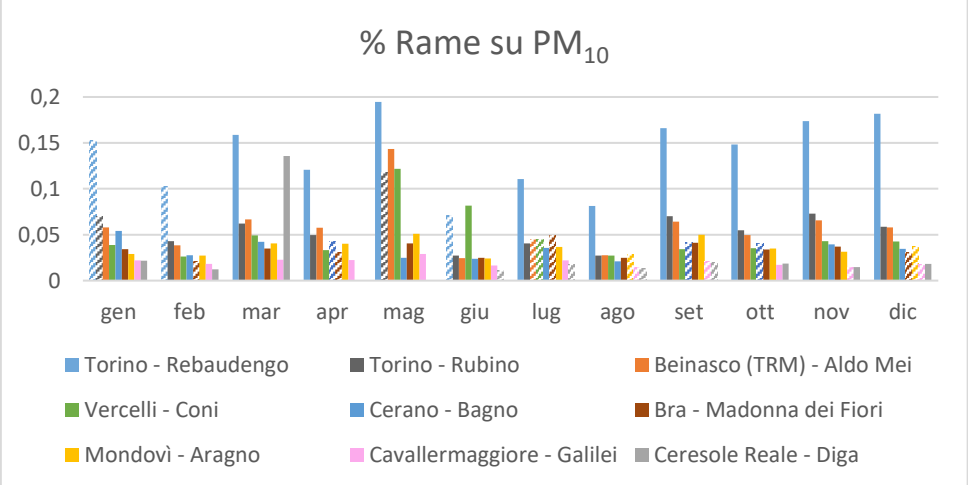


Figura 160: Anno 2025: Percentuali medie mensili di rame su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile)

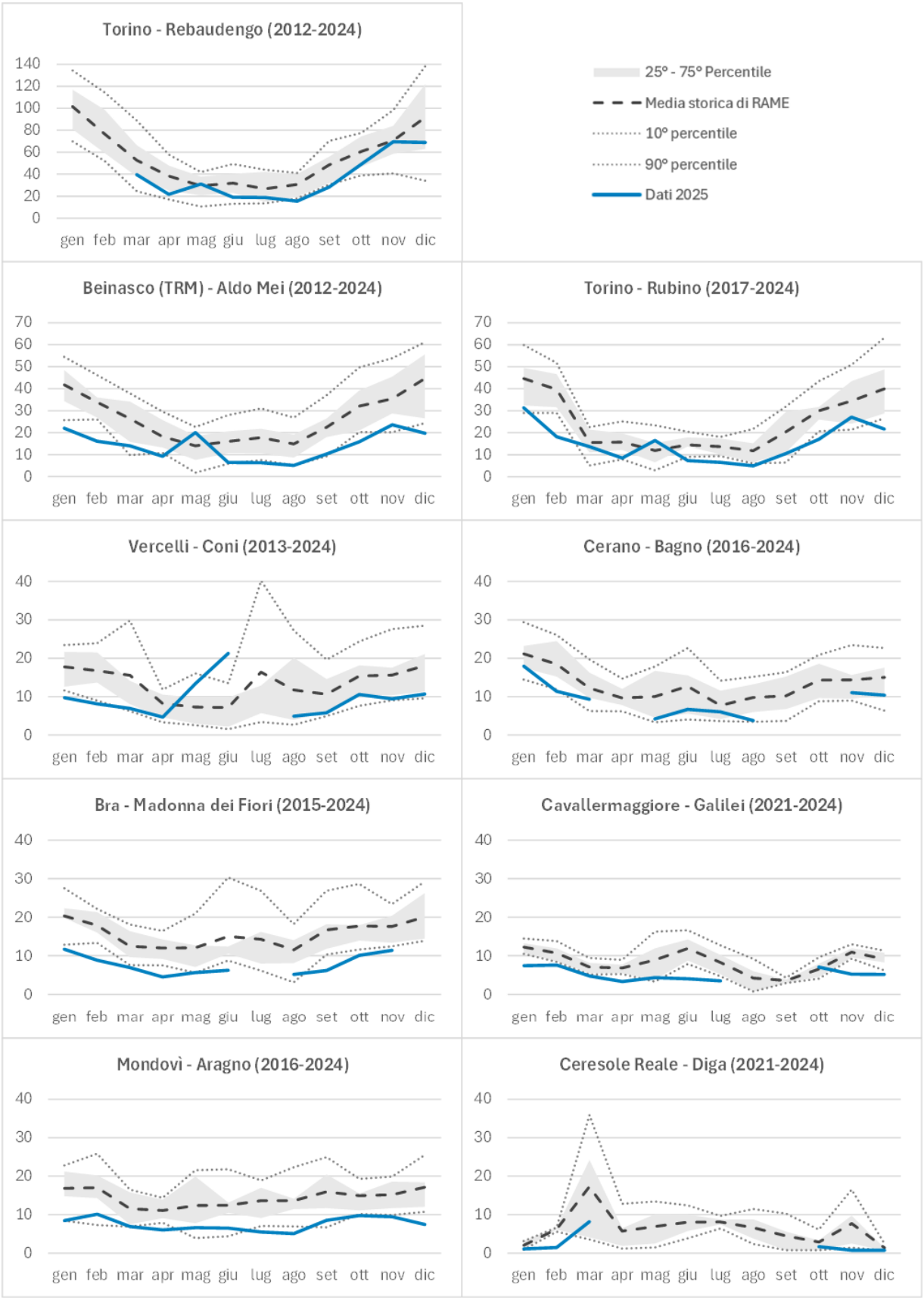


Figura 161– Rame: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.3 Ferro

Fonti: Il ferro è uno degli elementi più abbondanti nel PM10 ed è spesso utilizzato come indicatore della componente crostale, ma in ambito urbano può avere un'importante origine veicolare. Elevate concentrazioni di Fe in siti urbani e prossimi a infrastrutture di trasporto sono frequentemente attribuite all'usura meccanica dei freni ed eventualmente all'usura di rotaie e ruote ferroviarie. È prodotto dalle lavorazioni siderurgiche.

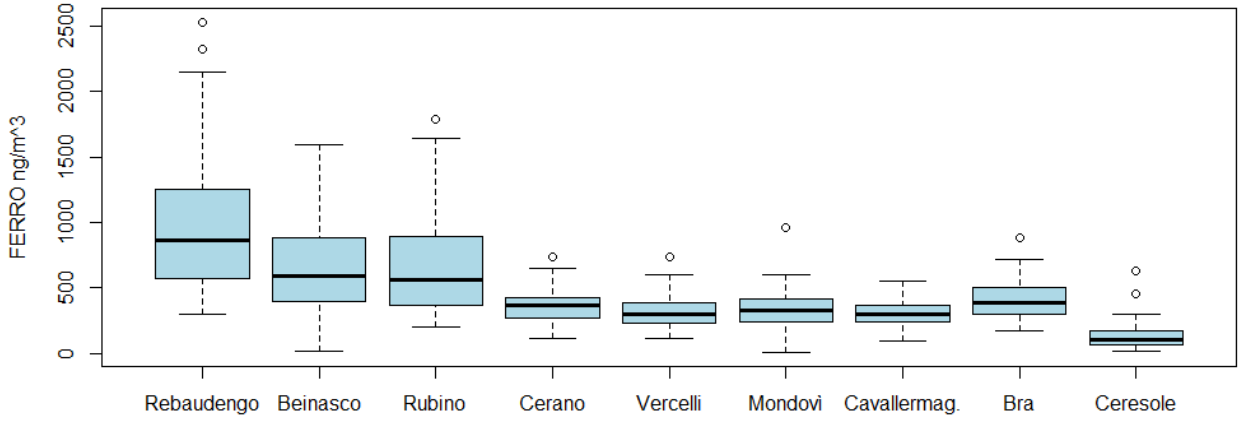


Figura 162: Ferro: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Fe (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2017-2025)	Beinasco (FS) (2017-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2017-2025)	Vercelli (TU) (2017-2025)	Mondovì (TU) (2019-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2020-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	574.5	400.4	371.7	269.5	230.3	237.0	242.4	302.0	68.3
Media	993.0	647.3	665.6	364.0	320.4	316.1	310.6	402.7	136.2
Mediana	868.3	587.9	561.6	372.6	298.9	332.2	302.9	387.4	102.4
75°perc	1251.0	875.2	887.0	426.7	388.8	419.9	371.5	507.4	178.1
Max	2531.4	1594.0	1792.0	733.3	736.8	960.5	550.5	880.3	633.4
N. dati	99	100	100	85	81	71	49	72	57

Tabella 32: Ferro: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Le concentrazioni di ferro rilevate nella rete regionale risultano nettamente superiori a quelle osservate per gli altri metalli considerati, confermando il ruolo predominante di questo elemento nella composizione del particolato atmosferico. I livelli più elevati si registrano presso la stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo, seguita dalle stazioni di fondo urbano e suburbano dell'area metropolitana torinese. Valori inferiori, ma comunque significativi, caratterizzano le altre stazioni urbane e suburbane della pianura piemontese, mentre i minimi si osservano presso il sito di fondo rurale di Ceresole.

L'andamento stagionale evidenzia concentrazioni maggiori durante il semestre freddo, con un decremento nei mesi estivi. Tale comportamento riflette sia il contributo delle emissioni veicolari non derivanti dai gas di scarico sia l'effetto delle condizioni meteorologiche invernali che favoriscono l'accumulo degli inquinanti in prossimità del suolo.

Rispetto agli altri metalli associati al traffico, il ferro presenta tuttavia una distribuzione spaziale più uniforme. Ciò suggerisce il contributo concomitante di diverse sorgenti, tra cui l'usura di freni,

pneumatici e componenti metallici dei veicoli, la risospensione delle polveri stradali e la componente crostale naturale. Episodi di trasporto di polveri sahariane possono inoltre contribuire ad incrementarne temporaneamente le concentrazioni (esempio episodi dust di giugno 2025).

Anche per il ferro il confronto con le serie storiche mostra come i dati del 2025 si collochino generalmente all'interno della normale variabilità osservata nei diversi siti di monitoraggio.

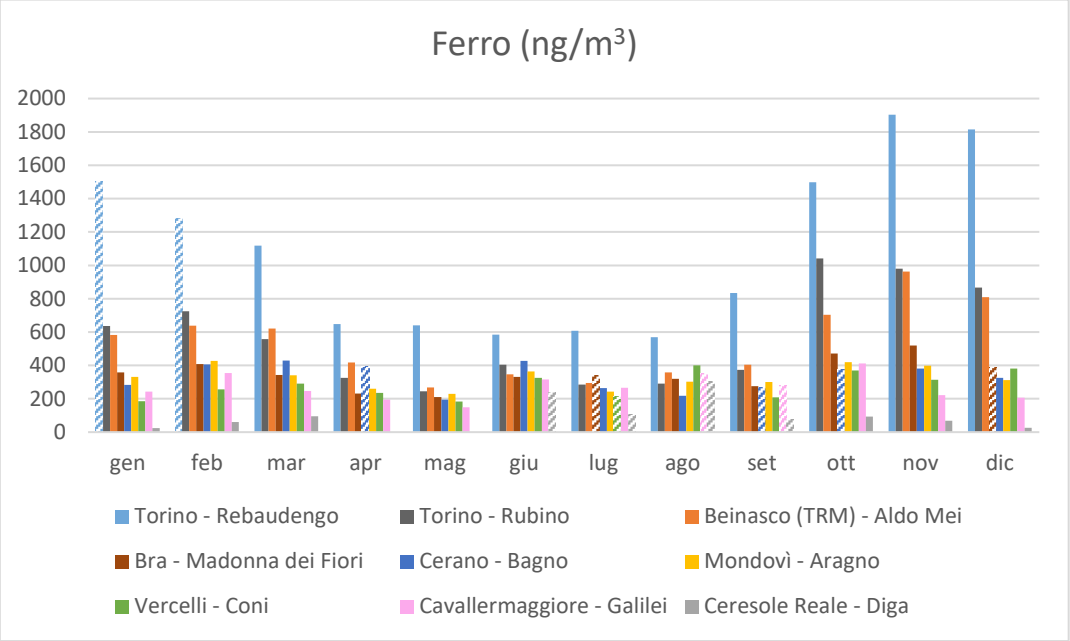


Figura 163: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di ferro espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

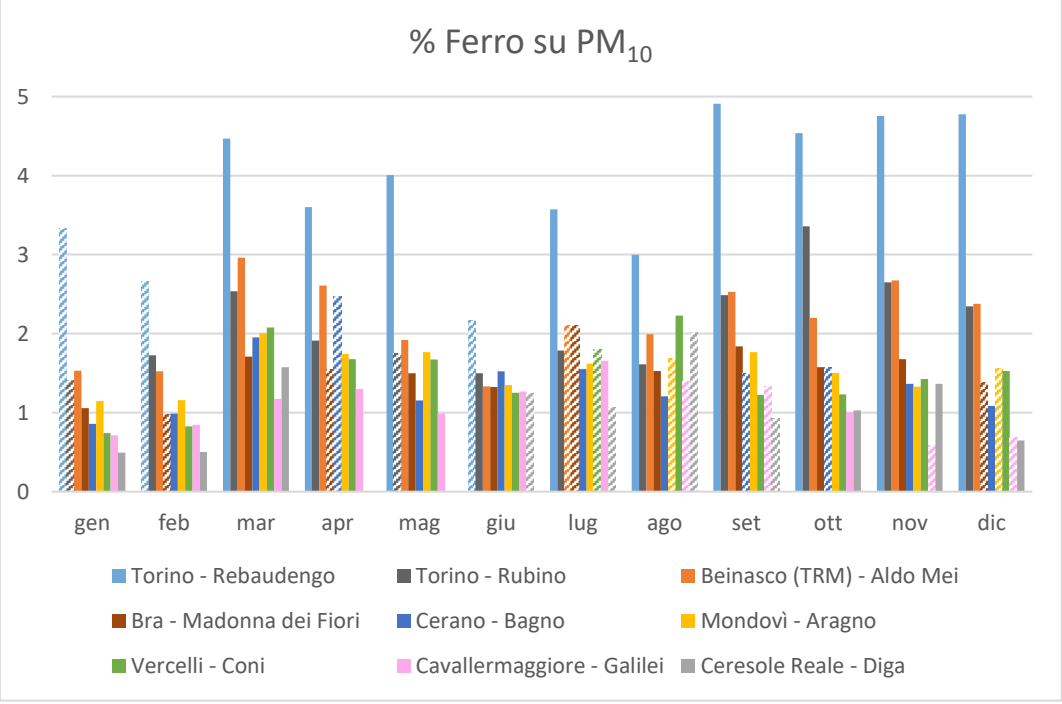


Figura 164: Anno 2025: Percentuali medie mensili di ferro su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile).

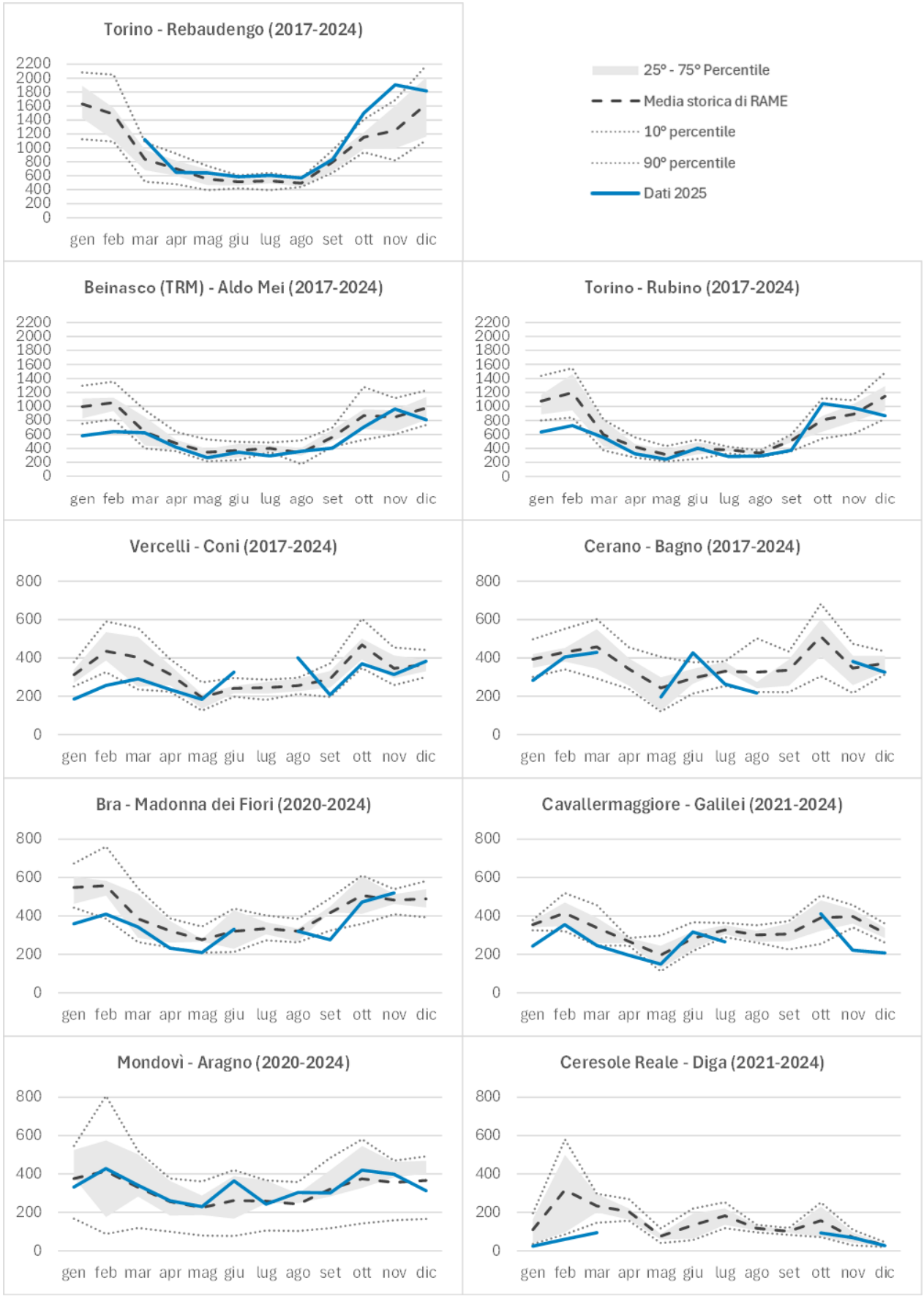


Figura 165: Ferro: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.4 Zinco

Fonti: le principali sorgenti atmosferiche di zinco in atmosfera sono rappresentate dai processi di incenerimento, dalla produzione e lavorazione dei metalli, dalla combustione di combustibili fossili e dalle emissioni non derivanti dai gas di scarico (in particolare all'usura degli pneumatici, che contengono ZnO come additivo). Tra le sorgenti naturali, lo zinco può essere associato alla componente minerale del suolo e derivare dalla risospensione di polveri di origine crostale ad opera del vento.

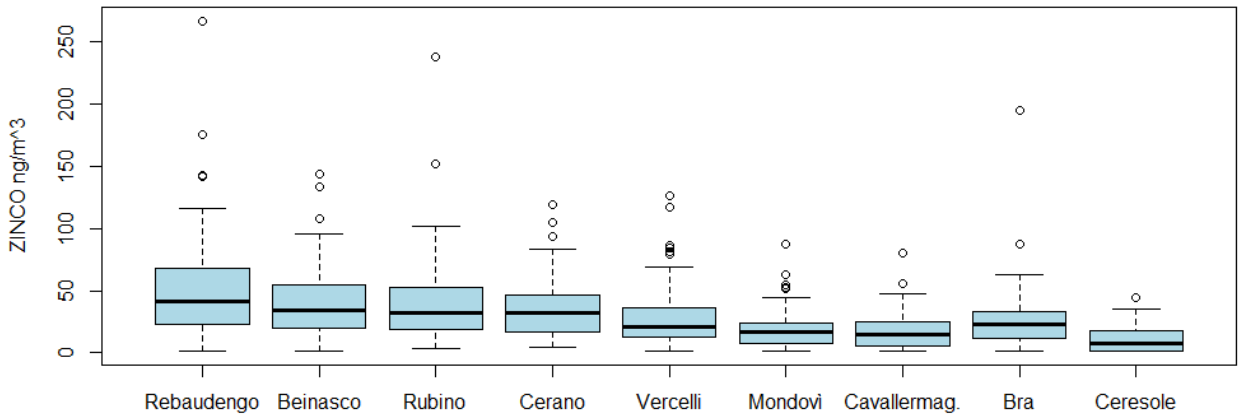


Figura 166**:** Zinco: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Zn (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2012-2025)	Beinasco (FS) (2012-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (TU) (2013-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	23.3	20.2	18.8	17.3	12.6	8.2	5.1	12.1	1.5
Media	48.4	38.6	39.9	35.4	26.8	18.9	17.7	25.4	10.9
Mediana	40.9	34.1	31.7	31.9	21.4	17.1	14.4	23.4	7.7
75°perc	68.0	54.3	52.4	47.0	35.7	24.4	25.0	33.4	18.0
Max	267.0	143.3	237.8	119.2	126.8	87.3	80.4	195.1	44.7
N. dati	167	158	100	105	132	119	49	123	57

Tabella 33: Zinco: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Nel 2025 le concentrazioni di zinco mostrano livelli più elevati nelle stazioni della conurbazione torinese, con massimi presso Torino-Rebaudengo e valori simili, seppur inferiori, nelle stazioni di Rubino e Beinasco. Le altre stazioni urbane e suburbane presentano livelli mediamente inferiori, mentre le concentrazioni più basse si registrano nel sito di fondo rurale di Ceresole.

Lo zinco evidenzia una marcata stagionalità con massimi nel periodo autunnale e invernale e minimi nei mesi primaverili ed estivi. L'andamento risulta coerente con quello osservato per altri metalli associati alle emissioni antropiche e alle sorgenti da traffico, nonché con l'effetto di accumulo atmosferico tipico della stagione fredda.

Le percentuali sul PM10 risultano generalmente più elevate nelle stazioni urbane e suburbane della pianura, confermando il contributo delle attività antropiche. In particolare, l'usura degli pneumatici può rappresentare una sorgente rilevante di zinco nei contesti caratterizzati da intenso traffico veicolare.

Il confronto con le serie storiche indica che le concentrazioni osservate nel 2025 rientrano nei livelli normalmente registrati presso i vari siti e non evidenziano trend anomali rispetto agli anni precedenti.

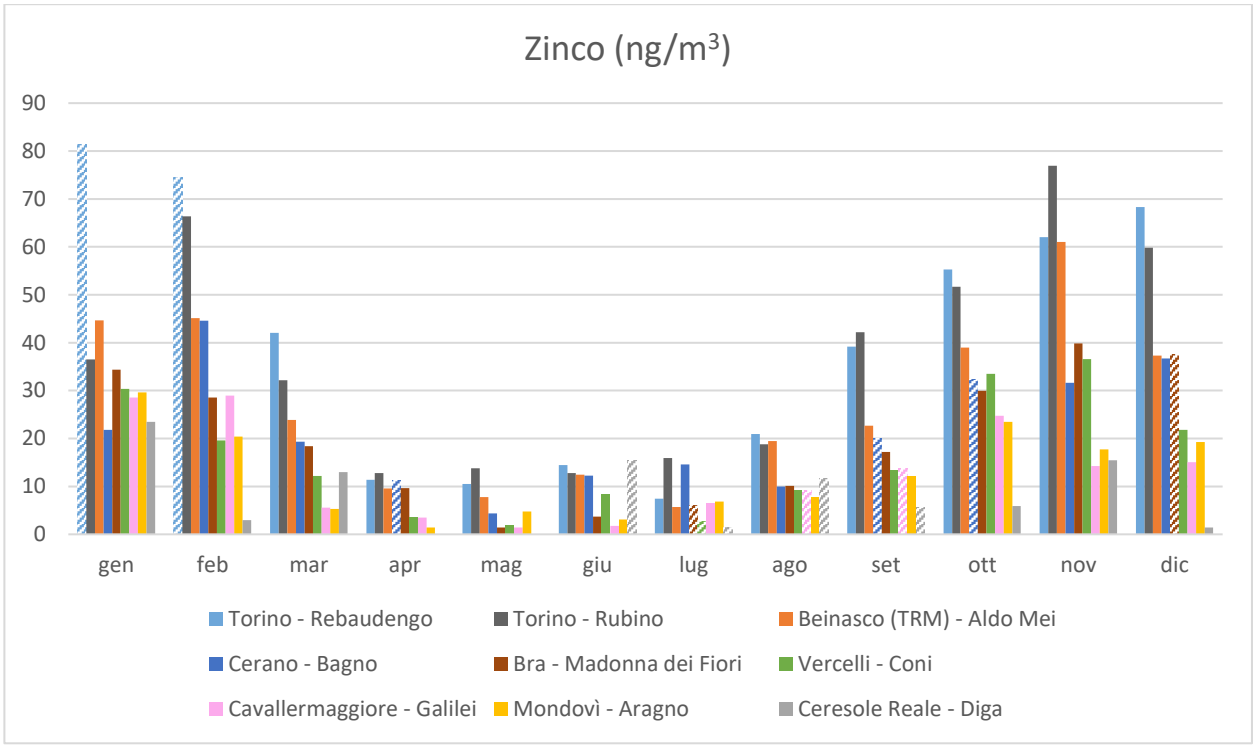


Figura 167: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di zinco espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

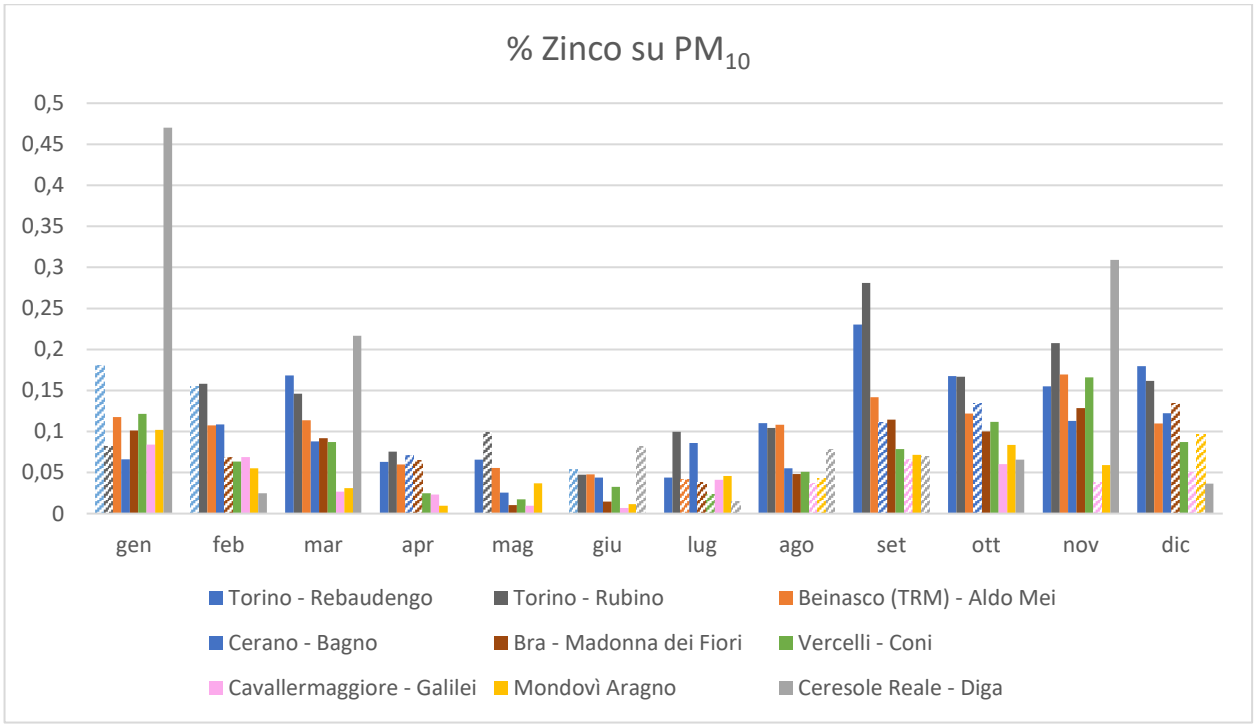


Figura 168: Anno 2025: Percentuali medie mensili di zinco su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile).

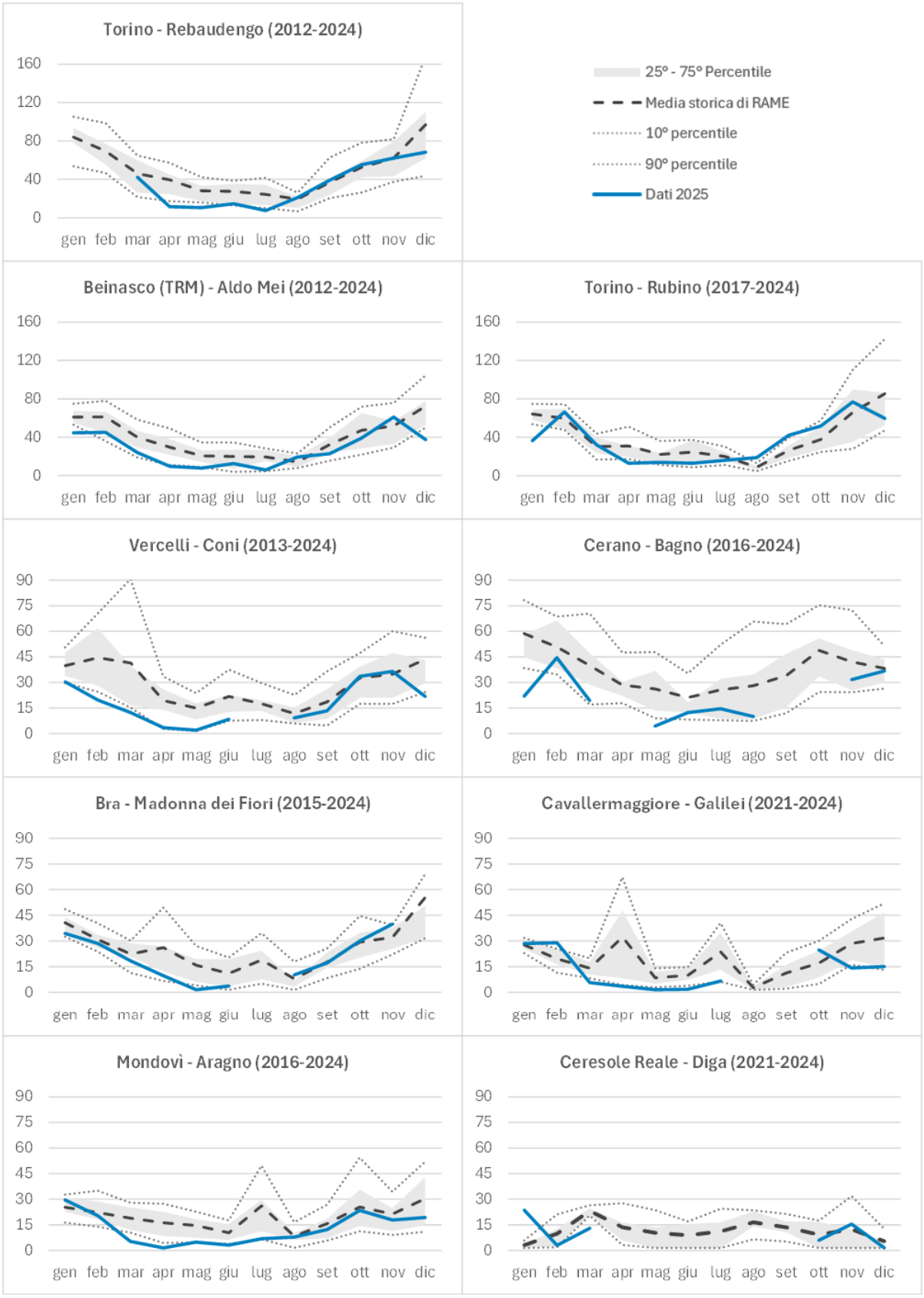


Figura 169: Zinco: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.5 Cromo

Fonti: il cromo presente nell'aria ambiente proviene sia da fonti naturali che antropogeniche. In ambiente urbano il Cr viene spesso attribuito a una miscela di traffico non-exhaust (usura di freni e componenti metallici dei veicoli) e attività industriali. Tra queste abbiamo industrie siderurgiche e metallurgiche, lavorazione di acciai inox, combustione di carbone e olio combustibile. Sorgente non trascurabile è la risospensione di polveri del suolo.

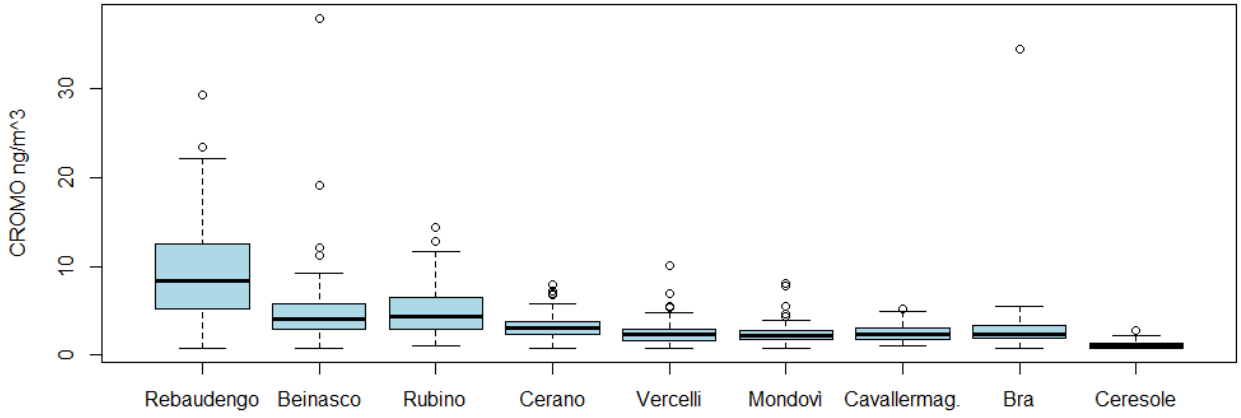


Figura 170: Cromo: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Cr (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2012-2025)	Beinasco (FS) (2012-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (TU) (2013-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	5.2	2.8	2.9	2.4	1.6	1.7	1.8	1.9	0.7
Media	9.2	4.7	4.9	3.2	2.4	2.4	2.5	2.8	1.1
Mediana	8.4	4.1	4.4	3.0	2.3	2.2	2.3	2.4	1.0
75°perc	12.5	5.7	6.5	3.8	2.9	2.8	3.1	3.3	1.3
Max	29.4	38.0	14.3	7.9	10.1	8.0	5.2	34.5	2.8
N. dati	167	158	100	105	132	119	49	122	59

Tabella 34: Cromo: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Le concentrazioni di cromo rilevate nella rete regionale risultano generalmente contenute e ampiamente inferiori ai valori di riferimento riportati in letteratura. I livelli più elevati si osservano presso la stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo, seguita dalle stazioni di fondo urbano e suburbano dell'area metropolitana di Torino, mentre i valori più bassi si registrano nel sito rurale di Ceresole.

L'andamento stagionale mostra una moderata crescita delle concentrazioni durante i mesi freddi, coerente con quanto osservato per numerosi altri componenti del PM10. Tuttavia, il cromo presenta variazioni relativamente contenute nel tempo e tra le diverse stazioni, suggerendo l'assenza di sorgenti emissive dominanti o particolarmente concentrate sul territorio regionale.

L'incidenza percentuale sul PM10 è generalmente molto ridotta e sostanzialmente stabile nel corso dell'anno. Alcuni episodi di incremento osservati in singoli mesi possono essere ricondotti a fenomeni locali di risospensione delle polveri o a contributi puntuali di origine industriale.

Il confronto con le serie storiche evidenzia che i dati del 2025 risultano pienamente coerenti con il livello di fondo normalmente osservato nelle diverse tipologie di stazione.

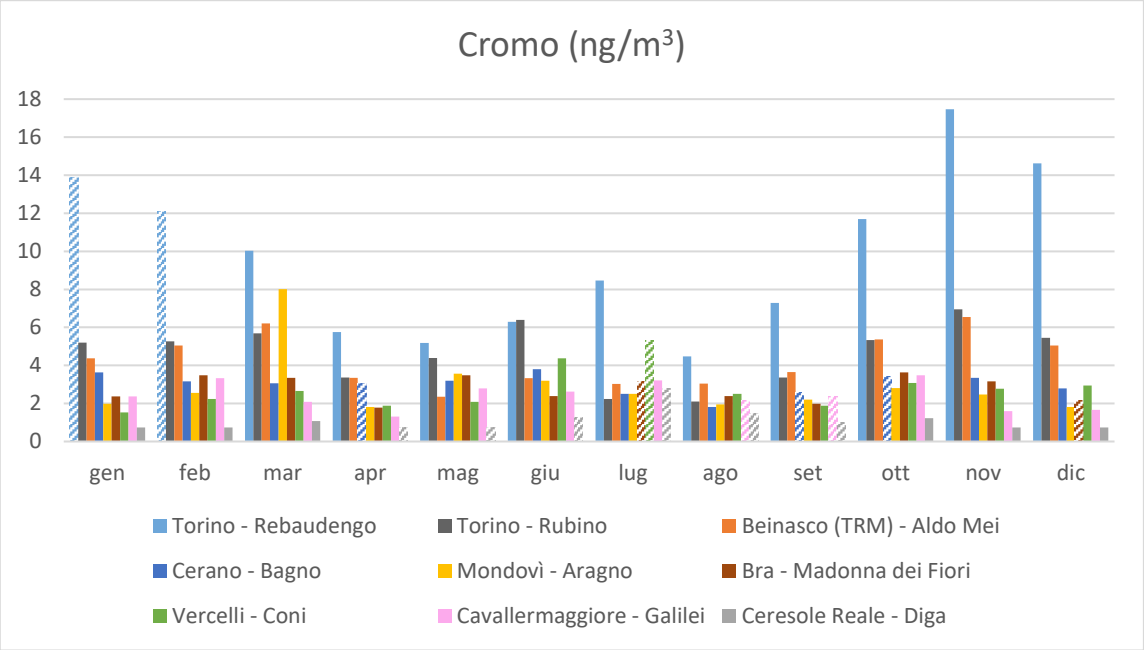


Figura 171: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di cromo espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

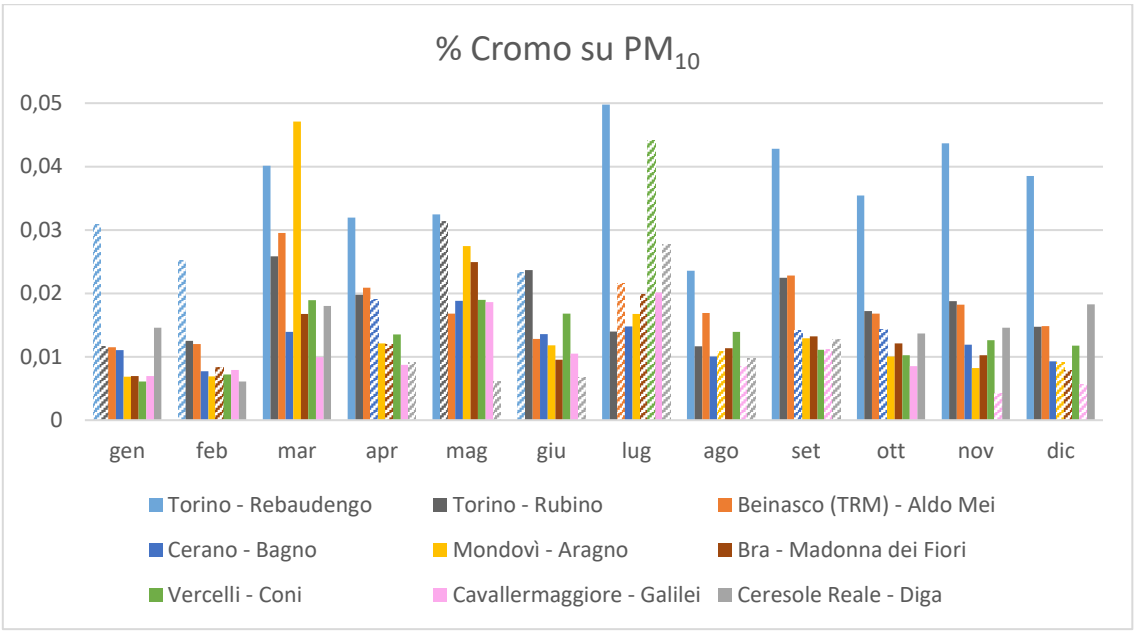


Figura 172: Anno 2025: Percentuali medie mensili di cromo su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile)

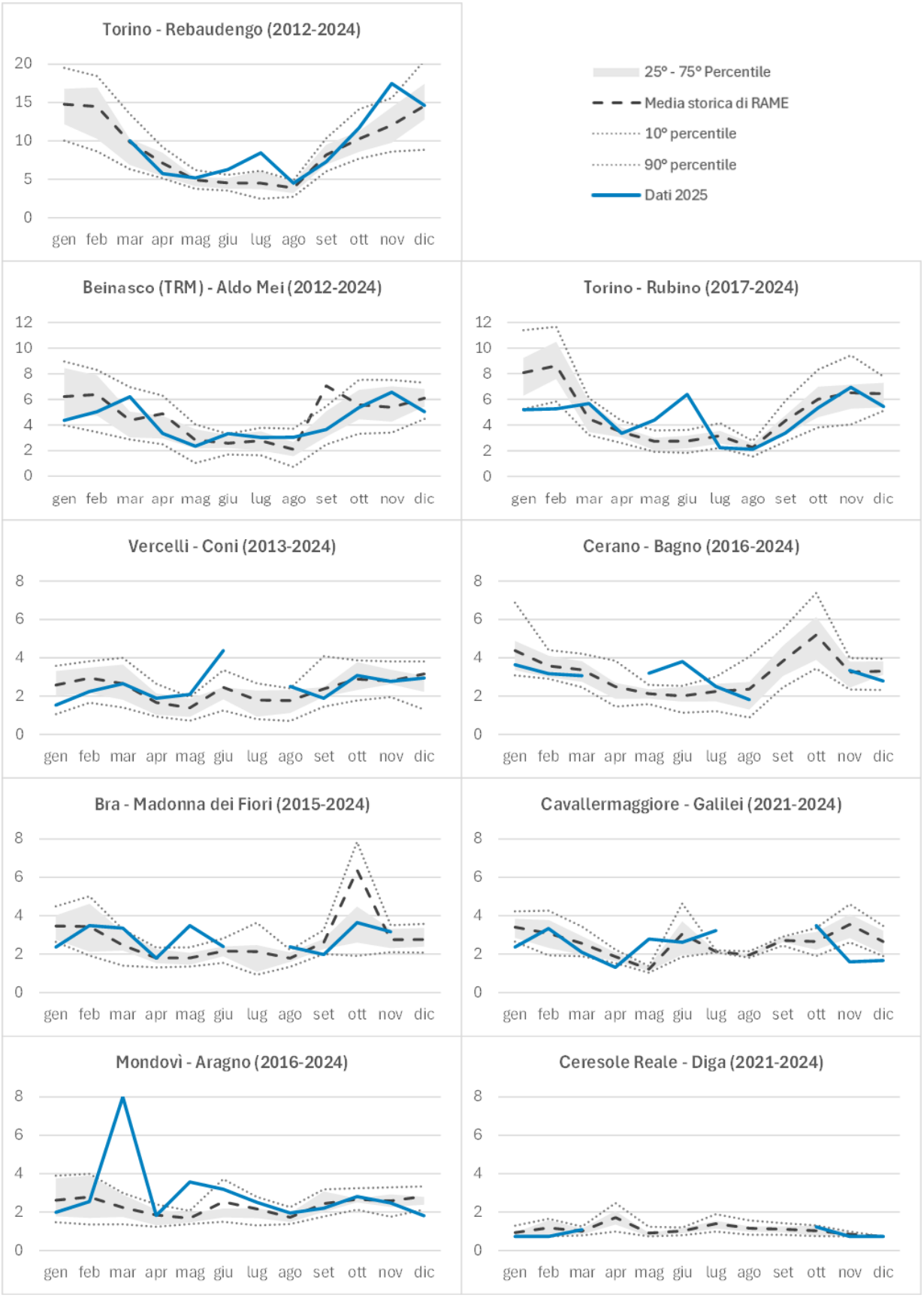


Figura 173: Cromo: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.6 Manganese

Fonti: il manganese proviene sia da fonti naturali che antropogeniche. Tra le fonti antropogeniche di manganese si annoverano la combustione di combustibili fossili per la produzione di calore ed elettricità, industria metallurgica, usura di componenti metallici dei veicoli, risollevamento delle polveri stradali generato dal transito dei veicoli. Le particelle di suolo trasportate dal vento e la polvere del suolo risospesa rappresentano fonti naturali significative delle emissioni totali di manganese nell'atmosfera. Elementi come il Mn sono strettamente legati alla polvere di origine del suolo.

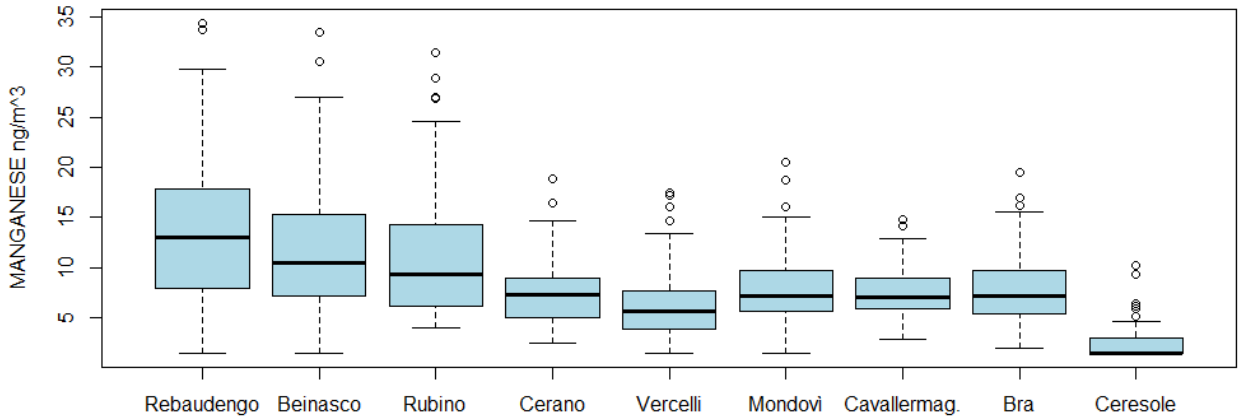


Figura 174**:** Manganese: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Mn (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2012-2025)	Beinasco (FS) (2012-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (TU) (2013-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	8.0	7.2	6.2	5.0	3.9	5.6	5.9	5.4	1.5
Media	13.7	11.6	11.1	7.6	6.2	7.8	7.5	7.8	2.5
Mediana	13.0	10.4	9.3	7.3	5.7	7.2	7.0	7.1	1.5
75°perc	17.9	15.3	14.3	9.0	7.7	9.7	9.0	9.7	2.9
Max	34.4	33.5	31.5	18.8	17.4	20.5	14.8	19.5	10.2
N. dati	143	143	100	105	122	120	49	123	59

Tabella 35: Manganese: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Le concentrazioni di manganese mostrano una distribuzione territoriale intermedia tra quella degli elementi prevalentemente legati al traffico e quella dei metalli associati alla componente crostale. I livelli maggiori si osservano presso le stazioni della conurbazione torinese, seguite dalle altre stazioni urbane e suburbane della pianura, mentre il sito rurale di Ceresole presenta le concentrazioni più basse.

L'andamento stagionale evidenzia massimi nel periodo autunnale e invernale e minimi durante la stagione estiva. Tale comportamento è influenzato sia dalle condizioni meteorologiche che regolano la dispersione degli inquinanti sia dalla presenza di sorgenti diffuse quali traffico, risospensione delle polveri e combustioni.

La distribuzione spaziale relativamente omogenea tra le stazioni della pianura piemontese suggerisce inoltre un contributo significativo della componente minerale e delle polveri di origine

naturale. Tale interpretazione è supportata dalla buona coerenza che il manganese mostra generalmente con elementi crostali quali il ferro.

I livelli rilevati nel 2025 risultano pienamente confrontabili con quelli osservati negli anni precedenti e si mantengono ampiamente inferiori ai valori di riferimento disponibili in letteratura.

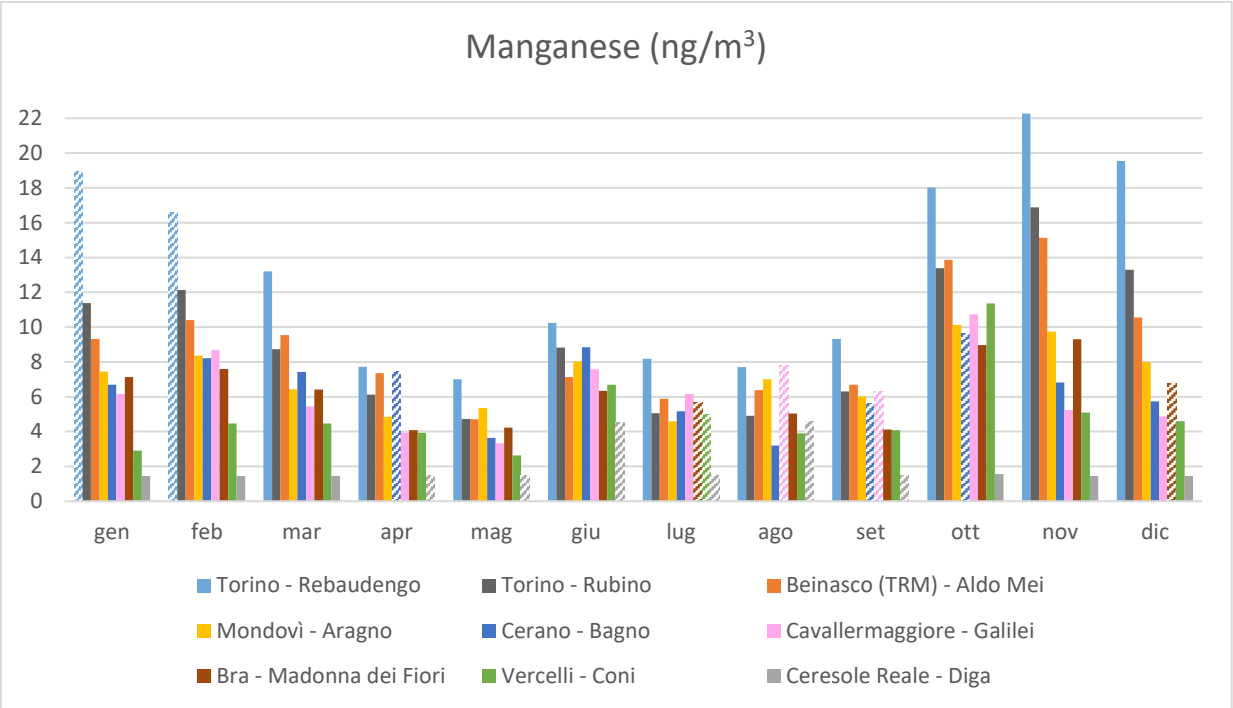


Figura 175: Anno 2025: concentrazioni medie mensili di manganese espresse in ng/m3 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio è < 85% su base mensile)

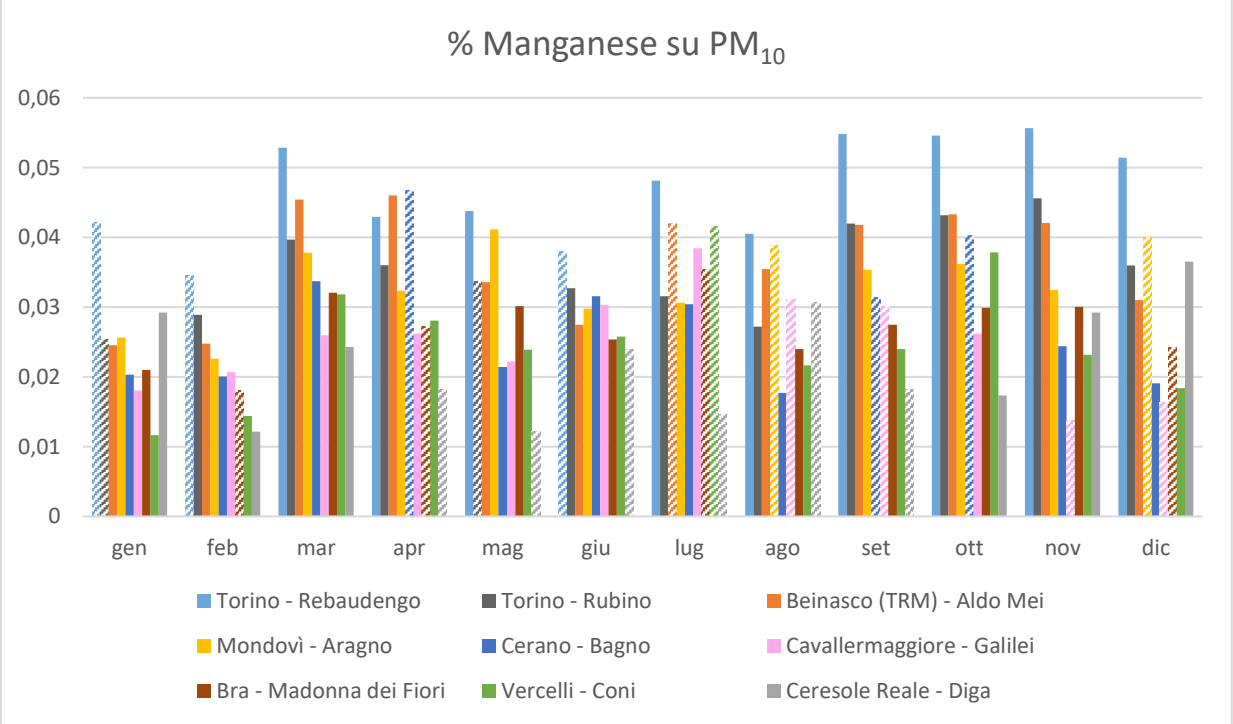


Figura 176: Anno 2025: Percentuali medie mensili di manganese su PM10 (l'istogramma è rappresentato con barre tratteggiate se la percentuale di dati validi di antimonio e/o di PM10 è < 85% su base mensile)

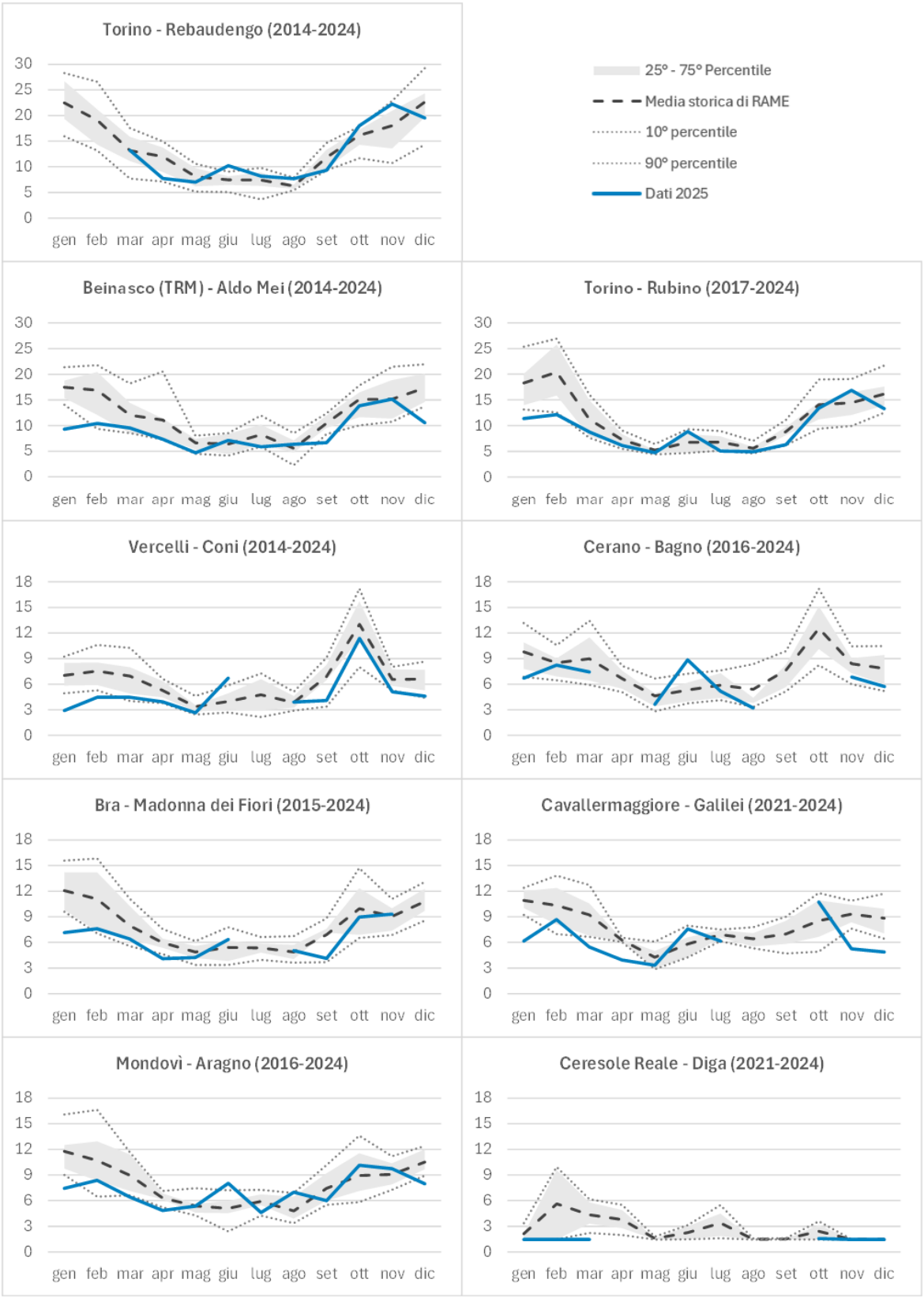


Figura 177: Manganese: medie mensili del 2025 confrontate con le serie storiche

8.2.7 Vanadio

Fonti: il Vanadio è uno dei traccianti più specifici delle combustioni di combustili petroliferi pesanti e del traffico marittimo.

Nel corso del 2025, le concentrazioni di vanadio rilevate sull'intera rete di monitoraggio si sono mantenute su livelli particolarmente contenuti, risultando in prossimità del limite di rilevabilità della metodica (LCL). Tale condizione, comune alle diverse tipologie di stazioni (fondo urbano, suburbano, traffico e fondo rurale), testimonia l'assenza di contributi significativi imputabili a sorgenti emissive locali specifiche nell'area di indagine.

Tale situazione rientra nella situazione riscontrata negli anni precedenti. Pertanto, per tale elemento vengono presentati esclusivamente il box plot della distribuzione dei dati della serie storica per ogni stazione e la tabella con gli indicatori statistici, al fine di evidenziare i livelli di variabilità per ogni sito.

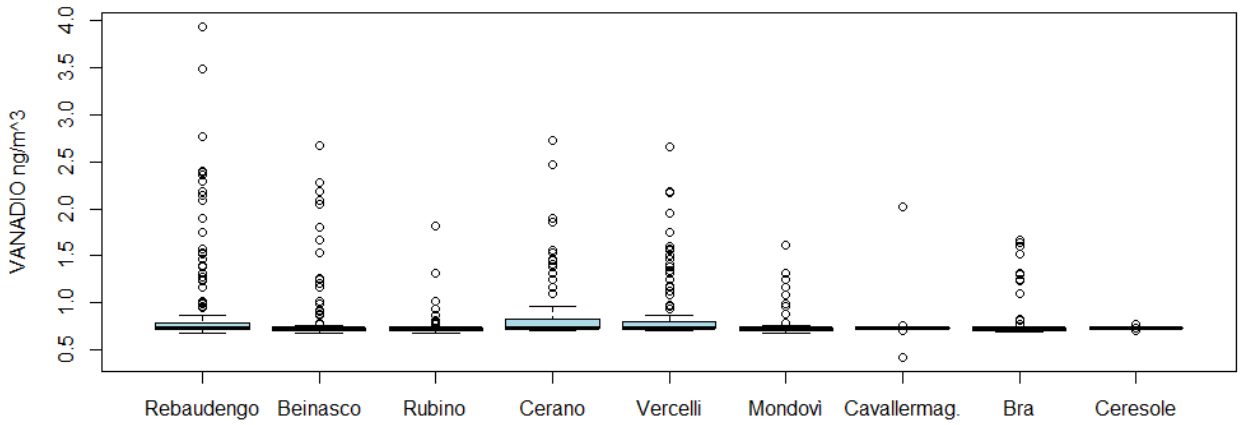


Figura 178**:** Vanadio: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie mensili rilevate nei diversi siti in tutti gli anni di monitoraggio.

Va (ng/m^3)	Rebaudengo (TU) (2012-2025)	Beinasco (FS) (2012-2025)	Rubino (FU) (2017-2025)	Cerano (FS) (2016-2025)	Vercelli (TU) (2013-2025)	Mondovì (TU) (2016-2025)	Cavallerm (FS) (2021-2025)	Bra (TU) (2015-2025)	Ceresole (FR) (2021-2025)
25°perc	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Media	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7
Mediana	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
75°perc	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
Max	3.9	2.7	1.8	2.7	2.7	1.6	2.0	1.7	0.8
N. dati	167	158	100	105	132	120	49	123	59

Tabella 36: Vanadio: confronto tra i principali indicatori statistici delle concentrazioni mensili (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

8.2.8 Conclusioni

L'analisi delle concentrazioni dei metalli nel PM10 rilevate nel corso del 2025 evidenzia un quadro complessivamente coerente con quello osservato negli anni precedenti e con la differenziazione attesa tra le diverse tipologie di stazione della rete regionale.

Le concentrazioni più elevate sono generalmente riscontrate nelle stazioni dell'area metropolitana torinese, ed in particolare presso il sito di traffico urbano di Torino-Rebaudengo, dove risultano maggiormente evidenti gli effetti delle emissioni dirette e indirette associate alla mobilità veicolare. Valori progressivamente inferiori si osservano nelle stazioni di fondo urbano e suburbano, mentre il sito rurale di Ceresole presenta sistematicamente i livelli più bassi per la maggior parte degli elementi considerati.

Per diversi metalli, tra cui antimonio, rame e zinco, emerge una marcata influenza delle sorgenti antropiche e in particolare delle emissioni non esaustive del traffico veicolare. Ferro e manganese mostrano invece un contributo più diffuso sul territorio, riconducibile sia alle attività antropiche sia alla componente minerale naturale e ai fenomeni di risospensione delle polveri.

In generale, gli andamenti temporali evidenziano concentrazioni mediamente più elevate durante il semestre freddo, in concomitanza con condizioni meteorologiche meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti, e livelli inferiori nei mesi primaverili ed estivi. Anche i contenuti percentuali rispetto al PM10 confermano il diverso peso relativo delle sorgenti emissive nei vari siti di monitoraggio.

Il confronto con le serie storiche disponibili non evidenzia particolari anomalie o scostamenti rilevanti rispetto alla variabilità osservata negli anni precedenti, confermando la sostanziale stabilità del quadro regionale per gli elementi analizzati.

8.3 Valutazione del contributo dovuto al trasporto di polveri desertiche alle concentrazioni di PM10 in Piemonte nel 2025

Testo a cura di Stefano Bande (Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali)

L'avvezione di polveri minerali dalle regioni aride è una delle principali fonti di aerosol naturali sulla Terra. Per l'Italia e l'Europa meridionale in generale la principale fonte di avvezione è sicuramente rappresentata dalla regione del Sahara settentrionale. Il trasporto di polveri sahariane (nel seguito SDA, Saharan Dust Avvection) verso i paesi del Mediterraneo è regolato dalla meteorologia, secondo schemi stagionali piuttosto regolari: generalmente le SDA si verificano durante le condizioni cicloniche in inverno, primavera e autunno e durante le condizioni anticicloniche in estate. Le particelle di polvere in atmosfera interagiscono in modo diretto con la radiazione solare, diffondendola e assorbendola, creando un effetto di "cielo lattiginoso" nelle zone interessate dal trasporto. Il ritorno dei cieli sereni, o comunque sgombri dal carattere lattiginoso, può avvenire per avvezione di massa d'aria non di origine sahariana oppure per deposizione, secca o umida. Per deposizione secca si intendono tutti quei processi di varia natura che, senza coinvolgere l'acqua presente in troposfera, determinano un flusso della polvere verso il basso (ad esempio i moti discensionali). Per deposizione umida si intendono tutti quei processi di impoverimento attraverso l'interazione con acqua liquida o solida presenti nella troposfera. In questo caso, i due fenomeni principali sono: il *rainout*, ovvero polvere direttamente catturata dalle nuvole, oppure il *washout*, ovvero attraverso la precipitazione, come ad esempio pioggia o neve (causando in questo caso il fenomeno della neve rossa). La deposizione di polvere sahariana verso il Mediterraneo centrale è per lo più secca in estate e mista (umida e/o secca) nei restanti mesi.

Possono verificarsi spesso anche eventi estremi di trasporto e singoli episodi molto intensi possono rappresentare in alcune aree più del 50% della deposizione totale annuale di polvere sahariana. Questi episodi più intensi possono a volte causare anche il superamento dei limiti giornalieri e annuali di PM10 stabiliti dalla vigente normativa di qualità dell'aria (Direttiva 2008/50/CE recepita a livello nazionale dal D.Lgs 155/2010), ossia 50 $\mu g/m^3$ per la media giornaliera da non superare per più di 35 giorni per anno civile e 40 $\mu g/m^3$ per la media annuale.

Sebbene sulla nostra regione la frequenza degli eventi di SDA sia minore che in altre regioni italiane (si vedano le statistiche relative nel lavoro di Barnaba et al, 2022[69]), è comunque importante identificarne e valutarne il contributo. La legislazione europea sulla qualità dell'aria consente infatti di sottrarre, ai fini del computo del rispetto dei limiti normativi, i contributi sahariani e altri contributi naturali dalle concentrazioni totali di PM10 osservate nelle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria. Il legislatore ha ritenuto infatti che tali fenomeni possano essere valutati, ma, a differenza delle emissioni di origine antropica, non possano essere controllati e quindi non devono essere considerati ai fini degli obblighi in carico agli Enti competenti nella gestione della qualità dell'aria. Le linee guida della Commissione Europea[70] non richiedono una prova diretta della presenza di polveri desertiche, ma delegano tale dimostrazione ad una serie di informazioni indirette quali, ad esempio, le immagini satellitari, le previsioni dei modelli numerici e l'analisi della retro-traiettorie delle particelle.

Nel 2014, il progetto LIFE+ DIAPASON[71], coordinato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), ha testato metodi di rilevamento innovativi per fornire prove dirette della presenza di polvere sahariana nei siti di osservazione (Gobbi et al., 2019)[72]. Parallelamente, la metodologia delle linee guida europee per quantificare il contributo delle polveri al PM10 è stata rivista per superare alcuni limiti riscontrati nella sua applicazione sul territorio italiano e non solo. La metodologia rivista DIAPASON (Barnaba et al., 2017)[73] consente di quantificare e dedurre il contributo delle polveri desertiche alle medie giornaliere di PM10 in modo automatico, combinando dati numerici provenienti da simulazioni di modelli di chimica atmosferica con moduli specifici per il trattamento della polvere desertica e misure di PM10 da stazioni di monitoraggio.

A partire dal 2024, in riferimento agli adempimenti di reporting alla Commissione Europea per l'anno 2023[74], la metodologia DIAPASON è stata adottata dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) per stimare il contributo delle polveri del deserto sull'intero territorio nazionale. Questa stima ha coinvolto CNR-ISAC, l'Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca Ambientale (ISPRA) e il Sistema Nazionale a Rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA).

La metodologia DIAPASON si applica alle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria equipaggiate con analizzatori/campionatori di PM10 e consta di due fasi:

- nella prima vengono identificate, in ogni sito, le giornate con la presenza di eventi di trasporto di polveri desertiche;

[69] Barnaba F, Romero NA, Bolignano A, Basart S, Renzi M, Stafoggia M. Multiannual assessment of the desert dust impact on air quality in Italy combining PM10 data with physics-based and geostatistical models. Environment International, Volume 163, 2022, 107204, ISSN 0160-4120, https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107204.

[70] EC SEC (2011) 208 (18/2/2011) "GUIDELINES for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe", https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6771-2011-INIT/en/pdf

[71] DIAPASON, Desert-dust Impact on Air quality through model-Predictions and Advanced Sensors ObservatioNs, https://www.mase.gov.it/pagina/progetto-diapason-cnr-isac-desert-dust-impact-air-quality-through-model-predictions-and

[72] Gobbi GP, Barnaba F, Di Liberto L, Bolignano A, Lucarelli F, Nava S, Perrino C, Pietrodangelo A, Basart S, Costabile F, Dionisi D, Rizza U, Canepari S, Sozzi R, Morelli M, Manigrasso M, Drewnick F, Struckmeier C, Poenitz K, Wille H. An inclusive view of Saharan dust advections to Italy and the Central Mediterranean. Atmospheric Environment, Volume 201, 2019, Pages 242-256, ISSN 1352-2310, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.002

[73] Barnaba F, Bolignano A, Di Liberto L, Morelli M, Lucarelli F, Nava S, Perrino C, Canepari S, Basart S, Costabile F, Dionisi D, Ciampichetti S, Sozzi R, Gobbi GP. Desert dust contribution to PM10 loads in Italy: Methods and recommendations addressing the relevant European Commission Guidelines in support to the Air Quality Directive 2008/50. Atmospheric Environment, Volume 161, 2017, Pages 288-305. ISSN 1352-2310. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.04.038.

[74] La Decisione 2011/850/CE ha definito i requisiti, lo schema logico e le modalità con cui gli Stati Membri devono fornire le informazioni sulla qualità dell'aria richieste dalla Direttiva 2008/50/CE. Tutti i dati ed i metadati forniti possono essere visualizzati sul European Air Quality (AQ) Portal https://eeadmz1-cws-wp-air02.azurewebsites.net/, gestisto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente.

- nella seconda è calcolato, per ogni sito e per ognuna delle date in precedenza identificate, il contributo della componente naturale di polvere desertica alla concentrazione giornaliera di PM10.

La prima fase si basa sull'utilizzo dei dati numerici del modello di chimica atmosferica BSC-Monarch[75] implementato dal WMO Barcelona Dust Regional Center. Per ogni sito analizzato, sono individuate le date in cui lo stesso è stato interessato da un evento di trasporto (i giorni con trasporto) utilizzando una soglia per la concentrazione di polvere desertica nel PM10 calcolata dal modello MONARCH pari a 5 $\mu g/m^3$.

Nella seconda fase, in ogni punto di campionamento, per determinare nei giorni con trasporto la quota della frazione di PM10 non attribuita al carico di polvere desertica, viene calcolato, per ogni giorno della serie temporale di PM10 misurato nel sito in esame, il 50° percentile mobile su sei giorni, escludendo dal calcolo i giorni con trasporto. Nei giorni di trasporto, Il valore del 50° percentile mobile così calcolato viene quindi sottratto dalla media giornaliera del PM10, quantificando per differenza il contributo della polvere desertica. I dettagli completi sulla procedura sono riportati Barnaba et al., 2017[66] a cui si rimanda per tutti i dettagli e gli approfondimenti sulla metodologia DIAPASON.

[75] Multiscale Online Nonhydrostatic AtmospheRe CHemistry model (MONARCH), https://dust.aemet.es/about-us/monarch

Nome stazione	*Zona QA*	*n° di giorni validi*	*n° di giorni con eventi di dust*	A – media annuale	B – contributo dust sulla media annuale	**C – media annuale dopo la deduzione del contributo di dust (C = A-B)**
Borgaro T. - Caduti	IT0118	351	44	25	1	24
Chieri - Bersezio		354	39	26	1	25
Druento - La Mandria		327	47	19	0	19
Leinì (ACEA) - Grande Torino		353	45	22	1	21
Settimo T. - Vivaldi*		360	41	29	0	29
Torino - Consolata		354	44	29	0	29
Torino - Rebaudengo		346	43	28	0	28
Torino - Rubino		329	42	27	0	27
Torino Lingotto		316	41	28	1	27
Cigliano-Autostrada	IT0119	347	45	25	1	24
Vercelli - Gastaldi		362	34	28	0	28
Vercelli - CONI		347	34	21	1	20
Cerano - Bagno		336	32	24	0	24
Novara - Roma		335	32	24	1	23
Novara - Arpa		355	32	24	0	24
Cavallermaggiore - Galilei		338	34	27	1	26
Cuneo - Alpini		347	46	18	1	17
Asti - D'Acquisto		349	37	24	1	23
Asti - Baussano		323	37	26	0	26
Alessandria - D'Annunzio		337	34	28	0	28
Alessandria - Volta		331	35	24	0	24
Casale M.to - Castello		304	34	22	0	22
Biella - Sturzo		336	47	16	0	16
Ivrea - Liberazione	IT0120	354	47	22	0	22
Susa - Repubblica		328	43	16	0	16
Borgosesia - Tonella		353	43	17	1	16
Borgomanero - Molli		353	41	20	0	20
Alba - Tanaro		336	33	24	1	23
Mondovì Aragno		342	39	22	0	22
Saliceto - Moizo		317	36	21	0	21
Vinchio - San Michele		281	35	20	1	19
Dernice - Costa		338	30	11	0	11
Cossato - Pace		352	44	18	1	17
Omegna - Crusinallo		350	41	18	1	17
Verbania - Gabardi		355	44	15	1	14
Ceresole Reale - Diga	IT0121	288	38	9	0	9
Oulx - Roma		321	45	14	0	14
Domodossola - Curotti		356	41	22	1	21
Trivero - Ronco		354	46	15	0	14

Tabella 37: Contributo dovuto al trasporto di polvere desertica alla concentrazione media annuale 2025 di PM10 sulle stazioni nazionali (ovvero facenti parte della rete nazionale di SNPA ed utilizzate nel Reporting alla Commissione Europea) del SRRQA.

Alla fine dell'anno, per ogni singolo punto di campionamento del PM10 si ottengono una serie di informazioni sul contributo naturale di polvere desertica, con le statistiche di conformità sul rispetto dei limiti normativi dopo l'attualizzazione del contributo naturale.

A livello regionale, questi dati sono utilizzati da ARPA Piemonte nelle attività legate alla produzione delle informazioni annuali richieste dal reporting annuale per la Commissione Europea ed in particolare nella compilazione dei Dataset “G - Information on Attainment of Environmental Objectives”, contenente tutte le informazioni sul rispetto dei limiti e dei valori obiettivi di qualità dell’aria[76].

[76]https://discomap.eea.europa.eu/App/AQViewer/index.html?fqn=Airquality_Dissem.complanalysis.ExceedingGroupAndMeasures

Nome stazione	*Zona QA*	*n° di giorni validi*	*n° di giorni con eventi di dust*	AS – n° di giorni di superamento misurati	**BS – n° di giorni dedotti valutando il contributo del dust**	**CS – n° di giorni di superamento dopo la deduzione del contributo del dust (C=A-B)**
Borgaro T. - Caduti	IT0118	351	44	17	1	16
Chieri - Bersezio		354	39	34	2	32
Druento - La Mandria		327	47	9	1	8
Leinì (ACEA) - Grande Torino		353	45	12	0	12
Settimo T. - Vivaldi*		360	41	48	1	47
Torino - Consolata		354	44	42	3	39
Torino - Rebaudengo		346	43	39	2	37
Torino - Rubino		329	42	30	2	28
Torino Lingotto		316	41	38	4	34
Cigliano-Autostrada	IT0119	347	45	19	2	17
Vercelli – Gastaldi*		362	34	29	2	27
Vercelli - CONI		347	34	11	3	8
Cerano - Bagno		336	32	16	4	12
Novara - Roma		335	32	13	1	12
Novara - Arpa		355	32	16	2	14
Cavallermaggiore - Galilei		338	34	21	1	20
Cuneo - Alpini		347	46	2	0	2
Asti - D'Acquisto		349	37	22	1	21
Asti - Baussano		323	37	22	1	21
Alessandria - D'Annunzio		337	34	39	1	38
Alessandria - Volta		331	35	17	1	16
Casale M.to – Castello*		304	34	20	2	18
Biella - Sturzo		336	47	1	0	1
Ivrea - Liberazione	IT0120	354	47	10	0	10
Susa - Repubblica		328	43	7	0	7
Borgosesia - Tonella		353	43	1	0	1
Borgomanero - Molli		353	41	2	1	1
Alba - Tanaro		336	33	12	2	10
Mondovì Aragno		342	39	12	1	11
Saliceto - Moizo		317	36	4	0	4
Vinchio - San Michele		281	35	3	0	3
Dernice - Costa		338	30	0	0	0
Cossato - Pace		352	44	2	0	2
Omegna - Crusinallo		350	41	0	0	0
Verbania - Gabardi		355	44	1	0	1
Ceresole Reale - Diga	IT0121	288	38	0	0	0
Oulx - Roma		321	45	2	0	2
Domodossola - Curotti		356	41	20	1	19
Trivero - Ronco		354	46	0	0	0

Tabella 38:Contributo dovuto al trasporto di polvere desertica ai superamenti della concentrazione media giornaliera 2025 di PM10 sulle stazioni nazionali (ovvero facenti parte della rete nazionale di SNPA ed utilizzate nel Reporting alla Commissione Europea) del SRRQA. In rosso i valori relativi alle stazioni in cui non è rispettato il valore limite per la media giornaliera

Nelle Tabella 37 e Tabella 38 sono riportati i risultati della valutazione effettuata sull'anno 2025 rispettivamente per la media annuale e per il numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero. In ogni tabella sono riportati il nome della stazione, il numero di giorni di misura validi nel corso dell'anno, il numero di giorni con eventi di trasporto di polveri desertiche (eventi di dust), il valore calcolato dell'indicatore (media annua e numero di superamenti), il contributo della polvere desertica all'indicatore e il valore dell'indicatore al netto di tale contributo.

Nel 2025 i giorni con eventi di trasporto di polveri desertiche variano da un minimo di 30 giorni (stazione di Dernice - Costa) ad un massimo di 47 giorni (stazioni di Druento – La Mandria, Biella - Sturzo, Ivrea - Liberazione). Le zone in media interessata per più tempo dal trasporto di polvere sono la IT0118 e la IT0121 con una media di 43 giorni a fronte di 40 giorni circa sulla IT0120 e 37 sulla IT0119.

Per quanto riguarda la media annuale è stato stimato un contributo di polvere nel PM10 non nullo in 17 punti di misura su un totale di 39; in tutte le stazioni il contributo stimato alla media annuale è pari a 1 µg/m^3.

Analizzando invece il contributo di polvere desertica alla media giornaliera di PM10, possiamo osservare come in 24 punti di misura (su 39) ci sia almeno un giorno di superamento del valore limite giornaliero attribuibile al trasporto sahariano, con un massimo di 4 giorni per le stazioni di Torino – Lingotto e Cerano - Bagno; complessivamente nella zona IT0118 si hanno 16 giorni di superamento deducibili, nella zona IT0119 21 giorni, 4 nella zona IT0120 e 1 nella zona IT0121. Se si considerano solo le stazioni che non hanno rispettato il limite di 35 giorni di superamento nel corso del 2025, i giorni deducibili sono 10 nella zona IT0118 (1 per Settimo – Vivaldi, 3 per Torino – Consolata, 2 per Torino – Rebaudengo e 4 per Torino – Lingotto) e 1 zona IT0119 (Alessandria – D'Annunzio). In conclusione, con la deduzione del contributo legato al trasporto sahariano si assiste al rientro dalla situazione di non rispetto del limite giornaliero di PM10 – ai fini del reporting annuale alla Commissione Europea - nella stazione urbana di fondo di Torino-Lingotto che passa da 38 a 34 giorni di superamento.

8.4 Adeguamento degli analizzatori di ozono della rete di monitoraggio della qualità dell'aria alla nuova sezione d'urto raccomandata (CCQM.O3.2019 / EN 14625:2024)

Testo a cura di Gabriella Ippolito e Luca Sartoris (Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici)

8.4.1 Premessa e principio di misura

Gli analizzatori automatici di ozono impiegati nella rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da ARPA Piemonte operano secondo il principio della fotometria assorbimentale nell'ultravioletto (UV) a una lunghezza d'onda di 253,65 nm. Il calcolo della concentrazione di ozono si basa sulla legge di Beer-Lambert:

$$I = I_0 * e^{(-\alpha C l)}$$

dove :

I = è l›intensità luminosa misurata nell›aria campionata

I_0 = è l›intensità luminosa misurata nell›aria campionata priva di ozono

α = è larea della sezione d›urto d›assorbimento in m^2 /µg

C = è la concentrazione di ozono in µg/m^3

l = è la lunghezza della cella di assorbimento in m

Risolvendo la formula per la concentrazione e correggendo per la temperatura si ottiene quanto segue :

$$C = \left(\frac{101{,}325}{P}\right) * \left(\frac{(T + 273{,}15)}{293{,}15}\right) * \left(\frac{\ln(I/I_0)}{\alpha}\right) * \frac{1}{l}$$

- P= è la pressione in Kpa;
- T= è la temperatura misurata in °C
- α rappresenta la sezione d'urto di assorbimento (absorption cross section) dell'ozono alla lunghezza d'onda di misura;
- *l* è la lunghezza della cella ottica;
- I_0 è l'intensità della radiazione nella misura di riferimento;
- I è l'intensità misurata in presenza di ozono.

Dalla formula si evince chiaramente che la concentrazione C stimata è inversamente proporzionale alla sezione d'urto di assorbimento α. Pertanto, qualsiasi variazione del valore numerico convenzionale della sezione d'urto produce una variazione sistematica e diretta sulla concentrazione

calcolata, pur lasciando del tutto inalterate le componenti hardware e la sensibilità fisica dello strumento.

8.4.2 Origine e motivazione dell'aggiornamento metrologico

Per oltre tre decenni, la fotometria UV e i fotometri primari di riferimento (SRP - *Standard Reference Photometers*) hanno impiegato il valore convenzionale di sezione d'urto stabilito da Hearn nel 1961:

$$\alpha_Hearn = 1{,}1476 \times 10^{-17} cm^2 \setminus molecola$$

Tuttavia, confronti metrologici internazionali avanzati — in particolare il confronto tra fotometri di riferimento SRP(standard reference photometer) e misurazioni indipendenti basate sulla titolazione in fase gassosa (GPT - *Gas Phase Titration*) — hanno evidenziato una deviazione sistematica del 2-3%. Tale bias ha dimostrato che la principale sorgente di incertezza nelle misurazioni dell'ozono risiedeva nell'imprecisione del valore storico di Hearn.

A seguito di un'approfondita revisione metrologica coordinata dal *Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry and Biology* (CCQM) e dal Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), il gruppo di lavoro CCQM-GAWG ha definito il nuovo valore di consenso internazionale raccomandato, noto come CCQM.O3.2019:

$$\alpha_CCQM.O3.2019 = 1{,}1329 \times 10^{-17}\ cm^2 / molecola$$

(con incertezza standard di $0{,}0035 \times 10^{-17}\ cm^2$ / molecola)

L'adozione di questa nuova sezione d'urto riduce significativamente l'incertezza estesa della misura e garantisce la piena tracciabilità metrologica ai campioni primari internazionali.

8.4.3 Riferimenti normativi e quadro tecnico

L'allineamento degli analizzatori della rete regionale trova fondamento nei seguenti riferimenti normativi e tecnici:

- UNI EN 14625:2024 (Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry): recepisce ufficialmente la nuova sezione d'urto CCQM.O3.2019 come metodo di riferimento europeo, e sostituirà la precedente EN 14625:2012.
- Direttiva 2008/50/CE e s.m.i. relativa alla qualità dell'aria ambiente (recepita in Italia dal D.Lgs. 155/2010), che prescrive l'impiego dei metodi di misura di riferimento stabiliti dalle norme CEN.
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025: requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura, in relazione al mantenimento della riferibilità metrologica.
- Linee Guida AQUILA (AQUILA / FAIRMODE Quality Assurance and Quality Control Guidance): raccomandazioni europee per la gestione dell'assicurazione della qualità e la confrontabilità tra reti di monitoraggio.
- BIPM Rapport 2024/03 (o *BIPM Rapport 2022/02)*
- *CCQM Recommendation / GAWG Decision (2019 / 2020)*

8.4.4 Allineamento della Catena Metrologica e dei Calibratori

È fondamentale che l'adeguamento sia esteso contestualmente a tutti gli anelli della catena di misura:

1. Fotometro di riferimento / Calibratore Primario di Laboratorio.
2. Calibratori Trasferibili di Campo
3. Analizzatori di rete installati presso le stazioni di monitoraggio.

Se un calibratore mantenesse la vecchia sezione d'urto mentre l'analizzatore utilizzasse la nuova (o viceversa), si introdurrebbe un errore sistematico fittizio durante le fasi di taratura o verifica dello span. Per garantire la continuità, la correttezza metrologica e l'omogeneità dei dati pubblicati durante

la transizione al nuovo standard CCQM.O3.2019 / UNI EN 14625:2024, ARPA Piemonte ha strutturato l'intervento in due fasi operative distinte:

1. *Fase Transitoria (Anno 2025): Correzione centralizzata a livello di infrastruttura IT*

Nel corso del 2025, in attesa dell'allineamento fisico e della taratura di tutti i calibratori di trasferimento e analizzatori di rete, si è optato per una gestione centralizzata del dato .

- Modalità di intervento: è stato applicato un fattore correttivo algoritmico direttamente a livello dell'infrastruttura di acquisizione e gestione dati regionale, sviluppata e gestita in collaborazione con il CSI Piemonte.
- Obiettivo: tale fattore di correzione (riproporzionato sulla variazione percentuale teorica della cross section, pari a circa l'1,3%) ha consentito di correggere i dati grezzi in ingresso al sistema centrale prima della loro validazione e pubblicazione, garantendo che le banche dati regionali e i bollettini ufficiali risultassero fin da subito allineati alla nuova riferibilità metrologica europea senza attendere l'intervento fisico su ciascuna stazione di misura.

2. *Fase a* Regime *(A partire dal 10 Settembre 2026): Allineamento diretto sul campo via Fotometro Primario*

Dal 10 settembre 2026, la rete è passata alla fase di adeguamento e regolarizzazione diretta degli strumenti in campo:

- Catena metrologica: la regolazione e la taratura degli analizzatori di rete avvengono tramite l'utilizzo del fotometro primario di riferimento aziendale, preventivamente allineato alla nuova cross section CCQM.O3.2019.
- Procedura operativa: utilizzando il fotometro primario allineato come *standard di trasferimento*, gli analizzatori di stazione vengono regolati direttamente sul campo.
- Gestione del flusso dati: contestualmente alla regolazione fisica dello strumento in data successiva al 10 settembre, viene disattivata la correzione automatica software a livello del sistema CSI Piemonte per lo specifico punto di misura, evitando così doppie compensazioni e garantendo la diretta tracciabilità metrologica del dato registrato dallo strumento.

8.4.5 Effetti sulle concentrazioni e strategia di adeguamento della rete regionale

La relazione inversa tra la sezione d'urto α e la concentrazione c nell' equazione di Lambert-Beer implica che la riduzione del valore di α (passato da 1,1476 $x10^{-17}$ a 1,1329 X $10^{-17}cm^2$ /molecola) genera uno spostamento sistematico positivo pari a circa +1,3% sulle concentrazioni misurate.

Trattandosi di una ridefinizione della costante fisica di riferimento e non di una deriva o malfunzionamento dello strumento, l'impatto sul dato è costante su tutto il campo di misura.

Strategia operativa di ARPA Piemonte (2025 - ad oggi)

- Fase transitoria (Anno 2025 - Correzione centralizzata via software): In attesa del completamento delle operazioni fisiche di calibrazione su tutte le stazioni della rete, l'allineamento dei dati è stato gestito a livello centralizzato. In collaborazione con il CSI Piemonte, è stato introdotto un algoritmo di correzione automatica all'interno dell'infrastruttura di acquisizione regionale. Tale algoritmo ha applicato il fattore correttivo nominale ai dati grezzi trasmessi dalle stazioni prima della loro validazione, garantendo la coerenza dei bollettini e delle banche dati pubbliche con il nuovo standard metrologico.
- Fase a regime (Allineamento diretto in campo): A partire dal 10 settembre 2026 , la rete è passata all'adeguamento diretto della strumentazione. La regolazione e la taratura degli analizzatori di stazione avvengono sul campo utilizzando come riferimento il fotometro primario aziendale, come già detto, preventivamente allineato ed espresso sulla nuova cross section CCQM.O3.2019. Contestualmente alla regolazione fisica dello strumento presso la stazione, viene disattivata la correzione automatica lato software CSI Piemonte, evitando doppi aggiustamenti e ripristinando la diretta tracciabilità della misura dallo strumento al database.

Validità dei dati storici e serie temporali

- Dati storici antecedenti: i dati registrati negli anni precedenti rimangono ufficiali e validi nel rispettivo contesto normativo dell'epoca (EN 14625:2012).
- Confrontabilità e valutazioni di trend: nei casi in cui sia necessario condurre analisi climatologiche, valutazioni di trend pluriennali o studi epidemiologici, la discontinuità metrologica introdotta tra i dati antecedenti e successivi all'adeguamento viene documentata tramite specifica nota tecnica nei sistemi informativi aziendali.

8.4.6 Conclusioni

L'adeguamento della sezione d'urto dell'ozono al valore raccomandato CCQM.O3.2019 rappresenta un passaggio tecnico dovuto e indispensabile per garantire la conformità di ARPA Piemonte alla nuova norma di riferimento UNI EN 14625:2024.

L'operazione assicura:

- l'eliminazione del bias sistematico storico legato alle misure di Hearn;
- la massima tracciabilità ed equivalenza metrologica dei dati di ozono a livello regionale, nazionale ed europeo;
- la piena confrontabilità nelle intercomparazioni tra laboratori e nei confronti inter-agenzia.

Appendice A1

PM10 - 90,41° Percentile

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	37	50	42	32		30	23	22	15		43	*36*	*34*	28	28	29
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				68	58	73	60	76	53	55	61	54	53	47	53	48
		Borgaro T. - Caduti	FS	74	90	*84*	*67*	*55*	*70*	62	75	53	*50*	60	*58*	53	54	47	45
		Chieri-Bersezio	FS											57	53	54	51	54	50
		Collegno - Francia	TU				72	60	78	65	80	*58*	60	70	63	64	51	50	45
		Druento - La Mandria	FR	52	65	58	47	38	45	43	55	38	36	*40*	36	36	34	31	36
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS		*82*	69	61	51	77	66	71		54	64	57	52	43	44	39
		Settimo T. - Vivaldi	TU			94	85	74	91	75		*63*	74	72	62	65		66	55
		Torino - Consolata	TU	85	109	99	85	67	85	74	85	60	59	74		*57*	59	51	54
		Torino - Grassi	TU	95	120		100			81	87	*69*	73	*83*	66	73	64	58	
		Torino - Lingotto	FU	78	100	91	81	65	84	*72*	84	*55*	58	69	55	*60*	52	55	53
		Torino - Rebaudengo	TU					82	84	80	94	67	68	75	64	66	59	61	52
		Torino - Rubino	FU	84	108	*89*	74	63	82	70	79	*55*	*59*	*68*	62	61	52	54	50
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS	70	61	53	47	41		57	64	50	45	48	52	46	36	39	40
		Dernice - Costa	FR	27	37	35	25	26	27	27	29	26	23	23	24	25	20	21	25
	AT	Vinchio - San Michele	RF	57	66	60	55	53	57	53	58	45	44	51	47	*45*		35	
	BI	Cossato - Pace	FU	58	70	58	50	39	49	46	56	41		43	41	40	32	33	30
	CN	Alba - Tanaro	FU	62	72	71	58	52	58	52	59	50	46	53	46	46	41	40	40
		Mondovi' - Aragno	TU					47	50	50	54	44	39	43	46	47	41	39	39
		Saliceto - Moizo	FR	*55*	59	51	44	43	42	40	46	38	38	42	38	39	34	35	38
	NO	Borgomanero - Molli	TU				45	38	48	41	46	38	34	40	37	37	29	36	36
		Castelletto T. - Fontane	FR					*39*	49	45	50	39	37	42	40	44	37		32
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	60	78	78	64	47	61	54	*68*	49	*51*	56	49	51	43	50	43
		Pinerolo - Alpini	FU	*50*	63	61	50		38	43	55	37	35	36	*30*	33	35	39	38
		Susa - Repubblica	FS	40	42	42	32	29	33	30	40	31	27	27	29	30	29	23	30
	VB	Omegna - Crusinallo	TU					42	62	47	54	42	42	45	44	47	39		29
		Verbania - Gabardi	FU	32	39	42	32	25	*31*	28	35	25	24	23	25	31	27	24	26
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	46	60	50	48	35	45	43	51	37	34	30	28	34	29	30	29
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			33	29	27	28	29	38	28	25	22	27	29	26	23	27
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*13*	*17*	16	*13*	12	*15*	18	23	*20*	*20*		*19*	*22*			
		Oulx - Roma	TS	34	35	30	31	*31*		28	31	31	27	26	*26*	31	29		28
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR						11	10	13	12	*14*		11	15	12		
		Domodossola - Curotti	FS					49	60	49	57	40	39	51	45	47	44	40	41
Pianura	AL	Alessandria - D'Annunzio	TU	64	94	89	75	71	71	66	82	57	63	71	64	60	51	53	53
		Alessandria - Volta	FU	73	81	82	70	59	65	53	75	53	56	64	56	53	44	48	46
		Casale M.to - Castello	FU				52	54	65	53	*69*	*49*			*48*	44	38	40	
		Novi Ligure - Gobetti	TU						*61*	56	65	52	50	54	48	49	40		41
		Tortona - Carbone	TU	73	83	86	69	64		56	65	*50*			52	52		48	48
	AT	Asti - Baussano	TU	*91*	*88*	79	72	61	77	66	81	59	61	64	60	65	56	51	48
		Asti - D'Acquisto	FU	62	78	61	67	*52*	53	49	*57*	*51*	*57*	58	55	53	46	52	46
	BI	Biella - Lamarmora	TU	55	69	57	53	44	56	*48*		*45*	*40*	*47*	42	39	32	34	34
		Biella - Sturzo	FU	50	57	45	38	33	42	41	48	32	29	34	29	32	24	28	30
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	74	82	79	68	64	64	54	65	49	45	54	53	49	43	44	43
		Cuneo - Alpini	FU	48	52	55	44	37	38	45	48	37	30	35	39	52	38	34	32
		Cavallermaggiore-Galilei	FS												53	41	44	46	47
	NO	Cerano - Bagno	FS	64	71	73	63	52	68	55	72	49	52	59	54	56	44		44
		Novara - Roma	TU	67	80	69	58	42	57	52	67	47	49	53	50	48	40	44	41
		Novara - Arpa	FU	*53*	66	62	56	47		52	61	44	47	52	50	52	39	45	44
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	87	*87*	97	84	69	83	70	83	60	65	68	*56*	65	54	48	50
	VC	Cigliano-Autostrada	TR					*47*	59	*55*	70	*57*		66	49	49	45	48	42
		Vercelli - CONI	FS	59	74	*69*	60	50	62	55	*70*	46	49	54	48	48	41	38	35
		Vercelli - Gastaldi	TU			80	70	59	72	56	73	49	58	58	48	49	47	44	48

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

PM10 90.41° percentile dati giornalieri (µg/m³)

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all'80% fino al 2022, all'85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

N02 - 99,79° Percentile dei dati orari

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - Parco	FR	105	120	106	78	79	75	72	91	60	70	78	58		57	54	47
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				137	120	135	132	173	122	122	96	95	90	71	79	59
		Borgaro T. - Caduti	FS	112	137	151	125	114	143	145	117	93	100	86	91	89	89	76	
		Chieri - Bersezio	FS			149	*111*	109	115	93	96	83	92	65	73	76	68	*74*	79
		Collegno Francia	TU			*144*	179	144		162	182	131	159	124	142	86	107	99	
		Druento - La Mandria	FR	84	89	118	63	68	81	71	68	59	65	61	52	57		57	
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	115	106	133	115	93	132	93	122	82	90	87	87	79	74	71	61
		Orbassano - Gozzano	FS	126	134	132	119	106	164	108	128	98	114	108	106	92	84	82	74
		Settimo T. - Vivaldi	TU	159	*166*	*196*	166	112	134	144	145	95	143	95	106	99	100	93	
		Torino - Consolata	TU	179	173	171	176	165	165	157	160	129	147	131	120	122	98	101	92
		Torino - Lingotto	FU	133	174	*158*	147	131	118	171	128	*103*	110	79	93	*83*	93	85	
		Torino - Rebaudengo	TU	197	190	195	208	*175*	204	213	208	153		137	144	141	134	136	111
		Torino - Rubino	FU	140	148	154	134	130	127	116	*111*	91	118	85	85	84	86	76	70
		Vinovo - Volontari	FS	109	122	134	93	102	120	88	121	*92*	109	*83*	81	87	82	63	60
Collina	AL	Dernice - Costa	FR	65	63	55	65	53	56	68	64	55	52	58	*48*	*44*	31	33	34
	AT	Vinchio - San Michele	FR	93	74	72	65	52	65	58	66	49	56	53	54	39	39	42	36
	BI	Cossato - Pace	FU	84	96	99	85	65	83	70	77	57	68	64	68	57	57	59	51
	CN	Alba - Tanaro	FU	104	101	125	98	73	83	84	89	67	68	69	63	61	63	61	55
		Mondovi' - Aragno	TU					92	94	95	87	86	91	75	86	78	73	69	70
		Saliceto - Moizo	FR	71	66	54	56	42	49	*49*	55	42	51	34	42	45	32	31	
	NO	Borgomanero - Molli	TU				*111*	117	125	107	117	90	112	96	94	87	78	84	80
		Castelletto T. - Fontane	FR	116	105	113	105	98	*109*	121	82	75	79	66	65	69	64	67	60
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	95	103	117	*106*	87	99	98	96	80	94	80	75	82	74	72	63
		Susa - Repubblica	FS	102	78	83	70	70	94	69	75	67	63	56	71	53	49	56	51
	VB	Omegna - Crusinallo	TU			112	111	112	91	91	93	79	86	84	78	77	82	76	70
		Verbania - Gabardi	FU	95	92	89	82	65	68	79	91	80	76	65	67	62	59	58	49
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	80	79	83	92	89	96	68	70	75	87	62	62	64	65	65	57
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			73		66	79	65	*54*		52	*44*		47	47		35
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	29	*30*	32	19	33	20	18	21	25	25	28	26	*18*	11	12	10
		Oulx - Roma	TS	99	84	81	86	85	89	80	79	73	79	63		62	55	62	52
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR			*21*	18		29	19	25	19	*15*		18	22	35	38	16
		Domodossola - Curotti	FS					69	72	62	57	52	71	60	58	59	61	62	52
		Pieve Vergonte - Industria	FS	78	78	77	69	57	66	59	66	46	50	48	46	43	43	46	40
Pianura	AL	Alessandra - D'Annunzio	TU	162	166	182	110	117	146	147	137	114	*134*	*114*	115	122	109	99	98
		Alessandria - Volta	FU	86	109	166	78	64	54	86	119	83	90	68	74	78	68	73	73
		Casale M.to - Castello	FU	96	119	151	*109*	111	127	115	*113*	93	100	*82*	89	86	84	78	79
		Novi Ligure - Gobetti	TU	160	142	*122*	134	94	100	85	178	201	94	81	72	80		74	62
		Tortona - Carbone	TU	115	160	132	124	93	96	101	123	101	117	85	91	81	75	76	74
	AT	Asti - Baussano	TU	139	137	149	119	96	99	112	117	90	*114*	88	82	81	70	71	74
		Asti - d'Acquisto	FU	113	114	136	108	100	102	103	123	118	90	73	73	76	76	74	68
	BI	Biella - Lamarmora	TU	117	124	124	113	75	100	107	83	77	87	90	85	87		73	64
		Biella - Sturzo	FU	104	116	117	89	69	80	*73*	66	65	71	69	66	61	60		
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	123	96	127	100	75	85	81	102	73	82	69	70	65	66	64	62
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												66	65,9	59	50	51
		Cuneo - Alpini	FU	119	99	108	103	81	97	86	103	80	86	85	77	75	70	77	68
		Revello - Staffarda	FR					61	*48*	43	58	42	43	36	42	35	34	37	51
	NO	Cerano - Bagno	FS	101	119	135	115	104	115	113	110	73	82	71	69	64	61	64	54
		Novara-Roma	TU	164	172	167	163	151	157	142	156	129	119	102	94	76	105	91	100
		Novara - Arpa	FU	107	138	114	108	102	108	78	87	97	92	94	66	89	79	82	91
		Trecate - Verra	FU	*98*	139	157	95	135	96	88	103	85	90	90	78	78	82	66	66
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU					119	127	136	136	111	107	118	92	90	99	87	83
	VC	Cigliano-Autostrada	TR					143		112		90	90	*63*	68	64	74	63	79
		Vercelli - CONI	FS	87	106	116	108	86	91	83	84	72	64	69	57	57	62	64	62
		Vercelli - Gastaldi	TU	140	165	164	137	112	131	138	143	98	140	91	106	98	103	91	92

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

NO2 **99.79° percentile dati orari (µg/m³)**

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022, al 85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

O3 - 93,15° percentile dei dati orari
(Percentuale dati validi>=80% fino al 2022, >=85% dal 2023)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agglomerato	TO	Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	133	130	130	133	121	130	*123*	126	*126*	124	119	126	137	119	112	123
		Borgaro T. - Caduti	FS	112	114	112	105	99	124	*116*	107	108	105		118	*127*	100	102	117
		Chieri - Bersezio	FS				109	*116*	124	115	*120*	*121*	*115*	96	107	*115*	111	97	110
		Druento - La Mandria	FR	117	128	131	122	106	119	115	115	111	106		117	*119*	108	100	104
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	119	122	105	107	91	107	111	107	*104*	112	107	113	122	104	98	100
		Orbassano - Gozzano	FS	107	119	120	120	112	130	*130*	132	127	120	120	128	*148*	114	112	127
		Torino - Lingotto	FU	107	105	114		114	117	111	110	*116*	117	113	*126*	*136*	111	104	109
		Torino - Rubino	FU					105	114	111	111	*115*	116	116	115	136	115	106	120
		Vinovo - Volontari	FS	110	121	119	114	102	101	*108*	116	*122*	*115*	110	108	141	102	104	113
Collina	AL	Dernice - Costa	FR	*127*	122	127	122	112	122	117	127	120	123	125	115	128	119	111	129
	AT	Vinchio - San Michele	FR	123	128	130	125	111	119	129	121	118	115	122	116	130	117	109	122
	BI	Cossato - Pace	FU	123	128	106	*116*	115	*120*	109	116	110	110	113	112	129	112	99	112
	CN	Alba - Tanaro	FU	115	122	119	111	105	110	109	113	109	110	107	113	125	108	98	104
		Saliceto - Moizo	FR	109	107	116	105	100	107	103	107	113	102	100	106	113	104	93	104
	NO	Castelletto T. - Fontane	FR	*111*	124	118	114	104	113	106	117	116	111	113	108	*128*	110	101	106
	TO	Ivrea - Liberazione	FS	116	114	110	*107*	103	117	100	113	114	106	112	114	120	102	99	104
		Susa - Repubblica	FS	107	110	110	107	97	100	113	116	109	106	106	114	124	111	105	119
	VB	Verbania - Gabardi	FU	113	127	118	115	100	123	110	115	116	115	117	110	112	109	98	104
	VC	Borgosesia - Tonella	FU	113	112	133	113	106	102	98	*103*	98	102	112	117	124	107	103	108
Montagna	BI	Trivero - Ronco	FS			120	102	91	114	103	106	102	111	103	101	125	104	96	106
	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	129	*124*	125	119	112	119	117	115	*106*	112	109	109	123	104	104	113
	VB	Baceno - Alpe Devero	FR	*97*	*99*	*101*	*113*		111	109	110	112			109	114	111	109	108
		Domodossola - Curotti	FS					107	108	98	104	103	102	109	106	112	100	89	100
		Pieve Vergonte - Industria	FS	104	122	119	113	109	118	112	117	113	109	130	111	121	109	95	107
Pianura	AL	Alessandria - Volta	FU	122	111	117	101	98	118	129	116	125	118	115	118	125	111	102	110
	AT	Asti - D'Acquisto	FU	116	118	121	119	*104*	120	114	120	114	112	118	109	120	111	104	118
	BI	Biella - Sturzo	FU	103	*121*	129	113	99	92	106	111	112	117	113	97	116	95	97	118
	CN	Cuneo - Alpini	FU	110	119	116	114	100	115	114	116	105	112	117	119	120	95	92	107
		Revello - Staffarda	FR					105	*119*	111	110	99	101	101	110	119	103	96	106
	NO	Novara - Arpa	FU	125	125	119	101	87	*118*	109	116	111	104	101	99	121	105	116	116
	VC	Vercelli - CONI	FS	118	133	130	113	113	129	111	99	110	111	106	116	137	120	111	115

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

O3 **93.15° percentile dati orari** **(µg/m³)**

Dato assente perché strumento non presente o
per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022, al 85% dal 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Appendice A2

PARTICOLATO ATMOSFERICO – PM_{10} - $PM_{2.5}$

Caratteristiche	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine **PM_{10}** si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine **$PM_{2.5}$** comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm.
Sorgenti	**Naturali**: azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino, ecc. **Antropiche:** rappresentano l'apporto principale alle concentrazioni di PM. Le fonti più significative sono le emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, l'usura di pneumatici e freni, il risollevamento delle polveri depositate sulle strade), gli impianti di riscaldamento e la zootecnia.
Tipologia	**Primario:** immesso direttamente in atmosfera **Secondario:** prodotto da trasformazioni chimico-fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO_2, NO_x, COVs, NH_3.
Permanenza spazio-temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del *lungo tempo di permanenza nell'aria* (da giorni a settimane) che ne consente *il trasporto su grandi distanze*. Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteoclimatici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.
Effetti	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: - il **PM_{10}**, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe) e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il **$PM_{2.5}$**, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. **Salute:** gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio, quali asma, bronchiti ed enfisemi nonché danni al sistema cardiocircolatorio. Il PM inoltre agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici. Nel 2013 il particolato atmosferico è stato classificato dallo **IARC** come cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1). **Ambiente:** la deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione inibendo il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre, il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. **Materiali:** i materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.

BIOSSIDO DI AZOTO – NO_2

Caratteristiche	Gli ossidi di azoto (NO, NO_2, N_2O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente. L'NO_2 è un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "*smog fotochimico*": sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM_{10} in inverno.
Sorgenti	**Naturali:** gli ossidi di azoto sono prodotti dall'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. **Antropiche:** costituiscono le principali fonti dell'NO_2, legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenti la fonte più significativa.
Tipologia	**Primario**: il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. **Secondario:** la maggior parte dell'NO_2 presente in atmosfera deriva dall'ossidazione del monossido di azoto ed è quindi di natura secondaria.
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO_2 e quattro giorni per l'NO.
Effetti	**Salute:** gli effetti sulla salute prodotti dall'NO_2 sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. **Ambiente:** Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. **Materiali:** le piogge acide producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.

OZONO – O_3

Caratteristiche	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
Sorgenti	È un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipendono dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali che antropici. **Naturali:** composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante **Antropiche:** ossidi di azoto e sostanze organiche volatili emessi da attività umane.
Tipologia	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto **secondario**, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera fra i precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) in presenza di elevate temperature e forte irraggiamento solare. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico.
Permanenza spazio temporale	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e *fenomeni di accumulo anche a notevoli distanze* dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
Effetti	**Salute:** i principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. **Ambiente**: sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. **Materiali:** i materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazioni chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza.

IPA - Benzo(a)pirene

Caratteristiche	Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente. Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida. Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.
Sorgenti	Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano. **Naturali:** eruzioni vulcaniche ed incendi boschivi. **Antropiche:** processi di combustione incompleta di materiale organico e uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze: le emissioni dovute al traffico stradale sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della legna.
Tipologia	È un inquinante **primario**.
Permanenza spazio temporale	In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di qualche giorno o settimana; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.
Effetti	**Salute:** gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporti vari danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare. In particolare, il benzo(a)pirene produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie. L'organo legislativo ha pertanto stabilito un valore obiettivo per tale composto.

BENZENE - C_6H_6

Caratteristiche	Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Ottenuto prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio, viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detergenti, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. È utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".
Sorgenti	**Naturali**: incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche, ma le conseguenti concentrazioni in atmosfera sono quantitativamente irrilevanti. **Antropiche:** costituiscono le sorgenti principali. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentata dal fumo di tabacco.
Tipologia	È un inquinante **primario.**
Permanenza spazio temporale	Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.
Effetti	**Salute:** il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con accertato potere cancerogeno per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della sua notevole volatilità.

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Caratteristiche	Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.
Sorgenti	**Naturali:** incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni da oceani e da paludi. **Antropiche:** la fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo e fasi di decelerazione): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti, aventi contributo emissivo minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate, sono gli impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti.
Tipologia	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera ed è quindi un inquinante **primario**.
Permanenza spazio temporale	Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano l'azione inquinante del monossido di carbonio prevalentemente a scala locale, urbana.
Effetti	**Salute:** il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, ad elevate concentrazioni, esiti letali. A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili.

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO_2

Caratteristiche	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
Sorgenti	**Antropiche:** processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, e processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di SO_2 proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. La concentrazione di SO_2 presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione impianti di riscaldamento domestici, alimentati con combustibili solidi o liquidi.
Tipologia	L'ossido di zolfo è un inquinante **primario**.
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale
Effetti	**Salute:** il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie. Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. **Ambiente:** gli ossidi di zolfo sono stati i principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (*piogge acide*). Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO_2 provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale. **Materiali:** l'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli, nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione, ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali, da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.

METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Caratteristiche	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) e possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
Sorgenti	**Naturali:** eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione. **Antropiche:** le principali sorgenti sono le combustioni, i processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche) e le abrasioni dei materiali.
Tipologia	I metalli pesanti sono inquinanti **primari.**
Permanenza spazio temporale	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio-temporale analoga a quella dei PM_{10}.
Effetti	**Salute:** i metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: problemi ai reni ed alle ossa, disordini neuro-comportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e, potenzialmente, anche cancro al polmone. **Ambiente:** nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare.