

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

**Rapporto di sintesi sui dati prodotti
dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria
ubicata nel Comune di Beinasco
Giardino Pubblico Aldo Mei,
di proprietà di TRM S.p.A.
Anno 2024**

FASCICOLO B.B3.01- 4/2025
CODICE DOCUMENTO: F06_2025_00801_001

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Struttura Attività di produzione	
	Nome: Anna Maria Scibelli, Elisa Calderaro, Milena Sacco	
Verifica	Funzione: Incarico di funzione Monitoraggio Qualità dell'Aria e Olfattometria	
	Nome: Milena Sacco	
Approvazione	Funzione: Responsabile Struttura Attività di Produzione	
	Nome: Carlotta Musto	
Redazione	Funzione: Incarico di funzione Campionamenti specialistici microinquinanti e igiene industriale	
	Nome: Simona Possamai	
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Laboratorio Nord Ovest	
	Nome: Marco Fontana	

ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest

Via Pio VII n. 9 – 10135 Torino Tel. 011-19680111 – fax 011-19681441
P.E.C.: dip.torino@pec.arpa.piemonte.it

Le attività oggetto della presente relazione sono state effettuate dalle Strutture Attività di Produzione e Laboratorio specialistico Nord-Ovest del Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest di Arpa Piemonte.

Il Nucleo Operativo “Supporto tematismo Qualità dell’Aria” della Struttura Semplice Attività di Produzione ha curato:

- il prelievo dei campioni di particolato aerodisperso e deposizioni atmosferiche destinati alla determinazione di idrocarburi policiclici aromatici e metalli;
- la validazione e l’elaborazione dei dati di tutti gli inquinanti monitorati, ad eccezione di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili;
- la redazione della presente relazione, ad eccezione dei paragrafi relativi a policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili in aria ambiente e nelle deposizioni atmosferiche.

La Struttura Laboratorio Specialistico Nord-Ovest ha curato:

- il prelievo dei campioni di particolato aerodisperso e deposizioni atmosferiche destinati alla determinazione di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili
- le determinazioni di laboratorio di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili
- le determinazioni di laboratorio di idrocarburi policiclici aromatici e metalli sui campioni di particolato e deposizione atmosferica
- la validazione e l’elaborazione dei dati di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili;
- la redazione dei paragrafi relativi a policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili in aria ambiente e nelle deposizioni.

Indice

1. Premessa	4
1.1 Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale	5
2 Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente	7
2.1 Ossidi di azoto	8
2.2 Particolato Sospeso - PM ₁₀	14
2.3 Particolato Sospeso – PM _{2,5}	18
2.4 Benzene e toluene	21
2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	28
2.6 Mercurio elementare gassoso e sul particolato	33
2.7 Altri metalli sul particolato	37
2.8 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani (Diossine) e policlorobifenili (PCB)	42
<i>Campionamento</i>	42
<i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i>	43
<i>Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria.</i>	45
<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria.</i>	45
3 Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche	50
3.1 Introduzione	50
3.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	51
3.3 Metalli	57
3.4 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili	65
<i>Campionamento</i>	66
<i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i>	67
<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche</i>	67
4 Conclusioni	72

1. Premessa

La presente relazione costituisce il rapporto di sintesi e giudizio relativo all'anno 2023 previsto dall'art. 4.7 della *“Convenzione per le attività di gestione della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria relativa all'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti della provincia di Torino ubicato in via Gorini a Torino”* sottoscritta da Arpa Piemonte e TRM S.p.A.

Tale atto trae origine dalla D.G.P. n°1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n°35-225/2012, con cui la Provincia di Torino, ora Città Metropolitana, ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale per l'impianto citato. Tra le numerose prescrizioni era prevista l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica ad Arpa Piemonte.

Si rimanda alle relazioni relative agli anni 2012 e 2013 per i dettagli dell'iter amministrativo che ha portato il 4 ottobre 2012 alla presa in consegna della cabina di monitoraggio da parte di Arpa Piemonte. Con la presa in consegna, questo Dipartimento ha dato inizio anche alle attività di prelievo del particolato PM₁₀ e delle deposizioni atmosferiche previste dalle prescrizioni della Provincia di Torino con le modalità dettagliate nel relativo capitolo.

Per quanto riguarda la tipologia degli inquinanti atmosferici misurati, le prescrizioni emanate dalla Provincia di Torino, in sede di valutazione di compatibilità ambientale dell'impianto prevedono che la cabina assicuri di minima la misura di:

- ossidi di azoto totali;
- biossido di azoto;
- particolato atmosferico (PM₁₀);
- particolato atmosferico (PM_{2,5});
- benzene;
- i seguenti idrocarburi policiclici aromatici sul particolato atmosferico PM₁₀: benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene e indeno(1,2,3-cd)pirene;
- piombo, arsenico, cadmio e nichel sul particolato atmosferico PM₁₀;
- mercurio;
- policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD/PCDF);
- deposizioni totali con caratterizzazione chimica dei costituenti, in particolare gli idrocarburi policiclici aromatici di cui sopra, piombo, arsenico, cadmio, nichel, mercurio e PCDD/PCDF.

In aggiunta a tali parametri, con lettera prot. n°876023/LB6 del 09/11/2012, la Provincia di Torino ha comunicato l'interesse alla determinazione presso la stazione di monitoraggio anche dei policlorobifenili (PCB), sia in aria ambiente che nelle deposizioni.

Di propria iniziativa e a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, Arpa provvede infine ad effettuare la determinazione anche dei seguenti parametri:

- sul PM₁₀ e nelle deposizioni: cobalto, cromo, rame, selenio, vanadio e zinco
- sul PM₁₀: antimonio, ferro, mercurio e manganese.

1.1 Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale

La stazione di monitoraggio si trova nel Comune di Beinasco in Via San Giacomo, presso il giardino pubblico Aldo Mei, a circa 1,5 km in linea d'aria dall'impianto TRM (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1 - Ubicazione della stazione di monitoraggio e dell'impianto TRM



Figura 2 - Vista della stazione di monitoraggio (sullo sfondo l'impianto TRM)

La dotazione strumentale è la seguente:

- Analizzatore in continuo di ossidi di azoto
- Analizzatore in continuo di PM₁₀
- Analizzatore in continuo di PM_{2.5}
- Analizzatore in continuo di benzene, toluene e xileni
- Analizzatore in continuo di mercurio
- Campionatore sequenziale di PM₁₀ a basso volume finalizzato alla determinazione di idrocarburi policiclici aromatici, piombo, cadmio, arsenico e nichel
- Campionatore di particolato atmosferico finalizzato alla determinazione di policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione di piombo, arsenico, cadmio e nichel
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione del mercurio
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione di policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani
- Campionatore sequenziale di PM₁₀/PM_{2.5} ad alto volume finalizzato a eventuali approfondimenti analitici sul particolato.

Le determinazioni sono state effettuate sulla base delle indicazioni delle Direttive Europee in tema di qualità dell'aria ambiente, recepite con il D. Lgs. n°155/2010 e s.m.i., a cui si rimanda per i dettagli tecnici.

Nel caso dei parametri policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili, in assenza di una normativa europea, sono state utilizzate le procedure di campionamento e analisi descritte negli specifici paragrafi.

2 Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente

In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa:

- i dati forniti dagli analizzatori in continuo sono espressi come media oraria per quanto riguarda ossidi di azoto, benzene, toluene, xileni e mercurio elementare gassoso e come media giornaliera per quanto riguarda PM₁₀ e PM_{2,5};
- i dati relativi agli inquinanti che richiedono un prelievo in campo e una successiva analisi di laboratorio sono espressi come valore medio relativo al periodo complessivo di campionamento, di norma di durata mensile. Per le informazioni di dettaglio si rimanda agli specifici paragrafi.

Nei paragrafi successivi sono sinteticamente commentati per ogni singolo inquinante i dati rilevati presso la cabina nel corso del 2024; nei casi in cui la normativa in materia di qualità dell'aria stabilisce uno o più valori di riferimento viene riportato un confronto con tali valori. Negli altri casi sono stati utilizzati dati di confronto tratti dalla letteratura scientifica e/o le indicazioni fornite da organismi internazionali.

Allo scopo di inquadrare i valori rilevati nel contesto territoriale, sono inoltre riportati per gli inquinanti misurati di routine nella rete provinciale i dati statistici relativi a una serie di stazioni appartenenti alla rete ubicata nel territorio della Città Metropolitana di Torino e rappresentative di diverse situazioni territoriali. Le caratteristiche delle stazioni utilizzate per confronto e ulteriori informazioni di dettaglio sono reperibili all'interno della pubblicazione "Uno sguardo all'aria", disponibile agli indirizzi web:

<https://www.arpa.piemonte.it/territorio/torino>, nella sezione "Pubblicazioni"

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

La stazione oggetto della presente relazione, inoltre, a seguito delle prescrizioni della Provincia di Torino (ora Città Metropolitana di Torino), è a tutti gli effetti inserita nel Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, la base dati è consultabile tramite il sito "Aria - La qualità dell'aria in Piemonte" all'indirizzo <https://aria.ambiente.piemonte.it/#/>

2.1 Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto sono generati da processi di combustione, indipendentemente dal combustibile utilizzato, per reazione diretta tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria ad alta temperatura.

La normativa non prevede valori limite di concentrazione in aria per il **monossido di azoto (NO)**, ma tale parametro viene comunque misurato poiché è un inquinante primario che facilmente si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresentando uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Tabella 1 - Monossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2024

Monossido di Azoto (NO) (valori di concentrazioni espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Orbassano Gozzano	Torino Consolata	Torino Lingotto
Ore valide	8617	8755	8733	8408
Percentuale ore valide	98%	100%	99%	96%
Giorni validi	359	366	365	346
Percentuale giorni validi	98%	100%	100%	95%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	50	40	53	59
Media dei massimi giornalieri	51	40	53	57
Media delle medie giornaliere	17	13	23	25
Media dei valori orari	17	13	23	25

Nel corso del 2024 la concentrazione media di monossido di azoto registrata dalla stazione TRM, rispetto alle stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria considerate per il confronto e riportate in Tabella 1, è risultata superiore a quella misurata presso la stazione di fondo suburbano (Orbassano), ma inferiore ai valori rilevati presso la stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto e a quella di traffico urbano di Torino-Consolata.

Nella Figura 3 vengono riportati graficamente gli andamenti delle concentrazioni medie orarie di NO del giorno tipo per le stazioni prese in esame.

In tutte le stazioni di misura utilizzate per il confronto i massimi valori di concentrazione del monossido di azoto sono stati misurati nelle ore di punta del traffico veicolare, a conferma che questo è un inquinante di tipo primario e che, in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è il traffico veicolare.

In particolare, dal confronto tra i diversi profili ottenuti possiamo notare come, presso la stazione TRM, nelle ore di traffico della mattina (dalle 6 alle 10) le concentrazioni risultano superiori rispetto alla stazione di fondo di Orbassano, ma analoghe a quelle di Torino-Lingotto e di Torino-Consolata.

Gli andamenti cambiano nelle ore pomeridiane e serali quando le concentrazioni di Beinasco-TRM risultano simili a quelle di Orbassano e più basse della stazione di urbane di Torino-Lingotto e di Torino-Consolata.

NO: Andamento del giorno medio - anno 2024

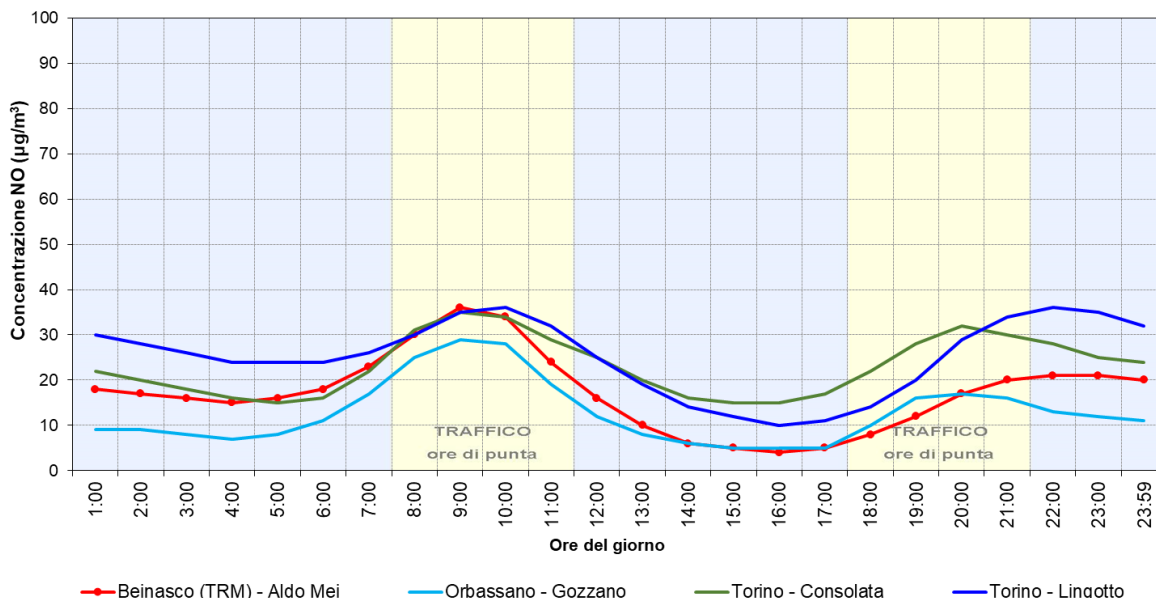


Figura 3 - Monossido di azoto - andamento giornaliero medio, confronto cabina TRM e stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria

La formazione di biossido di azoto (NO_2) è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO). Nell'area territoriale di Beinasco, il traffico veicolare costituisce la principale sorgente di biossido di azoto,

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia per la sua rilevanza tossicologica, sia perché svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico; infatti, è il precursore di vari inquinanti secondari, tra i quali il particolato atmosferico e l'ozono.

Il Decreto Legislativo n° 155 del 13/08/2010 prevede per il biossido di azoto i seguenti valori limite:

Biossido di azoto	
NO ₂ - Limite orario per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>da non superare più di 18 volte per anno civile</i>
NO ₂ - Limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂ - Soglia di allarme per il biossido di azoto (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 3 ore	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>misurati su tre ore consecutive</i>

Di seguito si riportano gli indicatori statistici calcolati per il biossido di azoto presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e presso altre stazioni della rete regionale di rilevamento presenti nel territorio dell'area metropolitana di Torino.

Il limite annuale per la protezione della salute umana, di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato presso tutte le stazioni considerate; in particolare presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei la media è risultata di $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a Orbassano di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a Torino Lingotto $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nella stazione di traffico urbano di Torino Consolata è stata registrata una media di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 2).

Per quanto riguarda il valore orario per la protezione della salute umana pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 2), presso la stazione TRM e le stazioni di confronto, non sono stati registrati superamenti nel corso dell'anno 2024.

Tabella 2 - Biossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2024

Biossido di Azoto (NO_2) (valori di concentrazione espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Orbassano Gozzano	Torino Consolata	Torino Lingotto
Ore valide	8617	8755	8730	8404
Percentuale ore valide	98%	100%	99%	96%
Giorni validi	359	366	365	346
Percentuale giorni validi	98%	100%	100%	95%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	37	41	55	48
Media dei massimi giornalieri	37	41	54	47
Media delle medie giornaliere	21	22	35	29
Media dei valori orari	21	22	35	29
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0	0	0	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	7	13	60	20
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0	0	0

In Figura 4 è riportato il profilo del giorno medio per il biossido di azoto. Per tutte le stazioni si nota il tipico andamento caratterizzato da un andamento a campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale, leggermente più alto di quello mattutino.

L'andamento delle concentrazioni misurate presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei è molto simile a quello della stazione di fondo suburbano di Orbassano, ma risulta inferiore rispetto alle stazioni urbane di Torino-Lingotto e Torino-Consolata.

NO₂: Andamento del giorno medio - anno 2024

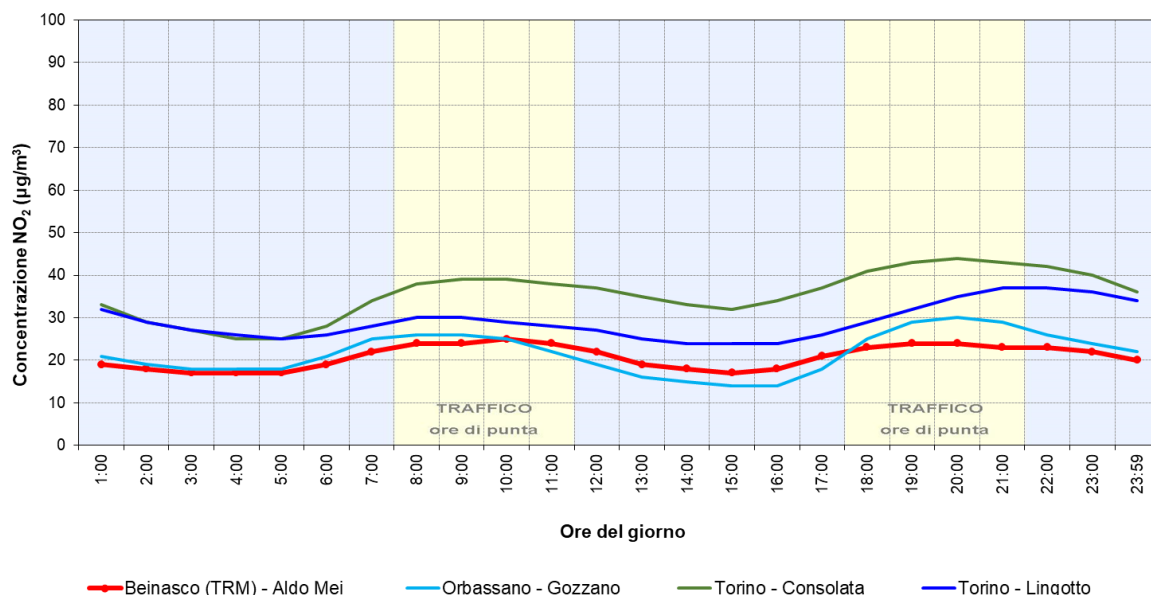


Figura 4 - Biossido di azoto - andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio), confronto cabina TRM e stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria

In Figura 5 si riportano, invece, le medie annuali di biossido di azoto registrate nel corso del 2024 presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei, confrontate con altre stazioni presenti sul territorio della Città Metropolitana di Torino. Come si evince dall'istogramma risulta che il valore limite annuale stabilito dalla normativa vigente sia stato rispettato sia presso la centralina di Beinasco sia presso tutte le stazioni considerate: 3 siti di fondo (Vinovo, Orbassano, Torino-Lingotto) e 2 stazioni di traffico urbano (Settimo e Torino-Consolata). In queste due stazioni sono stati riscontrati, rispetto a quelle prese in considerazione, i maggiori valori annuali di biossido di azoto

Il valore di concentrazione media annuale di biossido di azoto misurato nella stazione di Beinasco-Aldo Mei nel 2024 è stato pari a 21 µg/m³, leggermente superiore al valore di 20 µg/m³ riscontrato nel 2023 (Figura 6). Tra le stazioni prese a confronto, solo a Torino-Consolata nel 2024 è stata registrata una concentrazione annuale pari a quella dell'anno precedente, di 35 µg/m³. In tutte le altre stazioni, invece sono stati rilevati valori in diminuzione rispetto a quelli del 2023: per Vinovo e Settimo la diminuzione è stata del 10% mentre per Orbassano e Lingotto la riduzione si è attestata al 6%.

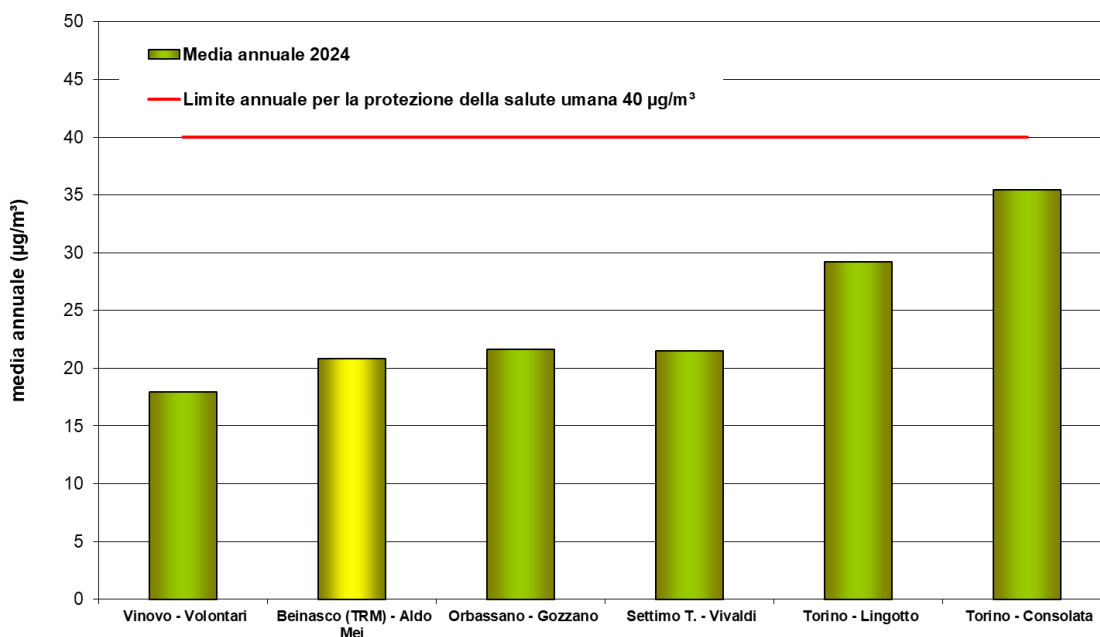


Figura 5 - Biossido di azoto - media annuale 2024

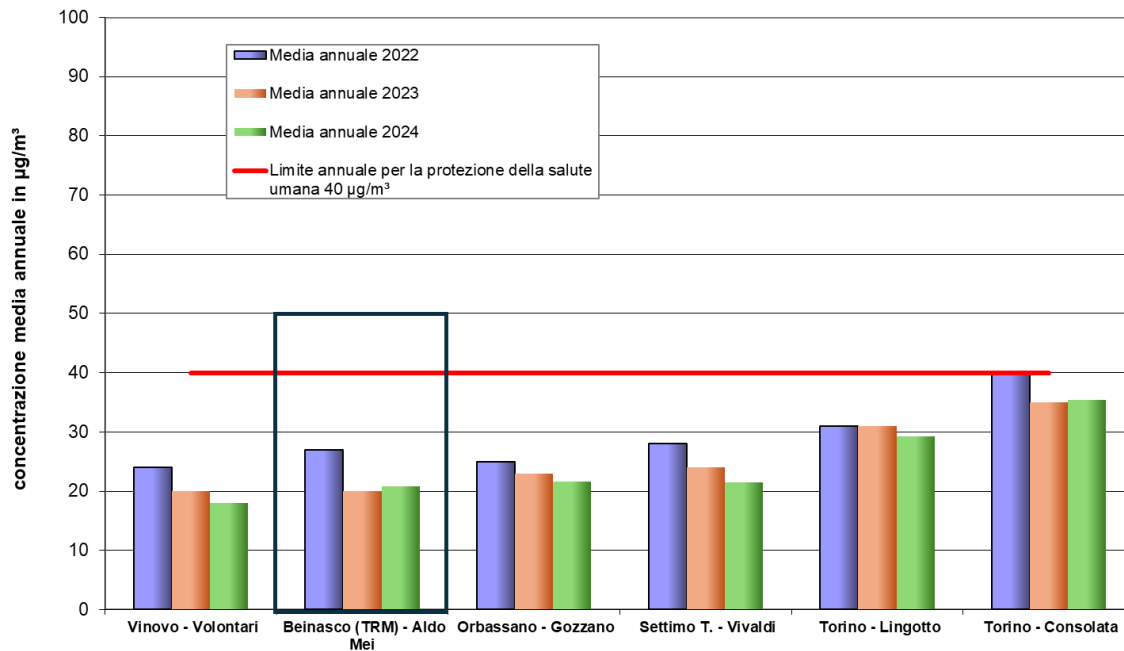


Figura 6 - Biossido di azoto - confronto medie annuali triennio 2022 – 2024

Relativamente ai fattori che determinano situazioni favorevoli alla dispersione o all'accumulo degli inquinanti in atmosfera, rivestono un ruolo fondamentale le condizioni meteorologiche. Se si prende in considerazione il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti atmosferici¹, risulta che i giorni critici nel 2024 sono stati 111. Bisogna però tenere presente che il valore dell'indice per il 2024 è presumibilmente sottostimato a livello annuale perché, a causa di problemi tecnici, i dati relativi al mese di ottobre risultano parzialmente incompleti mentre i dati di novembre risultano mancanti per gran parte del mese e non possono pertanto essere considerati rappresentativi delle condizioni meteorologiche di quel mese.

Come evidenziato nell'istogramma di Figura 7, in cui sono stati riportati gli anni, suddivisi per mesi, relativi al periodo 2020-2024, si evince che nel 2024 le condizioni meteorologiche sono state tali da avere un numero di giorni critici superiori al 2023 (106 giorni) ed inferiori al 2022 (125 giorni critici sul totale annuo). Si evidenzia come i mesi di gennaio, marzo e dicembre siano risultati particolarmente critici.

Risulta interessante notare come, nonostante un aumento delle giornate favorevoli all'accumulo degli inquinanti, nel 2024 è stata riscontrata, per la maggior parte delle stazioni considerate, una diminuzione o comunque uno stabilizzarsi delle concentrazioni annuali di NO₂ rispetto agli ultimi due anni. Per effetto della passata emergenza sanitaria è probabile che le aziende abbiano incrementato lo smart working determinando una diminuzione dei flussi di traffico e conseguentemente una diminuzione delle emissioni di inquinanti.

Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici
Confronto 2020-2024

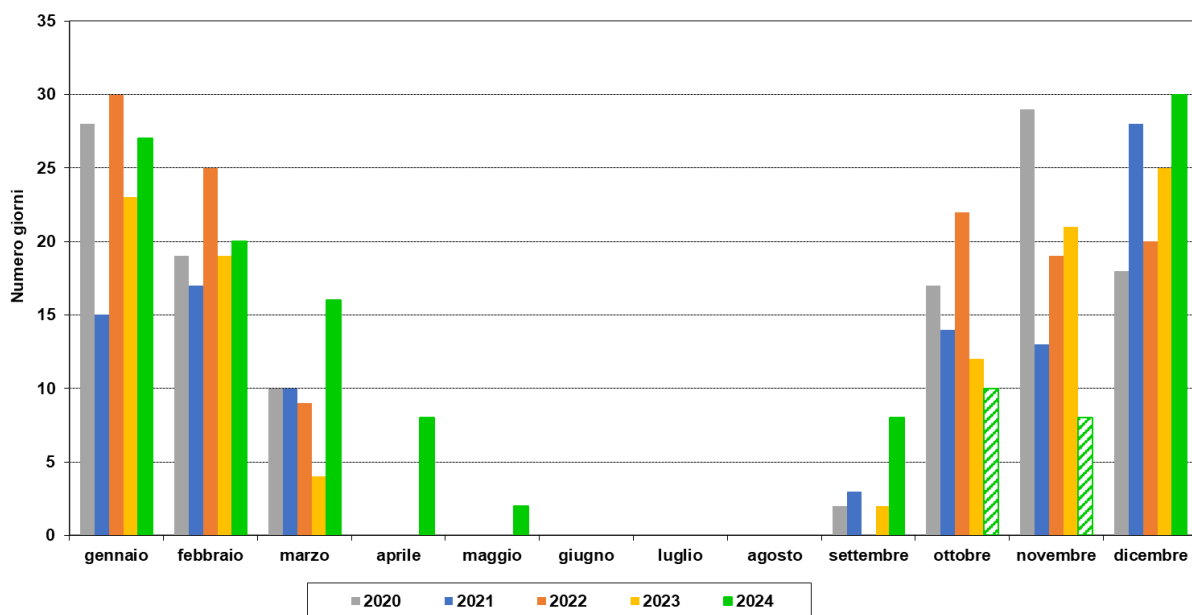


Figura 7 - Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici

¹ Questo indice viene calcolato al termine di ogni anno dal Dipartimento "Rischi naturali ed ambientali" di Arpa Piemonte e pubblicato nella relazione "Uno sguardo all'aria" pubblicata sui siti web dell'Agenzia e della Città Metropolitana

<http://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

2.2 Particolato Sospeso - PM₁₀

Il Particolato atmosferico è costituito da una miscela di particelle solide e liquide aerodisperse aventi diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono avere origine primaria, cioè possono essere emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, oppure secondaria, cioè possono formarsi in atmosfera a seguito di fenomeni chimico-fisici.

Le principali sorgenti naturali sono l'erosione ed il risollevarimento del suolo, gli incendi, i pollini, lo spray marino, le eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche di particolato primario si riconducono principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali).

In particolare, nelle aree urbane il particolato può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, soprattutto quelli con motore diesel.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM₁₀), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM_{2,5}).

Le dimensioni del particolato sono importanti poiché ad esse è legato il conseguente rischio sanitario di questo inquinante. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non pone limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma prevede dei limiti per il particolato PM₁₀. Il Decreto Legislativo n°155/2010 prevede due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base giornaliera, che sono utilizzati nel presente rapporto:

PM ₁₀	
PM ₁₀ - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	
media giornaliera	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM ₁₀ - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	40 µg/m ³

Per la misurazione dei livelli di PM₁₀ è stato utilizzato un misuratore a raggi beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), sistema automatico di campionamento e misura della massa delle particelle aerodisperse tramite la tecnica di attenuazione β. Il sistema opera su due linee di prelievo indipendenti dotate di testate di prelievo EPA per la determinazione del PM₁₀ e del PM_{2,5}.

Confrontando i livelli di concentrazioni registrati presso la stazione TRM con quelli misurati presso alcune stazioni della rete fissa di rilevamento provinciale si osserva che l'indicatore normativo annuale (40 µg/m³) è stato rispettato presso tutti i siti.

La situazione è differente se si considera il limite massimo di superamenti consentiti, che è sicuramente il limite più severo (Tabella 3); questo, infatti, è stato superato presso tutti i siti considerati ad eccezione della stazione di fondo rurale sita nel parco della Mandria a Druento, che presenta un numero di superamenti pari a 10 rispetto ai 35 massimi previsti dalla normativa, e

presso la stazione di Torino-Consolata, dove il numero di 34 è però sottostimato in quanto la stazione ha presentato dei malfunzionamenti tra metà gennaio e metà febbraio, pur raggiungendo una percentuale di dati validi pari al 90%.

Tabella 3 - PM₁₀: Indicatori statistici anno 2024

PM₁₀ (valori di concentrazioni espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento - La Mandria	Settimo T. - Vivaldi	Torino - Consolata	Torino- Lingotto (Beta)	Torino- Grassi
Giorni validi:	337	337	349	328	350	360
Percentuale giorni validi:	92%	92%	95%	90%	96%	98%
Media delle medie mensili	25	21	32	28	27	29
Media delle medie giornaliere	24	19	32	27	27	29
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	36	10	68	34 (stimati 53)*	55	54
Data del 35simo superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	30-dic	—	28-giu	—	16-nov	21-mar
Numero di medie giornaliere superiori a 45	49	17	83	42	67	61

*sulla base della correlazione della stazione con Torino-Lingotto si stima un numero di superamenti pari a 53

Il particolato presenta una tipica tendenza stagionale, con livelli di concentrazione maggiori nelle stagioni più fredde rispetto alla primavera-estate (Figura 8). Tale andamento è dovuto, oltre che alle maggiori emissioni in atmosfera durante l'inverno, anche all'influenza dello strato limite planetario (o strato di rimescolamento) che in autunno e in inverno confina gli inquinanti al suolo. Importante è il ruolo della meteorologia, che influisce sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. I mesi di gennaio e dicembre appaiono quelli più critici nel 2024 (Figura 8) a causa di condizioni meteo-climatiche che hanno favorito l'accumulo degli inquinanti in atmosfera come, ad esempio, l'assenza di episodi piovosi.

In Figura 9 si riporta il profilo giornaliero del PM₁₀ registrato presso la stazione di Beinasco-TRM confrontato con i valori minimi e massimi registrati nella Città Metropolitana nel corso del 2024. Il profilo giornaliero presso la stazione di Beinasco-TRM risulta prossimo al profilo della media dei valori misurati nella Città Metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi dell'anno in cui i valori risultano superiori alla media ma comunque inferiori ai massimi registrati.

PM10 - Andamento mensile

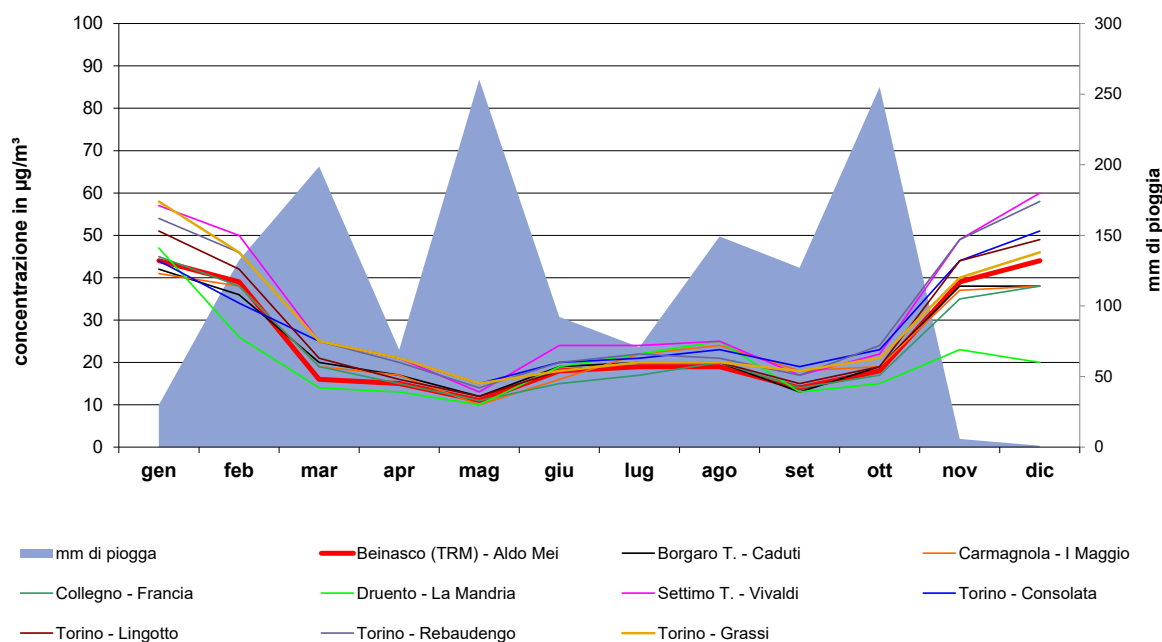


Figura 8 - PM10: Media mensile anno 2024

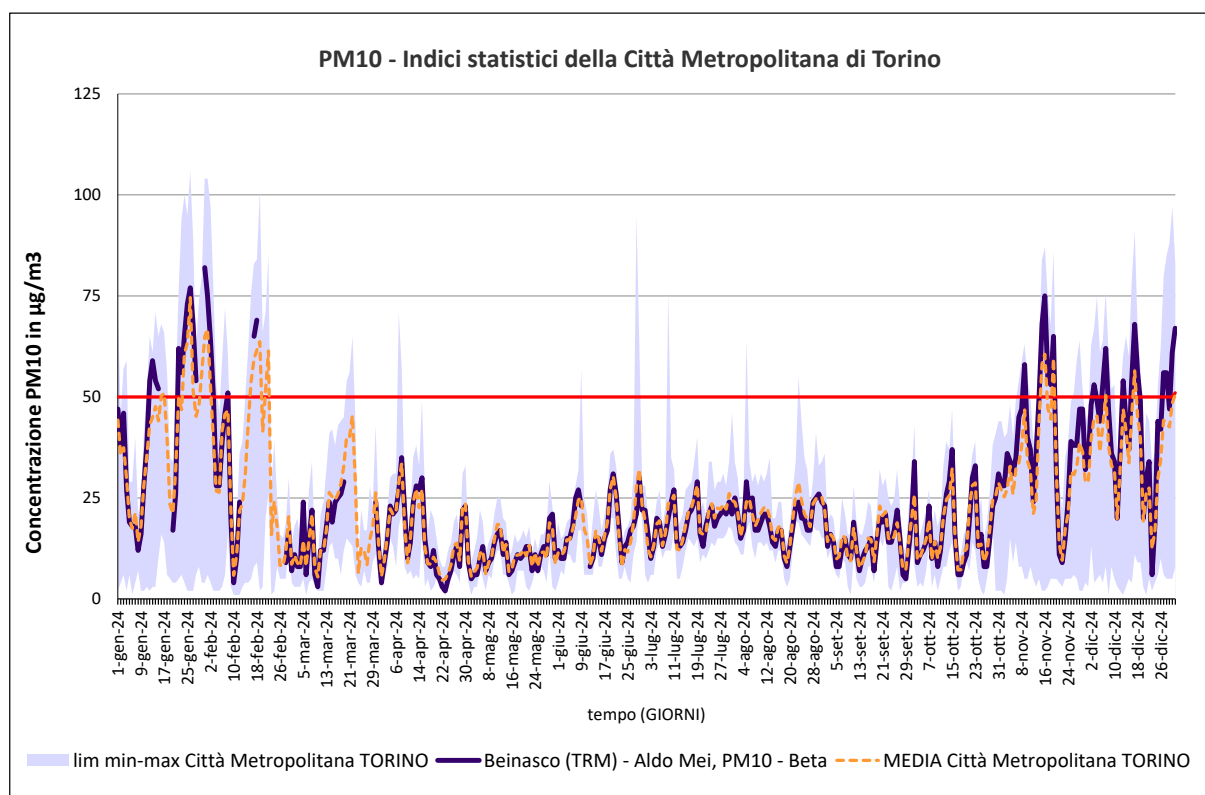


Figura 9 - PM₁₀: Indici statistici anno 2024

Nella Figura 10 sono state confrontate le medie annuali di PM₁₀ misurate presso la stazione Beinasco (TRM) - Aldo Mei, evidenziata in azzurro, e quelle presso altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria. Il riferimento normativo su base annuale è stato rispettato presso tutte le stazioni utilizzate per il confronto. Nella Figura 11, invece, si riportano i superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana pari a 50 µg/m³; con la linea rossa è indicato il numero di superamenti consentiti nel corso dell'anno, da cui si evince che il limite di 35 superamenti non è stato superato presso la stazione rurale di Druento – La Mandria, mentre la stazione di Beinasco – TRM ha superato il limite arrivando a 36. Complessivamente, dalle Figura 10 e Figura 11, si evince che i livelli di concentrazione di PM₁₀ rilevati presso la stazione TRM sono inferiori a quelli dei siti di traffico urbano e molto simile a quelli di Torino-Lingotto, che ha registrato una media di 27 µg/m³.

Come noto, le condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera giocano un ruolo importante sull'accumulo degli inquinanti al suolo. Relativamente al numero di giorni favorevoli all'accumulo del PM₁₀ confrontando l'ultimo biennio si evince che, complessivamente il 2024 è risultato più critico dell'anno precedente con un numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti al suolo pari a 111 giorni rispetto ai 106 giorni del 2023.

In generale, viste le peggiori condizioni meteo-dispersive, nella Città Metropolitana nel corso del 2024 si è registrato un peggioramento dei livelli di particolato atmosferico rispetto all'anno precedente; ma a Beinasco-TRM i valori medi annuali non sono peggiorati, anzi, la media annuale di PM₁₀ è passata da 25 µg/m³ del 2023 a 24 µg/m³ nel 2024. Sono invece aumentati i superamenti del valore limite giornaliero, che sono passati da 21 a 36.

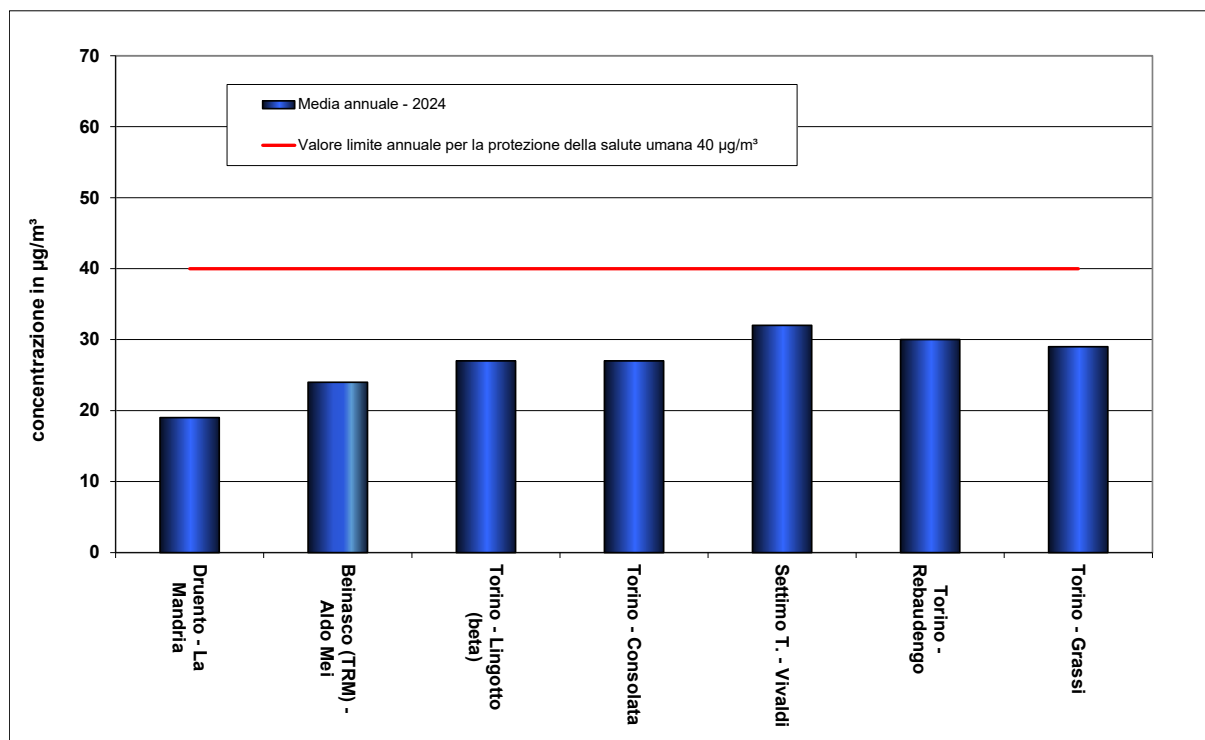


Figura 10 - PM₁₀: Media annuale

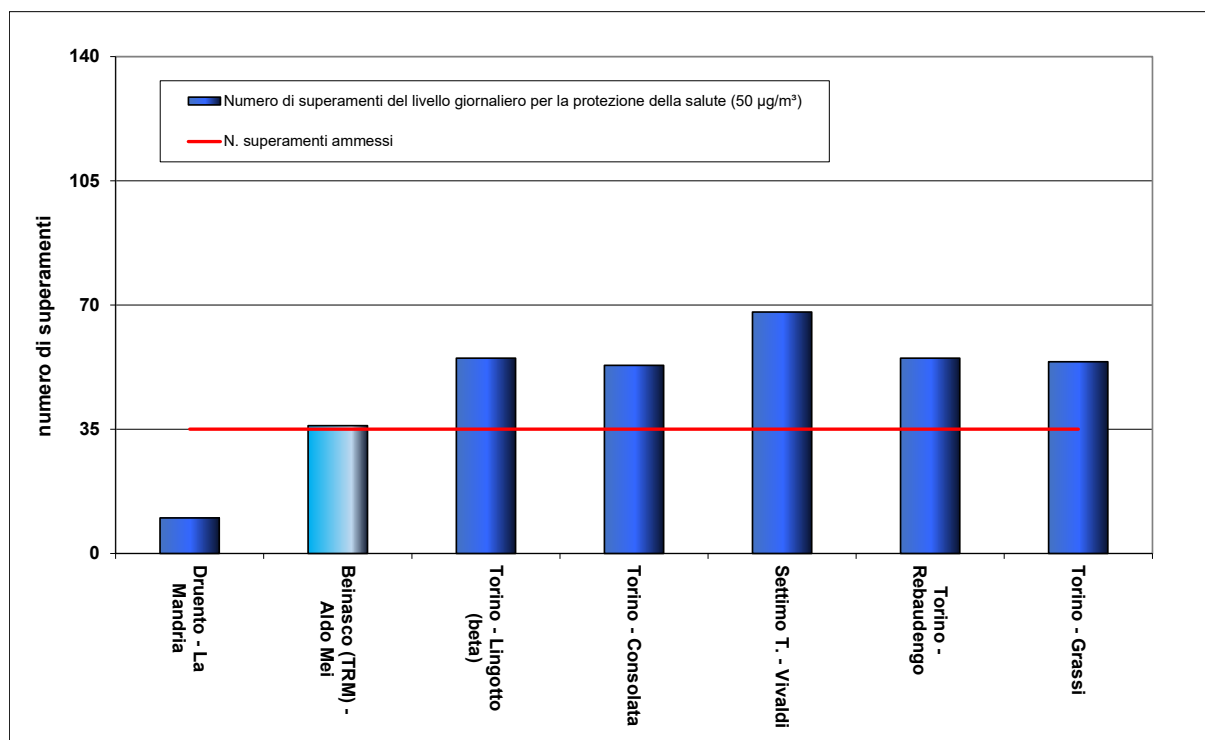


Figura 11 - PM10: Numero di superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana

2.3 Particolato Sospeso – PM_{2,5}

Per la frazione respirabile delle polveri PM_{2,5} la norma nazionale vigente (DLgs 155/10) prevede un valore obiettivo per la protezione della salute umana da rispettare entro il 2015:

PM _{2,5}	
PM _{2,5} - valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	25 µg/m ³

Per la misurazione dei livelli di PM_{2,5} è stato utilizzato un misuratore a Raggi Beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), sistema automatico di campionamento e misura della massa delle particelle aerodisperse tramite la tecnica di attenuazione β . Il sistema opera su due linee di prelievo indipendenti dotate di testate di prelievo EPA per la determinazione del PM₁₀ e del PM_{2,5}.

Nella Tabella 4 si riportano gli indicatori statistici misurati presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei confrontati con quelli relativi ad altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria torinese.

Non è possibile fare un confronto con una stazione di fondo di tipo rurale dal momento che il PM_{2,5} non viene monitorato in nessuna stazione con tali caratteristiche nell'area scelta come riferimento. In Figura 12 si riportano i profili mensili registrati nel 2024 presso la stazione TRM e altre stazioni presenti nella rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria piemontese. Nei mesi invernali, in cui le concentrazioni sono più elevate rispetto al periodo estivo, la stazione di TRM misura livelli mediamente più bassi rispetto alle stazioni di Chieri, Torino-Rubino e di Torino-Rebaudengo, e di poco superiori a quelle registrate presso la stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto.

Tabella 4 - PM_{2.5}: Indicatori statistici anno 2024

PM _{2.5} (valori di concentrazione espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Borgaro T. - Caduti	Torino - Lingotto	Torino - Rebaudengo	Torino - Rubino
Minima media giornaliera	1	2	2	3	4
Massima media giornaliera	64	60	71	70	64
Media delle medie giornaliere	16	17	20	20	18
Giorni validi	337	362	350	352	309
Percentuale giorni validi	92%	99%	96%	96%	84%
Numero di medie giornaliere superiori a 25	71	79	89	87	76

La media annuale del PM_{2.5} risulta di poco inferiore allo scorso anno (passando da 17 a 16 µg/m³).

In Figura 13 si riporta, come per il PM₁₀, il profilo giornaliero del PM_{2.5} registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontandolo con i valori minimi e massimi registrati nella città metropolitana nel corso del 2024. Il profilo orario presso la stazione di Beinasco risulta prossimo al profilo dei valori medi nella città metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi in cui i valori risultano superiori ai valori medi registrati.

PM_{2.5} - Medie mensili anno 2024

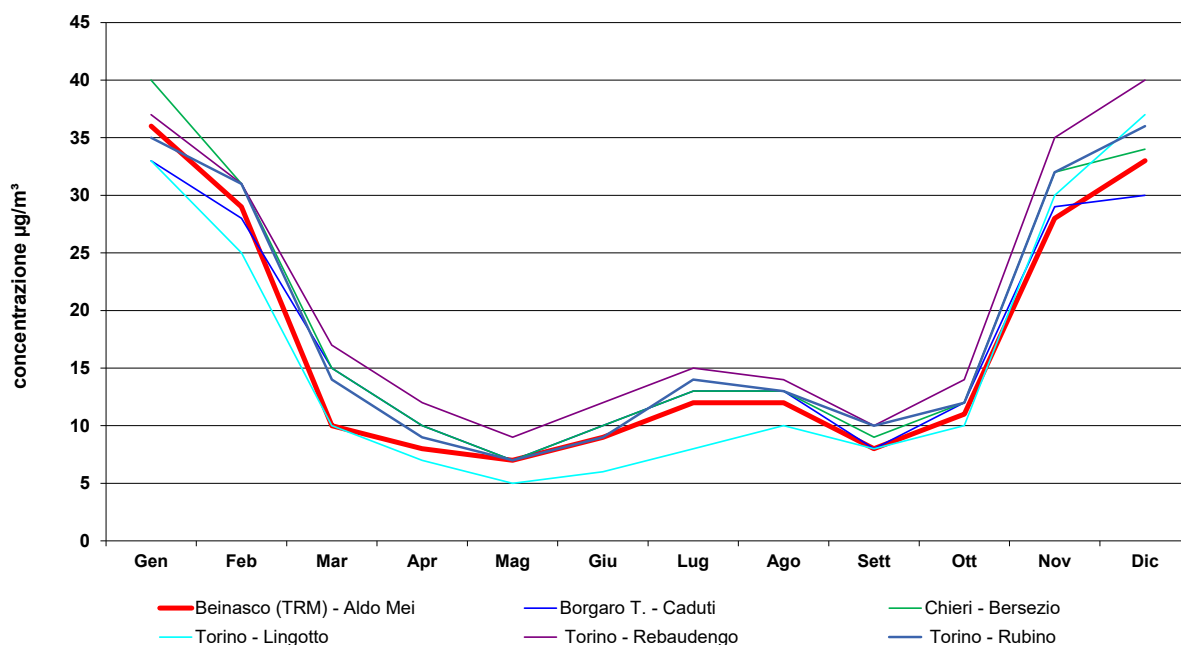


Figura 12 - PM_{2.5}: Confronto medie mensili (TRM evidenziata in rosso)

PM2.5 - Indici statistici della Città Metropolitana di Torino

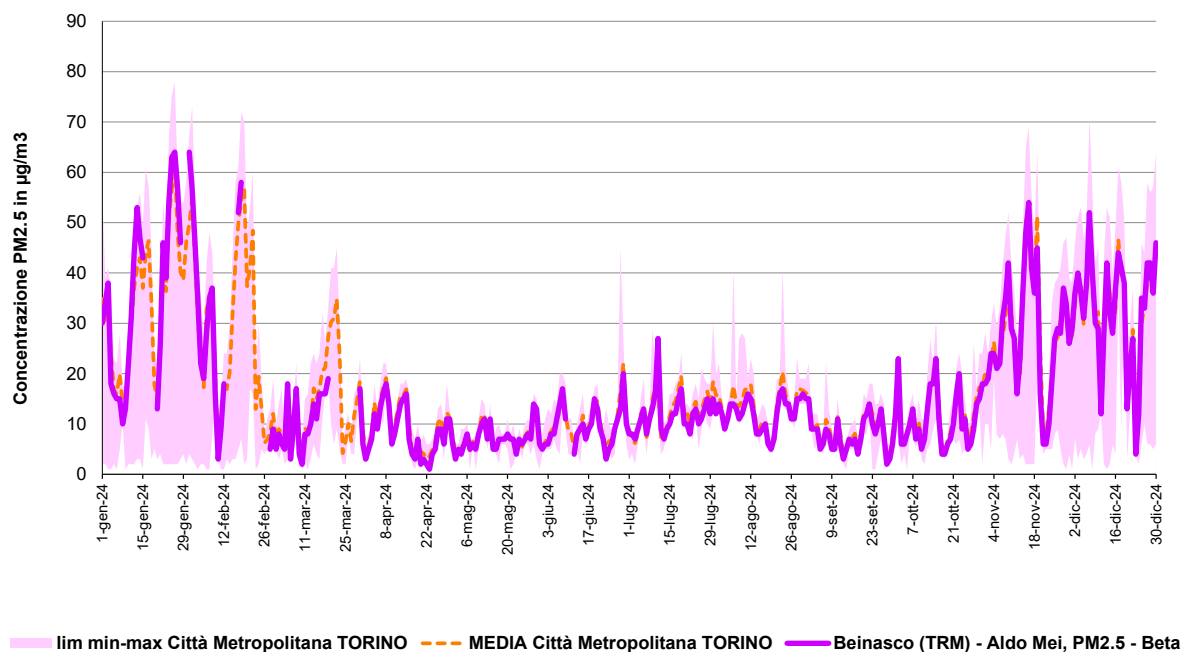


Figura 13 - PM2.5: Indici statistici anno 2024

2.4 Benzene e toluene

Il benzene (C_6H_6) è un composto organico aromatico liquido e incolore, volatile a temperatura ambiente. È un inquinante primario che viene prodotto principalmente dalle attività antropiche e in quantità esigua da processi naturali, come eruzioni vulcaniche e incendi boschivi.

Il benzene viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio e trova largo impiego in vari settori industriali. Per le sue proprietà antidetonanti viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, alle benzine e, dal momento che viene emesso in aria ambiente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina, è considerato un inquinante da traffico.

Il benzene è normato dal D. Lgs. 155/2010 che, all'Allegato XI, stabilisce per questo composto un valore limite di concentrazione annuale di $5 \mu g/m^3$.

I valori di benzene rilevati nel corso del 2024 presso la stazione TRM di Beinasco – Aldo Mei (classificata come stazione suburbana di fondo, secondo quanto definito all'Allegato III del D. Lgs. 155/10) sono stati confrontati con i valori misurati in alcune stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria (Tabella 5):

- Vinovo, stazione suburbana di fondo
- Torino Consolata, stazione urbana di traffico.

Per la stazione di Beinasco i valori di concentrazione del benzene sono da considerarsi rappresentativi della media annuale dato che la percentuale di ore valide è stata dell'88%.

Anche per il 2024 il valore limite annuale stabilito dalla normativa per il benzene è stato ampiamente rispettato. Infatti, la concentrazione media di benzene registrata presso la centralina TRM è pari $1,2 \mu g/m^3$, (Tabella 5), leggermente superiore al valore rilevato presso la stazione di Vinovo ($1,1 \mu g/m^3$), ma inferiore a Torino-Consolata ($1,3 \mu g/m^3$).

Tabella 5 - Benzene: Indicatori statistici anno 2024

BENZENE (espresso in $\mu g/m^3$)	TRM	VINOVO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7710	8521	8090
Percentuale ore valide:	88%	97%	92%
Giorni validi:	327	363	345
Percentuale giorni validi:	89%	99%	94%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri ^(a) :	1,9	2	2,3
Media dei massimi giornalieri ^(b) :	2	2	2,3
Media delle medie giornaliere ^(c) :	1,2	1,2	1,3
<u>Media dei valori orari:</u>	1,2	1,1	1,3

(a) Si calcola il valore massimo per ogni giorno del mese; poi si calcola la media di tali valori per ogni mese e infine si calcola la media di tali medie mensili

(b) Media annuale dei massimi giornalieri

(c) Si calcola la media giornaliera per ogni giorno dell'anno solo se ci sono almeno 18 dati orari su 24; e successivamente si calcola la media di tali medie giornaliere

Le concentrazioni medie orarie rilevate a Beinasco TRM presentano nelle ore notturne valori più elevati rispetto alle stazioni di confronto, mentre nel tardo pomeriggio e alla sera i valori sono inferiori a quelli di Torino-Consolata e di Vinovo (Figura 14). L'aumento di concentrazione che si riscontra verso le 3 di notte è probabilmente riconducibile alle condizioni di inversione termica che si verificano in quelle ore e che favoriscono i fenomeni di accumulo degli inquinanti. Questa situazione si è verificata anche negli anni passati.

In tutte le ore della giornata i valori di concentrazione misurati nel 2024 presso la stazione di Beinasco TRM risultano superiori ai valori medi rilevati nel triennio 2021-2023.

BENZENE - GIORNO MEDIO - Anno 2024

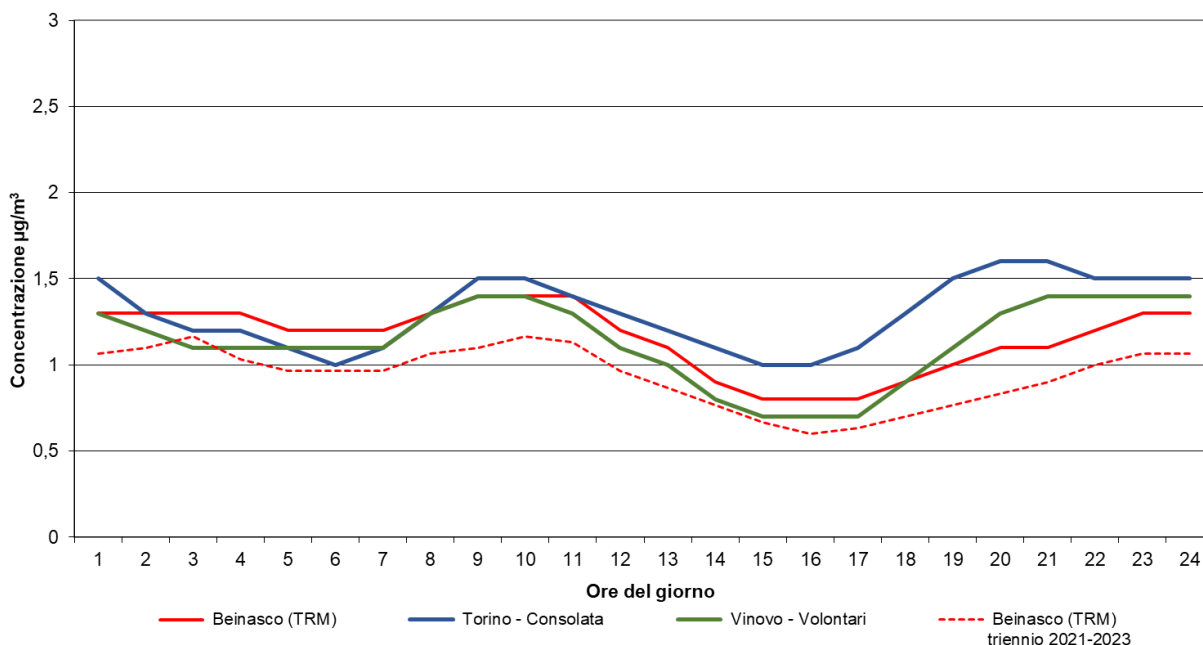


Figura 14 – Benzene, andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio), confronto con altre stazioni della Rete Regionale QA

Per quanto riguarda i valori di concentrazione media mensile, il benzene di TRM ha presentato da gennaio a giugno valori inferiori a quelli delle stazioni utilizzate per il confronto, mentre per il secondo semestre i valori registrati sono stati più elevati di quelli di Vinovo e nei mesi di settembre e novembre sono risultati maggiori anche a quelli di Torino-Consolata. L'andamento stagionale è comunque in linea con quello delle altre stazioni della rete regionale e degli altri inquinanti atmosferici.

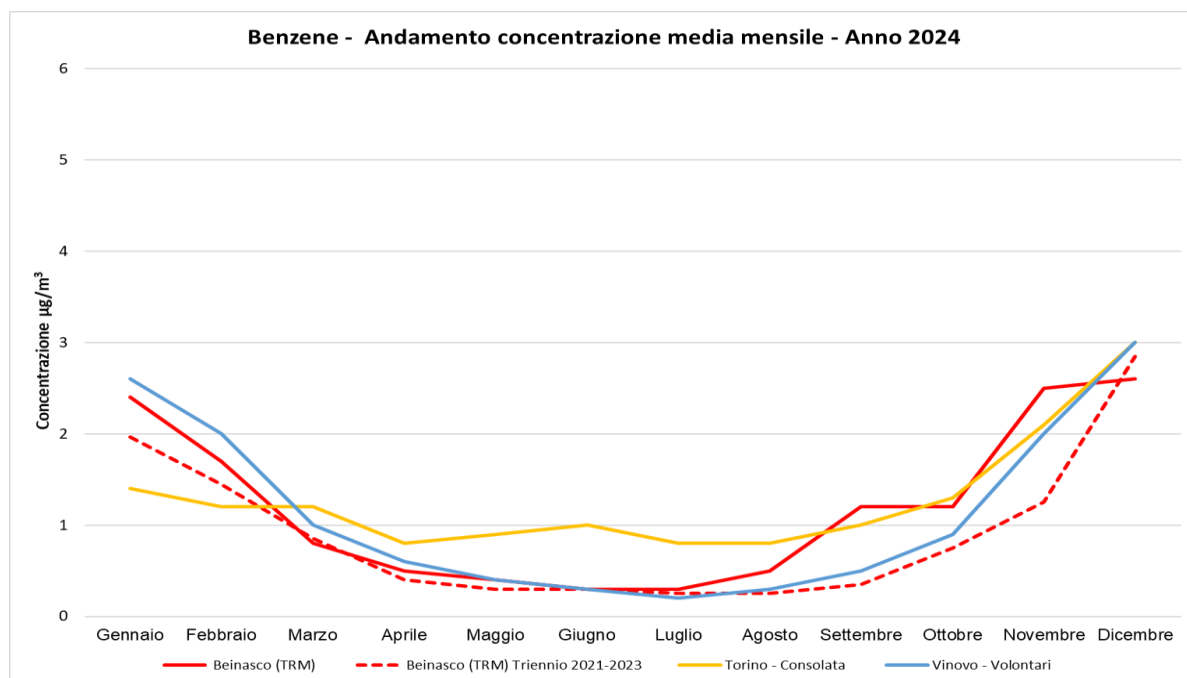


Figura 15 – Benzene, andamento medio delle concentrazioni mensili, confronto con altre stazioni della Rete Regionale QA

Il toluene è un composto organico aromatico che viene usato come sostituto del benzene perché, pur possedendo proprietà chimico-fisiche molto simili, presenta una minore tossicità rispetto al benzene e non ha effetti mutageni. Infatti, tra i vari utilizzi che vengono fatti di questa sostanza, si evidenzia l'aggiunta alla benzina come antidetonante; pertanto, come il benzene, viene considerato un tipico inquinante da traffico, essendo emesso direttamente nei gas di combustione dei veicoli alimentati a benzina.

A differenza del benzene, la normativa italiana non prevede un valore limite di concentrazione per il toluene.

Per la stazione di Beinasco TRM e per le stazioni utilizzate per il confronto la percentuale di ore valide nel 2024, è superiore all'85%, pertanto i valori di concentrazione possono essere considerati rappresentativi.

Tabella 6 - Toluene: Indicatori statistici anno 2024

TOLUENE (espresso in µg/m³)	TRM	VINOVO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7578	8426	8017
Percentuale ore valide:	86%	96%	91%
Giorni validi:	319	358	342
Percentuale giorni validi:	87%	98%	93%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri ^(a) :	9,9	7,3	11,1
Media dei massimi giornalieri ^(b) :	9,8	7,2	10,9
Media delle medie giornaliere ^(c) :	4,5	3,6	5,2
<u>Media dei valori orari:</u>	4,5	3,6	5,2

(a) Si calcola il valore massimo per ogni giorno del mese; poi si calcola la media di tali valori per ogni mese e infine si calcola la media di tali medie mensili; (b) Media annuale dei massimi giornalieri

(c) Si calcola la media giornaliera per ogni giorno dell'anno solo se ci sono almeno 18 dati orari su 24; e successivamente si calcola la media di tali medie giornaliere

Il valore medio orario di toluene riscontrato presso la centralina di Beinasco TRM, che è risultato per il 2024 pari a $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, risulta maggiore della concentrazione media misurata presso la stazione di Vinovo ($3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ma inferiore alla concentrazione media oraria rilevata nella stazione urbana di Torino-Consolata ($5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Tabella 6).

In Figura 16 è rappresentato l'andamento medio orario giornaliero delle concentrazioni di toluene registrate nel 2024. Come si evince dal grafico, i valori misurati a Beinasco risultano per tutte le ore superiori ai valori misurati nel triennio 2021-2023, ad esclusione di alcuni momenti notturni e al mattino. Invece, rispetto alle stazioni di confronto, i valori di Beinasco TRM risultano maggiori delle concentrazioni rilevate a Vinovo e inferiori a quelle di Torino-Consolata, ad esclusione delle ore notturne.

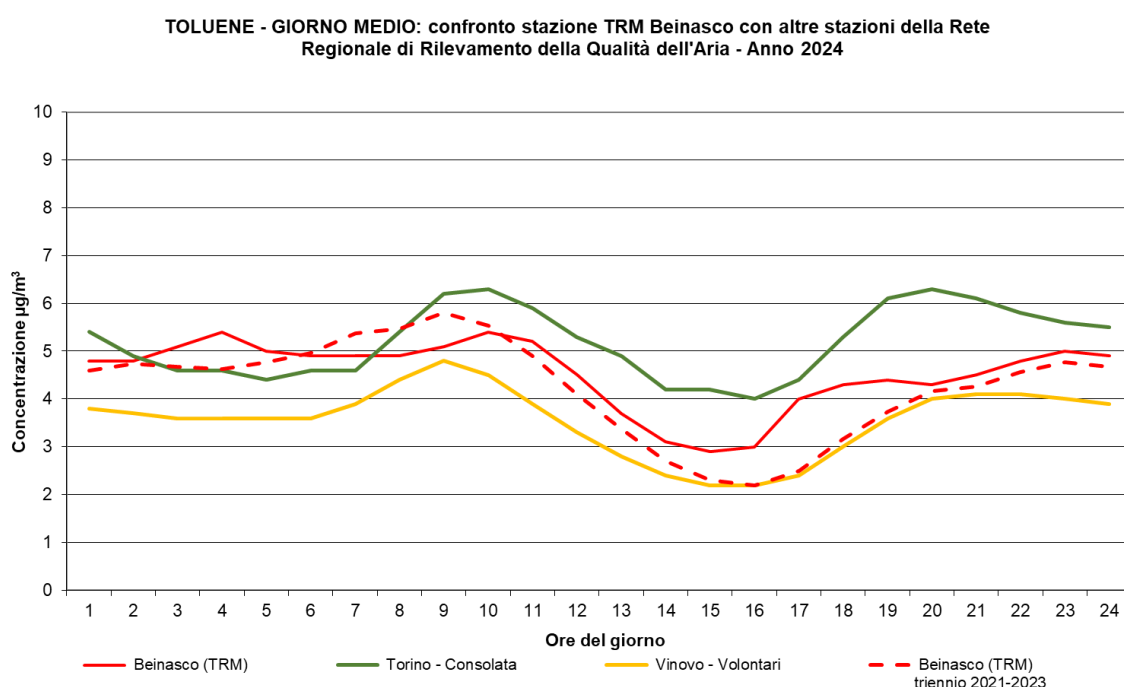


Figura 16 – Toluene, andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio), confronto con altre stazioni della Rete Regionale QA

I valori medi mensili di toluene registrati presso la centralina di Beinasco nel corso del 2024 risultano superiori ai valori medi del triennio 2021-2023 nel periodo giugno-settembre a dicembre. Ad esclusione del mese di settembre le concentrazioni medie mensili di Beinasco sono risultate inferiori a quelle di Torino-Consolata. Come riscontrato per il benzene, anche per il toluene l'andamento stagionale è in linea con quelle delle altre stazioni presenti sul territorio.

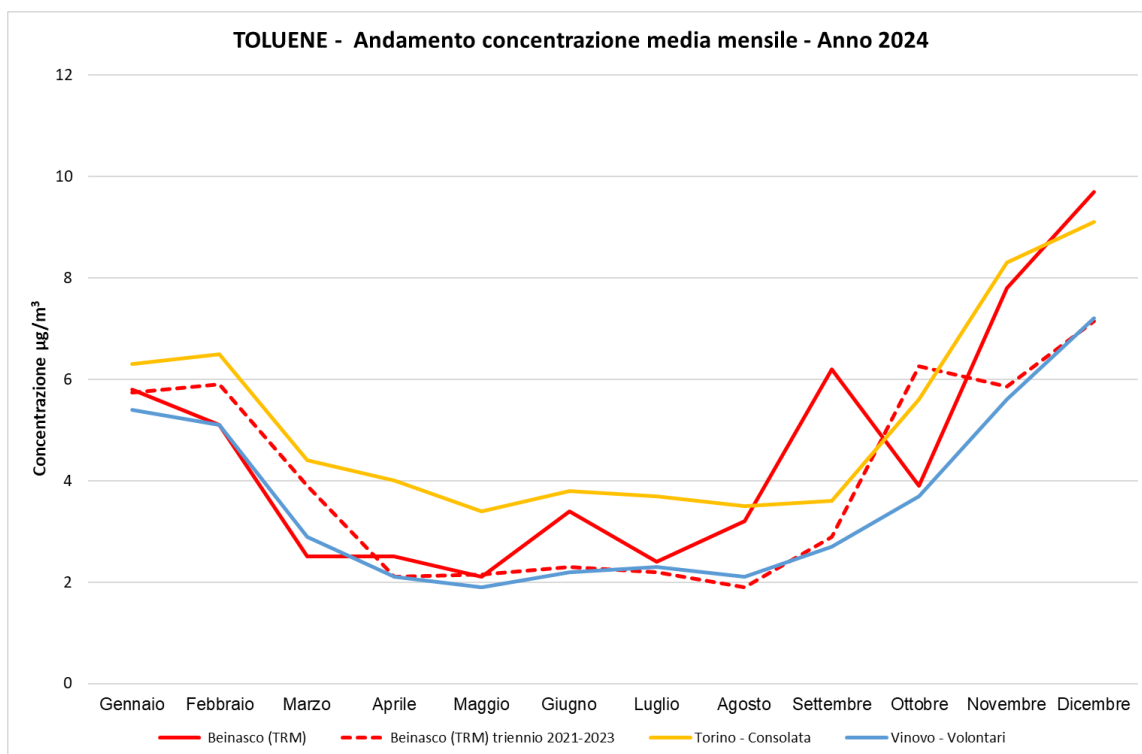


Figura 17 – Toluene, andamento medio delle concentrazioni mensili, confronto con altre stazioni della Rete Regionale QA

Nei grafici seguenti sono stati riportati in Figura 18 i dati del giorno medio del benzene e del toluene rilevati presso la centralina di Beinasco TRM e in Figura 19 i valori di concentrazione media mensile. Per quanto riguarda l'andamento giornaliero, i valori di concentrazione del toluene aumentano in serata, restano alti nelle prime ore della notte e diminuiscono nelle ore pomeridiane, mentre le concentrazioni di benzene, pur presentando una diminuzione nelle ore pomeridiane, mostrano valori più costanti nel corso della giornata.

Gli andamenti mensili dei due inquinanti sono invece molto simili e mostrano concentrazioni maggiori nei mesi autunnali e invernali. Le condizioni di stabilità atmosferica che si verificano nelle ore notturne e nei mesi freddi dovute al fenomeno dell'inversione termica favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati bassi della troposfera. Le minori concentrazioni medie giornaliere e mensili si misurano durante il periodo primaverile/estivo, quando le condizioni meteorologiche agevolano la dispersione degli inquinanti.

BENZENE e TOLUENE - GIORNO MEDIO stazione TRM Beinasco - Anno 2024

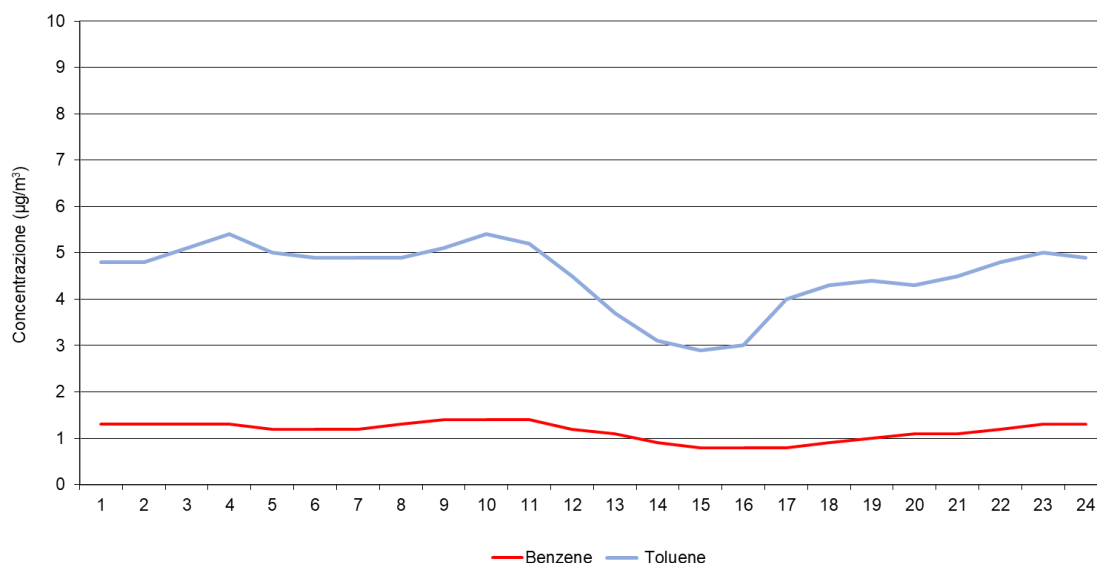


Figura 18 – Andamento medio delle concentrazioni orarie di benzene e toluene (giorno medio)

BENZENE e TOLUENE - MEDIA MENSILE stazione Beinasco TRM - Anno 2024

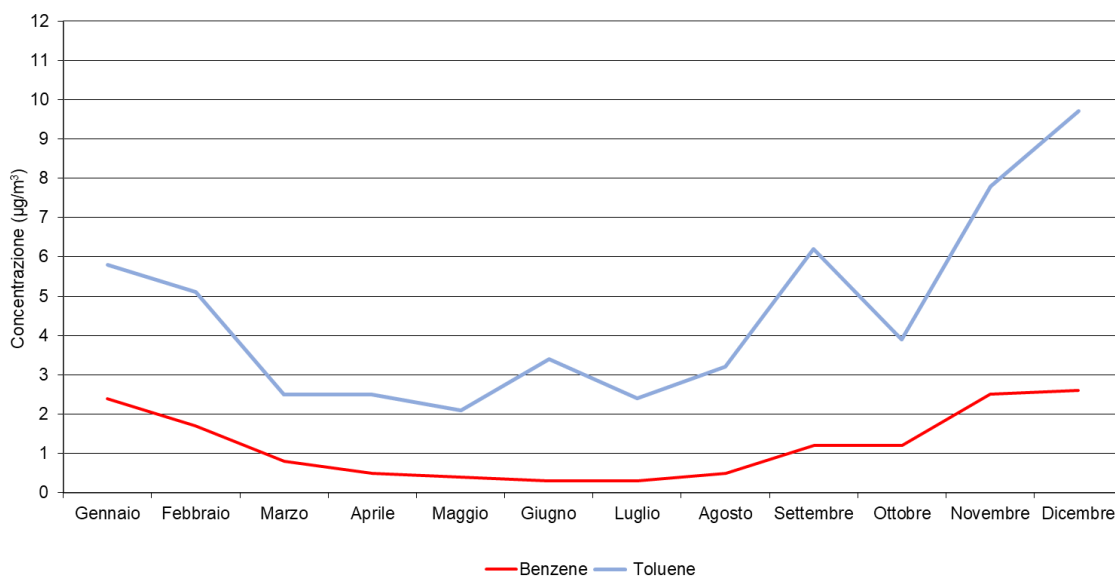


Figura 19 - Andamento medio delle concentrazioni mensili di benzene e toluene

Sia la concentrazione media annua del benzene sia la concentrazione media annua del toluene risultano nel 2024 in aumento e in controtendenza rispetto al periodo precedente 2019-2023 (Figura 20). In particolare, per il benzene è stato registrato un incremento del 20% rispetto al 2023, mentre per il toluene l'aumento è stato del 25% rispetto all'anno precedente.

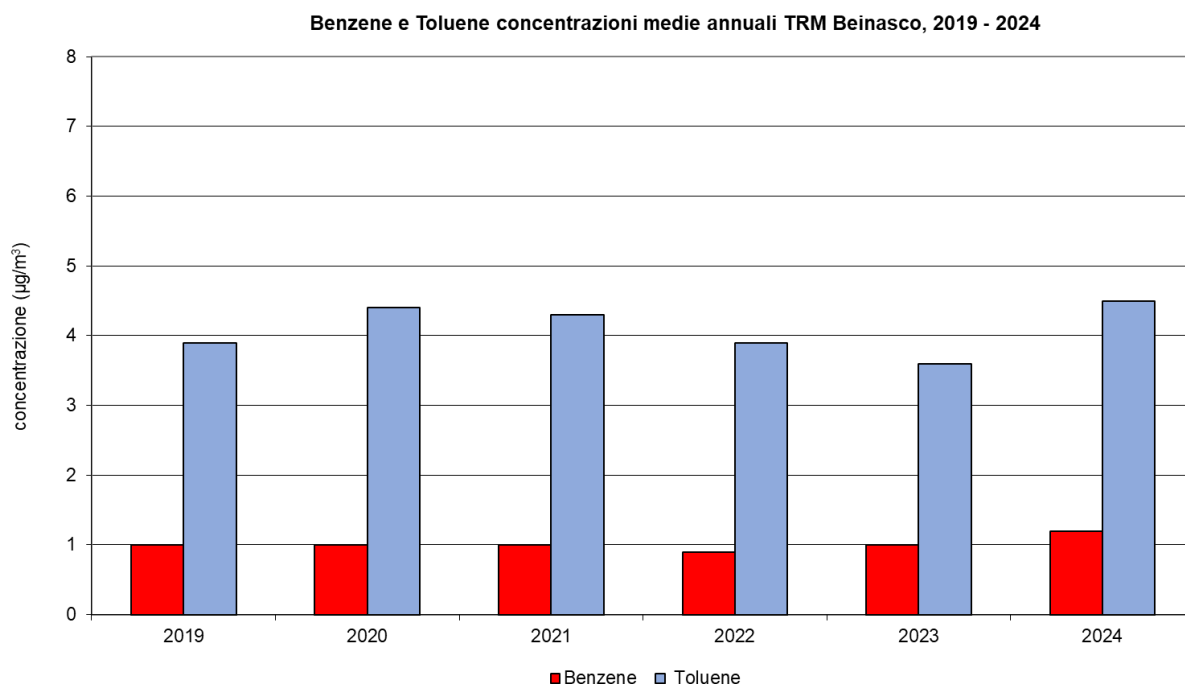


Figura 20 – Andamento concentrazioni medie annuali del benzene e del toluene della stazione TRM di Beinasco – Anni 2019 - 2024

2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono composti organici formati da due o più anelli aromatici e originano da varie fonti antropiche, tra cui processi industriali, impianti termici, attività di produzione energetica, traffico veicolare. Esistono anche delle fonti naturali di IPA quali eruzioni vulcaniche e incendi boschivi.

Negli ultimi anni sono state adottate delle migliorie tecnologiche che hanno permesso di contenere l'emissione di queste sostanze in atmosfera (ad es. utilizzo convertitori catalitici negli autoveicoli, l'applicazione delle BAT alle emissioni industriali, l'utilizzo di fonti energetiche a minore impatto ambientale), ma allo stesso tempo la diffusione della combustione a biomasse per il riscaldamento domestico, pur determinando indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, determina un incremento delle quantità di IPA emessi in atmosfera. Un impianto domestico alimentato a legna produce IPA in quantità 5-10 volte maggiori di quelli emessi da un impianto alimentato con combustibile liquido.²

Queste sostanze, una volta emesse in atmosfera, vengono adsorbite dalle particelle di particolato e da queste veicolate fino a raggiungere gli alveoli polmonari e di conseguenza il sangue. In termini di massa, gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%), ma rivestono un grande rilievo tossicologico. Questi gruppi di sostanze hanno rilevanza sanitaria per la loro tossicità e persistenza nell'ambiente (danno luogo a fenomeni di bioaccumulo) e in quanto sono agenti cancerogeni di diversa intensità. Il benzo(a)pirene è stato classificato dalla IARC³ nel *gruppo 1* come “*cancerogeno per l'uomo*”, mentre gli altri composti sono stati classificati in parte nel *gruppo 2A* come “*probabile cancerogeno per l'uomo*”, come il dibenzo(a,h)antracene, e nel *gruppo 2B* come “*possibili cancerogeni per l'uomo*”.

La normativa italiana (D. Lgs. 155/2010) stabilisce il valore limite di concentrazione medio annuale solo per il benzo(a)pirene. Il B(a)P è l'unico composto aromatico ad essere normato in quanto, tra tutti gli IPA, è considerato il composto più pericoloso per la salute umana e viene utilizzato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe di sostanze.

La metodologia utilizzata per la determinazione degli IPA presenti nella frazione del particolato PM₁₀ prevede (metodo EN 15549: 2008) che, al termine di ogni mese, venga prelevata, tramite fustellazione, una piccola porzione di filtro da tutti i filtri che nel corso del mese sono stati esposti per il campionamento del particolato aerodisperso PM₁₀. Si ottiene così un campione detto “medio composito” sul quale viene effettuata la determinazione degli IPA; le concentrazioni di queste sostanze sono pertanto espresse come valori medi mensili.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2024 per gli IPA analizzati nel PM₁₀ - (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene) - dei campioni prelevati presso la stazione di TRM di Beinasco – Aldo Mei e altre stazioni fisse della rete provinciale di Arpa.

Dato che la percentuale di giorni validi per le stazioni di rilevamento di Torino-Rebaudengo e Torino-Lingotto è inferiore al 85%, i valori di concentrazione degli IPA di queste centraline potrebbero essere non pienamente rappresentativi della media annuale.

² EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 – <https://op.europa.eu/publication-detail/-/publication/ef079eba-7de9-11ee-99ba-01aa75ed71a1> Part B: Technical chapters 1.A.4. Small Combustion - Tab. 3.4 pag. 33 e Tab. 3.6 pag. 35

³ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Tabella 7 - Benzo(a)Pirene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2024

Benzo(a)pirene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2024	0,41	0,30	0,40	0,60	0,50	0,80
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293
Percentuale giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%

Tabella 8 - Benzo[a]Antracene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2024

Benzo(a)antracene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2024	0,28	0,18	0,26	0,48	0,35	0,59
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293
Percentuale giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%

Tabella 9 - Benzo[b+j+k]Fluorantene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2024

Benzo(b+j+k)fluorantene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2024	1,14	0,9	1,00	1,38	1,23	1,8
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293
Percentuale giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%

Tabella 10 - Indeno[1,2,3-cd]Pirene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2024

Indeno(1,2,3-cd)pirene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2024	0,57	0,48	0,52	0,69	0,59	0,85
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293
Percentuale giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%

Come risulta dai dati di concentrazione dei composti aromatici rilevati nella stazione di Beinasco TRM di cui alle tabelle sopra riportate, i valori risultano analoghi alle concentrazioni rilevate presso le stazioni di Torino- Lingotto.

Relativamente al benzo(a)pirene, il limite normativo annuale di 1 ng/m³ previsto dal D. Lgs 155/2010 è stato ampiamente rispettato per la centralina di Beinasco TRM, così come in tutte le stazioni utilizzate per il confronto (vedi Tabella 7).

Per la concentrazione media annuale degli IPA totali rilevati nel 2024 presso la stazione Beinasco TRM è stato riscontrato un valore più alto rispetto a quelli misurati nel 2023 (+10%) e nel 2022, ma inferiore agli anni 2020 – 2021; rispetto al 2020 si è verificata una diminuzione del 25%. L'incremento del valore di medio annuo è in linea rispetto a quanto riscontrato presso le altre centraline Arpa utilizzate per il confronto (Figura 21), ad esclusione di Torino-Consolata, il cui lieve (-5%) decremento della concentrazione media annua è dovuto alle concentrazioni di gennaio-febbraio, sottostimate per un insufficiente rendimento strumentale.

IPA TOTALI - ANDAMENTO MEDIE ANNUALI 2020 - 2024

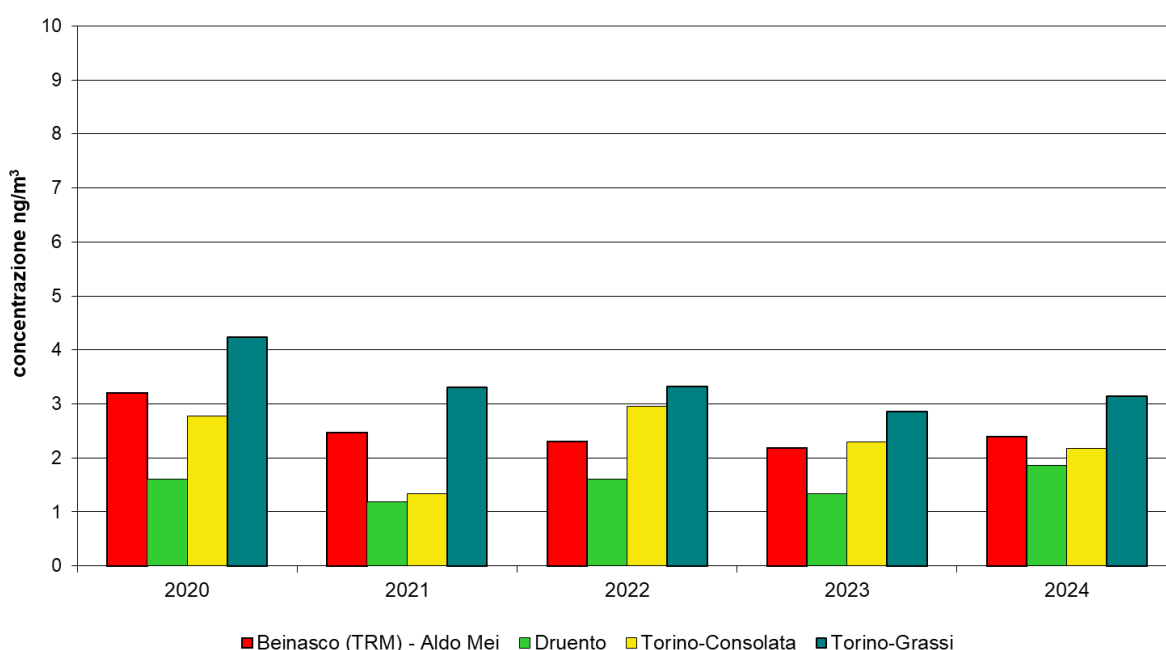


Figura 21 - Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco e in altre stazioni di confronto nel periodo 2020 - 2024

Nell'istogramma di Figura 22 è stato riportato l'andamento mensile degli IPA determinati sui campioni di PM10 che sono stati esposti nel campionatore della stazione di Beinasco TRM. Come si può facilmente osservare, i mesi in cui sono state rilevate le maggiori concentrazioni di questa tipologia di inquinanti sono quelli tardo autunnali e invernali, seguendo un andamento stagionale analogo a quello degli altri inquinanti che vengono analizzati nella centralina oggetto di studio. Questa situazione è dovuta alle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica che si verificano nei mesi più freddi e che favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera.

Come riscontrato negli passati, tra gli IPA analizzati, il benzo(b+j+k)fluorantene è il composto che ha presentato nel corso dell'anno i maggiori valori di concentrazione, ma non si tratta di una situazione sito specifica dal momento che le concentrazioni riscontrate sono in linea con quelle misurate presso le centraline di urbane di Torino.

Nel periodo primaverile ed estivo, invece, si verificano condizioni di ventilazione anche a basse quote che facilitano la dispersione degli inquinanti. Infatti, dal mese di maggio al mese di settembre, sono state rilevate concentrazioni molto basse dei vari composti aromatici che per il benzo(a)pirene sono addirittura inferiori ai limiti di rilevabilità (Figura 22). Si fa presente che questa

sostanza è un contaminante tipicamente invernale perché viene prodotto soprattutto con la combustione della biomassa legnosa utilizzata per riscaldamento domestico. L'andamento stagionale del B(a)P rilevato presso la stazione di Beinasco e nelle stazioni utilizzate per il confronto è riportato nel grafico di Figura 23.

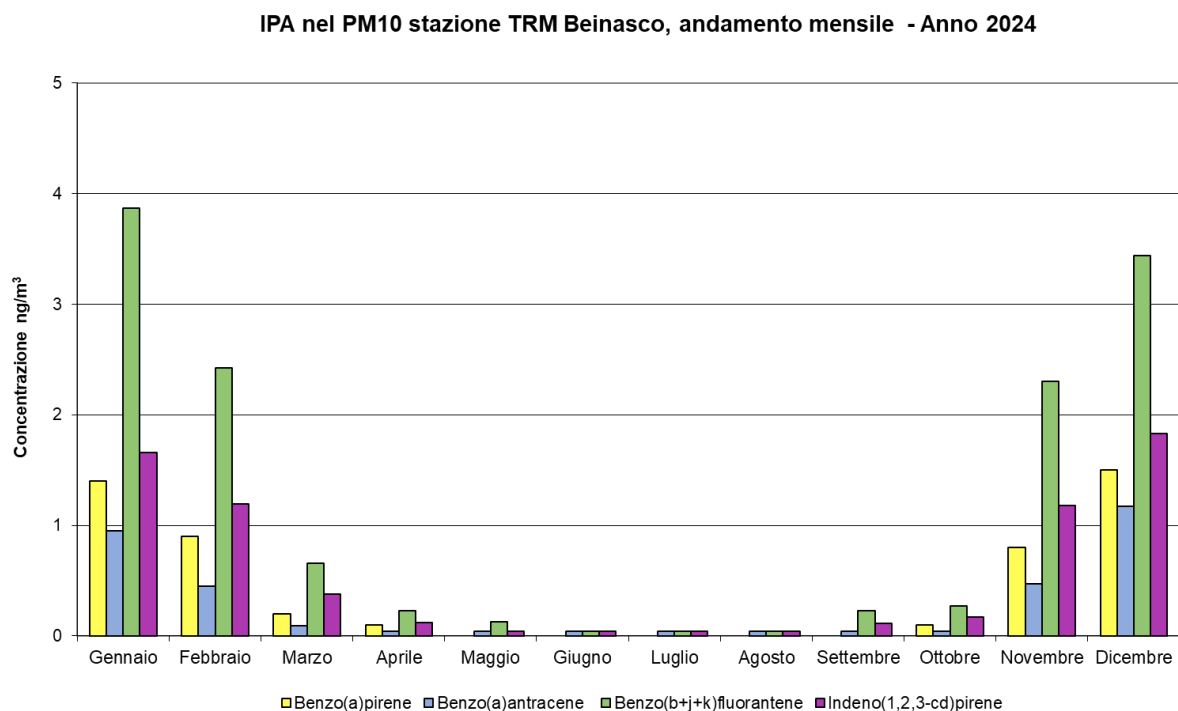


Figura 22 – Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco – Aldo Mei nel 2024

Nel corso del 2024, le concentrazioni di benzo(a)pirene misurate a Beinasco TRM sono risultate superiori a quelle misurate a Druento e Torino-Consolata, ma in linea con quelle riscontrate nelle stazioni urbane di Torino- Lingotto e Torino- Grassi e inferiori a Torino-Rebaudengo.

La concentrazione media annuale di benzo(a)pirene riscontrata a Beinasco TRM invece presenta lo stesso valore di Torino-Consolata (Tabella 7).

Benzo(a)pirene nel PM10, andamento mensile - Anno 2024

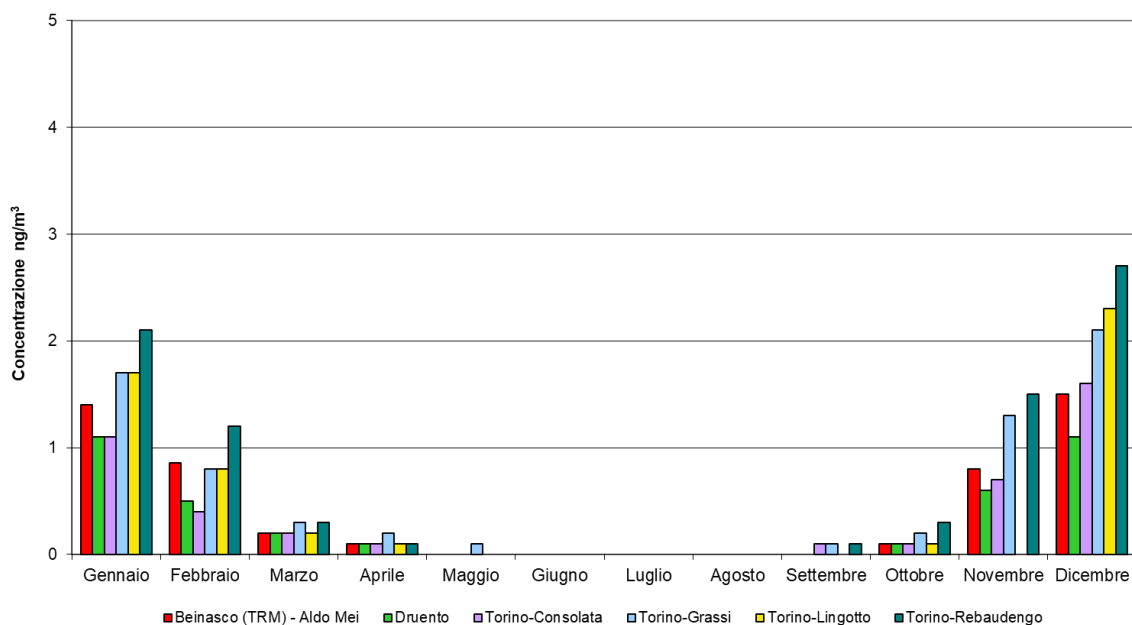


Figura 23 - Concentrazione di Benzo(a)Pirene nel PM10, andamento mensile nel 2024

2.6 Mercurio elementare gassoso e sul particolato

Il D.Lgs n°155/2010 e s.m.i. di recepimento della Direttiva 2008/50/CE non prevede valori di riferimento per le concentrazioni di mercurio in aria ambiente, né (Allegato V) un numero minimo di stazioni di misurazione nelle zone e agglomerati definiti dalle pianificazioni regionali, ma unicamente una serie di stazioni speciali a livello nazionale (art. 6, comma 1.c) da individuare con Decreto Ministeriale.

I Decreti Ministeriali 29 novembre 2012 e 5 maggio 2015 hanno individuato come stazioni nazionali speciali sul tema:

- quella dell'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR nel Comune di Montelibretti, in provincia di Roma, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale, alla deposizione totale del mercurio e alla misura del mercurio bivalente particolato e gassoso;
- le stazioni di Schivenoglia in Provincia di Mantova e quella di Monte Sant'Angelo in Provincia di Foggia, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale e alla deposizione totale del mercurio.

I relativi dati non sono ancora disponibili nella banca dati nazionale gestita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, per cui per l'esame dei valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei si fa riferimento:

1. a dati reperibili in letteratura e in particolare a quanto riportato nei documenti:
 - *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pubblicato nel 2002 da un gruppo di lavoro europeo come supporto scientifico all'emanazione delle Direttive in tema di qualità dell'aria da parte della Commissione Europea;
 - *WHO Air Quality Guidelines for Europe*, 2nd edition, pubblicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nell'anno 2000;
 - L'ultima edizione disponibile dell'*AMA/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment*, pubblicato nel 2013 dall'Arctic Monitoring and Assessment Programme e dallo United Nations Environment Programme;
2. ai dati forniti dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, riferiti alla stazione Torchiarolo Don Minzoni ubicata nel Comune di Torchiarolo, in Provincia di Brindisi, che si trova sottovento a un impianto industriale (centrale termoelettrica a carbone) e i cui dati risultano quindi di particolare interesse nella presente relazione;
3. ai dati forniti dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, riferiti alla stazione Monte Sant'Angelo in Provincia di Foggia, stazione di fondo rurale individuata come stazione nazionale speciale, le cui misure sono state avviate il 10/10/2016.

Il mercurio si ritrova nell'ambiente in molteplici forme, di cui due sono quelle più rilevanti dal punto di vista tossicologico: il mercurio elementare e il metilmercurio⁴. Quest'ultimo è in assoluto la forma maggiormente tossica e biodisponibile per gli organismi viventi⁵.

In aria ambiente il mercurio è presente principalmente (dal 90 al 99%) come mercurio elementare allo stato gassoso e, in percentuale molto minore, come mercurio sul particolato e come mercurio gassoso bivalente (ad esempio come cloruro mercurico)⁶.

Più precisamente, il mercurio elementare si ritrova in aria ambiente a concentrazioni dell'ordine dei ng/m³, mentre il mercurio sul particolato, le specie bivalenti gassose e i composti del tipo del metilmercurio hanno valori dell'ordine dei pg/m³ ^{7 8}. Ciò è legato al fatto che, mentre i tempi di

⁴ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 167

⁵ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 16

⁶ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 4

⁷ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 114

permanenza in atmosfera del mercurio elementare sono dell'ordine di anni, quelli del mercurio gassoso bivalente (in particolare il cloruro mercurico) e del mercurio presente sul particolato sono dell'ordine di giorni o al massimo di settimane; i composti del tipo del metilmercurio, infine, hanno tempi di vita in atmosfera di poche ore⁹.

Di conseguenza, dal punto di vista degli impatti, il mercurio elementare è di fatto un contaminante a livello globale perché può essere trasportato anche a distanza molto grande dal punto di emissione prima di ricadere al suolo, mentre le altre forme del mercurio aerodisperso rivestono una maggiore importanza come contaminanti del suolo a livello locale e possono quindi essere monitorate nel loro insieme tramite la determinazione del mercurio nelle deposizioni atmosferiche in prossimità delle fonti di emissione.

Per quanto riguarda le concentrazioni tipiche di mercurio in aria ambiente, l'Organizzazione Mondiale della Sanità riporta che i valori tipici in aree remote e in aree urbane sono dell'ordine, rispettivamente, di 2-4 ng/m³ e 10 ng/m³. Il documento *Ambient Air Pollution by Mercury-Position Paper* indica che concentrazioni tipiche sono dell'ordine di 1.2-3.7 ng/m³, con punte nei siti più impattati dell'ordine di 20-30 ng/m³; questi valori sono confermati anche dai dati più recenti messi a disposizione dall'Agenzia Europea dell'Ambiente¹⁰.

Il documento *AMAP/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013* riporta, tra l'altro, i dati della stazione del sito EMEP di Waldhof, ubicata in un sito rurale e quindi rappresentativa dei valori di fondo più bassi rilevabili in Europa. La stazione di Waldhof, gestita dall'Agenzia Federale per l'Ambiente della Germania, è uno dei quattro siti europei del GMOS (Global Mercury Observation System), un progetto iniziato nel 2010 con l'obiettivo di sviluppare un sistema coordinato di osservazione del mercurio su scala planetaria.

Per le diverse forme di mercurio aerodisperso le concentrazioni medie annuali rilevate a Waldhof tra il 2009 e il 2011 si situano nei seguenti intervalli:

- tra 1,61 e 1,66 ng/m³ per il mercurio elementare gassoso;
- tra 6,42 e 7,20 pg/m³ per il mercurio presente sul PM_{2,5};
- tra 0,73 e 1,72 pg/m³ per il mercurio ossidato in fase gassosa.

La stazione di Torchiareolo (BR), suburbana di tipo industriale, ha rilevato nel 2024 un valore di media annuale pari a 2.3 ng/m³, con un massimo orario di 18.1 ng/m³. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG), di fondo rurale, ha registrato nel 2024 una media di 1.7 ng/m³, con un massimo di 2.9 ng/m³.

Per quanto riguarda i limiti per la protezione della salute umana, in assenza di indicazioni normative sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

- il valore di linea guida in aria ambiente stabilito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che è pari a 1000 ng/m³ come media annuale per il mercurio inorganico¹¹;

⁹ AMAP/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, tabella 3.3 pag. 47

⁹ Schroeder-Munthe, Atmospheric mercury- an overview Atm. Env. 332 (1998) 809-822; Lin, Pehkonen , The chemistry of atmospheric mercury: a review, Atm. Env. 33 (1999) 2067-2079

¹⁰ Si veda il rapporto EEA *Air quality in Europe — 2015 report*, pag. 38

¹¹ WHO Air Quality Guidelines for Europe , 2nd edition, pag. 157-160. Per mercurio inorganico si intende la somma di mercurio allo stato di vapore e dei composti di mercurio divalente. Nella definizione della linea guida non viene considerato il metilmercurio in quanto l'OMS sottolinea che l'esposizione a questo composto per inalazione è alcuni ordini di grandezza inferiore a quella legata alla contaminazione della catena alimentare attraverso gli ecosistemi acquatici. A questo proposito il Position Paper citato specifica (pag. 4 e pag.29) che la contaminazione da mercurio degli ecosistemi acquatici è originata – oltre che dallo scarico diretto di mercurio nei sistemi acquatici - dal lento processo di trasporto dai suoli in cui il mercurio si accumula a causa delle emissioni antropogeniche in atmosfera e dei conseguenti fenomeni di trasporto, trasformazione e deposizione anche su lunga distanza. Nei sistemi acquatici una parte del mercurio si trasforma per azione di microorganismi in composti del tipo del metilmercurio che hanno facilità a bioaccumularsi nella catena alimentare causa la loro caratteristiche lipofile

- l'RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency), pari a 300 ng/m³ per il mercurio elementare¹²;
- l'MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), pari a 200 ng/m³ per il mercurio elementare¹³.

Nella stazione di Beinasco-Aldo Mei il mercurio elementare gassoso viene analizzato con un analizzatore in continuo che fornisce concentrazioni medie orarie; i dati statistici relativi all'anno 2024 sono riassunti nella Tabella 11, mentre la Tabella 12 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili.

Tabella 11 - Mercurio elementare gassoso: indicatori statistici anno 2024

Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei
<i>Minima media giornaliera</i>	1
<i>Massima media giornaliera</i>	15
<i>Media delle medie giornaliere</i>	4
<i>Giorni validi</i>	322
<i>Percentuale giorni validi</i>	88%
<i>Media dei valori orari</i>	4
<i>Massima media oraria</i>	55
<i>Ore valide</i>	7878
<i>Percentuale ore valide</i>	90%

Tabella 12 - Mercurio elementare gassoso: concentrazioni medie mensili anno 2024

Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
<i>Gennaio</i>	5
<i>Febbraio</i>	7
<i>Marzo</i>	6
<i>Aprile</i>	7
<i>Maggio</i>	5
<i>Giugno</i>	4
<i>Luglio</i>	2
<i>Agosto</i>	2
<i>Settembre</i>	3
<i>Ottobre</i>	3
<i>Novembre</i>	3
<i>Dicembre</i>	3

¹² US-EPA IRIS (Integrated Risk Information System) Mercury, elemental (CASRN 7439-97-6). In generale, l'RfC è una stima dell'esposizione giornaliera per inalazione della popolazione (inclusi i gruppi sensibili) che è presumibile non dia origine a un rischio significativo per la salute nel corso della vita

¹³ US- ATSDR Toxicological Profiles – Mercury. L' MRL è una stima dell'esposizione umana giornaliera a una sostanza pericolosa che è presumibile non produca un rischio misurabile di danno, con riferimento agli effetti non cancerogeni. L' MRL è calcolato in relazione all'esposizione su uno specifico periodo temporale (acuta, intermedia, cronica)

Come ricordato in premessa, questo Dipartimento ha provveduto, di propria iniziativa e a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, a effettuare la determinazione del mercurio anche sul particolato PM₁₀, con le modalità indicate dalle procedure dell'Agenzia per gli altri metalli.

Tali procedure prevedono che al termine di ogni mese solare venga prelevata una porzione definita da ognuno dei singoli filtri campionati giornalmente nel corso del mese stesso; in questo modo si ottiene un campione medio composito su cui viene effettuata la determinazione, per cui la concentrazione dei metalli risulta disponibile come valore medio mensile. Le medie mensili del mercurio sul PM₁₀ sono riportate in Tabella 13.

Tabella 13 - Mercurio sul PM₁₀: Concentrazioni medie mensili anno 2024

Mercurio sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
Gennaio	< 0,15
Febbraio	< 0,15
Marzo	< 0,15
Aprile	< 0,15
Maggio	< 0,15
Giugno	< 0,15
Luglio	< 0,15
Agosto	< 0,15
Settembre	< 0,15
Ottobre	< 0,15
Novembre	< 0,15
Dicembre	< 0,15

Analizzando nel dettaglio la serie temporale del mercurio elementare gassoso, si osserva che i valori misurati nel 2024 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m³, con un massimo assoluto orario, verificatosi il 16 febbraio, pari a 55 ng/m³.

Sotto il profilo della protezione della salute, anche considerando la somma delle due forme di mercurio aerodisperso (gassoso e presente sul PM₁₀), sia le singole medie mensili che la media annuale risultano nel 2023 inferiori di più di duecento volte al valore di linea guida stabilito dall'O.M.S. e di più di cinquanta volte a quelli stabiliti da U.S. – EPA e ATSDR.

Nella Figura 24 è riportato l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di mercurio dall'attivazione della stazione sino a tutto il 2024. Come riferimento è indicato il valore più restrittivo tra i tre precedentemente citati disponibili nella letteratura scientifica (MRL per esposizione cronica definito dalla Agency for Toxic Substances and Disease Registry degli Stati Uniti).

I valori medi rilevati sono inoltre in linea con quanto riportato in letteratura per le aree urbane europee.

Beinasco (TRM) - Aldo Mei
Concentrazione media mensile di mercurio

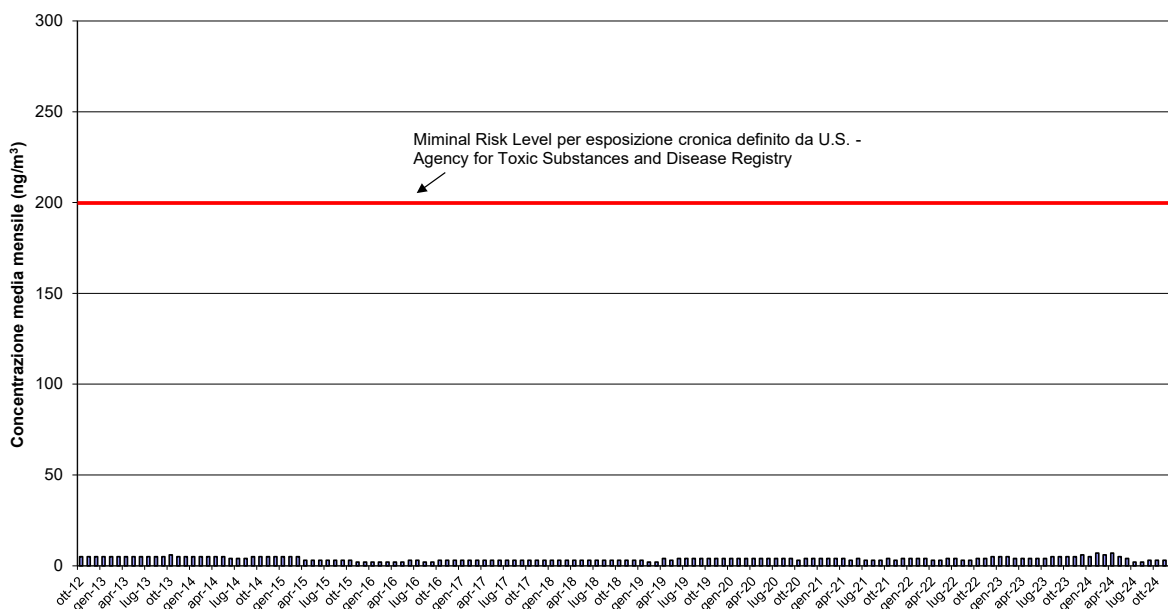


Figura 24 - Andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2024

2.7 Altri metalli sul particolato

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 e s.m.i. di recepimento della Direttiva 2008/50/CE prevede per quanto riguarda i metalli sul PM₁₀:

- un valore limite per il piombo, espresso come media annuale e pari a 0.5 µg/m³;
- valori obiettivo, anch'essi espressi come media annuale, per arsenico (6 ng/m³), cadmio (5 ng/m³) e nichel (20 ng/m³).

La determinazione dei quattro metalli normati presso la stazione TRM di Beinasco è espressamente prevista dalle prescrizioni emanate dalla Provincia di Torino in sede di valutazione di compatibilità ambientale dell'inceneritore di Torino.

Dalla Tabella 14 alla Tabella 17 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2024 per arsenico, cadmio, nichel e piombo sul PM₁₀ relativi alla stazione TRM e ad una serie di altre stazioni fisse utilizzate a scopo di confronto.

Tabella 14 - Arsenico sul PM₁₀: indicatori statistici anno 2024

Arsenico sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino- Grassi	Torino- Lingotto	Torino- Rebauden go	Torino- Rubino
<i>Media 2024</i>	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
<i>Giorni validi:</i>	344	337	328	360	303	293	363
<i>% giorni validi:</i>	94%	92%	90%	98%	83%	80%	99%

Tabella 15 - Cadmio sul PM10: indicatori statistici anno 2024

Cadmio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino-Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo	Torino-Rubino
Media 2024	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293	363
% giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%	99%

Tabella 16 - Nichel sul PM10: indicatori statistici anno 2024

Nichel sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino-Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo	Torino-Rubino
Media 2024	1.6	1.6	2.8	3.3	1.5	3.1	1.9
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293	363
% giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%	99%

Tabella 17 - Piombo sul PM10: indicatori statistici anno 2024

Piombo sul PM10 (valori di conc. espressi in µg/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino-Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo	Torino-Rubino
Media 2024	0.003	0.002	0.004	0.005	0.003	0.006	0.003
Giorni validi:	344	337	328	360	303	293	363
% giorni validi:	94%	92%	90%	98%	83%	80%	99%

Si osserva in generale che i valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei sono confrontabili con quelli delle stazioni di fondo urbano di Torino-Lingotto e Torino-Rubino e intermedi tra quelli di stazioni urbane da traffico (Torino-Consolata, Torino-Rebaudengo, Torino-Grassi) e la stazione di fondo rurale di Druento, ubicata all'interno del Parco regionale La Mandria¹⁴.

Nel sito di Beinasco-Aldo Mei i valori di riferimento del D.Lgs 155/2010 e s.m.i. sono ampiamente rispettati, così come nelle altre stazioni della rete provinciale.

Come evidenziato in premessa, quest'Agenzia ha provveduto, a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, ad effettuare sul PM10 anche la determinazione di una serie di metalli per i quali non vi sono limiti normativi: il mercurio è stato trattato nel paragrafo precedente, mentre nel seguito verranno esaminati i dati relativi ad antimonio, cobalto, cromo, manganese, rame, selenio, titanio, vanadio e zinco.

Per questi metalli, in assenza di indicazioni normative e analogamente al mercurio, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

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

¹⁴ L'arsenico in tutte le stazioni presenta concentrazione inferiori al limite di quantificazione (LCL) del metodo di misura strumentale; in base alle procedure del SGQ dell'Agenzia, tali concentrazioni vengono convenzionalmente assimilate a un valore calcolato a partire da LCL/2

La stessa documentazione è stata utilizzata per identificare gli intervalli di concentrazione tipici in aria ambiente. Nella Tabella 18 è riportato un riepilogo dei valori di riferimento.

Tabella 18 - Metalli sul PM₁₀ non normati – valori di riferimento

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)
<i>Antimonio</i>	-	-	-	-	-
<i>Cobalto</i>	-	-	100 (esposizione cronica)	1-2 in area urbana (*)	-
<i>Cromo</i>	(***)	100 come Cr(VI) sul particolato	300 come Cr(VI) sul particolato (esposizione sub-cronica) 100 come Cr(III) solubile sul particolato (esposizione sub-cronica)	5-200	< 20
<i>Manganese</i>	150 come media annuale	50	300 (esposizione cronica)	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
<i>Rame</i>	-	-	-	-	1-200
<i>Selenio</i>	-	-	-	-	< 10 come concentrazione di fondo
<i>Titanio</i>	-	-	-	-	-
<i>Vanadio</i>	1000 come media su 24 h	-	100 (esposizione cronica)	50-200 in area urbana	11 come media nazionale degli Stati Uniti
<i>Zinco</i>	-	-	-	-	20-160 in area urbana

(*) Concise International Chemical Assessment COBALT AND INORGANIC COBALT COMPOUNDS , WHO 2006

(**) Dati contenuti nei documenti ToxGuide e Public Health Statement di ATSDR

(***) O.M.S. stima un rischio carcinogenico per il Cr(VI) pari a 4×10^{-2} per un esposizione a 1000 ng/m³ per l'intero arco della vita

I metalli non normati in questione vengono determinati da Arpa Piemonte a scopo di studio anche nelle stazioni fisse di Torino-Rebaudengo, Torino-Rubino e Ceresole Reale; quest'ultima ha sostituito dal 2021 la stazione di Settimo Torinese.

Rispetto agli anni passati sono state interrotte le analisi del Cobalto, in quanto ha sempre avuto concentrazioni non rilevabili dalla strumentazione di analisi. Sono state inoltre interrotte le analisi del Titanio, per problematiche analitiche.

Permangono le analisi del Selenio su Beinasco, ma non sugli altri siti per le stesse motivazioni indicate per le analisi del Cobalto. Dal 2019 si è deciso di introdurre il Ferro come nuovo metallo su cui fare approfondimenti, in quanto è un elemento di origine crostale, che si trova prevalentemente nella frazione coarse (PM₁₀ – PM_{2.5}) del particolato, ma si può originare anche dai processi di combustione come ossidi di ferro e quindi ritrovare nella frazione PM_{2.5}.

Dalla Tabella 19 alla Tabella 26 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2024 per i metalli citati sul PM₁₀ relativi alla stazione di Beinasco–Aldo Mei e alle altre stazioni fisse del territorio provinciale su cui vengono determinati gli stessi analiti.

Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest–

Rapporto di sintesi sui dati prodotti dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di proprietà di TRM S.p.A. ubicata nel Comune di Beinasco - Anno 2024

Tabella 19 - Antimonio sul PM10: indicatori statistici anno 2024

Antimonio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	1.4	0.7	2.6	1.3
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 20 - Cromo sul PM10: indicatori statistici anno 2024

Cromo sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	4.0	0.8	10.1	3.7
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 21 - Ferro sul PM10 – indicatori statistici anno 2024

Ferro sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	524.0	95.6	1103.6	518.1
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 22 - Manganese sul PM10 – indicatori statistici anno 2024

Manganese sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	8.9	1.9	14.6	9.0
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 23 - Rame sul PM10 – indicatori statistici anno 2024

Rame sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	7.2	1.2	35.2	8.0
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 24 - Selenio sul PM10: indicatori statistici anno 2024 (N.B.: il Selenio è determinato solo sui campioni di Beinasco TRM)

Selenio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei
Media del periodo	0.7
Giorni validi	344
Percentuale giorni validi	94%

Tabella 25 - Vanadio sul PM10 – indicatori statistici anno 2024

Vanadio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	0.7	0.7	0.7	0.7
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Tabella 26 - Zinco sul PM10 – indicatori statistici anno 2024

Zinco sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Ceresole Reale	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	21.6	1.5	33.0	35.0
Giorni validi	344	284	293	363
Percentuale giorni validi	94%	78%	80%	99%

Per i metalli non normati i dati rilevati presso la stazione di Beinasco-Aldo Mei sono in generale simili a quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Rubino. I dati di antimonio sono il doppio rispetto alla stazione di confronto di fondo rurale di Ceresole Reale, il rame è sei volte, Zinco è quattordici volte, Cromo, Ferro e Manganese circa il quintuplo di quello misurato a Ceresole Reale, evidenziando l'origine essenzialmente antropica di questi metalli.

Nel caso di cromo e vanadio le concentrazioni rilevate risultano inferiori di circa due ordini di grandezza ai valori di riferimento in aria ambiente definiti da organismi internazionali (Tabella 18); in tutti casi, inoltre, le concentrazioni rilevate sono confrontabili o inferiori ai valori indicati dai medesimi organismi come tipici delle aree urbane.

2.8 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani (Diossine) e policlorobifenili (PCB)

Con il termine generico di “diossine” si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie: PCDD e PCDF. Le diossine non vengono prodotte intenzionalmente, ma sono sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici e/o di combustione.

Si tratta di composti particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente, tossici per l'uomo, gli animali e l'ambiente stesso; le diossine e i furani costituiscono infatti due delle dodici classi di inquinanti organici persistenti riconosciute a livello internazionale dall'UNEP (United Nations Environment Programme).

Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani, che si differenziano per il numero e la posizione degli atomi di cloro sugli anelli benzenici; di questi solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF) destano particolare preoccupazione dal punto di vista tossicologico.

Le diossine sono sostanze semivolatili, termostabili, scarsamente polari, insolubili in acqua, altamente liposolubili, resistenti alla degradazione chimica e biologica. A causa della loro presenza ubiquitaria nell'ambiente, persistenza e liposolubilità, le diossine tendono, nel tempo, ad accumularsi nei tessuti e organi dell'uomo e degli animali. Inoltre, salendo nella catena trofica, la concentrazione di tali sostanze può aumentare (biomagnificazione), giungendo a esporre a rischio maggiore il vertice della catena.

L'uomo può venire in contatto con le diossine attraverso tre principali fonti di esposizione: accidentale, occupazionale e ambientale.

La prima è relativa a contaminazioni dovute a incidenti, la seconda riguarda gruppi ristretti di popolazione professionalmente esposti.

L'esposizione ambientale, invece, può interessare ampie fasce di popolazione e avviene, per lo più, attraverso l'assunzione di cibo contaminato, anche se vi possono essere altre vie di esposizione quali l'inalazione di polvere o il contatto dermico. Recenti studi hanno stimato che circa il 95% dell'esposizione alle diossine avviene attraverso cibi contaminati e, in particolare, grassi animali.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Si tratta di molecole sintetizzate all'inizio del secolo scorso e prodotte commercialmente fin dal 1930, sebbene attualmente in buona parte banditi a causa della loro tossicità e della loro tendenza a bioaccumularsi. A differenza delle diossine, quindi, i PCB sono sostanze chimiche largamente prodotte tramite processi industriali per le loro proprietà chimico-fisiche.

I policlorobifenili (PCB) sono composti chimici molto stabili, resistenti ad acidi e alcali e alla fotodegradazione, non sono ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua, ma lo sono nei grassi e nei solventi organici. Non sono infiammabili, evaporano a temperature comprese fra 170-380 °C e si decompongono solo oltre i 1000°C. Sono poco volatili, si possono distribuire su superfici formando sottili pellicole, hanno bassa costante dielettrica, densità maggiore dell'acqua, elevata lipoaffinità e sono scarsamente biodegradabili.

Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB dioxin-like (PCB diossina simili-PCB DL).

Campionamento

Il campionamento dell'aria è una tecnica che permette di valutare la quantità di microinquinanti in sospensione.

Il prelievo viene condotto in conformità al metodo EPA TO9A “Determination Of Polychlorinated, Polybrominated And Brominated/Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins And Dibenzofurans In Ambient Air” (codice ARPA U.RP.T118 “Campionamento di aria ambiente per la determinazione di PCDD/DF e PCB - EPA TO9A Determinazione di PCDD/DF in aria ambiente”).

I dettagli relativi al campionamento sono riportati nelle relazioni prodotte negli anni precedenti.

Determinazione analitica ed espressione dei risultati

La ricerca di PCDD/DF e PCB viene eseguita rispettivamente secondo i metodi EPA 1613B:1994 e EPA 1668C:2010, prove accreditate dall'Ente ACCREDIA, in conformità con quanto prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Generalmente PCDD/PCDF e PCB non vengono rilevati nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei diversi congeneri aventi differente tossicità.

Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri è stato introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente (TEF).

I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che PCDD, PCDF e PCB dioxin-like sono composti strutturalmente simili che presentano nell'organismo il medesimo meccanismo di azione (attivazione del recettore Ah) e producono effetti tossici simili: il legame tra le diossine e il recettore Ah è il passo chiave per il successivo innescarsi degli effetti tossici.

I TEF vengono calcolati confrontando l'affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8- tetraclorodibenzodiossina), la più tossica, considerando l'affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento.

Per esprimere la concentrazione complessiva di PCDD/PCDF e PCB nelle diverse matrici, si è introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ), che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse con l'unità di misura della matrice in cui vengono ricercate.

In Tabella 27 si riportano due gruppi di TEF: gli I-TEF (International TEF) attualmente utilizzati per l'espressione della concentrazione totale di PCDD/PCDF in campioni ambientali, e i WHO-TEF definiti per PCDD/PCDF e PCB dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS = WHO), attualmente utilizzati per i campioni alimentari e, nel caso dei PCB, anche per i campioni ambientali.

Tabella 27 - Fattori di Tossicità Equivalente

	I-TEF (NATO/CCMS, 1988) ¹⁵	WHO-TEF¹⁶ (WHO, 2005)
PCDD/PCDF		
2,3,7,8 TETRA-CDD	1	1
1,2,3,7,8 PENTA-CDD	0,5	1
1,2,3,4,7,8 ESA-CDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8 ESA-CDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9 ESA-CDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDD	0,01	0,01
OCTA-CDD	0,001	0,0003
2,3,7,8 TETRA-CDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8 PENTA-CDF	0,05	0,03
2,3,4,7,8 PENTA-CDF	0,5	0,3
1,2,3,4,7,8 ESA-CDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8 ESA-CDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8 ESA-CDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9 ESA-CDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9 EPTA-CDF	0,01	0,01
OCTA-CDF	0,001	0,0003
PCB		
3,3',4,4' TETRA-CB (IUPAC 77)		0,0001
3,4,4',5 TETRA-CB (IUPAC 81)		0,0003
3,3',4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 126)		0,1
3,3',4,4',5,5' ESA-CB (IUPAC 169)		0,03
2,3,3',4,4' PENTA-CB (IUPAC 105)		0,00003
2,3,4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 114)		0,00003
2,3',4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 118)		0,00003
2',3,4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 123)		0,00003
2,3,3',4,4',5 ESA-CB (IUPAC 156)		0,00003
2,3,3',4,4',5' ESA-CB (IUPAC 157)		0,00003
2,3',4,4',5,5' ESA-CB (IUPAC 167)		0,00003
2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB (IUPAC 189)		0,00003

Nell'espressione della sommatoria dei congeneri di PCDD/PCDF e PCB dioxin-like viene applicato il criterio del "middle bound", secondo cui, nel caso di congeneri non rilevabili, si suppone che gli stessi contribuiscano alla sommatoria per la metà dei rispettivi limiti di rilevabilità.

I PCB totali si ottengono dalla sommatoria dei gruppi omologhi a diverso grado di clorurazione dai triclorobifenili agli octaclorobifenili; i PCB dioxin like sono invece la sommatoria delle

¹⁵ NATO/CCMS: North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society.

International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxin and related compounds, 186, 1988

¹⁶ WHO: World Health Organization

The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Van den Berg, M. et al., ToxSci Advance Access published July 7, 2006.

concentrazioni (moltiplicate per i relativi FTE) dei 12 PCB riconosciuti tossici dall'organizzazione mondiale della sanità.

L'unità di misura con cui vengono espressi gli esiti di PCDD/DF in qualità dell'aria è: fg I-TEQ/m³.

L'unità di misura con cui vengono espressi gli esiti per le diverse sommatorie di PCB in qualità dell'aria è: pg/m³ per i PCB totali, mentre per i PCB dioxin like è: pg WHO-TEQ/m³.

L'unità di misura con cui viene espressa la sommatoria di PCDD/DF + PCB dioxin-like in qualità dell'aria è fg WHO-TEQ/m³.

Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria.

Per tutti questi inquinanti non sono al momento stati stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento in qualità dell'aria.

L'unico riferimento reperito in letteratura, esclusivamente per PCDD e PCDF, sono le linee guida della Germania (LAI-Laenderausschuss fuer Immissiosschutz - Comitato degli Stati per la protezione ambientale) pari a:

Linea guida per aria ambiente: 150 fg I-TEQ/m³.

Si ritiene opportuno evidenziare che le suddette linee guida individuano anche dei valori obiettivo di lungo periodo per il controllo dell'inquinamento atmosferico, con particolare attenzione alla valutazione degli inquinanti atmosferici cancerogeni in aria ambiente, e stabiliscono per la somma PCDD/DF + PCB dioxin like, espressa con i fattori di tossicità WHO 2005, il valore di 150 fg WHO-TEQ/m³.

Non sono reperibili valori guida o di riferimento per i PCB totali.

Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria.

In Tabella 28 e nei grafici che seguono sono riportati gli esiti delle determinazioni analitiche relative a PCDD/DF e PCB realizzate sui campioni di qualità dell'aria prelevati sia nel corso dell'ultimo anno (2024) che nell'anno precedente (2023).

I dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Tabella 28 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
Unità di misura	fg I-TEQ m ⁻³	pg WHO-TEQ m ⁻³	pg m ⁻³	fg WHO-TEQ m ⁻³
GENNAIO '23	4,97	0,000274	8,77	5,93
FEBBRAIO '23	17,6	0,00285	72,2	18,40
MARZO '23	7,34	0,00220	44,5	9,56
APRILE '23	5,10	0,00134	44,4	7,09
MAGGIO '23	4,90	0,00274	63,8	8,31
GIUGNO '23	4,76	0,00267	74,2	8,07
LUGLIO '23	4,92	0,00324	82,3	8,84
AGOSTO '23	1,78	0,00549	75,9	7,18
SETTEMBRE '23	6,90	0,00438	168	12,20
OTTOBRE '23	4,68	ND	ND	ND
NOVEMBRE '23	9,22	0,00154	96,5	10,48
DICEMBRE '23	19,7	0,0141	79,3	32,15
GENNAIO '24	17,00	0,00559	72,6	20,19
FEBBRAIO '24	27,7	0,00257	74,4	31,90
MARZO '24	-	-	-	-
APRILE '24	3,36	0,00150	91,3	4,63
MAGGIO '24	1,72	0,00126	35,0	3,11
GIUGNO '24	3,16	0,00153	139,0	4,44
LUGLIO '24	3,02	0,00197	125,0	4,92
AGOSTO '24	2,45	0,00190	118,0	4,21
SETTEMBRE '24	2,59	0,00182	92	4,58
OTTOBRE '24	3,67	0,00153	105	4,90
NOVEMBRE '24	14,00	0,00171	98,1	14,25
DICEMBRE '24	27,7	0,00200	85,5	24,35

ND: esito non disponibile a causa di problemi analitici.

Nel mese di marzo 2024 non è stato possibile prelevare il campione a causa dell'indisponibilità della strumentazione di campionamento a seguito di interventi di manutenzione correttiva.

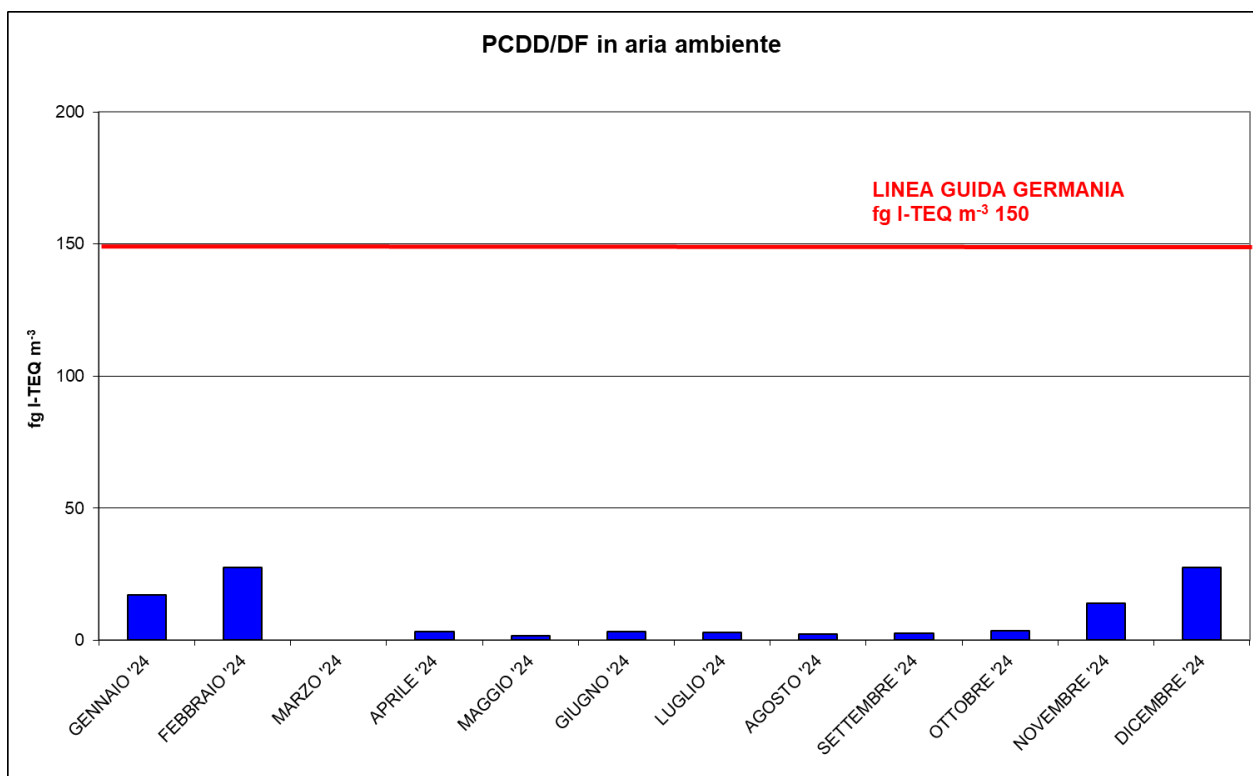


Figura 25 - Concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2024

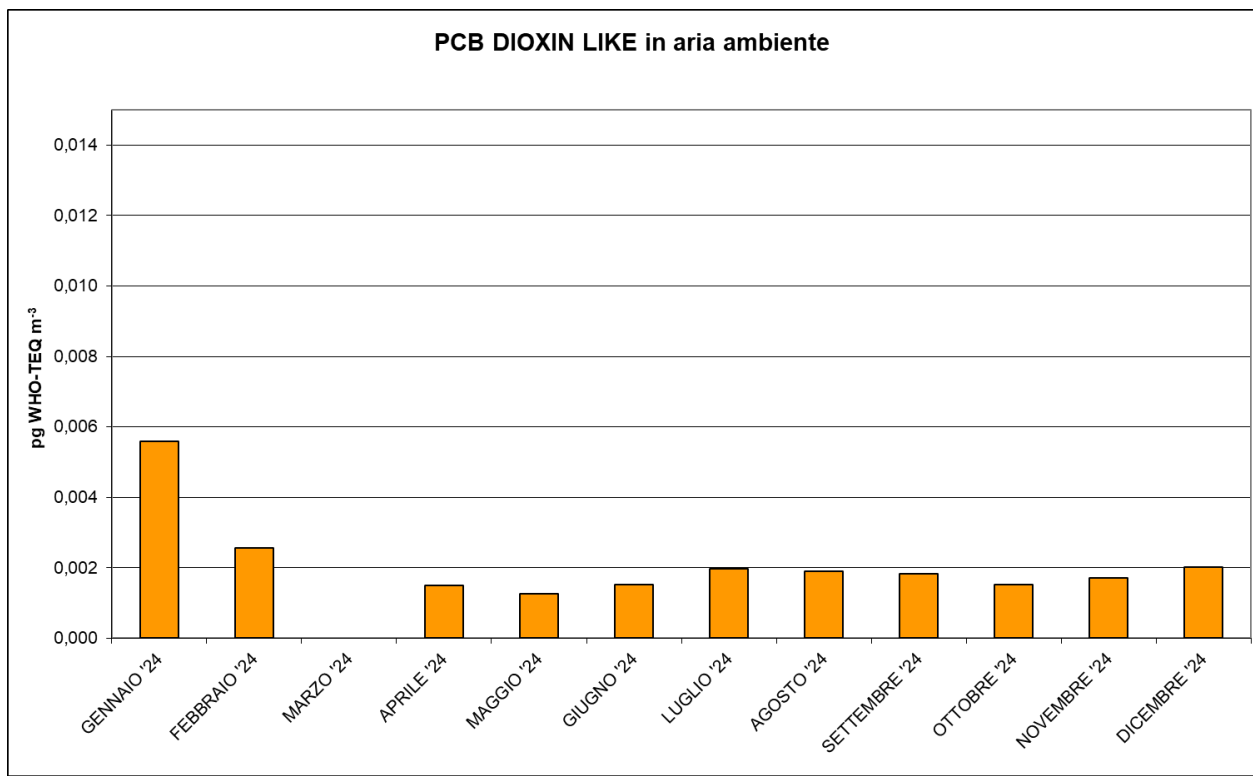


Figura 26 - Concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2024

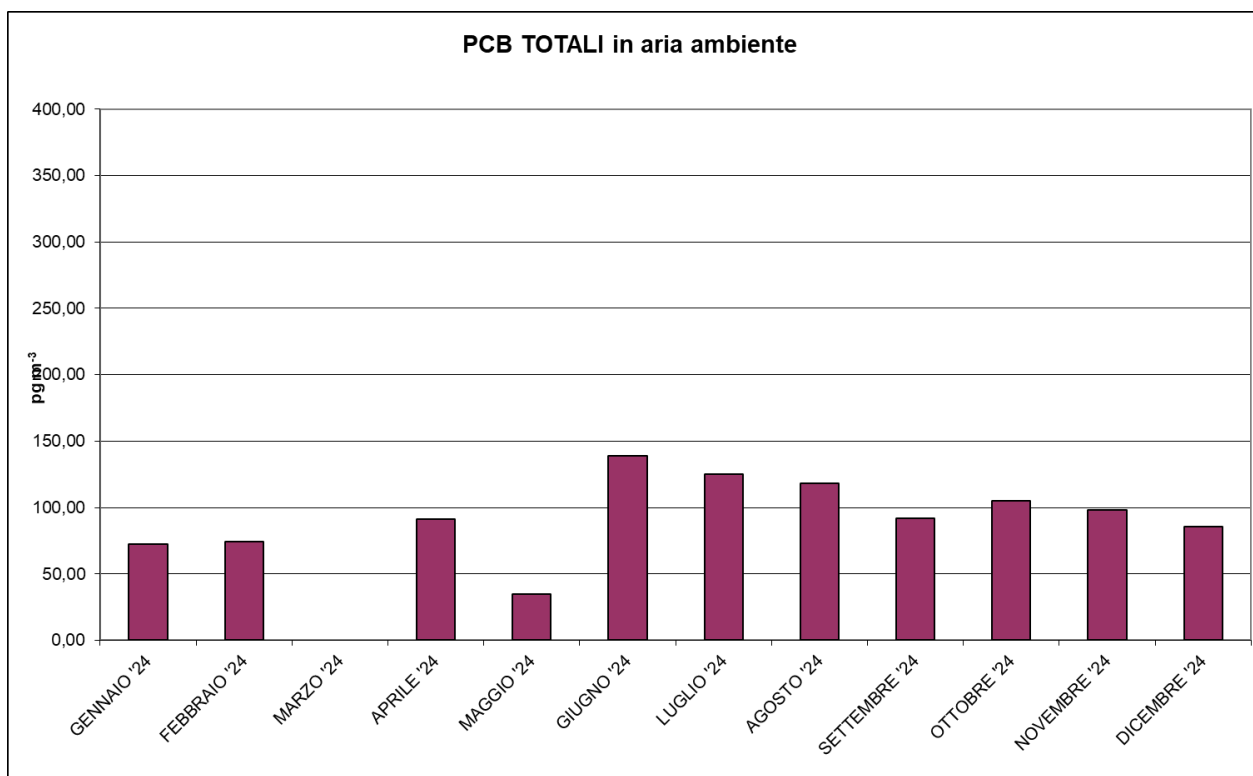


Figura 27 - Concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2024

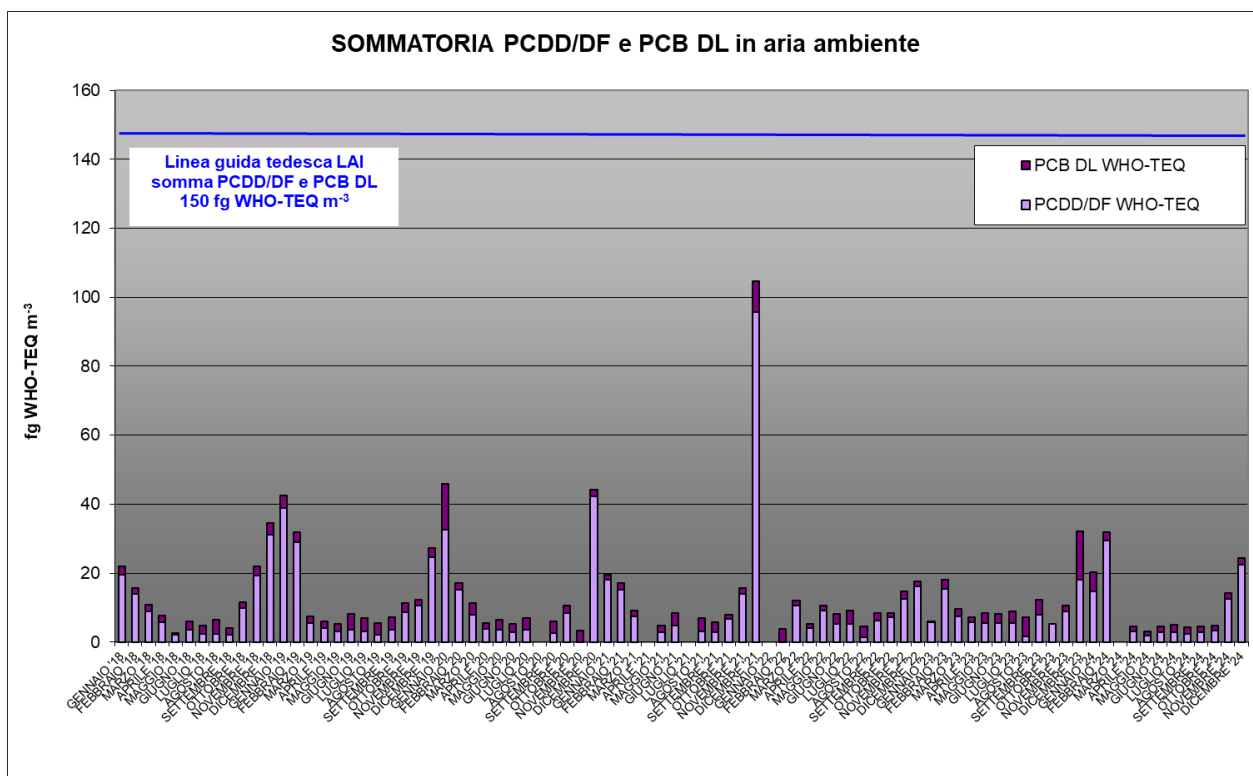


Figura 28 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2018

Per la sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like, considerato l'elevato numero di dati ora a disposizione, è stato riportato un grafico limitato agli ultimi anni di osservazione per consentire una

migliore lettura dei dati rilevati. La serie completa relativa al monitoraggio dal 2012 è disponibile nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Come si evince dai grafici, tutti i valori si posizionano al di sotto delle linee guida definite dalla Germania sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio, nella Tabella 29 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

Tabella 29 - Concentrazioni MEDIE ANNUALI di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
ANNO / UdM	fg I-TEQ m ⁻³	pg WHO-TEQ m ⁻³	pg m ⁻³	fg WHO-TEQ m ⁻³
2013	36	0,00382	188	36
2014	24	0,00391	190	25
2015	24	0,00418	143	25
2016	15	0,00319	115	17
2017	16	0,00275	110	17
2018	11	0,00230	130	12
2019	12	0,00290	156	14
2020	13	0,00363	120	16
2021	18	0,00292	105	20
2022	8	0,00226	77	9
2023	8	0,00372	74	12
2024	10	0,00213	94	11

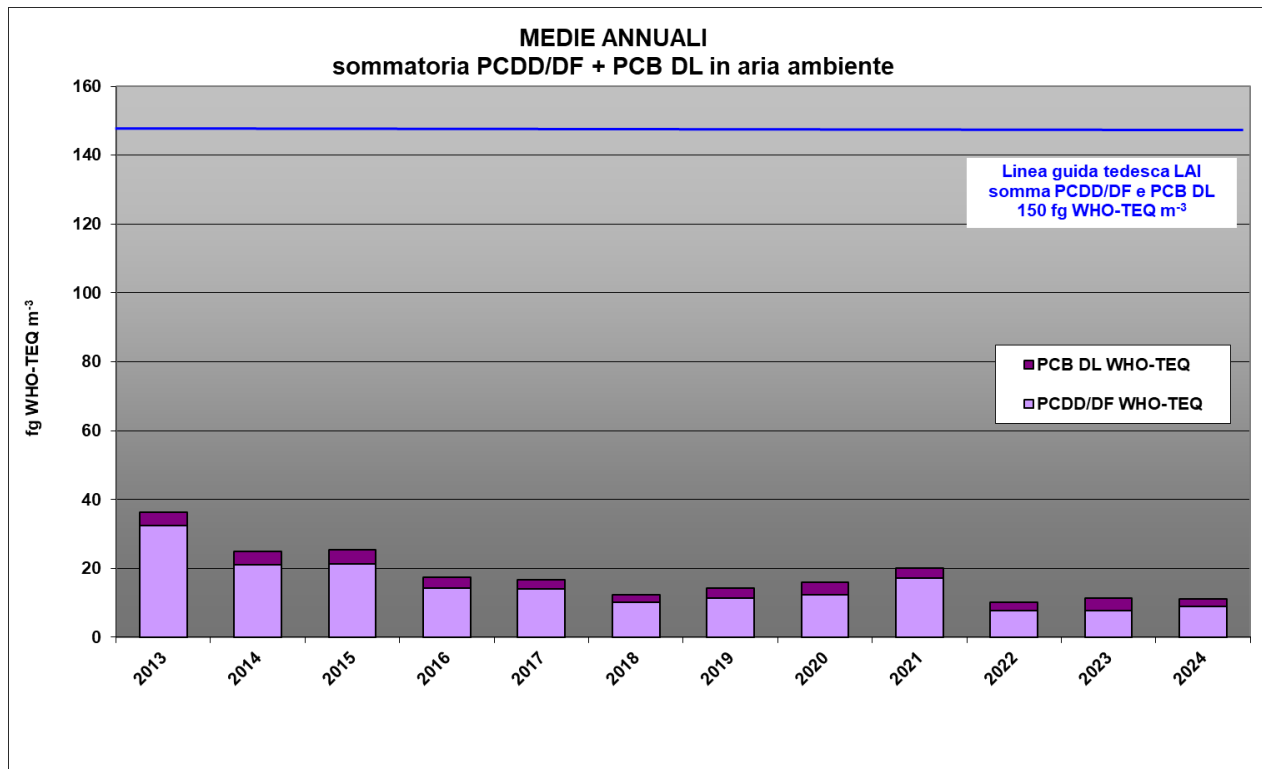


Figura 29 – Medie annuali sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente

3 Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche

3.1 Introduzione

Con il termine “deposizione atmosferica” si intende l’insieme di quei processi chimico-fisici attraverso i quali le sostanze inquinanti presenti nell’aria sotto forma di particelle, aerosol o gas si depositano sul suolo o su altre superfici (vegetazione, corpi idrici, edifici). I processi di deposizione comprendono le “deposizioni umide” che avvengono attraverso le precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve, nebbia) e le “deposizioni secche” che avvengono per azione della sedimentazione gravitazionale.

Lo studio delle deposizioni simula quindi la ricaduta degli inquinanti al suolo e consiste nella valutazione del particolato e delle precipitazioni che si depositano su una determinata superficie nell’unità di tempo.

Con il DGP 1317 - 433230/2006 citato in premessa l’ex provincia di Torino ha stabilito la creazione di una rete di campionamento delle deposizioni totali nell’area di massima ricaduta delle emissioni del Termovalorizzatore TRM (Figura 1), su cui ricercare e misurare diversi metalli, gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), e i microinquinanti (PCDD/DF e PCB).

Al momento la normativa non prevede valori limite o valori obiettivo per le deposizioni atmosferiche totali, ma fornisce indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti ricercati, permettendo quindi una valutazione dell’aria, su base annuale in relazione alle concentrazioni misurate.

Per ogni parametro è possibile quindi esprimere un dato che deriva dal rapporto tra la quantità di analita, riferita ai giorni in cui il campione è rimasto esposto, e la superficie di esposizione espressa in m².

In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato il criterio del “middle-bound”, per cui ogni composto la cui concentrazione risulta inferiore al limite di rivelabilità del metodo, viene conteggiato per un valore pari alla metà del limite di rivelabilità.

Il sistema di raccolta dei campioni delle deposizioni totali installato presso la stazione Beinasco-Aldo Mei e presso le altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell’aria è conforme a quanto previsto dalla normativa vigente e dalle norme tecniche europee in materia di campionamenti e determinazione di metalli e IPA nelle deposizioni (BS EN 15841/2009 e BS EN 15980/2011 rispettivamente).

Il campionamento viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk per la raccolta delle deposizioni totali, umide e secche. Il deposimetro è costituito da un imbuto e da un contenitore di capacità pari a 10 litri collegati tra loro, entrambi in polietilene o vetro a seconda che si debbano ricercare metalli o IPA. Il deposimetro viene installato su di una struttura metallica di sostegno a treppiede dotata di una camicia cilindrica in plastica per la protezione del campione dalla radiazione solare. L’altezza della bocca dell’imbuto del deposimetro dal piano campagna è compresa tra 1,5 e 2 metri (Figura 30).

Il campionamento ha solitamente la durata di un mese, nel corso del quale, in un unico contenitore, vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide. A fine periodo di esposizione, i campioni vengono portati per essere analizzati presso il laboratorio del Dipartimento Territoriale di Torino, accreditato dalla norma ISO/IEC 17025.

Nei paragrafi seguenti sono riportati i flussi di deposizione, di IPA, metalli e microinquinanti organici rilevati nelle deposizioni.

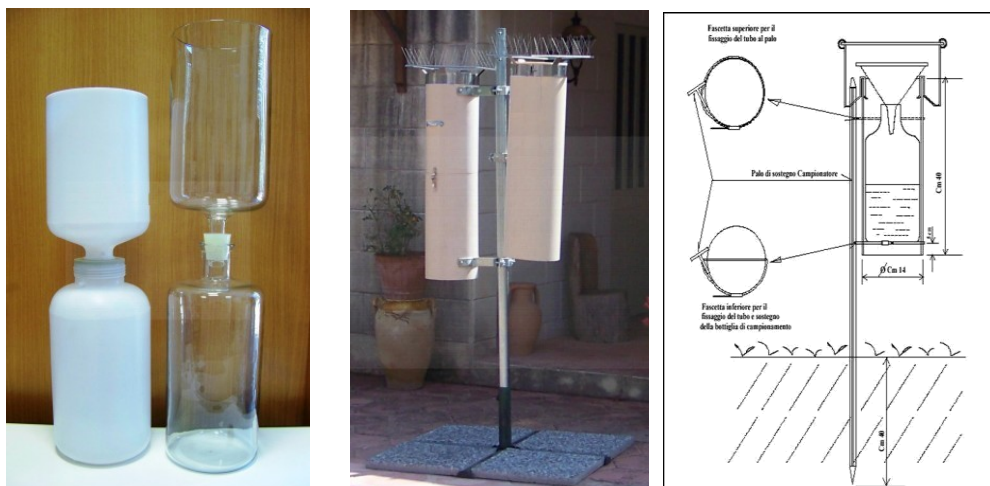


Figura 30 - sistema di raccolta ISTISAN 06/38 - Deposimetro – foto e schema installazione bulk

3.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Per un approfondimento sulle principali caratteristiche di questi composti si può fare riferimento al paragrafo sulla qualità dell'aria.

Secondo il Dlgs 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m³ come media annuale nella frazione PM10, ma non dà indicazioni per quanto riguarda il flusso di accumulo nelle deposizioni. Per l'analisi delle deposizioni nella stazione di Beinasco TRM è quindi fondamentale il confronto con i valori relativi ai campioni raccolti presso le altre stazioni della rete di monitoraggio delle deposizioni, i siti di: Grugliasco – Circolo Golf, Rivalta – Campo Pozzi SMAT e Orbassano – Ospedale San Luigi. La norma suggerisce anche di effettuare contestualmente al benzo(a)pirene l'analisi di benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene e l'indeno(1,2,3-cd)pirene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri IPA di rilevanza tossicologica.

È opportuno ricordare che le concentrazioni rilevate di IPA, data la notevole presenza di valori inferiori al limite di rilevabilità del metodo di analisi che comporta l'applicazione del criterio del “medium-bound” (i risultati sono cautelativamente posti uguali alla metà del limite di quantificazione - come indicato nelle linee US EPA 2000), vanno considerate come “valori indicativi”.

Nei grafici che seguono sono riportati i dati raccolti durante i campionamenti del 2024 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei e le altre stazioni provinciali di raccolta delle deposizioni evidenziando il confronto con i risultati degli anni precedenti.

A titolo di paragone, sono stati osservati e raffrontati fra loro i valori delle deposizioni nei siti¹⁷ di:

- Grugliasco – Circolo Golf
- Rivalta – campo pozzi SMAT
- Orbassano – Ospedale San Luigi.

Come per gli altri anni, in questi tre siti i contenitori per la determinazione degli IPA sono stati alternati a quelli per la determinazione dei Metalli. Il dato annuale di seguito riportato deriva quindi dalla media calcolata su sei valori mensili (indicativamente: febbraio, aprile, giugno, agosto, ottobre e dicembre).

Nella Tabella 30 sono riportati i dati di IPA relativi ai campioni raccolti e analizzati nel 2024 e negli anni precedenti (2018-2023) presso la stazione di Beinasco Aldo Mei e le altre stazioni di

¹⁷ Si ricorda che, a partire dal 2019 nella stazione di Baldissero T.se è iniziata la misurazione settennale dei Metalli (in alternanza con gli IPA), quindi per il 2022 non è possibile il confronto con Beinasco Aldo Mei.

monitoraggio considerate per il confronto, al fine di avere una fotografia completa dello stato ambientale circostante l'impianto di trattamento dei rifiuti.

Per il sito di Beinasco Aldo Mei continua il trend in diminuzione in atto ormai da diversi anni per tutti i parametri considerati: benzo(a)pirene, indeno(1,2,3-cd)pirene, benzo(a)antracene e benzo(b+j+k)fluorantene. Per il benzo(a)pirene la media calcolata per il 2024 è di 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, più alta dell'anno precedente, ma in linea con i dati degli anni precedenti.

Anche per le altre stazioni di misura della rete di monitoraggio provinciale il dato medio annuale del 2024 conferma i valori rilevati nei due anni precedenti.

Dai grafici complessivi di Figura 31 si evidenzia la sostanziale diminuzione dei flussi di concentrazione nel corso degli anni di monitoraggio degli IPA nelle deposizioni atmosferiche, sia singolarmente sia come somma dei 4 parametri analizzati. Presso il sito di Beinasco Aldo Mei i flussi di IPA nelle deposizioni si sono più che dimezzati rispetto ai primi anni di campionamento (grafico di Figura 31 in alto a sinistra).

Tabella 30 - IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2018-2024 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$

STAZIONE	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Benzo[a]pirene							Indeno [1,2,3-cd]pirene							Benzo[a]antracene							Benzo [b+j+k]fluorantene						
GRUGLIASCO	10.5	3.8	4.7	2.3	9.1	3.2	4.8	19.4	9.7	5.5	4.6	4.4	4.3	6.0	10.6	3.8	4.8	2.5	2.5	4.4	4.8	35.7	14.4	12.4	9.9	7.1	8.5	10.4
RIVALTA	10.6	4.0	16.1	3.6	4.7	4.6	4.8	22.2	8.6	20.7	3.7	3.7	5.0	5.1	8.8	3.5	18.4	2.6	4.3	4.6	5.3	35.9	13.7	8.2	7.1	7.8	7.4	9.2
ORBASSANO	7.8	6.6	9.6	4.1	4.9	5.9	4.8	18.1	11.2	33.0	5.1	3.2	7.6	6.0	6.5	7.8	24.6	4.1	3.0	6.5	4.8	28.2	19.5	18.4	8.1	5.8	13.4	9.8
BEINASCO (TRM)	7.9	6.6	5.9	4.3	3.2	4.1	4.2	10.2	9.9	6.0	5.6	3.7	5.4	5.6	4.9	4.2	5.0	4.2	3.7	4.1	4.5	17.7	18.0	10.3	9.7	8.8	9.8	8.3

In Figura 30 sono messi a confronto, in percentuale, i dati delle deposizioni totali di TRM del 2024 e dei due anni precedenti, 2023 e 2022. Come si può notare, il Benzo(a)pirene, considerato cancerogeno per l'uomo, non risulta essere preponderante rispetto agli altri contaminanti, il suo contributo percentuale si mantiene sempre intorno al 20% degli IPA totali misurati e nel 2024 la percentuale si conferma essere pari al 18%. In linea con i risultati di altri studi, il Benzo(b+j+k)fluorantene risulta la componente maggiore tra gli idrocarburi policiclici aromatici misurati nelle deposizioni atmosferiche¹⁸.

In Figura 33 vengono rappresentati i contributi percentuali di ogni IPA calcolati per il 2024 in tutti e quattro i siti di campionamento, che risultano abbastanza omogenei tra loro.

¹⁸ Barbora Nežiková et al. (2019) Bulk atmospheric deposition of persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in Central Europe - Environmental Science and Pollution Research

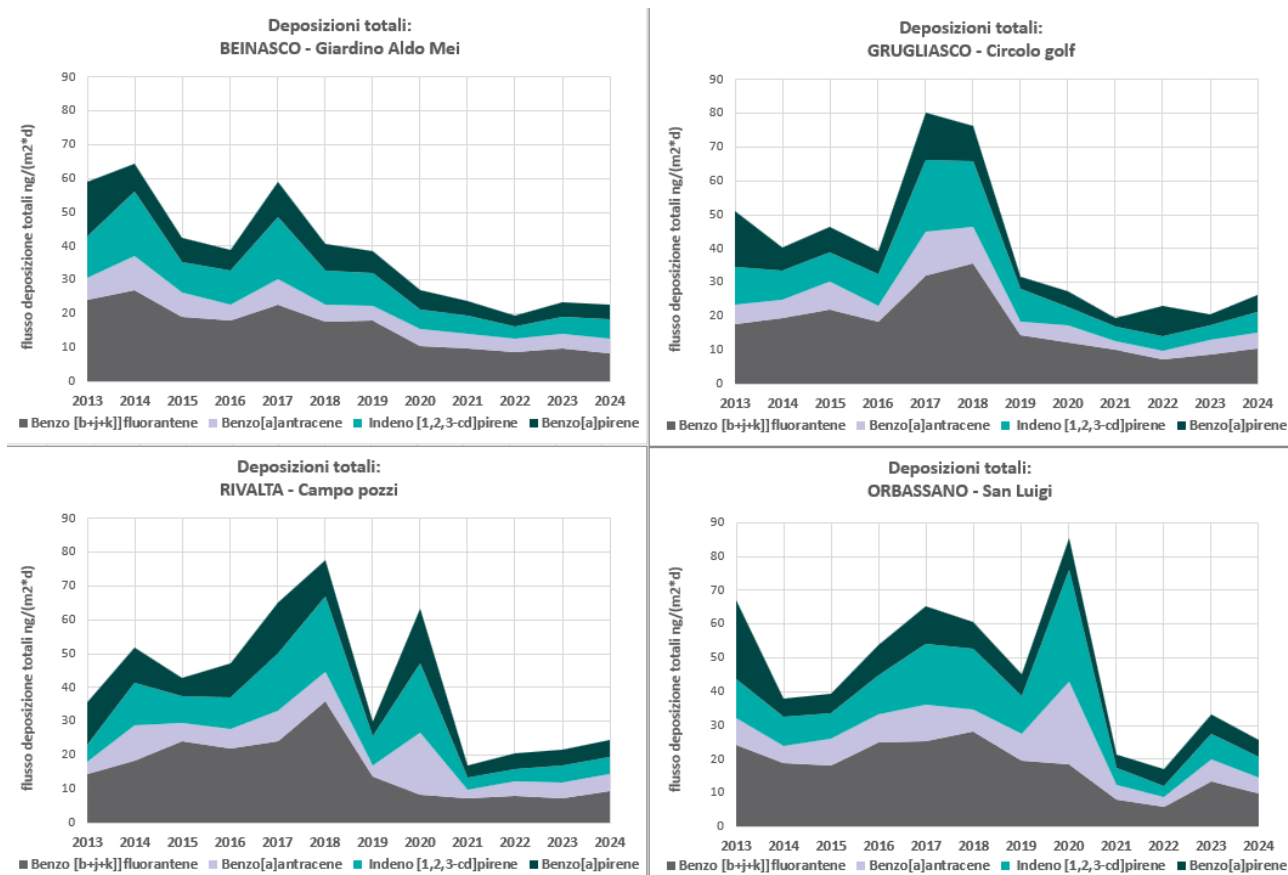


Figura 31 - andamenti cumulati di IPA nei siti di misura provinciali – periodo 2013-2024

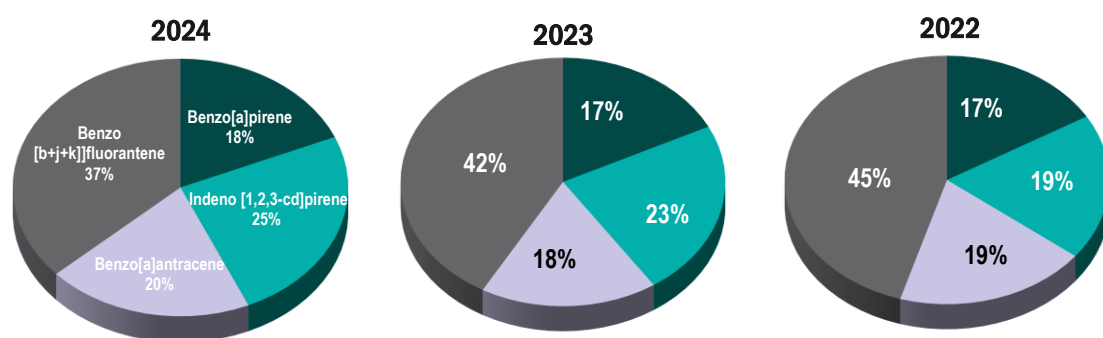


Figura 32 - Confronto dei rapporti percentuali dei flussi di IPA nelle deposizioni presso Beinasco Aldo Mei (2021-2024)

I grafici dalla Figura 34 alla Figura 37 presentano gli andamenti annuali del periodo 2013-2024 per ogni singolo IPA monitorato in ognuna delle quattro stazioni di misura dove si svolge il campionamento delle deposizioni atmosferiche.

Come si evince dal grafico di Figura 34 i valori di B(a)P registrati nel 2024 presso la stazione di Beinasco Aldo Mei e negli altri siti provinciali si inseriscono pienamente tra quelli reperibili in letteratura, sia in ambito nazionale sia nel contesto europeo – come è possibile evidenziare dal confronto con i dati della Tabella 31.

Per facilità di rappresentazione al grafico sono state aggiunte delle linee che rappresentano i valori massimi registrati nelle aree rurali italiane ed europee.

Confronto percentuali IPA 2024 nei siti di campionamento delle deposizioni totali

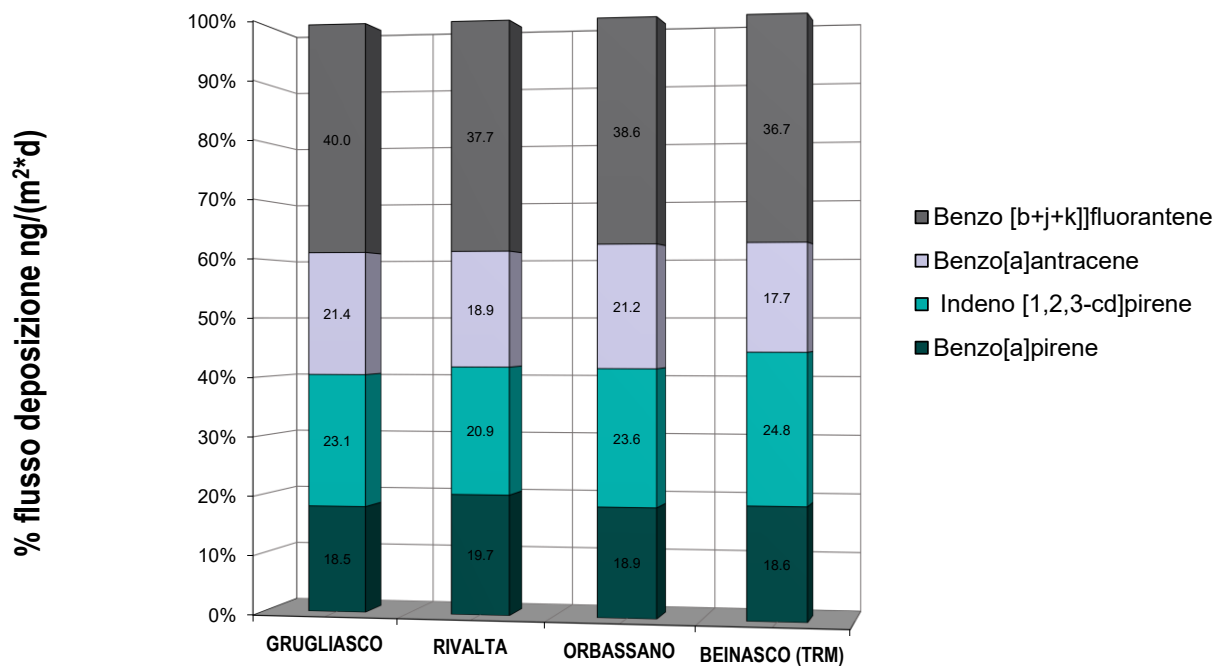


Figura 33 - Grafico di confronto ratei flussi deposizioni nel 2024

Tabella 31 – dati di letteratura per benzo(a)pirene

dati di letteratura del B[a]P in (ng/m ² /d)		
Aree RURALI	MIN-MAX	Riferimenti bibliografici
ITALIA		
Melfi	1.6 - 1.9	Menichini et al. 2006
Laguna di Venezia	6-9	Rossini et al. 2001 - Magistrato acque 2000
FINLANDIA		
Pallas	2-10	EMEP 2005
SVEZIA		
Rorvik	5-17	EMEP 2005
Aree URBANE	media annuale	Riferimenti bibliografici
ITALIA		
Venezia	30	Rossini et al. 2001 - Magistrato acque 2000
FRANCIA		
Parigi	25	Motelay-Massei et al. 2003
GRAN BRETAGNA		
Cardiff	219	Halsall et al 1997
Manchester	300	

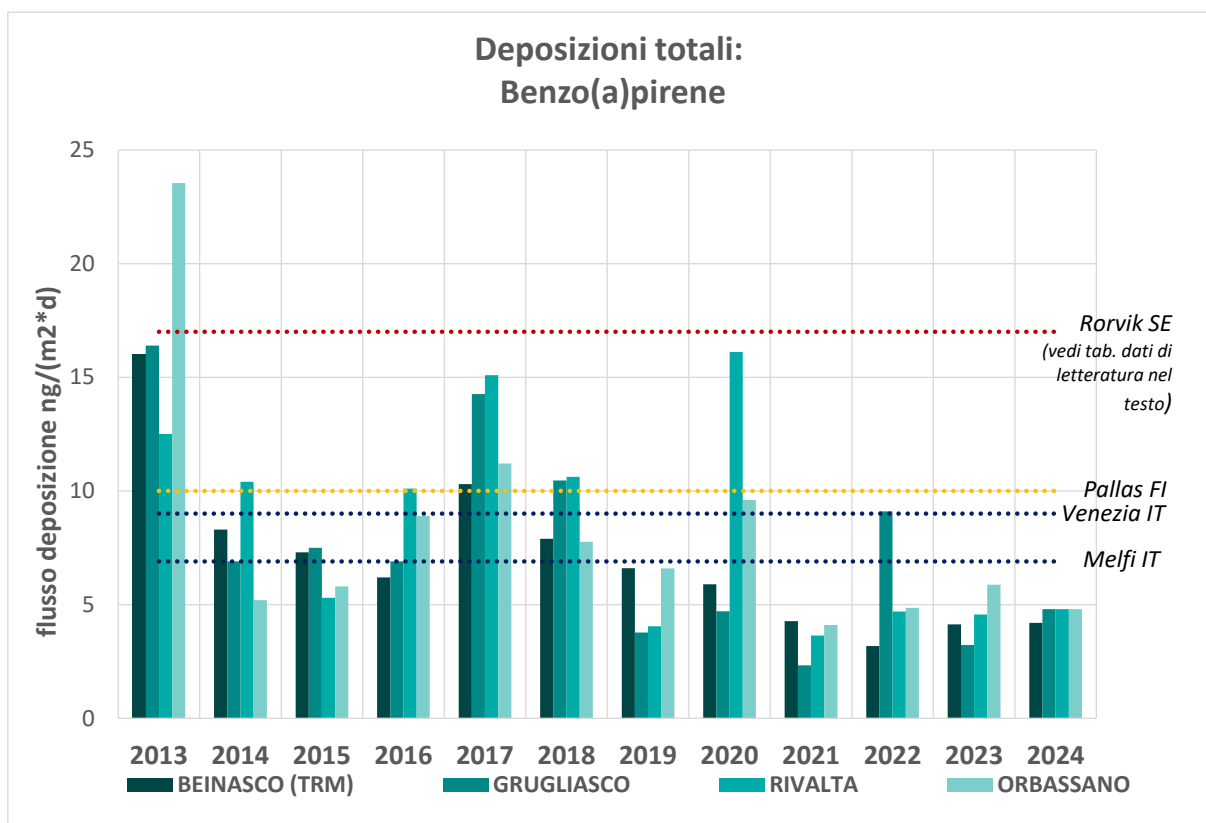


Figura 34 - Benzo(a)Pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2024

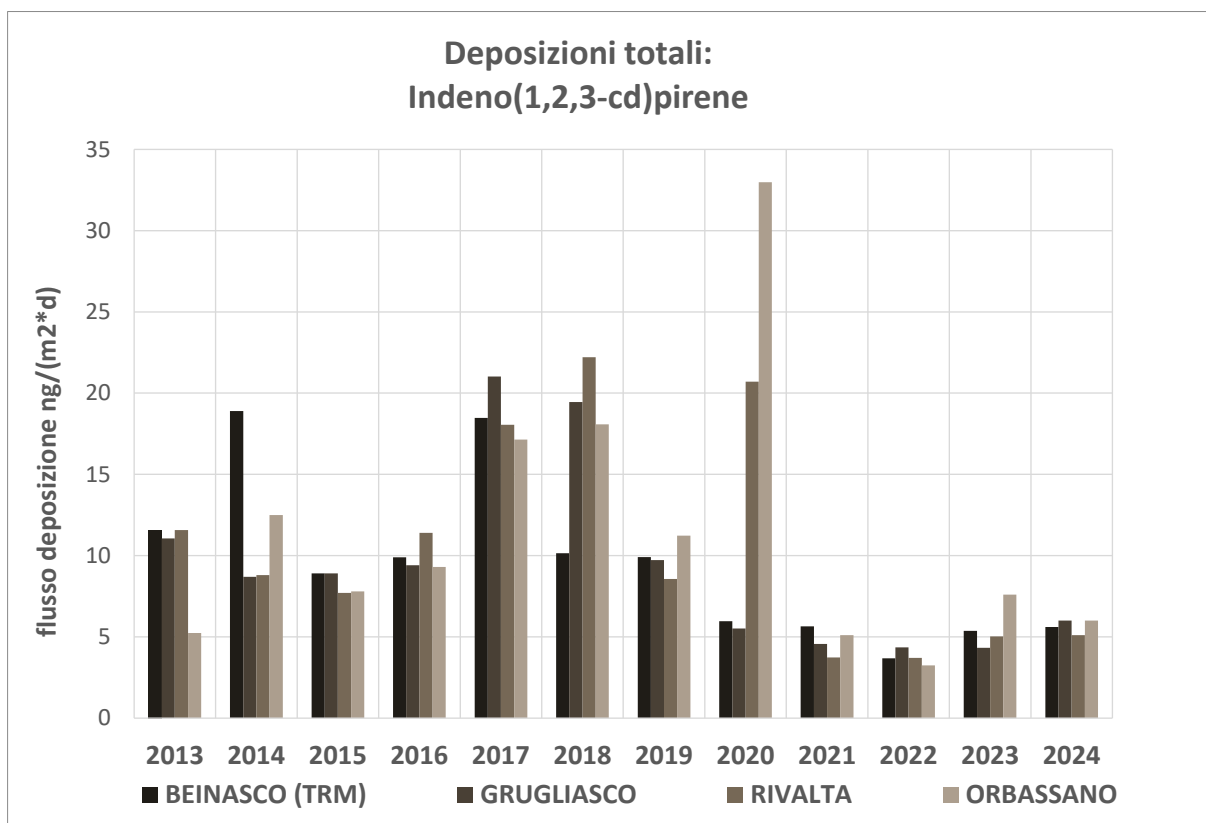


Figura 35 - Indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2024

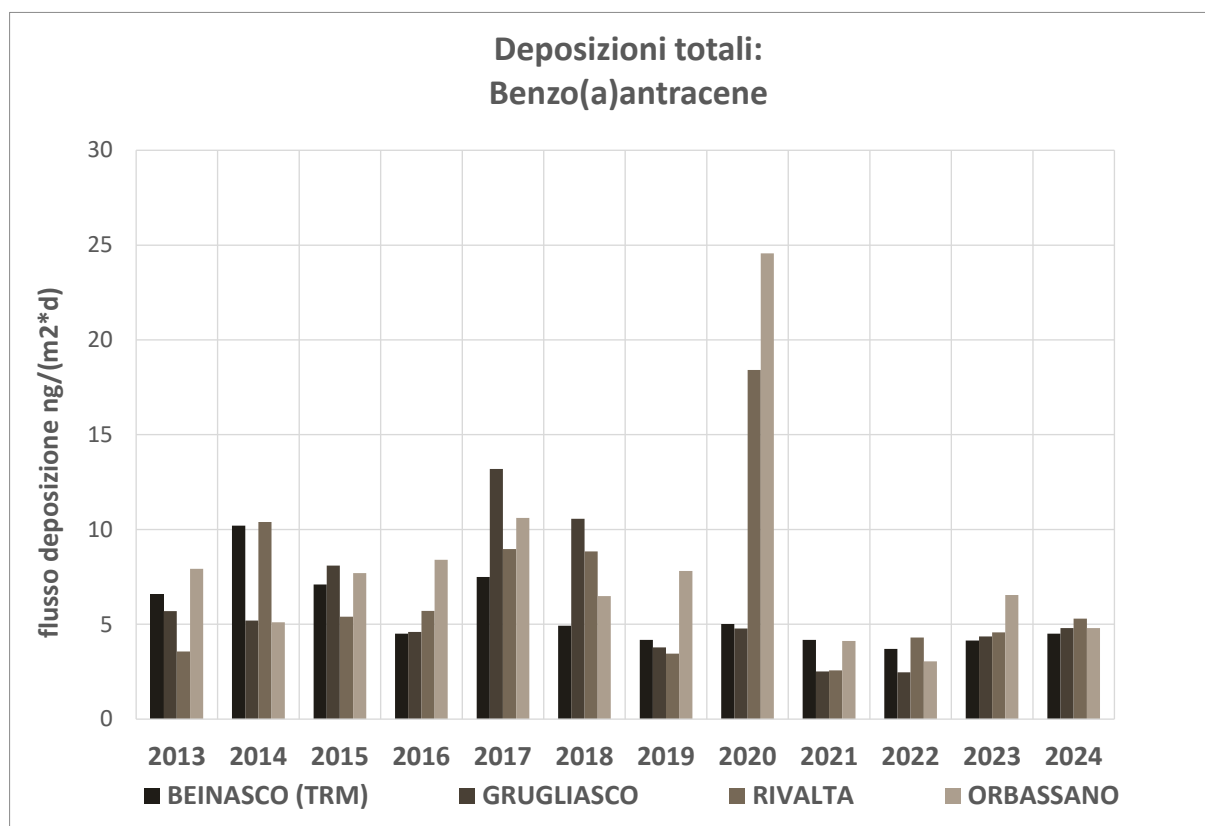


Figura 36 - Benzo(a)antracene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2024

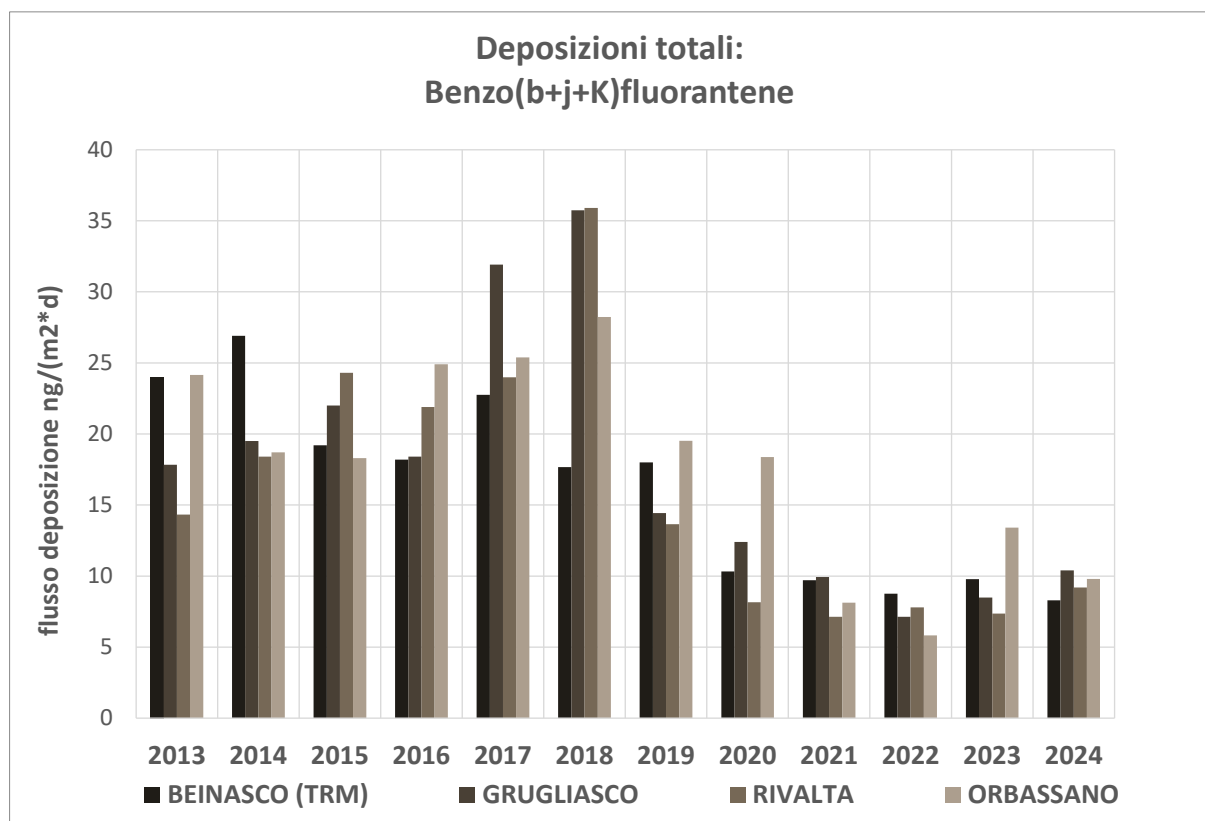


Figura 37 - Benzo(b+j+k)fluorantene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2024

3.3 Metalli

Con D.G.P. n. 1317- 433230/2006 è stato previsto di ricercare nelle stazioni di misura delle deposizioni atmosferiche totali i metalli, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio.

A scopo di studio, ARPA Piemonte ha deciso di inserire nelle analisi un'altra serie di metalli quali: Cobalto, Cromo, Rame, Selenio, Vanadio e Zinco.

Il campionamento viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk in polietilene ad alta densità (HDPE). Per ogni inquinante la deposizione totale è data dalla somma dei contributi rilevati nel filtro e nella soluzione filtrata.

Si ricorda che nel calcolo dei risultati analitici, in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato il criterio "middle-bound".

Anche nel caso dei metalli la normativa non prevede dei limiti nelle deposizioni atmosferiche. In alcuni Paesi, tuttavia, sono stati stabiliti dei valori limite per i flussi di deposizione, espressi in termini di deposizioni atmosferiche totali riferiti a un periodo di mediazione annuale. Riguardo al contenuto di metalli, limitatamente al cadmio, piombo e tallio (parametro non ricercato da Arpa Piemonte), alcuni Paesi europei hanno stabilito dei valori limite espressi come contenuto totale dell'elemento in massa (μg) depositato sull'unità di superficie (m^2) nell'unità di tempo (d) in un periodo di riferimento annuale. In Tabella 32 è riportata la tabella 7 estratta da ISTISAN 06/43 con i valori medi internazionali per alcuni metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche totali.

Tabella 32 –Valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da ISTISAN 06/43 (Tabella 7)

Nazione	Deposizione atmosferica totale (media annuale) $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$	Cd $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$	Pb $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$	Tl $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$
Austria	–	2	–	–
Germania	350-650*	5	250	10
Svizzera	–	2	–	–
Spagna	200	–	–	–
Finlandia	333	–	–	–
Argentina	333	–	–	–
Canada	153-180	–	–	–
USA	183-262	–	–	–

* breve periodo

Fonte: Cattani G, Viviano G. Stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità per lo studio della qualità dell'aria: anni 2003 e 2004. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/13)

Nei grafici successivi sono stati riportati, per tutti i siti di campionamento provinciale, gli andamenti delle analisi dei metalli nelle deposizioni atmosferiche effettuate nel 2024 e il confronto con il periodo 2013-2023.

Con l'eccezione del mercurio di cui si dirà in seguito, il monitoraggio dei metalli nelle deposizioni è risultato completo sia per la stazione di Beinasco Aldo Mei (12 campioni), sia per gli altri 3 siti di monitoraggio (6 campioni mensili alternati ai 6 campionamenti di IPA). In particolare, il monitoraggio dei metalli nelle deposizioni nei siti accessori ha interessato i mesi di: gennaio, marzo, maggio, luglio, settembre e novembre 2024.

Anche per la stazione di Baldissero T.se, dove dal 2019 si svolge la misura dei metalli nelle deposizioni atmosferiche nell'ambito della rete privata di monitoraggio Engie - predisposta per valutare la ricaduta delle emissioni atmosferiche della centrale termoelettrica di Leinì, il campionamento è stato completo (12 campioni mensili).

I dati di Figura 38 mostrano il confronto tra il periodo 2013-2023 (espresso come intervallo tra il 25° e il 75° percentile delle medie annuali della serie storica) e la media annuale del 2024 (pallini rossi) per ogni metallo analizzato nelle deposizioni. Come si evince dal grafico a box plot i flussi di deposizione dei metalli nel 2024 in alcuni casi risultano più bassi della mediana della serie storica (cadmio, piombo e rame), e in altri è superiore (arsenico, cobalto, cromo, selenio, vanadio). Il nickel, invece, ha valori uguali alla mediana.

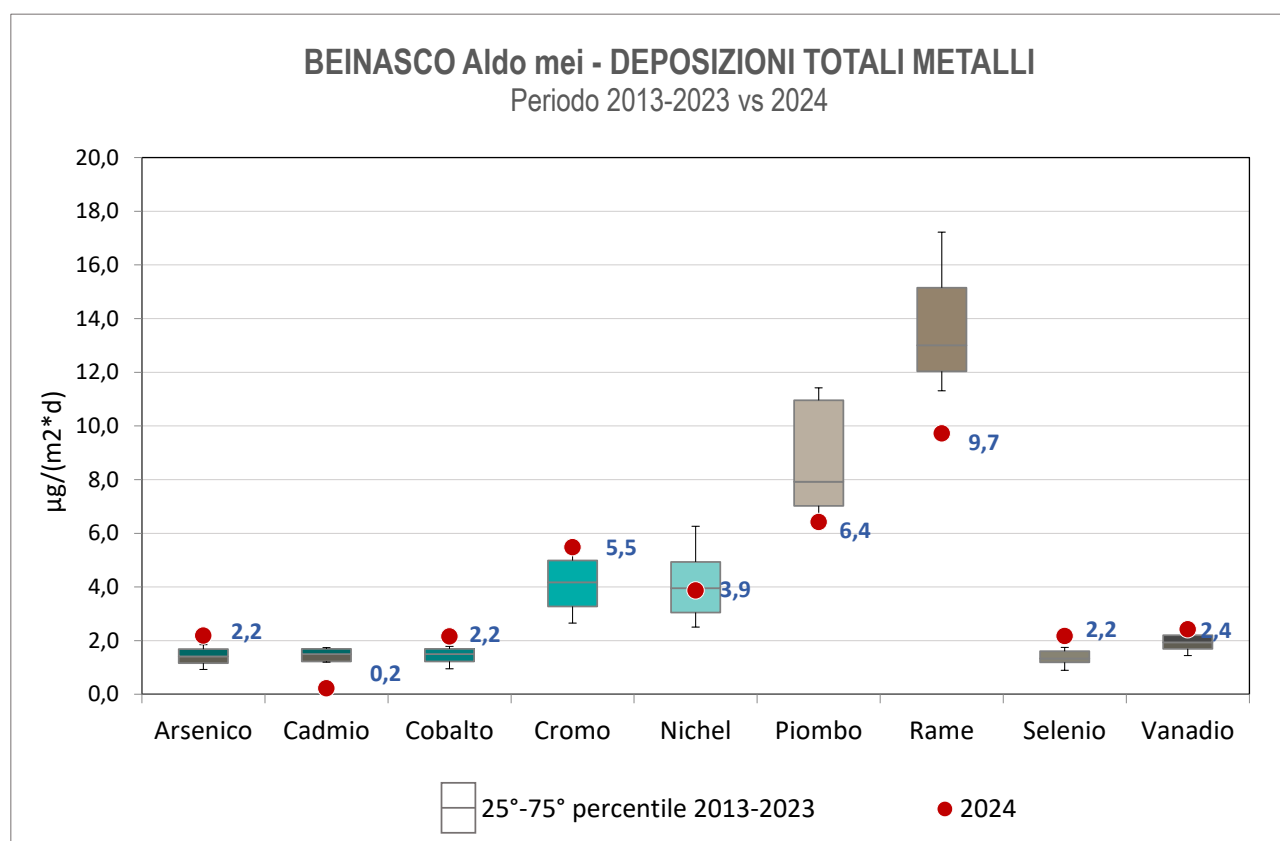


Figura 38 - Metalli nelle deposizioni: confronto periodo 2013-2023 e anno 2024 per la stazione di Beinasco Aldo Mei

Il grafico di Figura 39 presenta le concentrazioni di tutti i metalli nelle deposizioni totali campionate nel 2024; le concentrazioni di piombo e rame nei siti di Beinasco Aldo Mei e Orbassano, dove è elevata soprattutto la media annuale del piombo, sono più alte rispetto agli altri siti, come è successo nel passato.

La presenza del rame in concentrazioni più elevate rispetto agli altri metalli monitorati nelle deposizioni atmosferiche è stata già discussa nei report precedenti e si ipotizza sia legata a fonti locali di origine naturale oltre che antropica.

Tutti gli altri metalli oggetto studio sono presenti nell'ambiente in tracce.

In Tabella 33 e in Tabella 34 sono stati riportati i dati delle deposizioni atmosferiche totali rilevati in diversi Paesi europei, (Rapporti ISTISAN 06/43) e le deposizioni di Ni, Cd, Pb in alcune aree urbane e rurali francesi. Nella Figura 40 sono riportati i valori medi annuali nelle deposizioni di arsenico, cadmio, nichel e piombo - ovvero i metalli considerati più pericolosi per l'uomo, per i quali la normativa prevede un valore limite annuale come concentrazione sul PM10. A titolo puramente indicativo nel grafico è stato aggiunto il livello dei valori massimi per nichel e piombo riscontrati nelle aree rurali francesi come da Tabella 34. Tali valori vengono superati solo in alcune stazioni della nostra rete provinciale, mentre non vengono mai raggiunti i valori massimi riscontrati nelle aree urbane francesi, tipologia maggiormente assimilabile ai siti della rete provinciale di Torino. I

valori di metalli riscontrati nelle deposizioni atmosferiche nei vari siti di misura sono, inoltre, notevolmente inferiori rispetto a quelli riportati in Tabella 33.

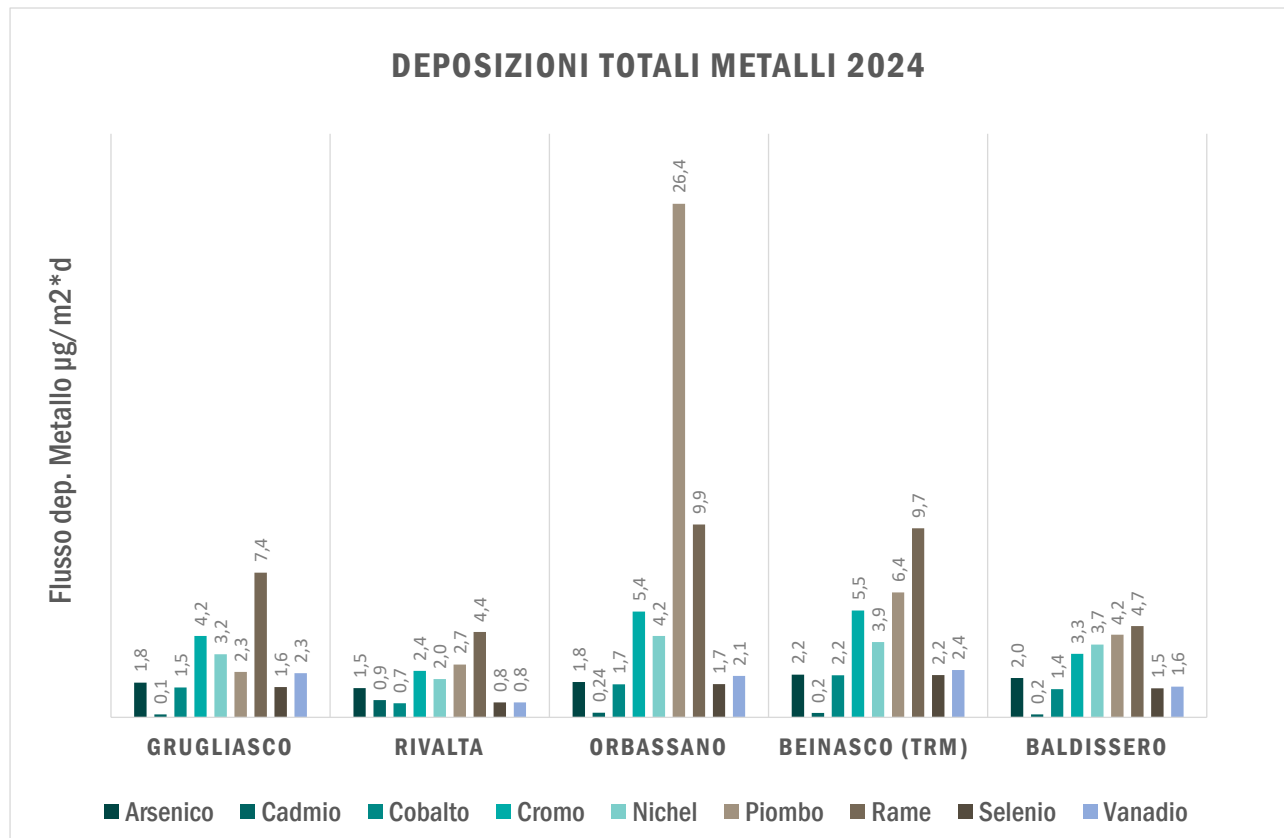


Figura 39 - Flusso deposizioni totali metalli nel 2024 per le stazioni della Città Metropolitana di Torino

Tabella 33 Deposizioni atmosferiche totali (prelievo bulk) degli inquinanti per tipologie di aree (Tabella 27-Rapporti ISTISAN 06/43)

Inquinante $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali
Arsenico	82-430	220-3400	2000-4300
Cadmio	11-140	160-900	120-4600
Nichel	30-4300	5000-11000	2300-22000

Tabella 34 Deposizioni di Nichel, Cadmio e Piombo rilevate nelle deposizioni in aree rurali e urbane francesi (Air Pays de la Loire 2009)

Inquinante $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	aree rurali	aree urbane
Nichel	1,6-3,7	1,0-22,9
Cadmio	0,2-0,9	0,3-3,0
Piombo	3,3-10	30,4-106

Nei grafici dalla Figura 41 alla Figura 44 sono riportati gli andamenti dei metalli analizzati complessivamente nel periodo 2013-2024 in tutti i siti di monitoraggio. Dai grafici è possibile evidenziare che i valori di tutti i metalli misurati nelle deposizioni, espressi come media annua nel 2024, presentano valori confrontabili con quelli dell'anno 2023.

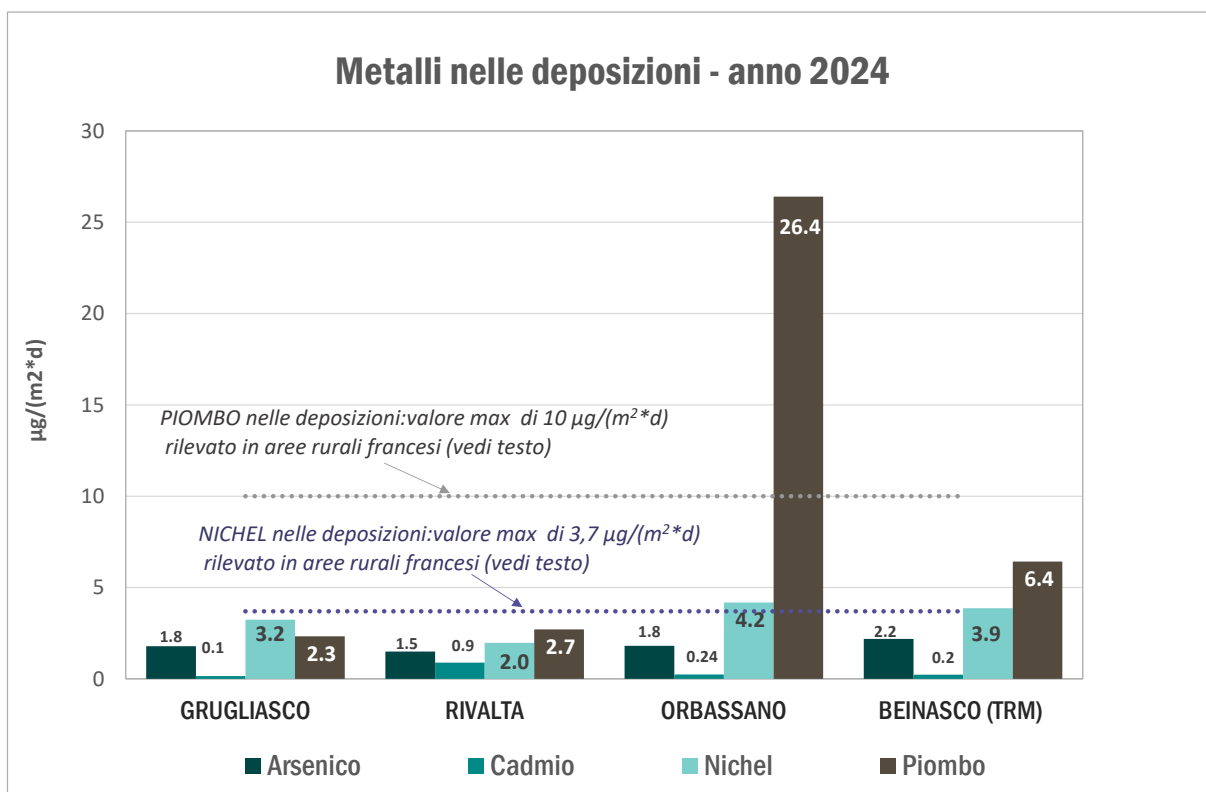


Figura 40 - Metalli nelle deposizioni atmosferiche, anno 2024

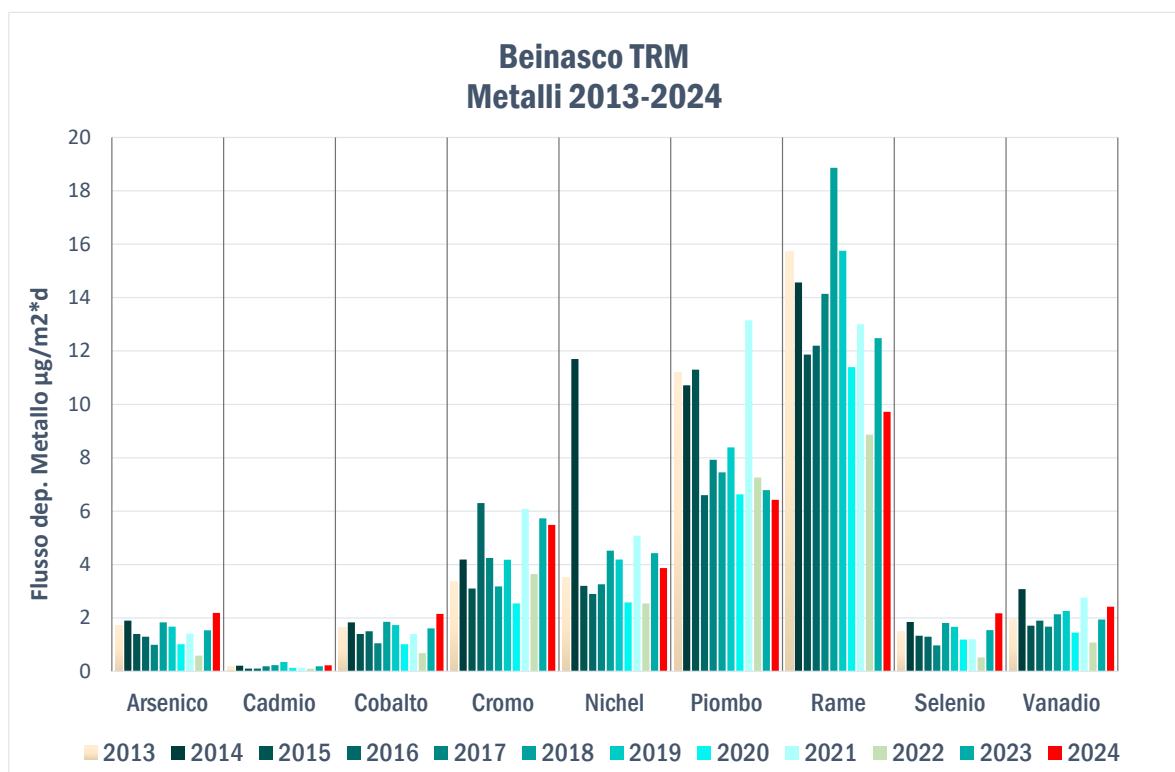


Figura 41 - Deposizioni metalli 2013-2024 nel sito di Beinasco Aldo Mei

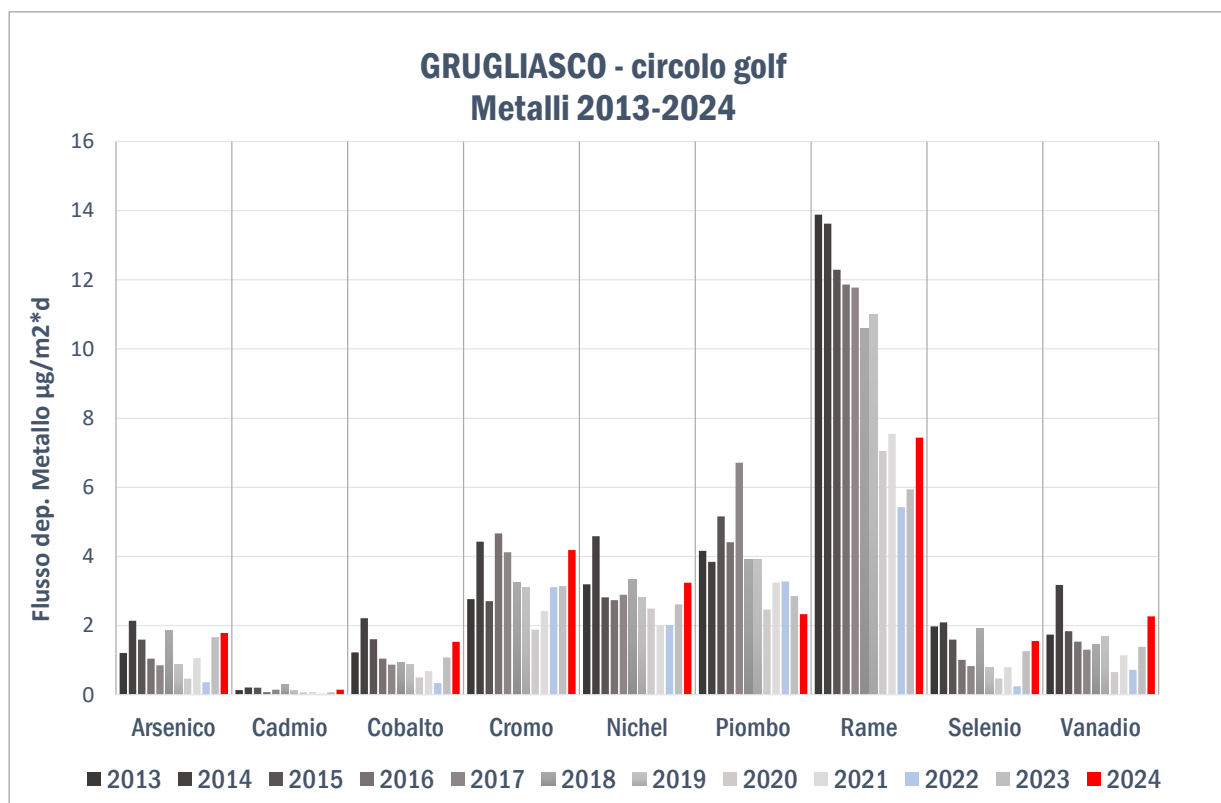


Figura 42 - Deposizioni metalli 2013-2024 nel sito di Grugliasco – circolo golf

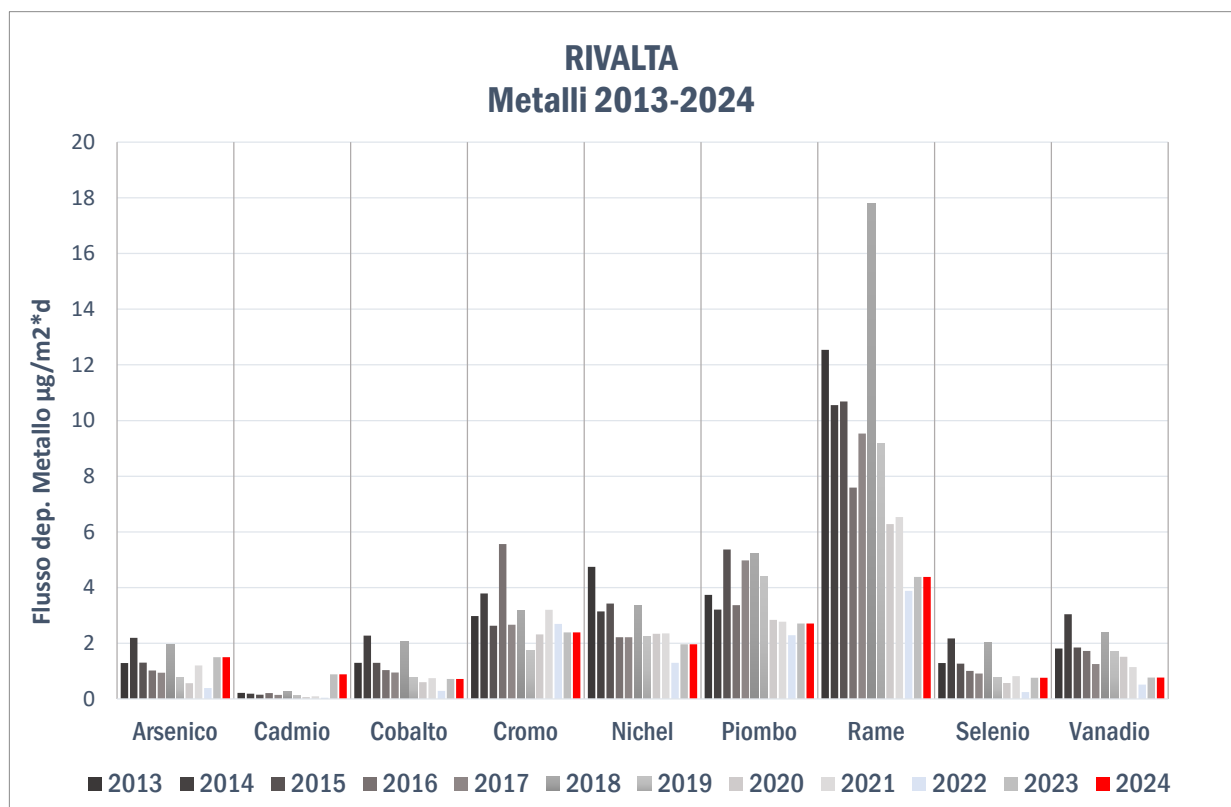


Figura 43 - Deposizioni metalli 2013-2024 nel sito di Rivalta – campo pozzi

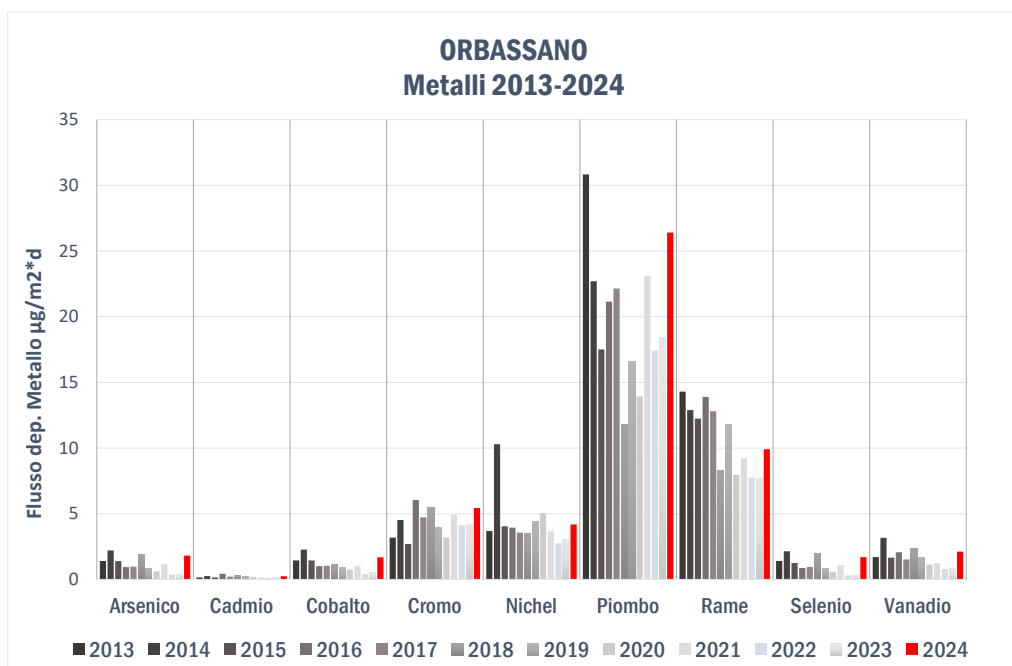


Figura 44 - Deposizioni metalli 2013-2024 nel sito di Orbassano – San Luigi

I flussi di zinco nelle deposizioni atmosferiche vengono rappresentati in un'elaborazione a parte (Figura 45), poiché i valori di zinco nelle deposizioni sono normalmente molto più elevati degli altri metalli e una rappresentazione grafica comune avrebbe compromesso di fatto la leggibilità dei dati. Per tutte le stazioni di misura i valori medi annui del 2024 di zinco sono i più bassi dell'anno precedente e in linea con i dati storici.

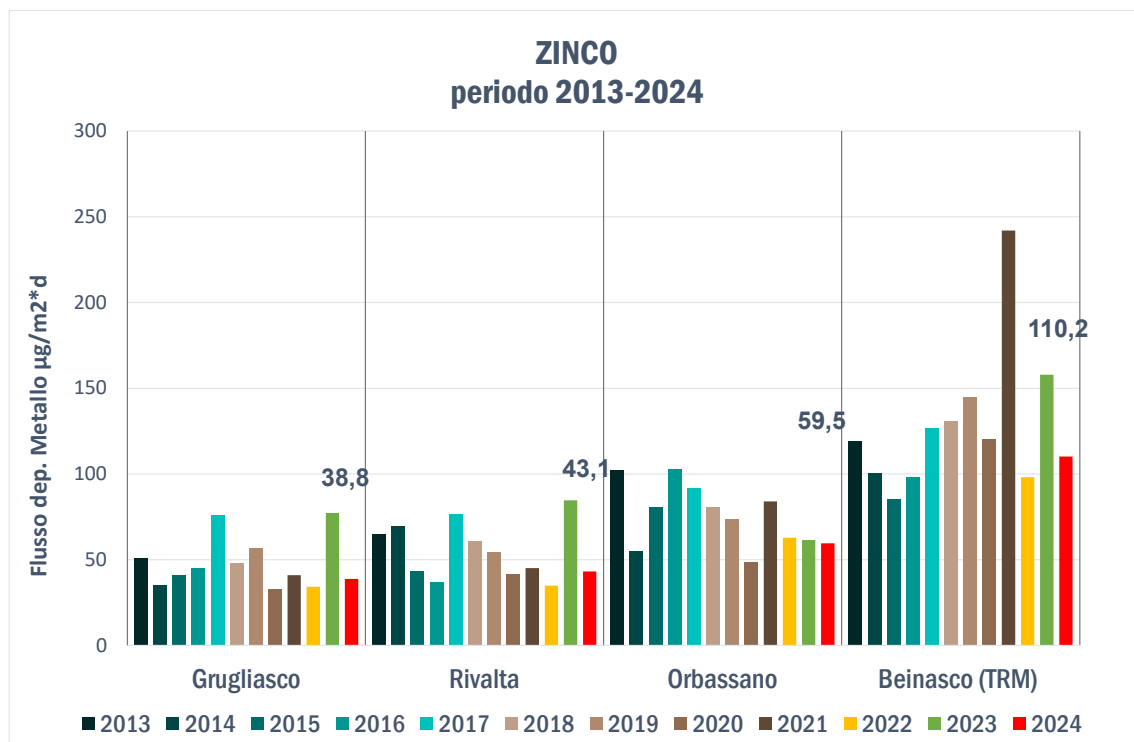


Figura 45 - Deposizioni zinco nel periodo 2013-2024 nei siti della Città Metropolitana di Torino

Tra i metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche totali, ARPA effettua il controllo anche sul Mercurio. Si tratta di un metallo presente naturalmente nell'ambiente, come risultato della naturale rottura dei minerali in rocce e del terreno attraverso esposizione a vento e ad acqua.

Tuttavia, le attività umane sono la principale causa del mercurio rilasciato nell'aria, attraverso il combustibile fossile, l'estrazione mineraria, la fusione e la combustione dei rifiuti solidi.

Il mercurio emesso da fonti antropiche e naturali nell'atmosfera alla fine ricade in superficie attraverso la deposizione secca e umida. La deposizione a secco si riferisce alla deposizione di particelle di aerosol. La deposizione umida si riferisce al processo di rimozione delle particelle dall'atmosfera attraverso precipitazioni, nevicate e altri fenomeni. Il processo di deposizione a umido quando presente dà un notevole contributo alla quantità di mercurio misurato nelle deposizioni, ma in genere rappresenta meno del 5% del mercurio totale nell'atmosfera e la deposizione a secco presente tutto l'anno è quasi sempre dominante.

Le norme tecniche che vengono seguite per il campionamento e l'analisi sono: la BS EN 15853 2010 "Ambient air quality. Standard method for the determination of mercury deposition" e la UNI EN ISO 17852:2008, la quale specifica un metodo per la determinazione del mercurio in acqua potabile, superficiale, sotterranea e di pioggia, utilizzando la spettrometria di fluorescenza atomica.

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite al mercurio nelle deposizioni. Per termine di confronto in Tabella 35 sono riassunti i flussi annuali nelle deposizioni di mercurio e di altri metalli ottenuti da una campagna di monitoraggio svolta da Arpa Toscana in 3 siti della provincia di Arezzo negli anni 2011-2013¹⁹ e da uno studio svolto nella laguna di Venezia nel 2008 (i valori sono espressi in microgrammi al metrocubo all'anno).

Tabella 35 : dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Caviglia (Tabella 8.3.2)

Metalli nelle deposizioni	Castelluccio*	Badia al Pino*	Parco Caviglia*	Laguna di Venezia*
	medie delle deposizioni annuali 2011-2013 in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$			2008
Arsenico	207	153	100	290
Cadmio	364	55	17	672
Cromo	807	979	257	536
Rame	6685	5316	570	5818
Mercurio	40	40	--	6
Nichel	916	821	190	1633
Piombo	1367	1945	157	11392
Vanadio	757	499	281	1109
Zinco	31516	29735	7933	11864

Per poter avere un confronto diretto con i dati di TRM a Beinasco, dalla fine del 2020 Arpa Piemonte ha installato uno strumento per la misura del mercurio nelle deposizioni presso la sua sede di Torino, in via Pio VII, 9. Il deposimetro è inserito nell'ambito del programma SPoTT²⁰ sulla sorveglianza sanitaria ed è entrato in funzione a metà ottobre 2020. La programmazione dei

¹⁹ ARPAT: "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013"

²⁰ Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino, <https://www.spott.dors.it/>

campionamenti segue in parallelo quella della stazione di Beinasco TRM con prelievi generalmente mensili.

Nel grafico di Figura 46 sono messi a confronto i dati dei deposimetri della Città Metropolitana di Torino con i dati di letteratura riportati nella Tabella 35, in questo caso i flussi di deposizione sono espressi in nanogrammi al metroquadrato al giorno. Dal grafico si osserva che le medie annuali calcolate per il 2024 nelle stazioni di TRM Beinasco (28 ng/m²*d) e Torino-Pio VII (37 ng/m²*d) sono superiori al dato della media europea (27 ng/m²*d) come individuato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) in un report del 2012 sulla qualità dell'aria²¹.

Infine, nella Tabella 36 vengono riportati i valori mensili di deposizioni per TRM Beinasco (dal 2013) e per la stazione di Torino – Via Pio VII (dati disponibili da novembre 2020) rappresentati graficamente nella Figura 46. Anche i valori mensili sono comparabili tra le due stazioni di misura, più elevati nei mesi estivi e in genere in corrispondenza di maggiori livelli di precipitazione.

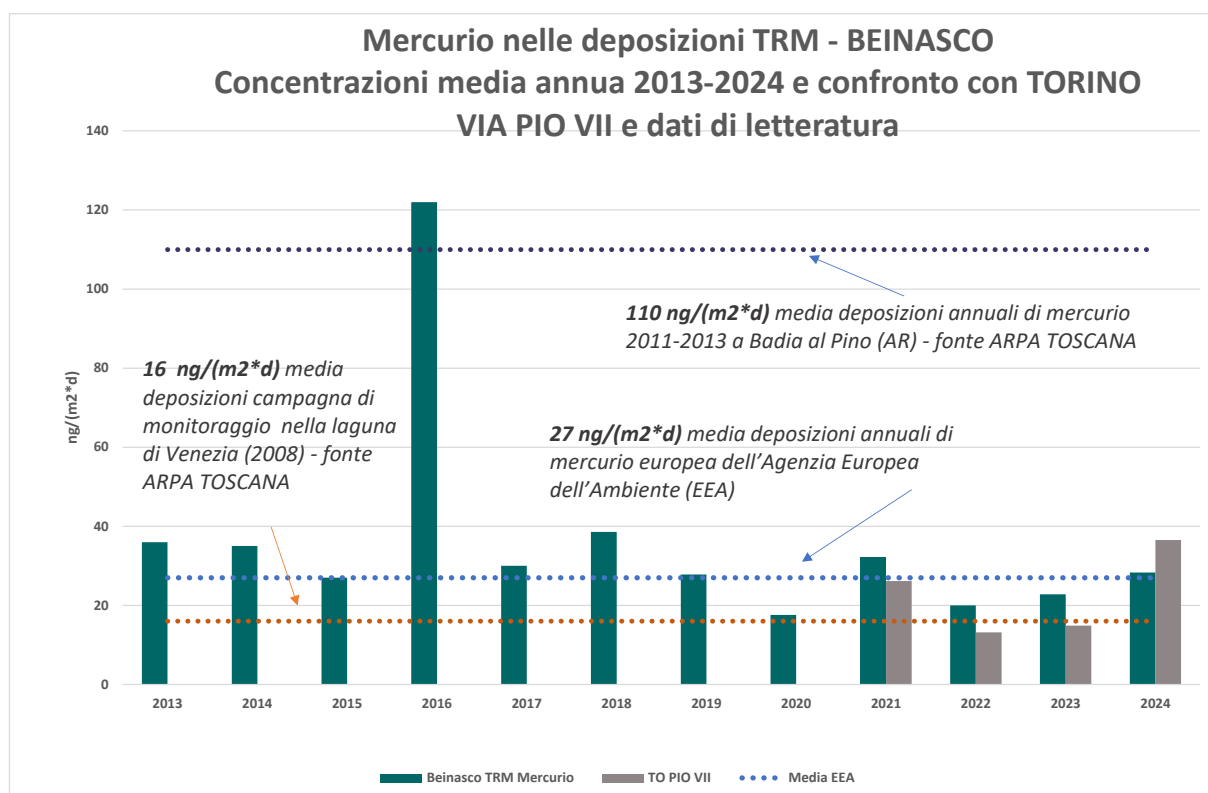


Figura 46 - Andamento concentrazione annuale di Mercurio a Beinasco TRM e confronto con Torino PIO VII e dati di letteratura

²¹ Air-quality-in-Europe-report 2012 (p.78)

Tabella 36 – Dettaglio mensile del flusso di deposizione di Mercurio a Beinasco TRM e a Torino via Pio VII

MERCURIO nelle deposizioni	Beinasco TRM Mercurio												Torino VIA PIO VII				
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)	ng/(m ² d)
Gennaio	7	47	20	13	18	63	2	4	7	1	-	3	-	11	3	12	7
Febbraio	22	99	7	15	27	23	12	6	14	7	-	6	-	13	5	4	32
Marzo	39	22	26	57	17	38	23	6	1	7	-	25	-	2	7	12	68
Aprile	78	22	20	50	23	49	38	6	33	23	9	23	-	35	6	6	61
Maggio	78	22	69	37	28	79	19	57	69	20	51	79	-	43	16	19	33
Giugno	8	38	55	21	37	69	16	34	91	95	40	23	-	54	48		66
Luglio	58	26	21	53	48	51	29	14	67	17	20	55	-	69	9		27
Agosto	50	26	29	35	n.d.	18	43	24	9	20	46	22	-	8	30	35	76
Settembre	10	30	27	22	n.d.	26	46	29	26	6	11	56	-	0	11	15	19
Ottobre	25	22	18	794	n.d.	23	28	15	15	8	3	15	-	0	9	13	29
Novembre	37	56	0	333	n.d.	33	59	6	87	-	13	30	3	75	8	20	11
Dicembre	20	24	22	23	63	2	19	10	8	-	6	5	7	4	8	13	10
MEDIA ANNUALE	36	35	27	122	30	39	28	18	32	20	23	28	-	26	13	15	37

3.4 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili

Relativamente alle caratteristiche chimico-fisiche di questi composti si rimanda al relativo paragrafo nel capitolo “Esame dei dati relativi alla qualità dell’aria ambiente”.

Anche per quanto riguarda le deposizioni, per questi inquinanti non sono fissati limiti di riferimento nella normativa attuale.

Per poter valutare l’entità dei valori riscontrati si può fare riferimento ai valori guida che alcuni stati hanno proposto per le deposizioni a partire dai valori di “dose tollerabile per l’organismo umano” (TDI - *Tolerable daily intake*: quantità cumulativa di PCDD/DF e PCB “diossina-simili” che può essere giornalmente assunta, per la durata di vita media, senza che si abbiano effetti tossici apprezzabili) stabiliti dall’Unione Europea e dall’Organizzazione Mondiale della Sanità.

Nel 2001 il Comitato Scientifico dell’Alimentazione Umana (SCF — Scientific Committee on Food) dell’Unione Europea ha definito come obiettivo la riduzione del livello di intake umano al di sotto di 14 picogrammi (pg) di equivalente tossico (WHO-TEQ) per chilogrammo di peso corporeo (14 pg WHO-TEQ/kg pc) alla settimana per la sommatoria di PCDD/DF e per i PCB diossina-simili.

Per rispettare i citati valori di assunzione giornaliera, il Belgio, paese in cui la Commissione per la valutazione dei regolamenti ambientali (CEM) ha proposto un valore di *Tolerable daily intake* pari a 3 pg I-TEQ kg⁻¹d⁻¹ per PCDD/PCDF, ha individuato per le deposizioni di diossine i valori guida indicati nella tabella sottostante.

A partire dal valore di intake settimanale di 14 pg WHO-TEQ/kg pc per la sommatoria PCDD/DF+PCB dl, alcuni stati hanno effettuato valutazioni che hanno messo in relazione la dose giornaliera tollerabile (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ/kg di peso corporeo rispetto a valori di deposizione media mensile e/o annuale espressi in pg WHO-TEQ/m²d.

Tabella 37 - Proposta di valori guida per le deposizioni di diossina

Assunzione giornaliera correlata (TDI)	Deposizione media annua concessa PCDD/DF	Deposizione media mensile concessa PCDD/DF
pg I-TEQ kg pc	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹
4	14	27
3	10	20
1	3,4	6,8
L. Van Lieshout et al Deposition of dioxin in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. <i>Atm. Env.</i> 35 suppl. n. 1 2001 S83-S90		
Assunzione giornaliera correlata (TDI)	Deposizione media annua concessa PCDD/DF + PCBdl	Deposizione media mensile concessa PCDD/DF + PCBdl
pg WHO-TEQ kg pc	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
2	8,2	21
Cornelis et al (2007)		

In letteratura, l'Istituto Superiore di Sanità (presentazione di Gaetano Settimo del 06/02/2014 presso il Ministero della Salute nell'ambito di "Salute e Rifiuti: ricerca, sanità pubblica e comunicazione" e del 05/06/2014 nell'ambito di un seminario sullo stato dell'arte delle Deposizioni Atmosferiche) cita anche altre valutazioni realizzate ad esempio dal German Expert Group - LAI in Germania che ha definito per le deposizioni un valore di linea guida per la sommatoria di PCDD/DF e PCB dioxin like pari a 4 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ come media di lungo periodo.

La Francia ha definito nei piani di sorveglianza della qualità dell'aria in aree con presenza di impianti di incenerimento (Environmental Surveillance of Incinerators 2006-2009) due soglie tipiche:

- < 5 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ valori che possono essere considerati di fondo urbano/industriale;
- > 16 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ valori che possono essere considerati come contributo antropico di una fonte di emissione che va indagata con ulteriori campionamenti studiando il profilo dei congeneri per valutare la sorgente.

In considerazione della molteplicità di riferimenti sopra elencati, per poter valutare le concentrazioni riscontrate nel sito di monitoraggio, si prendono a riferimento:

1. Deposizione media annua di PCDD/DF: 14 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 4 pg I-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
2. Deposizione media mensile di PCDD/DF: 27 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 4 pg I-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
3. Deposizione media annua per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl: 8,2 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
4. Deposizione media mensile per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl: 21 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo.

Non esistono invece linee guida di riferimento per la sommatoria dei PCB Totali.

Campionamento

L'atmosfera costituisce un importante veicolo di trasporto di sostanze naturali ed immissioni inquinanti a breve ed a lunga distanza con ricadute sulle varie matrici ambientali.

Il monitoraggio dei microinquinanti nelle deposizioni atmosferiche viene realizzato con apposita strumentazione per la raccolta delle deposizioni totali (secche e umide) i cui dettagli sono riportati nelle relazioni prodotte negli anni precedenti.

Il campionamento è di tipo passivo e viene effettuato secondo la procedura interna Arpa U.RP.T117 "Campionamento della deposizione atmosferica totale per la determinazione di PCDD/DF e PCB".

Determinazione analitica ed espressione dei risultati

Analogamente a quanto avviene per i campioni di aria ambiente, anche per le deposizioni la determinazione analitica di PCDD/DF e PCB viene eseguita rispettivamente secondo i metodi EPA 1613B:1994 e EPA 1668C:2010, prove accreditate dall'Ente ACCREDIA, in conformità con quanto prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Lo studio delle deposizioni simula la ricaduta degli inquinanti al suolo e consiste nella valutazione del particolato e delle precipitazioni che si depositano su una determinata superficie nell'unità di tempo (il risultato è infatti espresso in relazione all'area dei deposimetri esposti e al tempo di esposizione).

Anche nel caso delle deposizioni atmosferiche si utilizzano i fattori di tossicità equivalente per l'espressione del risultato come somma di congeneri.

Il risultato della determinazione è espresso in:

- per PCDD/DF: pg I-TEQ m⁻² d⁻¹
- per PCB: ng m⁻² d⁻¹
- per PCB dioxin-like: ng WHO-TEQ m⁻² d⁻¹
- per PCDD/DF + PCB dioxin-like: pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹

Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche

Nella tabella e nei grafici che seguono sono riportati gli esiti delle determinazioni analitiche relative a PCDD/DF e PCB realizzate nelle deposizioni atmosferiche prelevate sia nel corso dell'ultimo anno (2024) che nell'anno precedente (2023). I dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Tabella 38 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni atmosferiche

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
Unità di misura	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
GENNAIO '23	3,02	0,00304	5,90	6,26
FEBBRAIO '23	3,01	0,00303	5,44	6,27
MARZO '23	2,71	0,00273	6,98	5,64
APRILE '23	2,90	0,00292	6,14	6,04
MAGGIO '23	4,59	0,00303	5,96	8,14
GIUGNO '23	2,71	0,00274	11,4	5,65
LUGLIO '23	2,92	0,00292	7,22	6,06
AGOSTO '23	2,90	0,00292	7,59	6,04
SETTEMBRE '23	3,11	0,00315	13,0	6,50
OTTOBRE '23	2,72	0,00275	13,1	5,67
NOVEMBRE '23	3,00	0,00305	15,7	6,27
DICEMBRE '23	3,08	0,00751	5,76	10,80

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
Unità di misura	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
GENNAIO '24	4,35	0,00857	15,80	12,40
FEBBRAIO '24	N.D.	0,00302	11,20	N.D.
MARZO '24	6,15	0,00269	5,95	8,47
APRILE '24	4,02	0,00290	5,17	7,22
MAGGIO '24	3,68	0,00271	5,24	6,67
GIUGNO '24	3,91	0,00287	7,90	7,08
LUGLIO '24	4,15	0,00305	5,51	7,51
AGOSTO '24	N.D.	0,00250	7,22	N.D.
SETTEMBRE '24	4,19	0,00308	5,50	7,59
OTTOBRE '24	3,43	0,00252	4,50	6,21
NOVEMBRE '24	4,19	0,00311	7,90	7,62
DICEMBRE '24	4,08	0,00247	5,08	6,80

N.D. per i campioni di febbraio e settembre 2024 la frazione PCDD/DF non è disponibile a causa di problematiche accorse in fase di preparativa.

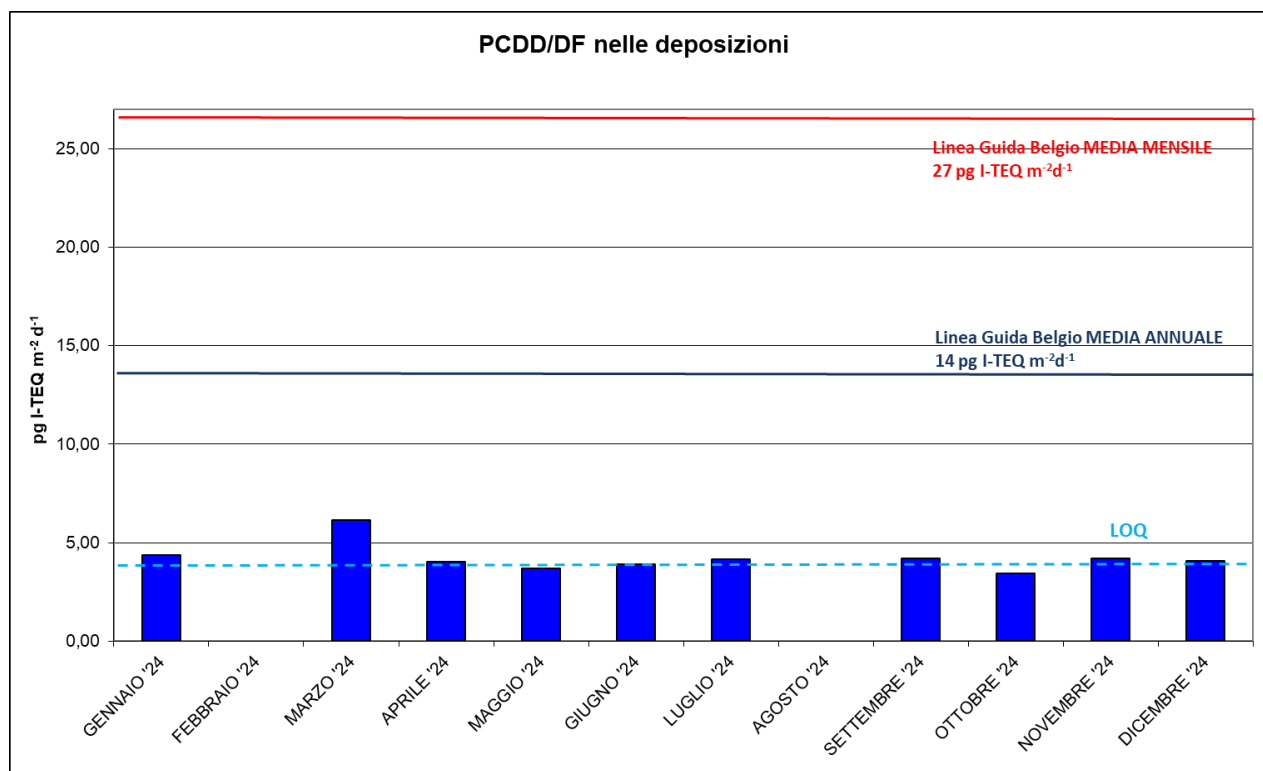


Figura 47 - Concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2024

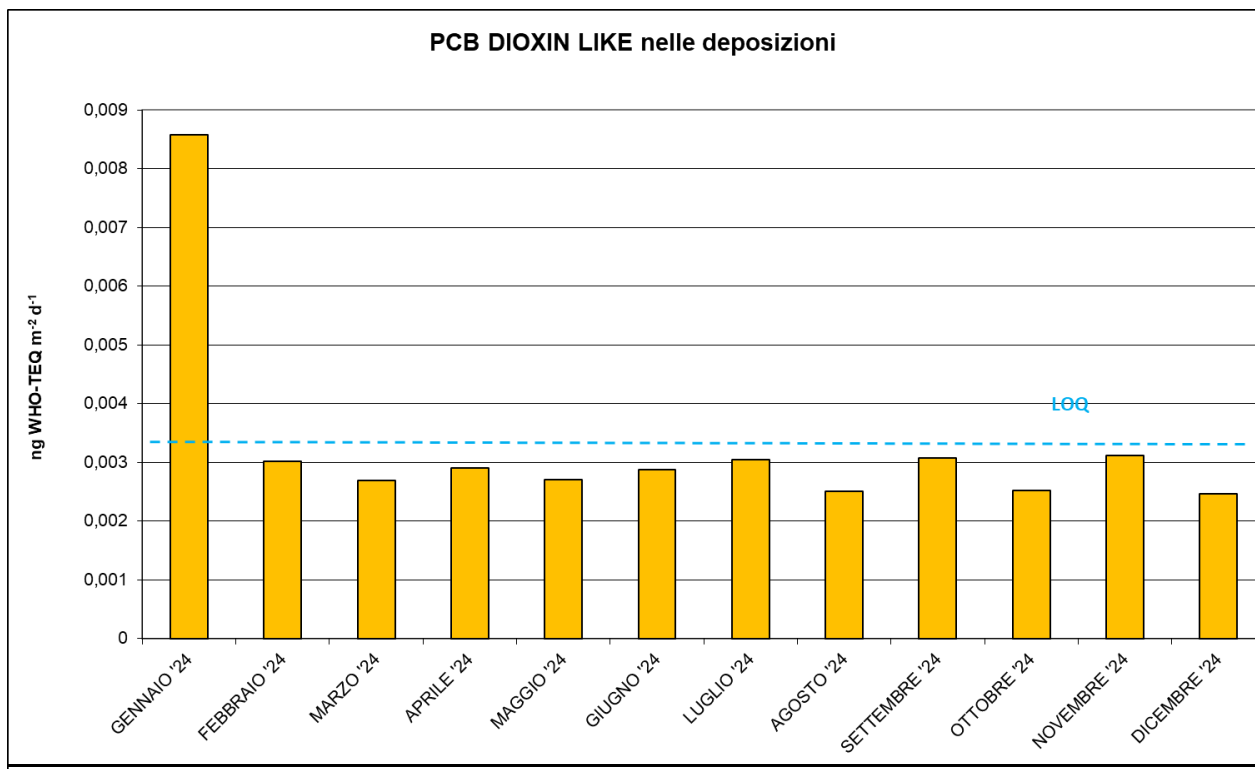


Figura 48 - Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2024

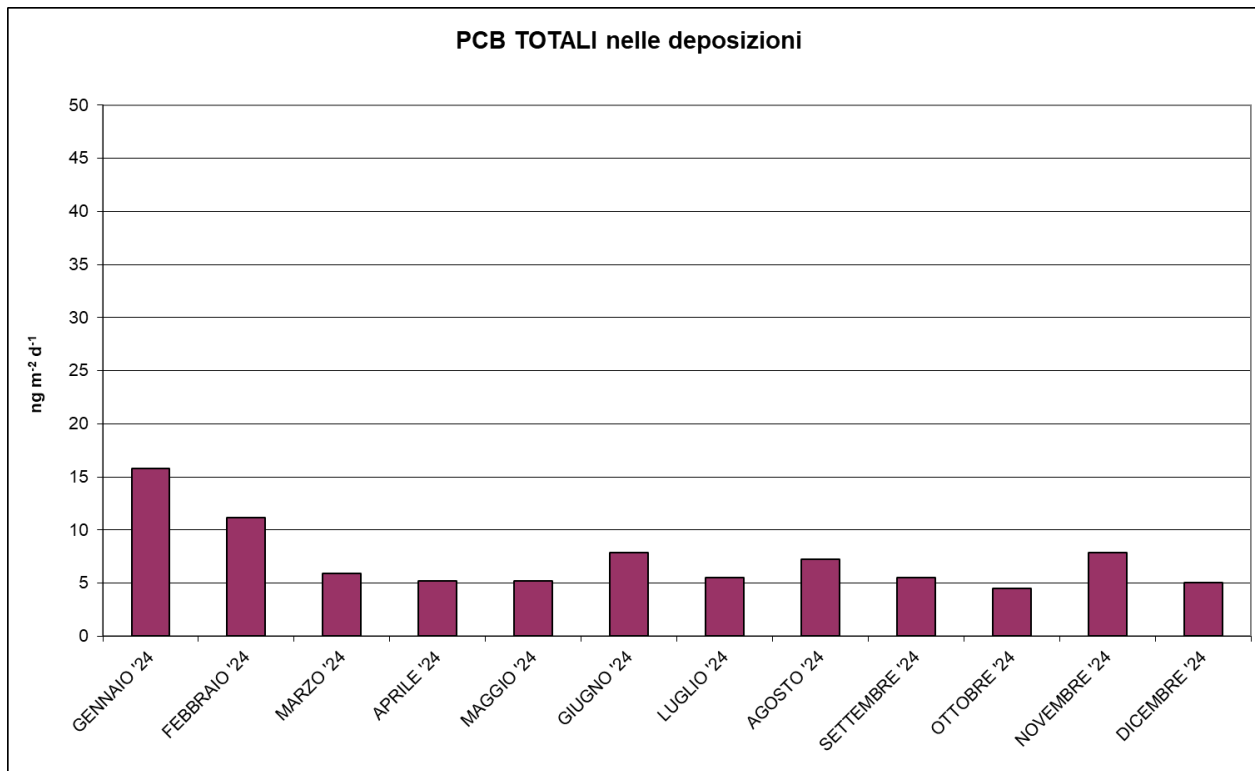


Figura 49 - Concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2024

SOMMATORIA PCDD/DF e PCB DL nelle deposizioni

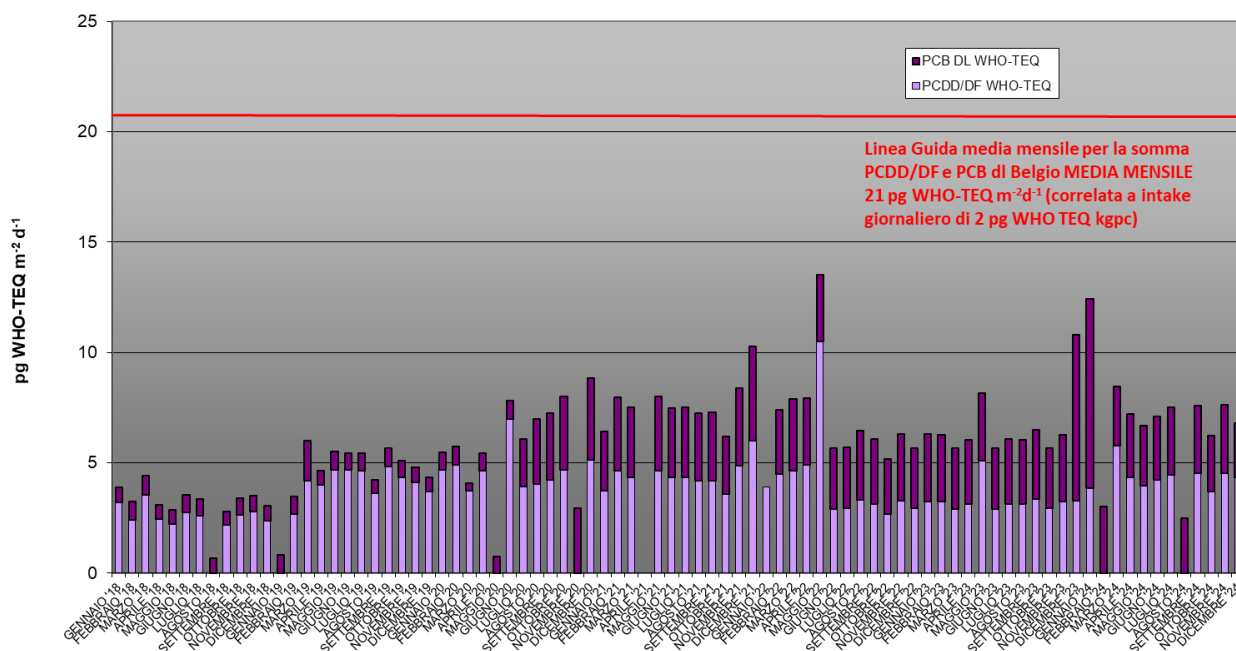


Figura 50 - Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2018

Anche nel caso delle deposizioni atmosferiche per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like, considerato l'elevato numero di dati ora a disposizione, è stato riportato un grafico limitato agli ultimi anni di osservazione per consentire una migliore lettura dei dati rilevati. La serie completa relativa al monitoraggio dal 2012 è disponibile nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Come si evince dai grafici, tutti i valori mensili di deposizione si posizionano ampiamente al di sotto delle linee guida sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio, nella Tabella 39 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

Tabella 39 - Concentrazioni MEDIE ANNUALI di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni

MEDIA ANNO	PCDD/DF WHO-TEQ	PCB DL WHO-TEQ	PCDD/DF+PCB DL
	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
2013	2,81	0,94	3,75
2014	1,63	0,80	2,44
2015	2,52	0,86	3,37
2016	2,72	0,84	3,57
2017	2,49	1,27	3,77
2018	2,64	0,72	3,37
2019	4,13	0,83	4,96
2020	4,69	1,87	6,57
2021	4,45	3,21	7,66
2022	4,13	2,91	7,06
2023	3,30	3,32	6,61
2024	4,36	3,29	7,76

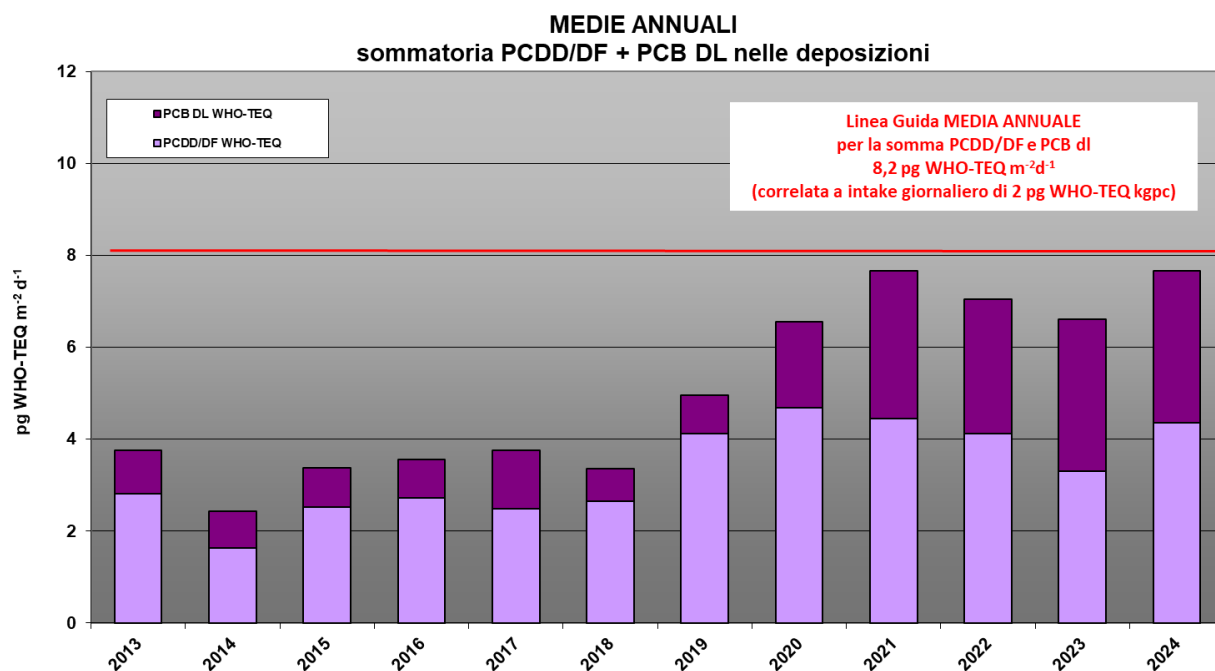


Figura 51 - Medie annuali della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni

4 Conclusioni

Nel corso dell'anno 2024 la stazione di Beinasco - Aldo Mei ha avuto un rendimento strumentale in linea con quanto previsto dalle prescrizioni normative.

Le principali considerazioni che si possono trarre dall'analisi dei dati raccolti sono le seguenti:

- come già evidenziato dalla serie storica dei dati, la stazione di Beinasco – Aldo Mei presenta generalmente valori analoghi a quelli rilevati nelle stazioni di fondo urbano della rete provinciale di monitoraggio. In particolare, anche nel 2024 i valori riscontrati sono in media confrontabili con quelli della stazione di fondo urbano di Torino Lingotto;
- per quanto riguarda il PM₁₀, i dati rilevati nel 2024 presentano un lieve decremento nella media annuale, ma non nel numero di superamenti del valore limite giornaliero, a causa delle condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, in particolare nei mesi di gennaio-febbraio e novembre-dicembre. La media annuale di PM_{2.5} mostra un lieve decremento analogamente al PM₁₀;
- i dati di benzene sono lievemente superiori a quelli del 2023; arsenico e cadmio sono pari a quelli rilevati nel triennio precedente, mentre piombo e nichel registrano un decremento. I dati di benzo(a)pirene sono pari a quelli dell'anno precedente;
- tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria (D. Lgs. n°155/2010 e s.m.i) sono rispettati, incluso, per la prima volta, il valore limite giornaliero del PM₁₀;
- il valore limite annuale per il biossido di azoto non viene superato ormai dal 2018; anche nel corso del 2024 è stato rispettato. Non si evidenzia nessuna criticità per quanto riguarda il rispetto del valore limite orario per la protezione della salute.
L'andamento medio delle concentrazioni sia di monossido che di biossido di azoto nel corso della giornata presenta i valori più alti nelle ore maggiormente interessate dal traffico autoveicolare;
- relativamente agli inquinanti in aria ambiente non normati (idrocarburi policiclici aromatici diversi dal benzo(a)pirene, antimonio, cobalto, cromo, manganese, mercurio, rame, selenio, titanio, vanadio e zinco) le concentrazioni misurate sono risultate anche nel 2024 inferiori alle linee guida definite da organismi internazionali e confrontabili con i valori rilevati in siti analoghi del territorio della Città Metropolitana o reperibili in letteratura per le aree urbane;
- i valori di deposizione atmosferica per metalli e idrocarburi policiclici aromatici sono risultati in linea con quelli di siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio della Città Metropolitana o in ambito regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica. Anche nel caso del mercurio - il cui flusso di deposizione nel 2016 era risultato molto più elevato che negli anni precedenti - si osserva un rientro a valori confrontabili con quelli rilevati tra il 2013 e il 2023;
- relativamente ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) rilevati in aria ambiente nel corso del 2024 le quantità rilevate sono in linea con quelle normalmente riscontrate in un sito urbano e sempre inferiori alle citate linee guida;
- i valori di deposizione atmosferica relativi ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) del 2024 sono in linea con la serie storica sino ad ora raccolta e in linea con siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio provinciale/regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica. Ricordiamo che l'applicazione del calcolo della sommatoria secondo il criterio del medium bound in sommatorie in cui il numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione è elevato come in questo monitoraggio rappresenta una sovrastima della concentrazione reale.