

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 2019**

CODICE DOCUMENTO: F06_2020_00198_001

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Data: 31/3/2020	Firma autografa sostituita a mezzo stampa ai sensi dell'art. 3 - comma 2 - D.Lgs.39/1993
	Nome: Elisa Calderaro		
	Funzione: Collaboratore Tecnico		
	Nome: Laura Gerosa		
	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale		
	Nome: Laura Milizia		
	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale		
	Nome: Milena Sacco		
	Funzione: Collaboratore Professionale Sanitario		
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile SS Attività di Produzione		
	Nome: Carlo Bussi		
Redazione	Funzione: Laboratorio specialistico Nord Ovest	Data: 31/3/2020	Firma autografa sostituita a mezzo stampa ai sensi dell'art. 3 - comma 2 - D.Lgs.39/1993
	Nome: Simona Possamai		
	Funzione: Laboratorio specialistico Nord Ovest		
Verifica e Approvazione	Nome: Carla Cappa		
	Funzione: Responsabile Laboratorio specialistico Nord Ovest		
	Nome: Marco Fontana		

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

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, a eccezione dei paragrafi relativi a policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili in aria ambiente e nelle deposizioni atmosferiche.

La Struttura Semplice 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 della presente relazione.

Sommario

Premessa.....	4
Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale	5
Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente	7
Ossidi di azoto	8
Particolato Sospeso - PM10	14
Particolato Sospeso - PM2.5	20
Benzene e toluene.....	22
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	28
Mercurio elementare gassoso e sul particolato	33
Altri metalli sul particolato	38
Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili	43
<i>Campionamento</i>	44
<i>Determinazione analitica e espressione dei risultati</i>	44
<i>Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria</i>	46
<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria</i>	46
Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche.....	51
Idrocarburi policiclici aromatici	53
Metalli	58
Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili	64
<i>Campionamento</i>	66
<i>Determinazione analitica e espressione dei risultati</i>	66
<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche</i>	66
<i>Valutazione rappresentatività delle concentrazioni di PCDD/DF e PCB rilevate nelle deposizioni</i>	71
Conclusioni	75

Premessa

La presente relazione costituisce il rapporto di sintesi e giudizio relativo all'anno 2019 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, infatti, 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 in data il 4 ottobre 2012 alla presa in consegna della cabina di monitoraggio citata da parte del Dipartimento scrivente. Con la presa in consegna il Dipartimento scrivente 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 capitolo relativo.

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, il Dipartimento scrivente provvede infine ad effettuare la determinazione dei seguenti parametri:

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

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 2).



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



La dotazione strumentale è la seguente:

- Analizzatore in continuo di ossidi di azoto
- Analizzatore in continuo di PM10
- Analizzatore in continuo di PM2.5
- 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/PM2.5 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 in dettaglio negli specifici paragrafi.

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 PM2,5;
- 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 2019; 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 appartenenti e ulteriori informazioni di dettaglio sulle stazioni sono reperibili all'interno della pubblicazione "Uno sguardo all'aria", disponibile agli indirizzi web:

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

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

Poiché la stazione oggetto della presente relazione, 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:

- per quanto riguarda gli ultimi due anni tramite il sito "Qualità dell'aria in Piemonte" all'indirizzo <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/conoscidati.shtml>
- per quanto riguarda l'intera base dati attraverso il sistema AriaWeb, al quale ci si può registrare seguendo lo specifico link nella pagina di cui sopra oppure direttamente: http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/popup_ariaweb.htm

Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto sono generati da processi di combustione, qualunque sia il 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)** ciò nonostante 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 2019

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	8734	8646	8597	7926
Percentuale ore valide	100%	99%	98%	90%
Giorni validi	365	360	360	328
Percentuale giorni validi	100%	99%	99%	90%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	80	59	82	70
Media dei massimi giornalieri	79	59	82	64
Media delle medie giornaliere	25	17	29	23
Media dei valori orari	25	17	29	23

Nel corso del 2019 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 stata superiore a quella calcolata presso la stazione di fondo suburbano (Orbassano) e di poco superiore a quella di Torino-Lingotto (stazione di fondo urbano), mentre è risultata inferiore a quella riscontrata in quella di traffico urbano (Torino-Consolata).

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

A conferma che il monossido di azoto 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, tutte le stazioni di misura presentano massimi nelle stesse ore del mattino e della sera (zona in giallo).

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 siano superiori rispetto alle stazioni di fondo (Torino-Lingotto e Orbassano) e analoghe quelle di Torino-Consolata.

Gli andamenti cambiano nelle ore successive quando le concentrazioni di Beinasco-TRM si situano tra quelle di Torino-Lingotto e Orbassano, risultando sensibilmente più basse alla stazione di traffico urbano di Torino-Consolata.

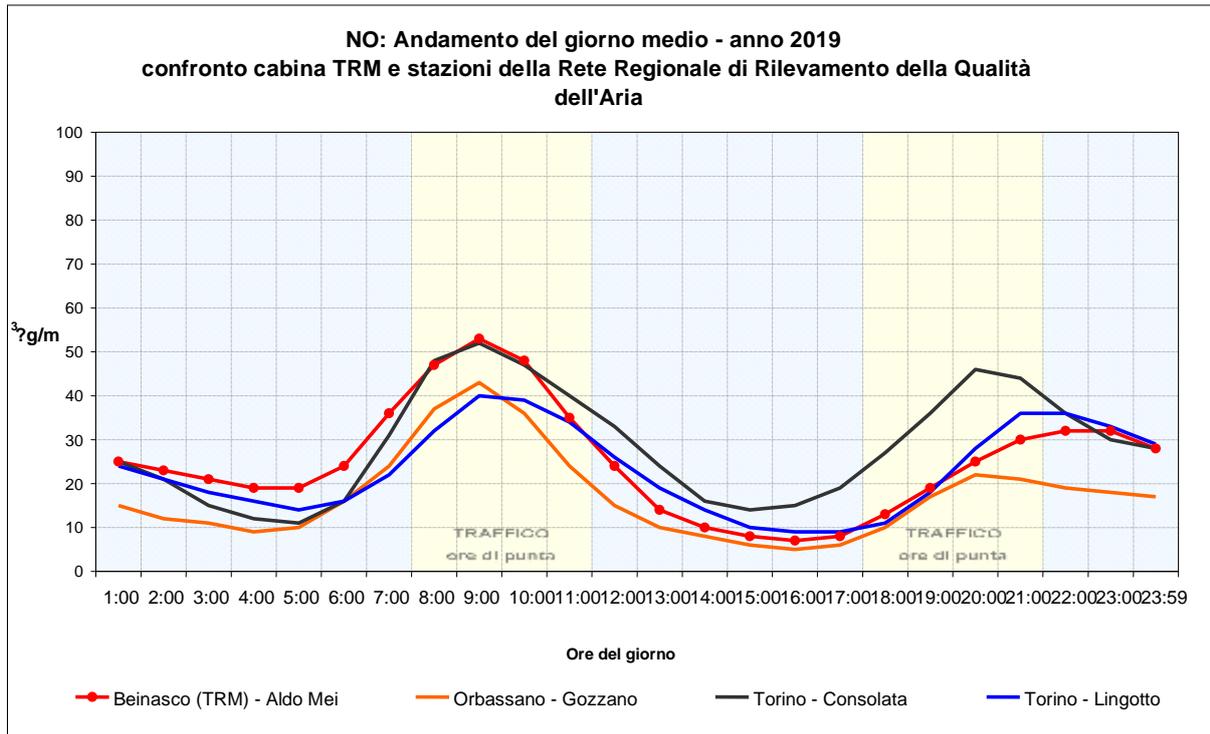


Figura 3: Monossido di azoto - andamento giornaliero medio

La formazione di biossido di azoto (NO₂) 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).

Il NO₂ è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia per sua rilevanza tossicologica, sia perché svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico poiché costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari piuttosto pericolosi.

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

Biossido di azoto	
NO₂ -Limite orario per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 1 ora	200 µg/m³ <i>da non superare più di 18 volte per anno civile</i>
NO₂ - Limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m³
NO₂ - Soglia di allarme per il biossido di azoto (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 3 ore	400 µg/m³ <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 tre stazioni presenti nella rete di rilevamento della qualità dell'aria piemontese.

Il limite annuale per la protezione della salute umana, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è stato superato sia nella stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei, dove la media è risultata di $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sia in quelle di confronto classificate di fondo urbano (Orbassano e Torino Lingotto con medie rispettivamente di 31 e $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$); questo limite è stato superato solo in quella di traffico urbano di Torino con una media di $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi 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, nel 2019, è stato registrato un unico superamento.

Tabella 2: Biossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2019

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	8734	8646	8594	7913
Percentuale ore valide	100%	99%	98%	90%
Giorni validi	365	360	359	328
Percentuale giorni validi	100%	99%	98%	90%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	56	57	85	62
Media dei massimi giornalieri	56	57	85	61
Media delle medie giornaliere	31	31	53	37
Media dei valori orari	31	31	53	37
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	1	0	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	1	0	0	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0	0	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0	0	0

Anche per il biossido di azoto, in Figura 4, si riporta il profilo del giorno medio. 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.

Dal confronto tra le stazioni si evince che il giorno medio calcolato per la stazione Beinasco (TRM) - Aldo Mei è inferiore all'andamento della stazione di Torino-Consolata classificata di traffico

urbano e molto simile al profilo determinato presso le stazioni di fondo di Orbassano e di Torino-Lingotto.

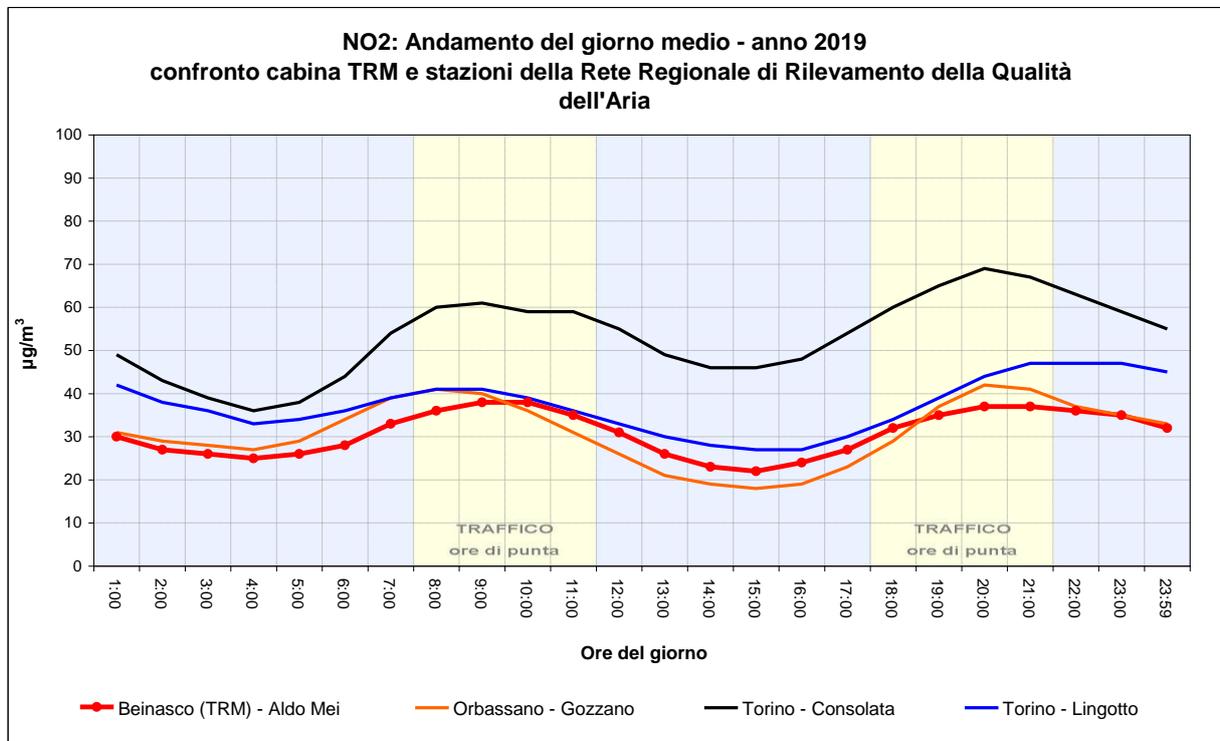


Figura 4: Biossido di azoto - andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)

In Figura 5 si riportano, invece, le medie annuali di Biossido di azoto registrate presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e presso altre stazioni del territorio della Città Metropolitana di Torino, da cui è possibile notare come l'indicatore normativo annuale sia rispettato presso i 3 siti di fondo (Vinovo, Orbassano, Torino-Lingotto) e presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei, mentre viene superato in quelle di traffico urbano (Collegno e Torino-Consolata).

Il valore di concentrazione media annuale di biossido di azoto misurato nella stazione di Beinasco-Aldo Mei nel 2019 ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultato inferiore rispetto a quello dei due anni precedenti, quando si sono registrati $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2017 e $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2018 (vedi Figura 6). Il medesimo trend in diminuzione si è verificato, tra le stazioni prese a confronto, solo a Collegno. Le altre quattro stazioni prese in esame nel grafico hanno registrato un leggero incremento delle medie rispetto al 2018 quando si sono verificate condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli ¹.

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2018 in Piemonte sono state considerevoli con circa 1400 mm medi sulla regione che posizionano il 2018 come il 5° anno più piovoso degli ultimi 61, con un surplus pluviometrico del 32% rispetto alla norma del periodo 1971 - 2000, decisamente all'opposto rispetto all'anno prima (-33% nel 2017).

Nel 2019 l'apporto delle precipitazioni totali annue è stato pari a 1295.5 mm, con un surplus di 245 mm (pari al 23%) portando il 2019 ad essere il nono anno più piovoso. Da metà ottobre a fine novembre, l'anomalia di precipitazione è passata da -25% a +20% grazie a due eventi pluviometrici intensi, tra cui spicca quello dei giorni 19-24 Ottobre 2019.

¹ Si veda "Uno sguardo all'aria – Anteprima 2019"

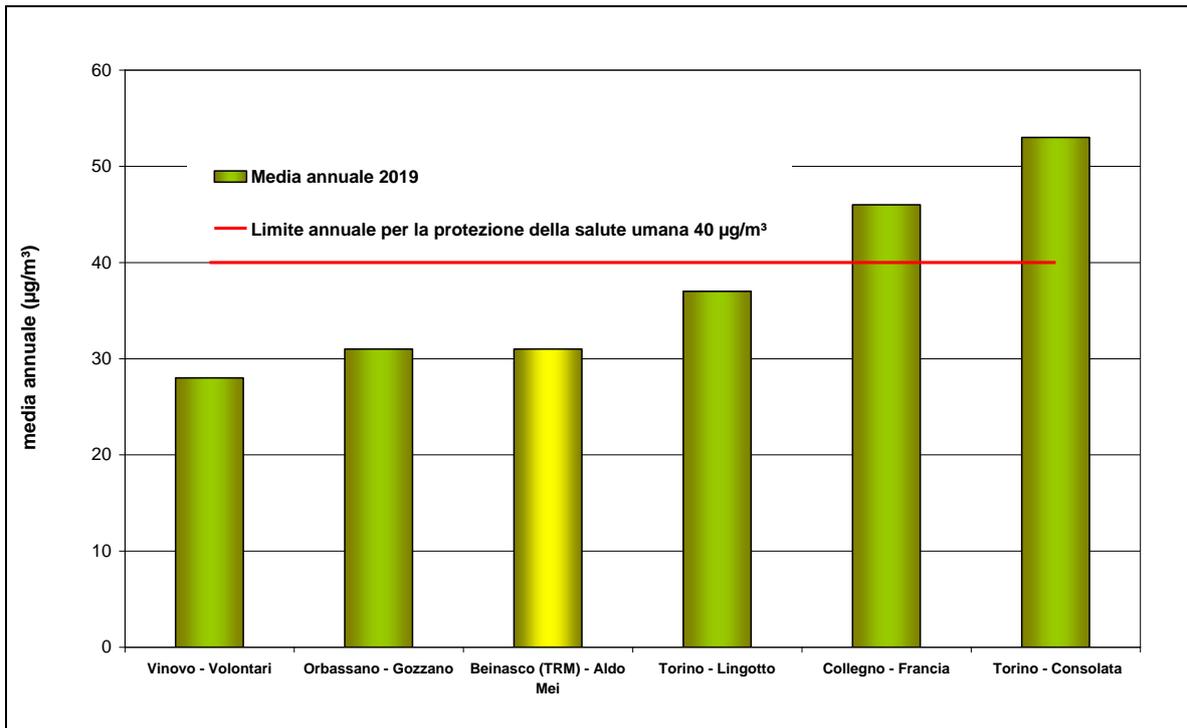


Figura 5: Biossido di azoto media annuale – 2019

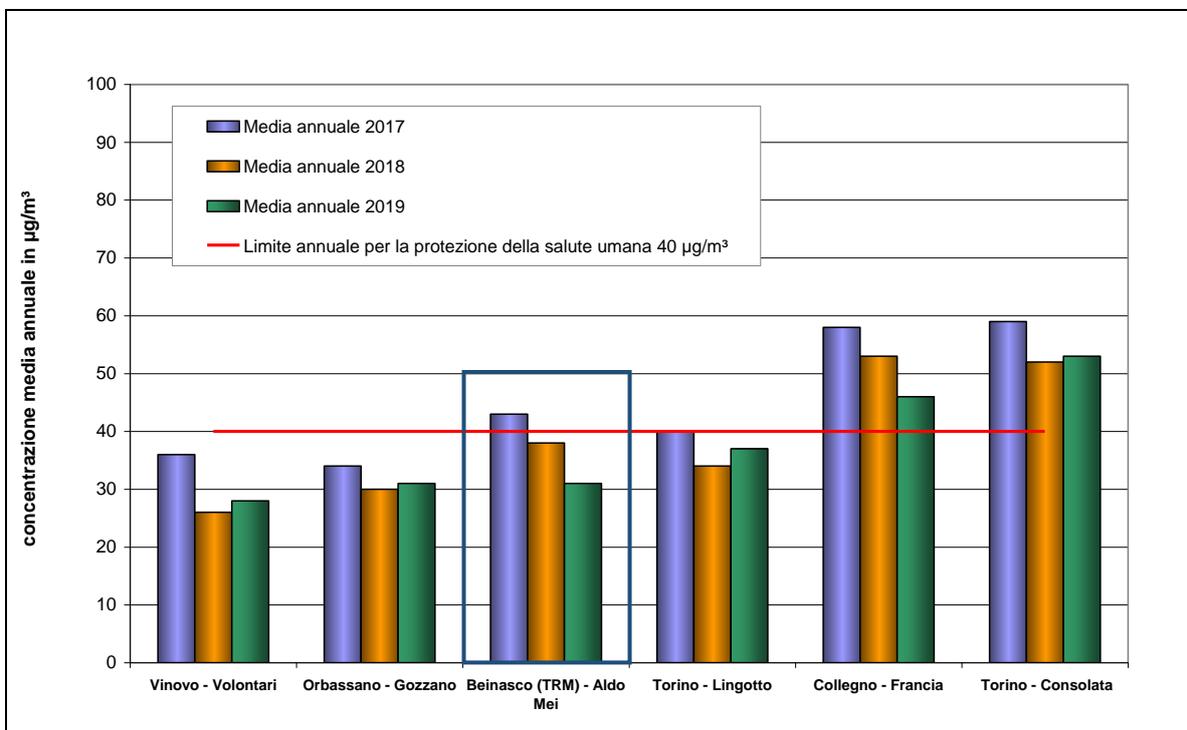


Figura 6: medie annuali - confronto 2017 - 2019

In Figura 7 si riporta il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti atmosferici², per il 2019, suddiviso per mesi e confrontanti con quelli del 2017 e del 2018; si osserva che durante il 2019 (totale di 96 giorni favorevoli all'accumulo) le condizioni meteo-climatiche sono state tali da avere un numero di giorni critici inferiori al 2017 e soprattutto al 2018 (rispettivamente 119 e 107 sul totale annuo).

A queste considerazioni generali fanno eccezione, tra i mesi più significativi, gennaio e febbraio, nei quali nell'anno 2019 si sono verificate più giornate critiche che nel 2017 e nel 2018.

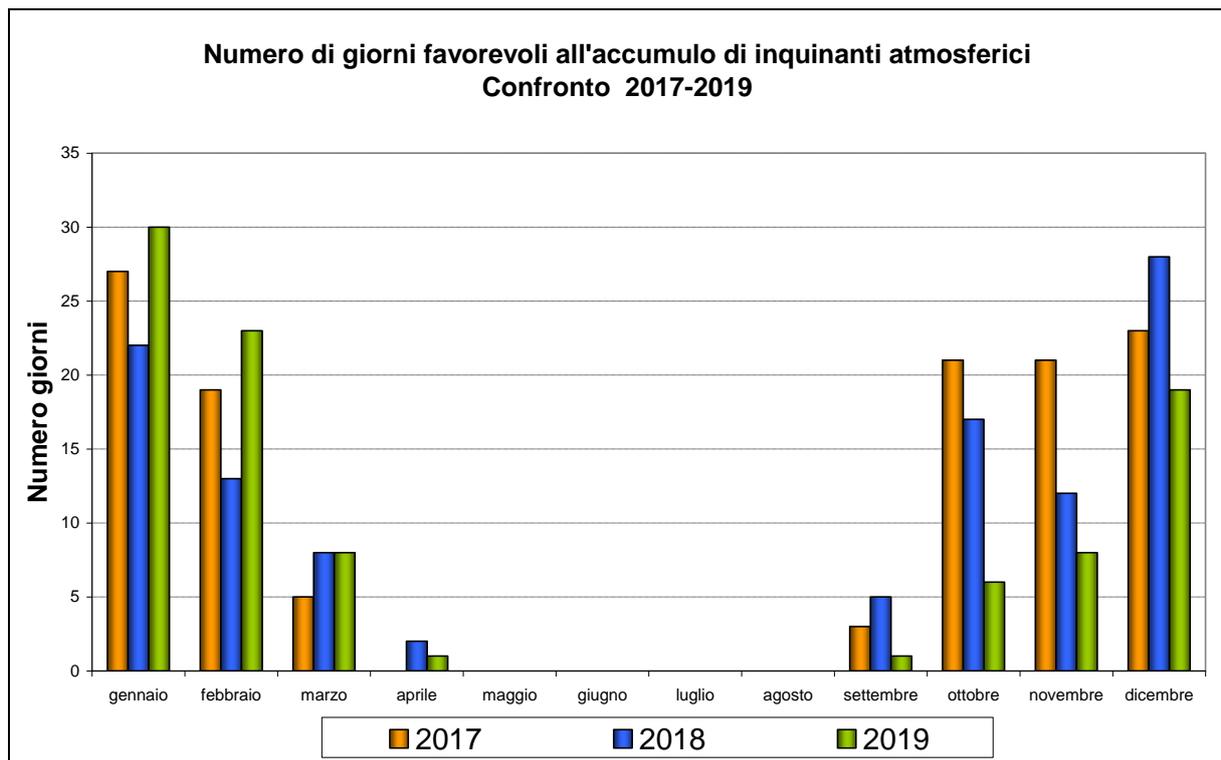


Figura 7: Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici

² Questo indice viene calcolato al termine di ogni anno dal Dipartimento "Rischi naturali ed ambientali" di Arpa Piemonte e pubblicata 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>

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 essere formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana.

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 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, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare 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 (PM2,5).

Le dimensioni del particolato sono importanti poiché ad esse è legato il conseguente rischio sanitario di questo tipo di inquinamento. 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:

PM10	
PM10 - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	
media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM10 - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Per la misurazione dei livelli di PM10 è stato utilizzato un misuratore a raggi beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), un 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 PM2,5.

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

La situazione è differente se si considera il limite massimo di superamenti consentiti (vedi Tabella 3): questo è stato superato presso tutti i siti 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 previsti dalla normativa.

Il numero di superamenti registrati presso la stazione di Beinasco – TRM è confrontabile con quello rilevato sia presso la stazione di fondo urbano della città di Torino sia presso la stazione di traffico che si trova all'interno della zona ZTL del capoluogo.

Tabella 3: PM10 - Indicatori statistici anno 2019

PM10 (valori di concentrazioni espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento - La Mandria	Settimo T. - Vivaldi	Torino- Consolata	Torino- Lingotto	Torino- Grassi
Minima media giornaliera	3	5	5	5	5	6
Massima media giornaliera	93	93	117	100	91	127
Media delle medie giornaliere	27	19	34	28	27	38
Giorni validi	355	355	353	351	350	356
Percentuale giorni validi	97%	97%	97%	96%	96%	98%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	49	10	63	45	48	83

Il particolato presenta un tipico trend stagionale con livelli di concentrazione maggiori nelle stagioni più fredde rispetto a primavera-estate vedi Figura 8.

Questo è dovuto oltre 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 schiaccia 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.

Nel mese di maggio e di novembre le medie registrate risultano inferiori all'atteso a causa delle condizioni meteorologiche sfavorevoli all'accumulo degli inquinanti in atmosfera, tra questi i numerosi episodi piovosi che si sono registrati soprattutto durante il mese di novembre, durante il quale sono caduti 269 mm di pioggia, quasi un quarto della pioggia caduta nel corso dell'intero 2019 (vedi Figura 8).

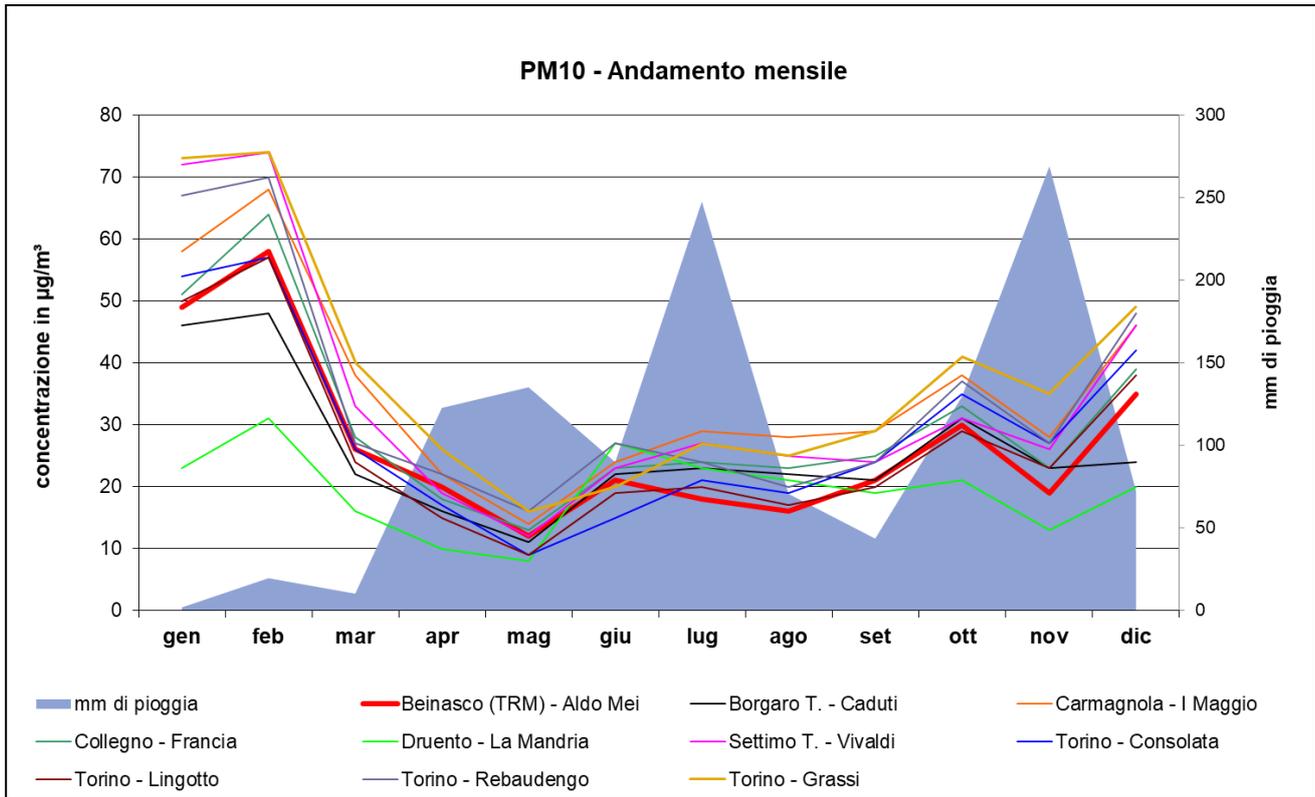


Figura 8: PM10 - Media mensile anno 2019

In Figura 9 si riporta il profilo orario del PM10 registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontato con i valori minimi e massimi registrati nella Città Metropolitana nel corso del 2019.

Il profilo orario 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 maggiori della media ma comunque inferiori ai massimi registrati.

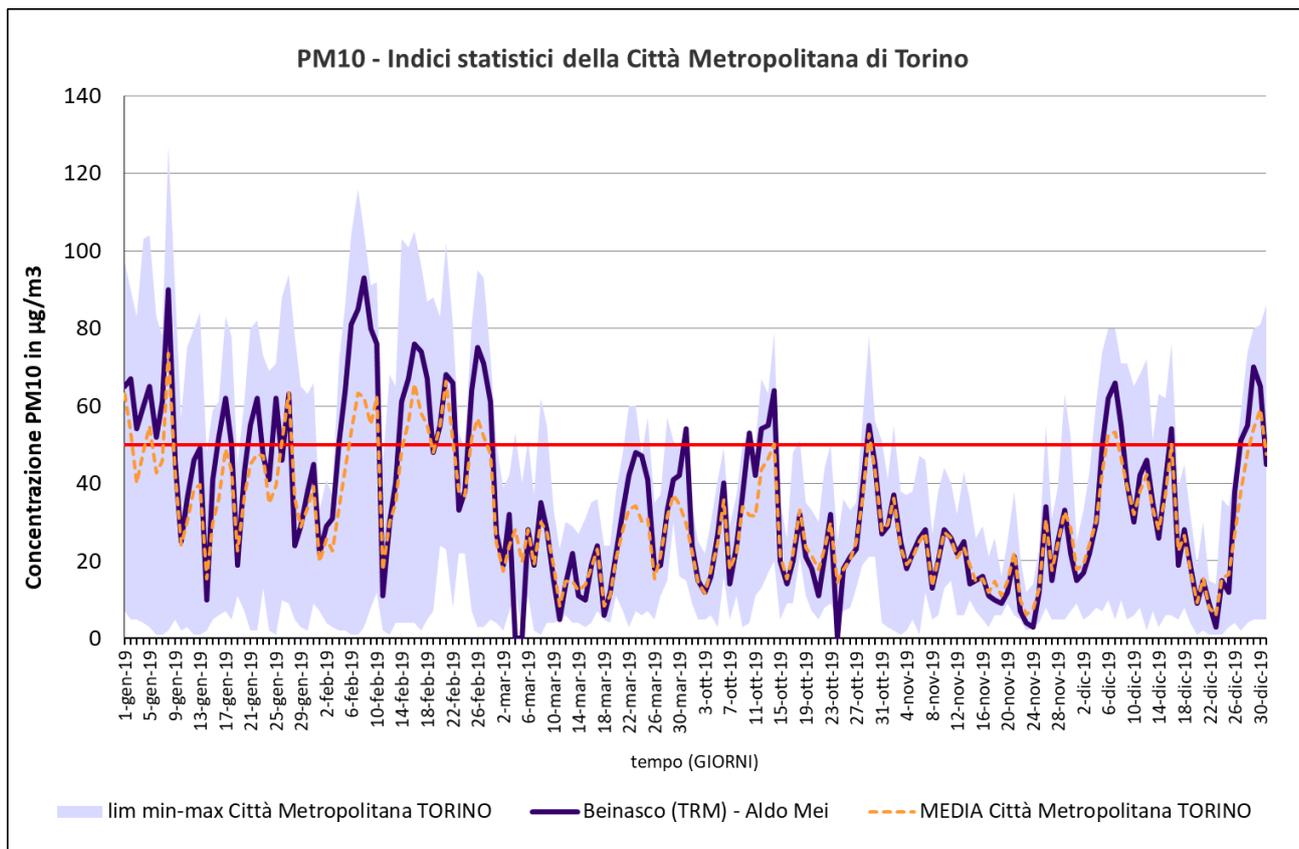


Figura 9: PM10 – Indici statistici anno 2019

Nella Figura 10 sono state messe a confronto le medie annuali di PM10 misurate presso la stazione Beinasco (TRM) - Aldo Mei, evidenziata in azzurro, e 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, compresa la stazione di traffico urbano del capoluogo Torino - Grassi.

Nella Figura 11, invece, si riportano i superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 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 è stato superato presso tutte le stazioni tranne presso la stazione rurale di Druento – La Mandria.

Complessivamente, dalle Figura 10 e Figura 11, si evince che i livelli di concentrazione di PM10 rilevati presso la stazione TRM sono confrontabili con quelli dei siti di fondo urbano e del sito di traffico urbano posto all'interno della zona ZTL della Città di Torino.

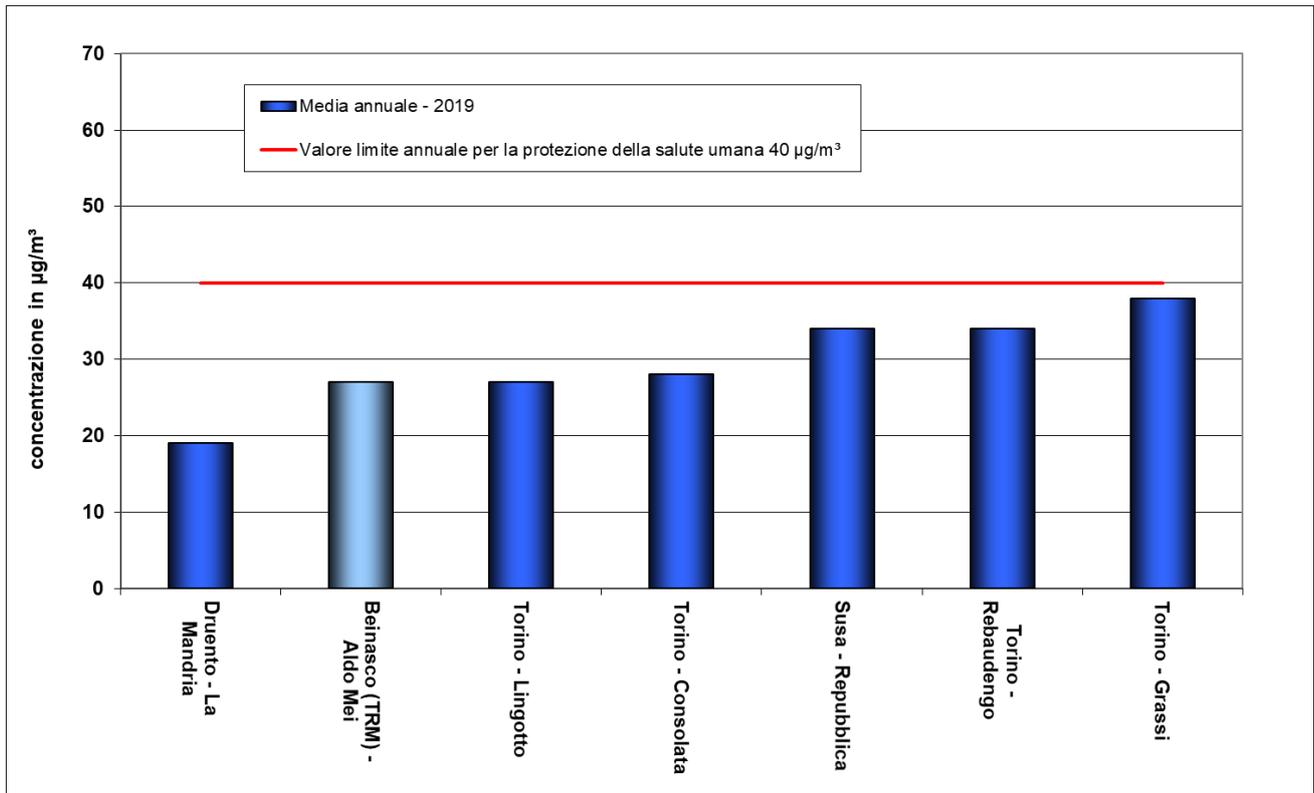


Figura 10: PM10 - Media annuale

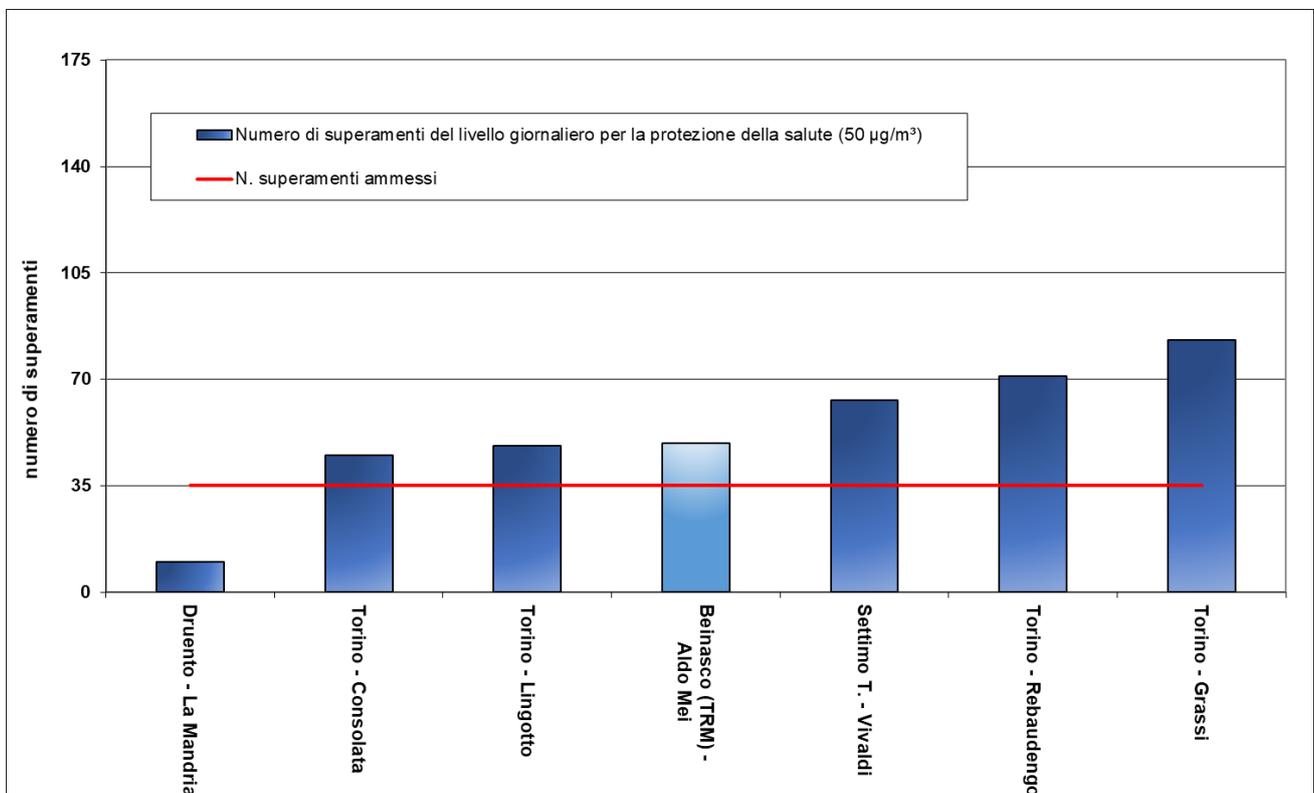


Figura 11: PM10 - Numero di superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana

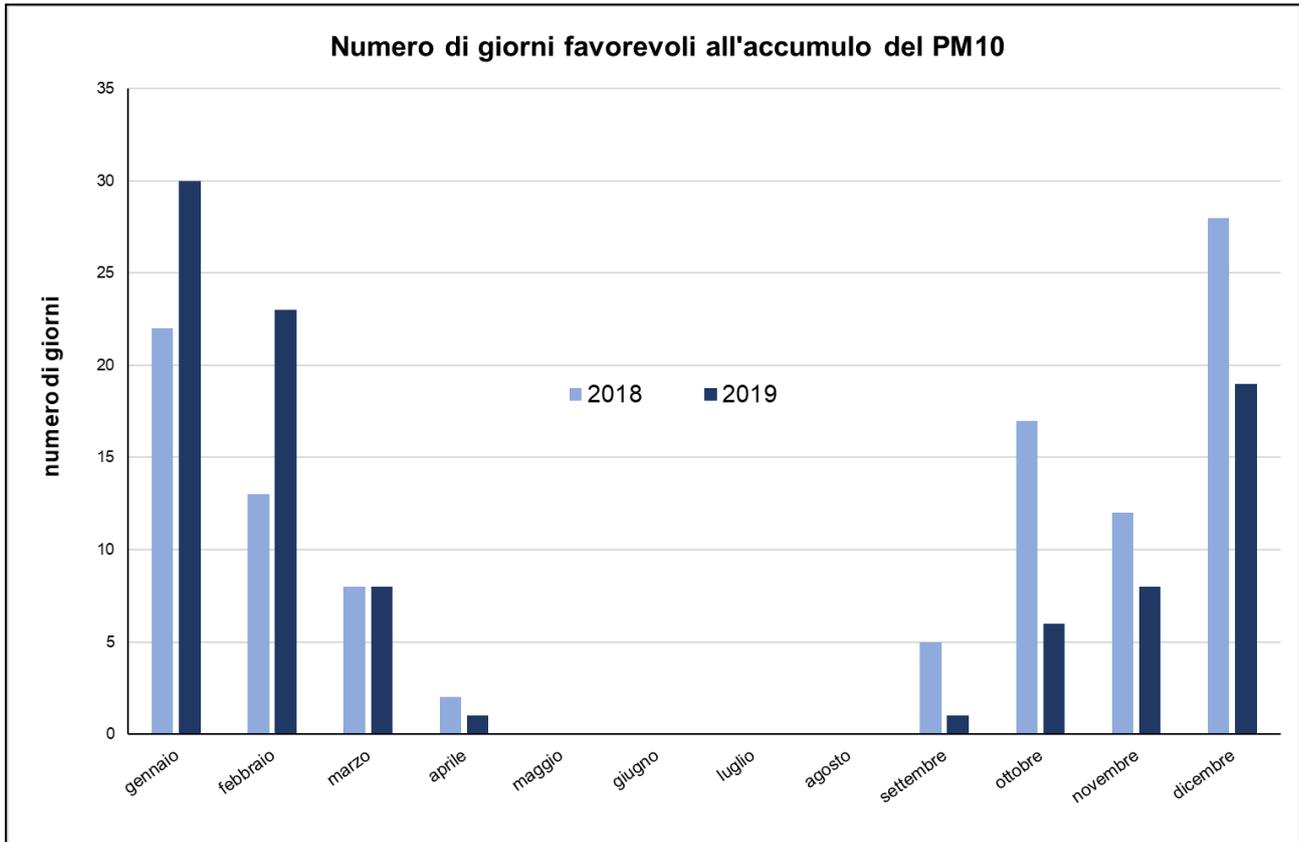


Figura 12: Numero di giorni favorevoli all'accumulo del PM10 – confronto 2018-2019

In generale nel corso del 2019 si è registrato un leggero miglioramento dei livelli di inquinamento rispetto all'anno precedente, in particolare per il PM10 misurato presso la stazione di Beinasco – TRM si passa da una media annuale di 28 a 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera giocano un ruolo importante sull'accumulo degli inquinanti al suolo; in Figura 12 si riporta il numero di giorni favorevoli all'accumulo del PM10 confrontando il 2018 e il 2019 da cui si evince che, se nella prima parte dell'anno il 2019 risultava più critico, nell'ultimo trimestre il numero di giorni favorevole all'accumulo degli inquinanti è decisamente inferiore rispetto all'anno precedente.

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/m³

Per la misurazione dei livelli di PM_{2,5} è stato utilizzato un misuratore a Raggi Beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), un 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 e messa a confronto con quelli relativi ad altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria torinese.

Non è stato possibile fare un confronto con una stazione di fondo di tipo rurale come avvenuto con Druento nel caso del PM₁₀, in quanto il PM_{2,5} non viene monitorato in nessuna stazione con tali caratteristiche nell'area scelta come riferimento.

Tabella 4: PM_{2.5} - Indicatori statistici anno 2019

PM _{2.5} (valori di concentrazione espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Borgaro T. - Caduti	Torino - Lingotto	Torino - Rebaudengo	Settimo T. - Vivaldi
Minima media giornaliera	1	5	5	1	5
Massima media giornaliera	82	72	73	89	89
Media delle medie giornaliere	20	19	19	25	22
Giorni validi	354	359	342	309	355
Percentuale giorni validi	97%	98%	94%	85%	97%

In Figura 13 si riportano i profili mensili registrati nel 2019 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 altre stazioni considerate; nei primi mesi dell'anno i livelli misurati sono più bassi delle stazioni di traffico urbano ma più elevate rispetto alle stazioni classificate di fondo urbano.

Come per il PM₁₀ anche per il PM_{2,5} la media annuale diminuisce sensibilmente dal 2018 al 2019 (passando da 21 a 20 µg/m³).

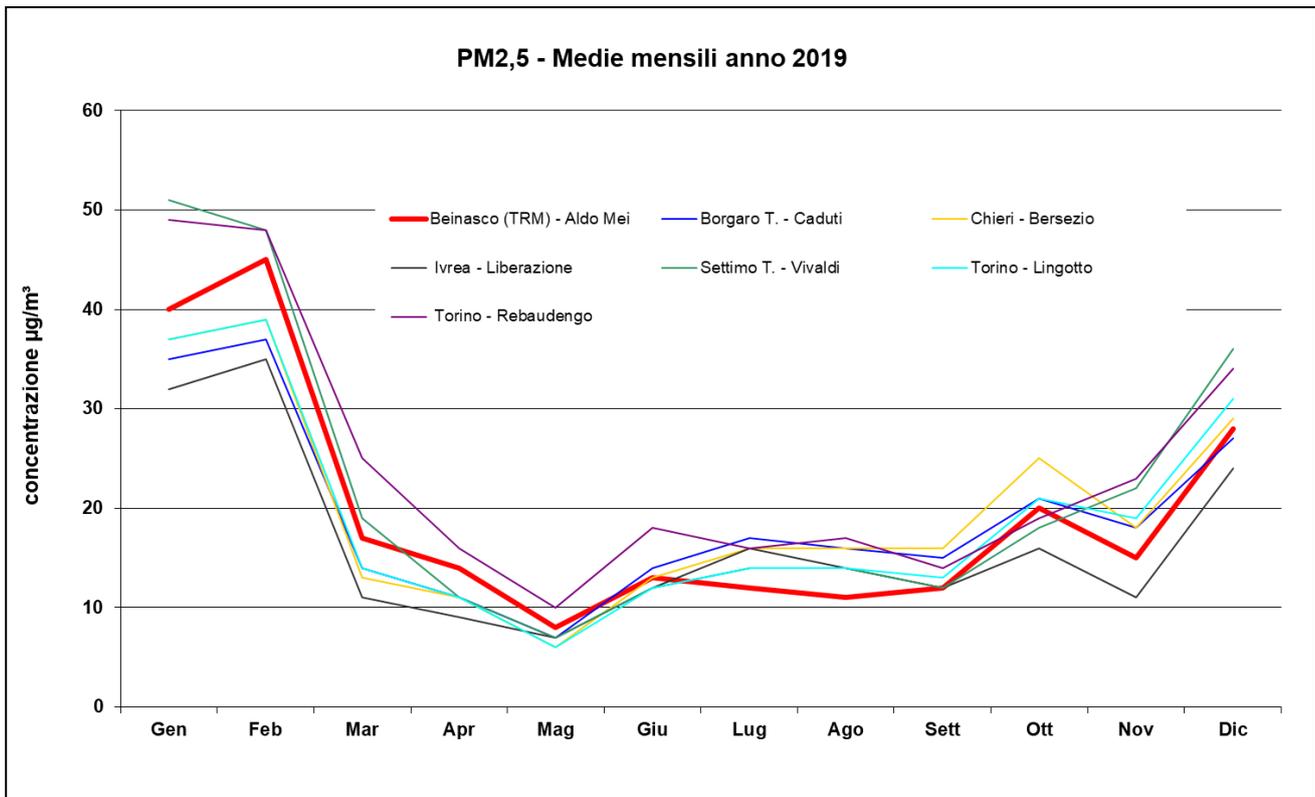


Figura 13: PM2.5 - Confronto medie mensili (TRM evidenziata in rosso)

Il valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana, tra le stazioni prese in considerazione, è stato raggiunto solo presso la stazione di traffico del capoluogo Torino - Rebaudengo.

In Figura 14 si riporta, come per il PM10, il profilo orario del PM2,5 registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontandolo con i valori minimi e massimi registrati nella città metropolitana nel corso del 2019.

Il profilo orario presso la stazione di Beinasco risulta prossimo al profilo dei valori massimi nella città metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi in cui i valori risultano prossimi ai valori medi registrati.

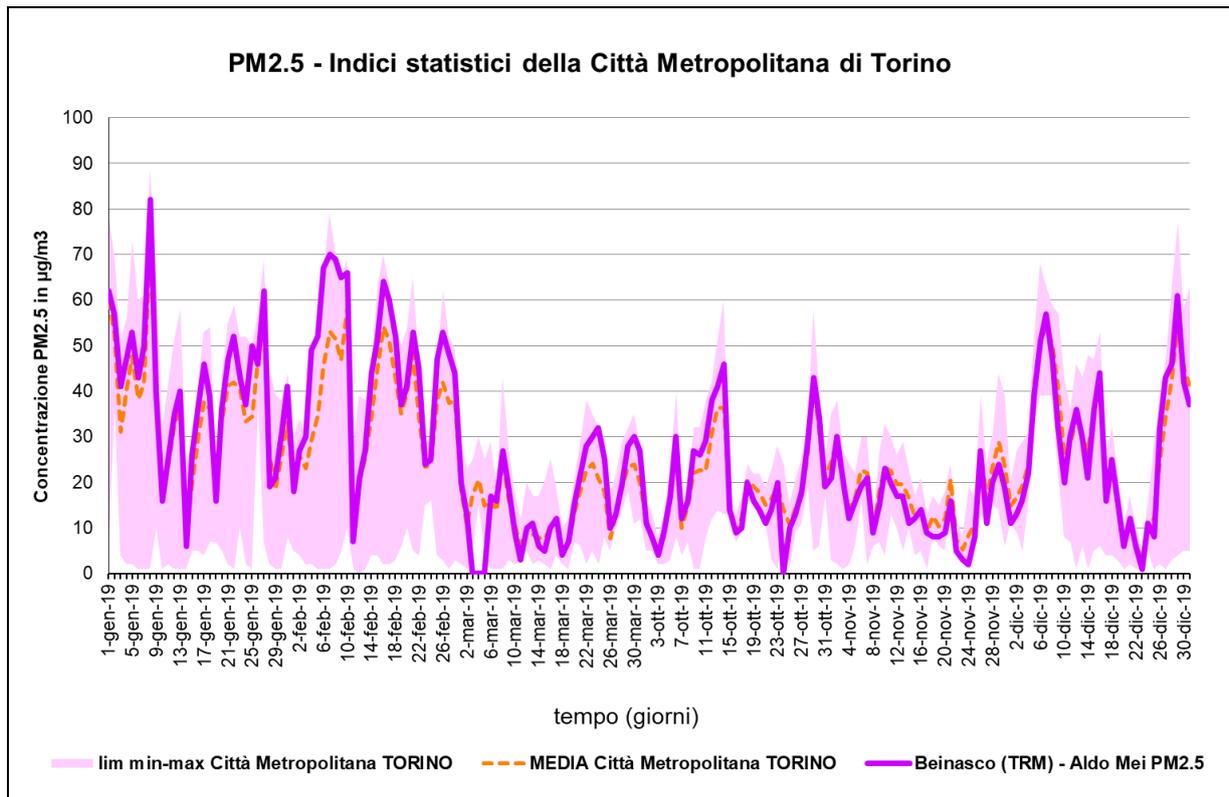


Figura 14: PM2.5 – Indici statistici anno 2019

Benzene e toluene

Il benzene (C₆H₆) 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 nelle benzine. Per questo suo impiego, il benzene rappresenta un inquinante da traffico perché viene emesso in aria ambiente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina.

I valori di benzene rilevati nel corso del 2019 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 Rubino, stazione urbana di fondo
- Torino Consolata, stazione urbana di traffico

Per la stazione di Beinasco la percentuale dei giorni validi è inferiore all'88% a causa di frequenti anomalie strumentali che hanno interessato l'analizzatore BTX nel periodo giugno-ottobre.

Pertanto, nelle valutazioni che verranno effettuate in questo paragrafo andrà sempre tenuto in considerazione questo fattore che molto probabilmente ha determinato una sottostima dei reali valori di concentrazione.

Come riportato in Tabella 5, la concentrazione media registrata dalla centralina TRM nel 2019 è $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$; è uguale a quanto rilevato presso le stazioni di Vinovo e Torino-Rubino, e inferiore alla concentrazione misurata presso la stazione di traffico di Torino-Consolata ($1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La concentrazione di benzene media annuale misurata nel corso del 2019 presso la stazione TRM di Beinasco rispetta ampiamente il limite normativo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D.Lgs. n°155/2010 (Allegato XI)

Tabella 5 - Benzene: Indicatori statistici anno 2019

BENZENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TRM	VINOVO	TO - RUBINO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7568	8175	8454	8249
Percentuale ore valide:	86%	93%	97%	94%
Giorni validi:	321	348	349	349
Percentuale giorni validi:	88%	95%	96%	96%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri ^(a) :	2.1	1.8	1.8	2.1
Media dei massimi giornalieri ^(b) :	1.9	1.8	1.7	2.1
Media delle medie giornaliere ^(c) :	1	1	1	1.2
<u>Media dei valori orari:</u>	1	1	1	1.2

(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

Confrontando gli andamenti del giorno medio (Figura 15), le concentrazioni medie orarie rilevate a Beinasco TRM presentano valori che non si discostano di molto da quelli misurati presso le stazioni di Vinovo (entrambe stazioni suburbane di fondo) e di Torino-Rubino e mostrano un picco mattutino compreso tra le h 9 e le 11, con un calo significativo delle concentrazioni di benzene nelle ore pomeridiane.

L'andamento è leggermente diverso rispetto a quello riscontrato presso la stazione urbana di traffico di Torino Consolata utilizzata nel confronto, ad eccezione delle prime ore notturne. Infatti, i valori di TRM risultano sensibilmente inferiori rispetto a questa stazione soprattutto nel picco mattutino e nelle ore più calde della giornata. Inoltre, a differenza di Torino Consolata, presso la stazione di TRM non si riscontra il picco serale di concentrazione dovuto al traffico veicolare.

BENZENE - GIORNO MEDIO: confronto stazione TRM Beinasco con altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Anno 2019

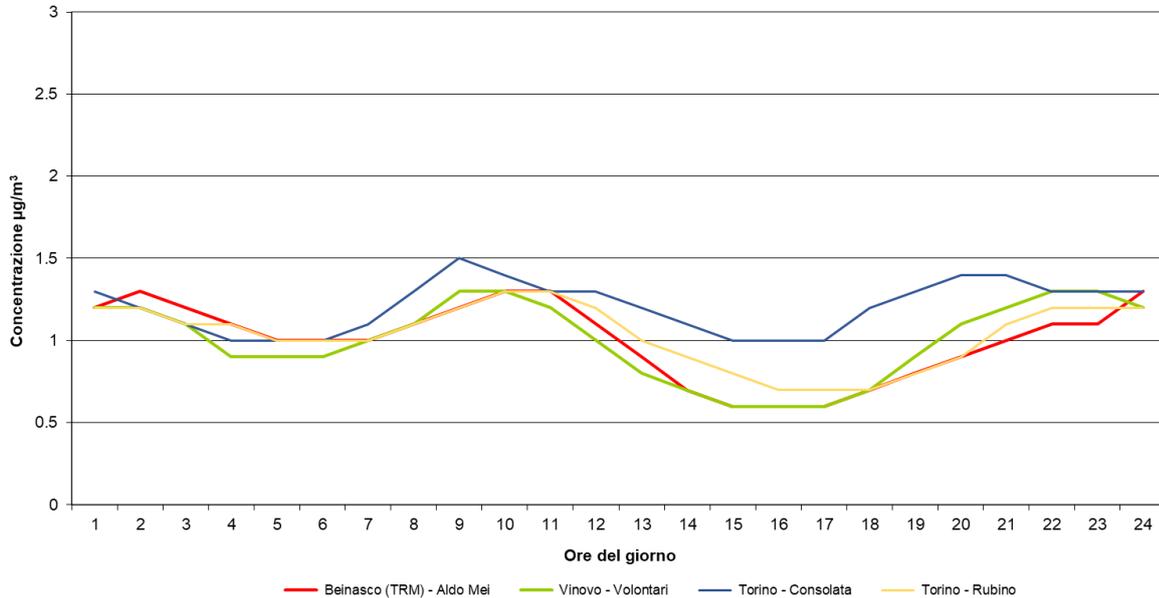


Figura 15 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Benzene (giorno medio)

Il toluene è un composto organico aromatico che viene usato come sostituto del benzene perché possiede proprietà chimico-fisiche molto simili, ma è meno tossico del benzene e non ha effetti mutageni. Viene utilizzato anche come antidetonante nelle benzine.

La normativa italiana non prevede un valore limite per questa sostanza, ma l'Organizzazione Mondiale della Sanità individua per alcuni inquinanti dei "valori guida di qualità dell'aria" che indicano i "livelli di concentrazione nell'aria degli inquinanti, associati a tempi di esposizione, al di sotto dei quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili". Per il toluene le linee guida dell'OMS indicano un valore di concentrazione medio settimanale di 260 µg/m³.

Dal momento che l'analizzatore utilizzato per monitorare il toluene è lo stesso del benzene, anche per il toluene, la percentuale di giorni validi per il 2019 è inferiore al 90%, pertanto i valori di concentrazione potrebbero presentare una leggera sottostima.

Le concentrazioni medie di toluene riscontrate presso la centralina TRM di Beinasco sono inferiori alle concentrazioni medie misurate presso la stazione suburbana di fondo di Vinovo e presso la stazione di traffico urbano di Torino Consolata (Tabella 6)

Tabella 6 - Toluene: Indicatori statistici anno 2019

TOLUENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TRM	VINOVO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7459	8026	8279
Percentuale ore valide:	85%	92%	95%
Giorni validi:	317	343	352
Percentuale giorni validi:	87%	94%	96%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri ^(a) :	8.8	10.3	10.0
Media dei massimi giornalieri ^(b) :	8.7	10.2	10.1
Media delle medie giornaliere ^(c) :	3.9	4.5	5.5
Media dei valori orari:	3.9	4.5	5.5

(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

In Figura 16 è mostrato l'andamento del giorno medio delle concentrazioni di toluene delle tre stazioni utilizzate per il confronto.

I valori di concentrazione medi orari registrati presso la stazione di TRM sono inferiori ai valori di Vinovo e Torino Consolata. Dall'andamento delle concentrazioni nel corso della giornata si osserva per la centralina di Beinasco un picco di concentrazione mattutino appena accennato, se confrontato a quello misurato nelle altre stazioni di confronto, e l'assenza del picco serale, caratteristico delle ore di maggiore traffico veicolare. Durante le ore notturne i valori di concentrazione rimangono pressoché costanti, mentre nelle ore pomeridiane i valori di concentrazione diminuiscono in modo piuttosto significativo.

Come evidenziato nel grafico, le concentrazioni rilevate presso la stazione TRM sono nettamente inferiori alle concentrazioni di Torino Consolata, ad esclusione delle ore notturne durante le quali i valori di concentrazione sono molto simili tra le stazioni di fondo suburbano e la stazione urbana di traffico.

Dalle osservazioni fatte, sembrerebbe che la stazione TRM non risenta particolarmente degli inquinanti emessi dal traffico veicolare della vicina tangenziale.

TOLUENE - GIORNO MEDIO: confronto stazione TRM Beinasco con altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Anno 2019

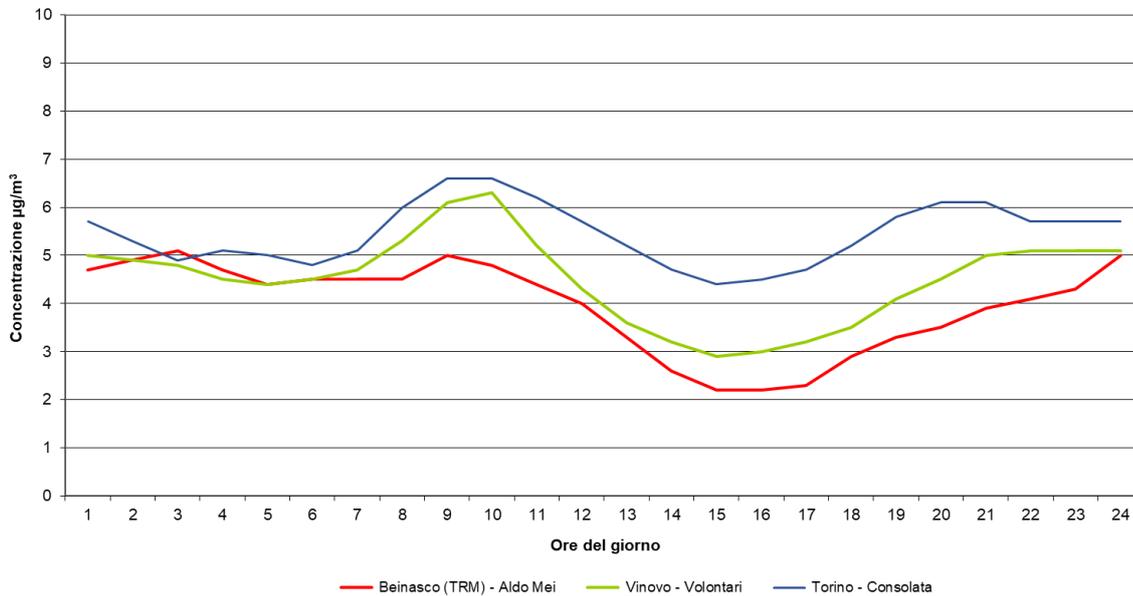


Figura 16 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Toluene (giorno medio)

Analizzando i dati del benzene e del toluene rilevati a TRM si evince (Figura 17) che i due inquinanti presentano un andamento giornaliero molto simile che evidenzia quanto già riportato in commento alla Figura 15 e alla Figura 16, ovvero che i valori di concentrazione più elevati si riscontrano in corrispondenza del maggiore traffico mattutino, mentre i minimi valori di concentrazione nel pomeriggio, in corrispondenza delle ore più calde della giornata.

BENZENE e TOLUENE - GIORNO MEDIO stazione TRM Beinasco - Anno 2019

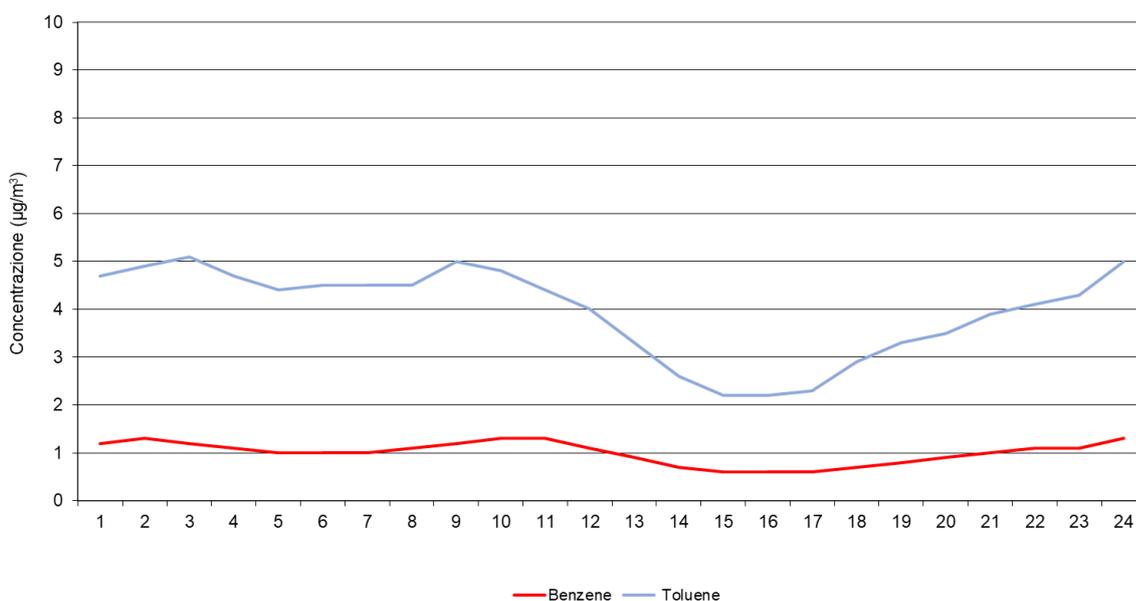


Figura 17 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di benzene e toluene (giorno medio)

Anche i valori di concentrazione media mensile dei due inquinanti mostrano un andamento molto simile, come evidenziato in Figura 18. Le concentrazioni maggiori sono state misurate in autunno e in inverno quando le condizioni di stabilità atmosferica favoriscono l'accumulo di inquinanti negli strati bassi della troposfera. Per contro, le minori concentrazioni medie mensili sono state rilevate durante i mesi primaverili ed estivi, quando le condizioni meteorologiche agevolano la dispersione degli inquinanti.

BENZENE e TOLUENE - MEDIA MENSILE stazione TRM Beinasco - Anno 2019

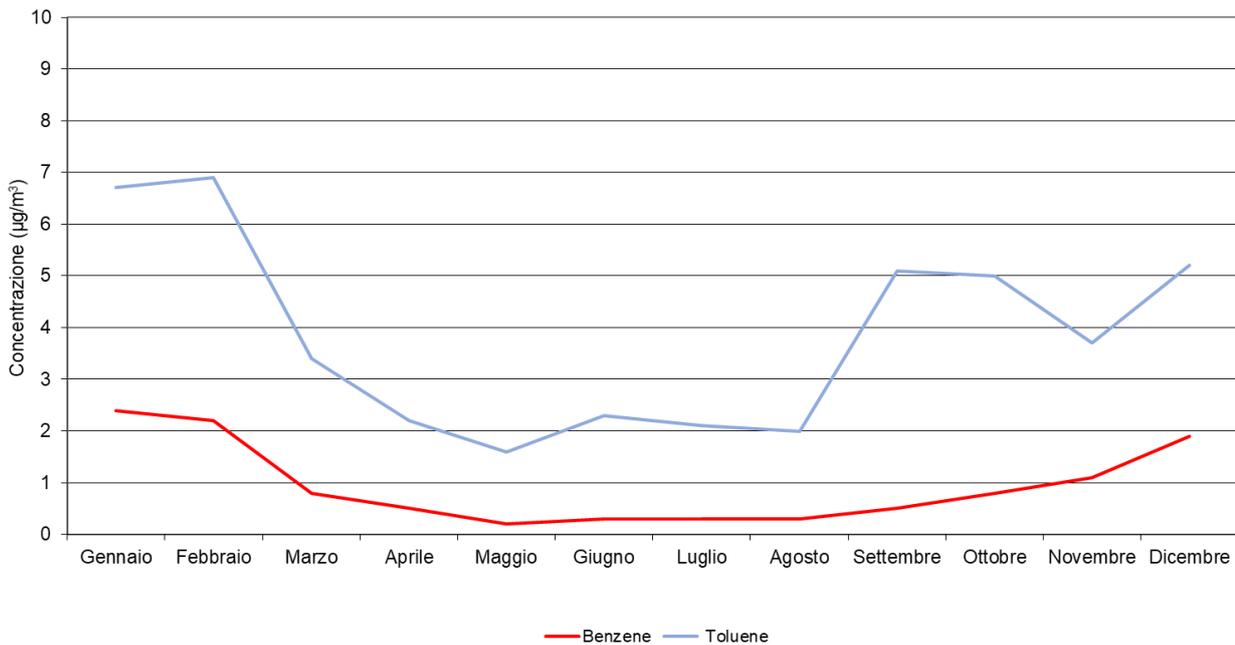


Figura 18 - Andamento medio delle concentrazioni mensili di benzene e toluene

La concentrazione media annuale del benzene nel 2019 presenta lo stesso valore registrato nel 2018, mentre per il toluene sono stati misurati valori leggermente più elevati.

In generale, rispetto all'anno 2014 che rappresenta il primo anno della serie storica rappresentata in Figura 19, per entrambi gli inquinanti è stata riscontrata una diminuzione dei valori di concentrazione media annuale.

Benzene e Toluene concentrazioni medie annuali TRM Beinasco

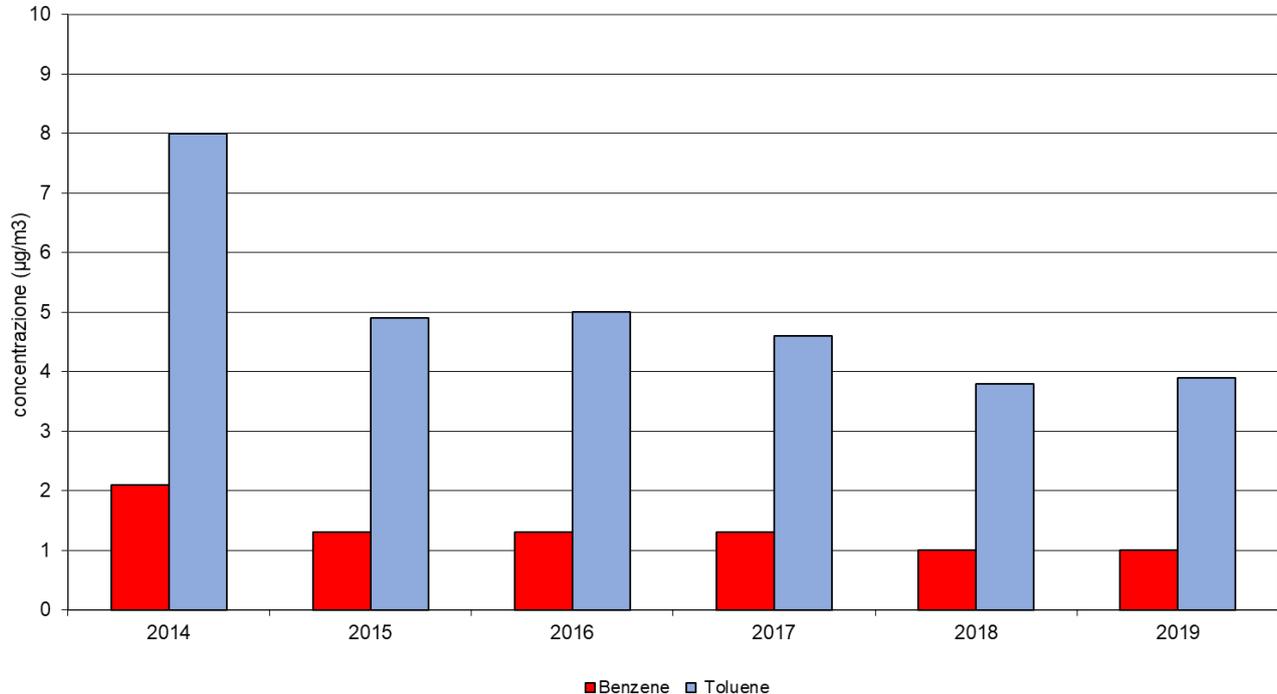


Figura 19 – Andamento concentrazioni medie annuali del benzene e del toluene della stazione TRM di Beinasco – Anni 2014 - 2019

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, noti come IPA, sono composti chimici formati da due o più anelli aromatici che derivano prevalentemente dalla combustione incompleta della biomassa e dei combustibili fossili nella produzione di energia.

Gli IPA sono presenti nell'atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e la loro concentrazione negli ultimi anni è diminuita per l'utilizzo dei convertitori catalitici sui veicoli, l'introduzione di moderne tecnologie di riduzione delle emissioni industriali, la chiusura/delocalizzazione delle grandi industrie manifatturiere presenti sul territorio e l'utilizzo di fonti energetiche a minore impatto ambientale.

Tuttavia, la diffusione della combustione di 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. Infatti, la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido³

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, specialmente quelli con 5 o più anelli, in quanto vengono adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro

³ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-32 tab 8.2b

aerodinamico inferiore a 2,5 μm (PM_{2,5}), ossia la frazione che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti.

Il componente più studiato è il benzo(a)pirene (BaP), in quanto è quello che presenta maggiore tossicità. L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁴ classifica il BaP nel *gruppo 1* come "cancerogeno per l'uomo". il dibenzo(a,h)antracene nel *gruppo 2A* come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel *gruppo 2B* come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) prevede per gli IPA determinati nella frazione PM₁₀ del particolato atmosferico un valore limite di concentrazione esclusivamente per il benzo(a)pirene di 1 ng/m³, calcolato come media annuale. Il BaP viene utilizzato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA, essendo il composto più tossico.

La metodologia utilizzata per la determinazione degli IPA prevede che, al termine di ogni mese, venga prelevata tramite fustellazione una piccola porzione di ogni filtro giornaliero, in modo da ottenere un campione detto "medio composito" sul quale si effettua la determinazione degli IPA, la cui concentrazione viene espressa come media mensile.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2019 per i vari IPA (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene) nel PM₁₀ campionato presso la stazione di TRM di Beinasco – Aldo Mei e confrontati con i dati rilevati in altre stazioni fisse della rete provinciale di Arpa.

Per il 2019 i valori di concentrazione degli IPA misurati nelle stazioni considerate sono rappresentativi della media annuale, dal momento che la percentuale di ore valide è superiore al 90%.

Tabella 7 - Benzo(a)Pirene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2019

Benzo(a)pirene sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	0.5	0.2	0.4	0.7	0.5	0.8
Giorni validi:	350	355	351	356	350	352
Percentuale giorni validi:	96%	97%	96%	98%	96%	96%

Tabella 8 - Benzo(a)Antracene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2019

Benzo(a)antracene sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	0.5	0.15	0.4	0.66	0.46	0.87
Giorni validi:	350	355	351	328	350	352
Percentuale giorni validi:	96%	97%	96%	90%	96%	96%

⁴ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Tabella 9 - Benzo(b+j+k)Fluorantene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2019

Benzo(b+j+k)fluorantene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	1.26	0.7	1.03	1.34	1.26	1.78
Giorni validi:	350	355	351	328	350	352
Percentuale giorni validi:	96%	97%	96%	90%	96%	96%

Tabella 10 - Indeno(1,2,3-cd)Pirene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2019

Indeno(1,2,3-cd)pirene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	0.62	0.32	0.55	0.65	0.62	0.84
Giorni validi:	350	355	351	328	350	352
Percentuale giorni validi:	96%	97%	96%	90%	96%	96%

Per il periodo considerato, le concentrazioni degli IPA analizzati presso la stazione di Beinasco TRM risultano in linea a quelli osservati presso tutte le altre stazioni urbane di Torino utilizzate per il confronto. In particolare, le concentrazioni rilevate nella stazione di TRM sono praticamente uguali a quelle rilevate presso la stazione Arpa di fondo urbano di Torino Lingotto.

Analizzando l'andamento mensile degli IPA determinati sui campioni di PM10 prelevati presso la stazione di Beinasco – TRM si osserva che nel corso del 2019, i mesi in cui si sono avute maggiori concentrazioni di questi inquinanti sono stati gennaio, febbraio e dicembre (Figura 20). Questa situazione è dovuta alle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica che nei mesi più freddi favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera.

Nel mese di novembre, invece, sono stati riscontrati valori piuttosto contenuti di IPA rispetto a quanto si osserva generalmente in questo mese a causa dei numerosi episodi piovosi, che hanno determinato per questo mese il 50% delle precipitazioni cadute nel corso dell'autunno 2019.

IPA nel PM10 stazione TRM Beinasco, andamento mensile - Anno 2019

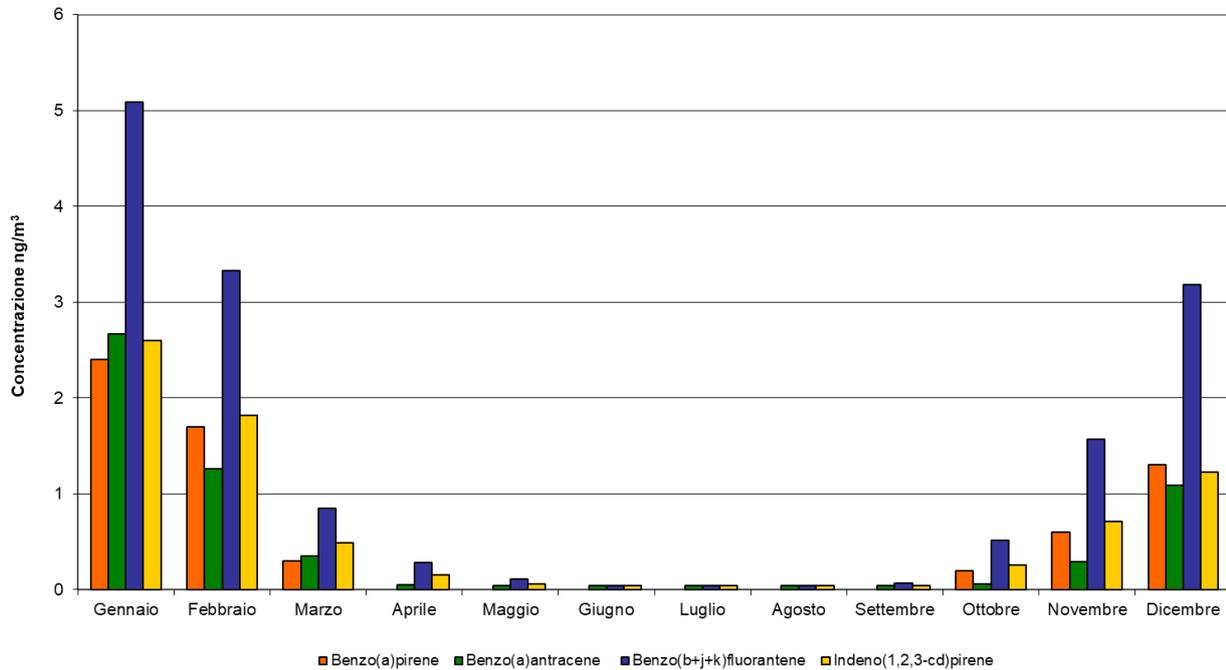


Figura 20 – Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco – Aldo Mei nel 2019

L'andamento delle concentrazioni medie annuali degli IPA rilevati sulla frazione PM10 della stazione di TRM e delle altre stazioni di confronto, evidenzia per il 2019 una diminuzione delle concentrazioni di queste sostanze in atmosfera rispetto al periodo 2015 - 2017, sia nella stazione urbana di traffico (Torino Rebaudengo) sia nella stazione rurale di fondo (Druento), nonché nella stazione urbana di fondo (Torino Lingotto), come mostrato in figura 21

Questa inversione di tendenza rispetto agli anni precedenti è molto probabilmente dovuta alle condizioni meteo climatiche che hanno determinato una situazione più favorevole alla dispersione di questi inquinanti.

Tuttavia, confrontando i dati del 2019 con quelli del 2018, si evidenzia un incremento delle concentrazioni misurate presso le stazioni di Torino – Rebaudengo, Beinasco TRM e Torino Lingotto; le concentrazioni degli IPA rilevati a Beinasco TRM sono praticamente uguali a quelle rilevate presso la stazione di Torino Lingotto.

Per la stazione di Beinasco TRM l'incremento dei valori totali di concentrazione ha riguardato tutti gli IPA analizzati. In particolare, nel 2019, i valori di benzo(a)antracene e indeno(1,2,3-cd)pirene presentano valori raddoppiati rispetto all'anno precedente.

IPA TOTALI - ANDAMENTO MEDIE ANNUALI
 2015 - 2019

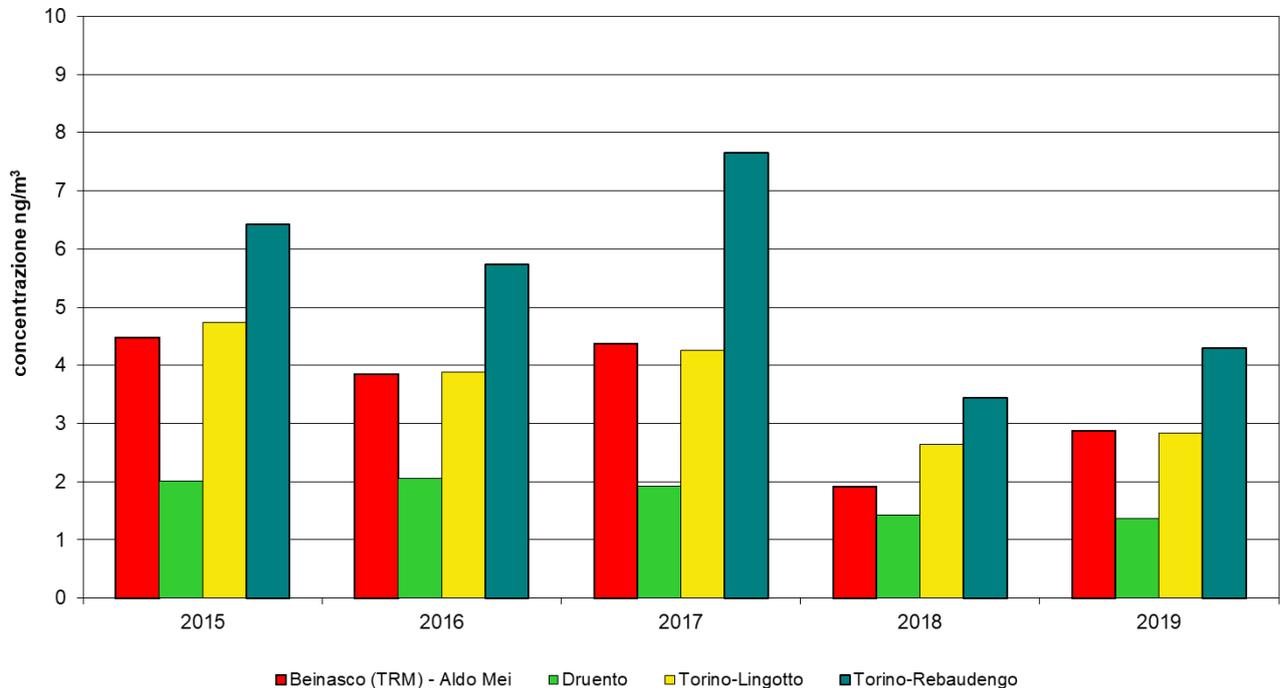


Figura 21 - Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco e in altre stazioni di confronto nel periodo 2015-2019

Il limite normativo annuale di 1 ng/m³ previsto dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene è stato rispettato presso la stazione di Beinasco TRM, così come nelle altre stazioni considerate (vedi Tabella 7).

In Figura 22 sono riportati gli andamenti mensili delle concentrazioni di benzo(a)pirene determinate nelle stazioni poste a confronto. Nel corso del 2019, i mesi con le più elevate concentrazioni di B(a)P rispetto al resto dell'anno sono stati gennaio, febbraio e dicembre, mesi durante i quali si presentano le condizioni di stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di inquinanti.

Le maggiori concentrazioni sono state misurate presso le stazioni urbane di traffico di Torino Rebaudengo e di Torino Grassi, alle quali segue la stazione di Beinasco TRM. Ad esclusione del mese di gennaio, per gli altri mesi i valori di B(a)P registrati a Beinasco TRM sono pressoché uguali a quelli misurati nella stazione di fondo urbano di Torino Lingotto.

Benzo(a)pirene nel PM10, andamento mensile - Anno 2019

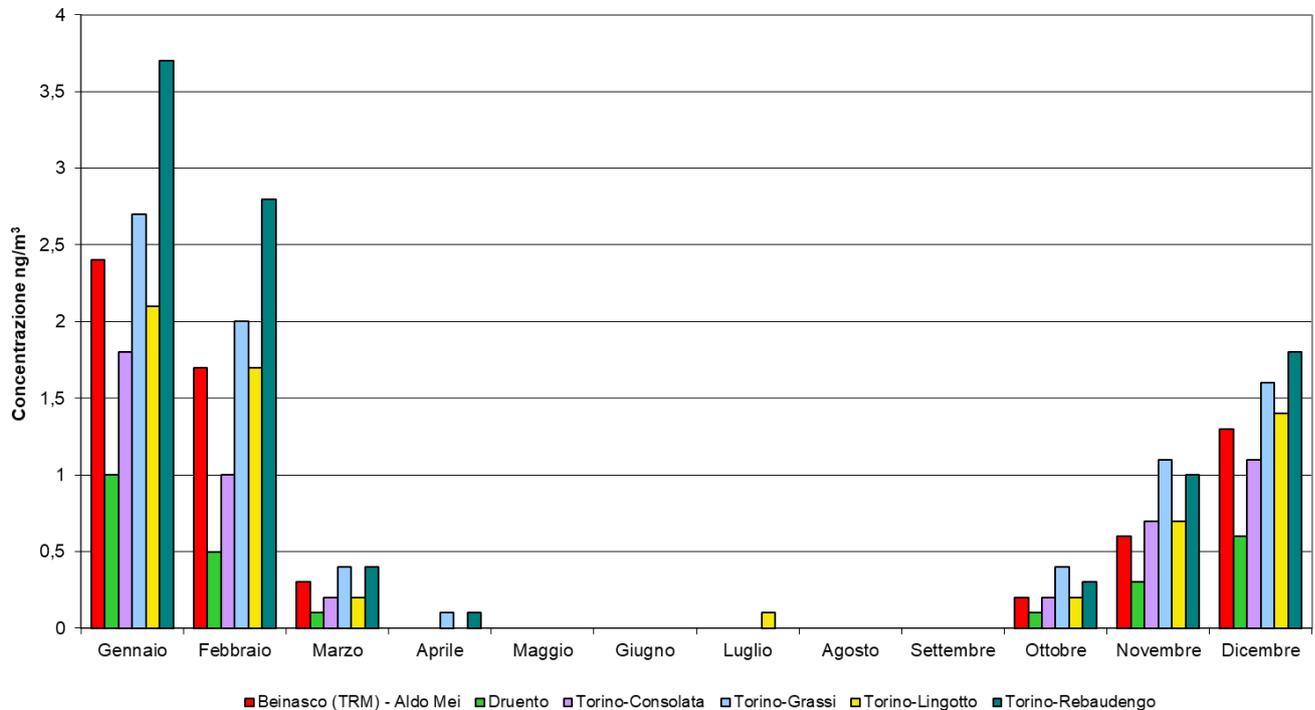


Figura 22 - Concentrazione di Benzo(a)Pirene nel PM10, andamento mensile nel 2019

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 nazionale 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 e 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 farà 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.

Occorre innanzitutto considerare che in generale 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 metilmercurio⁵. Quest'ultimo è in assoluto la forma maggiormente tossica e biodisponibile per gli organismi viventi⁶.

In aria ambiente il mercurio si ritrova 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)⁷.

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^{8 9}. Ciò è legato al fatto che, mentre i tempi di 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 ore¹⁰.

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

⁵ *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 167

⁶ *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 16

⁷ *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 4

⁸ *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 114

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

¹⁰ 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

impattati dell'ordine di 20-30 ng/m³; questi valori sono confermati anche dai dati più recenti messi a disposizione dall'Agenzia Europea dell'Ambiente¹¹.

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 PM2.5;
- tra 0,73 e 1,72 ng/m³ per il mercurio ossidato in fase gassosa

La stazione di Torchiarolo (BR), suburbana di tipo industriale, ha rilevato nel 2019 un valore di media annuale pari a 1.7 ng/m³, con un massimo orario di 17.1 ng/m³. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG), di fondo rurale, ha registrato nel 2019 una media di 1.6 ng/m³, con un massimo di 5.8 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 inorganico¹²;
- l'RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency), pari a 300 ng/m³ per il mercurio elementare¹³;
- 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 elementare¹⁴

¹¹ Si veda il rapporto EEA *Air quality in Europe — 2015 report*, pag. 38

¹² 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

¹³ 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

¹⁴ 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)

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 2019 sono riassunti nella Tabella 11 mentre la Tabella 12 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili

Tabella 11 Mercurio elementare gassoso- indicatori statistici anno 2019

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>	9
<i>Media delle medie giornaliere</i>	3
<i>Giorni validi</i>	335
<i>Percentuale giorni validi</i>	92%
<i>Media dei valori orari</i>	3
<i>Massima media oraria</i>	42
<i>Ore valide</i>	8068
<i>Percentuale ore valide</i>	92%

Come ricordato in premessa, il Dipartimento scrivente 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 12 Mercurio elementare gassoso – Concentrazioni medie mensili anno 2019

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

Ottobre	4
Novembre	4
Dicembre	4

Tabella 13 Mercurio sul PM10 – Concentrazioni medie mensili anno 2019

Mercurio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
Gennaio	< 0,14
Febbraio	< 0,16
Marzo	< 0,14
Aprile	< 0,15
Maggio	< 0,14
Giugno	< 0,15
Luglio	< 0,14
Agosto	< 0,14
Settembre	< 0,15
Ottobre	< 0,14
Novembre	< 0,15
Dicembre	< 0,14

Analizzando nel dettaglio la serie temporale del mercurio elementare gassoso, si osserva che i valori misurati nel 2019 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m³, con un massimo assoluto orario, verificatosi a gennaio, pari a 42 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 2019 inferiori di duecento volte o più al valore di linea guida stabilito dall'O.M.S. e di cinquanta volte o più a quelli stabiliti da U.S. – EPA e ATSDR.

Nella Figura 23 è riportato l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di mercurio dall'attivazione della stazione sino a tutto il 2019. 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

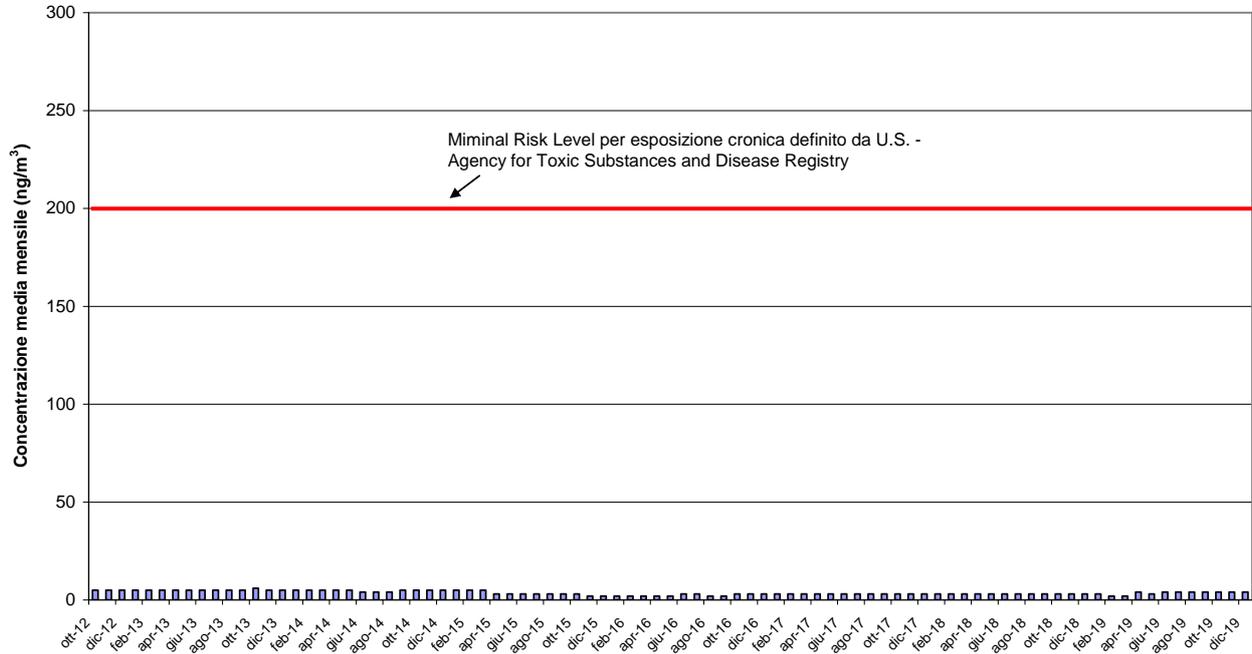


Figura 23 Andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2019

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 Beinasco - Aldo Mei 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 2019 per arsenico, cadmio, nichel e piombo sul PM10 relativi alla stazione di Beinasco – Aldo Mei e ad una serie di altre stazioni fisse utilizzate a scopo di confronto.

Tabella 14 - Arsenico sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Arsenico sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Giorni validi:	350	355	351	356	350	352
% giorni validi:	96%	97%	96%	98%	96%	96%

Tabella 15 - Cadmio sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Cadmio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino - Grassi	Torino Lingotto	Torino- Rebaudengo
Media 2019	0.1	0.07	0.1	0.18	0.11	0.26
Giorni validi:	350	355	351	356	350	352
% giorni validi:	96%	97%	96%	98%	96%	96%

Tabella 16 - Nichel sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Nichel sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	2.4	1.9	4.4	4.6	1.7	4.1
Giorni validi:	350	355	351	356	350	352
% giorni validi:	96%	97%	96%	98%	96%	96%

Tabella 17 - Piombo sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Piombo sul PM10 (valori di conc. espressi in µg/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2019	0.005	0.003	0.006	0.01	0.005	0.01
Giorni validi:	350	355	351	356	350	352
%e giorni validi:	96%	97%	96%	98%	96%	96%

Si osserva in generale che i valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei sono confrontabili con quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto e intermedi tra quelli di stazioni urbane da traffico (Torino-Consolata, Torino-Rebaudengo) e la stazione di fondo rurale di Druento, ubicata all'interno del Parco regionale La Mandria¹⁵.

¹⁵ 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

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, il Dipartimento scrivente 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 a 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) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency);
- gli MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica/subcronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

La stessa documentazione è stata utilizzata per identificare gli intervalli di concentrazione tipici in aria ambiente. Nella Tabella 18 è riportato un riassunto delle informazioni desunte dai documenti citati

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/m^3 per l'intero arco della vita

Va considerato che 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 Settimo Torinese; queste ultime due hanno sostituito dal 2019 le stazioni di Torino-Lingotto e Torino-Grassi, i metalli delle quali sono stati indagati fino ad agosto 2017.

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 2019 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.

Tabella 19 - Antimonio sul PM₁₀ – indicatori statistici anno 2019

Antimonio sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) -Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	1.6	1.7	2.9	1.5
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 20 - Cromo sul PM₁₀ – indicatori statistici anno 2019

Cromo sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	6.2	7.6	11.6	5.7
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 21 - Ferro sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Ferro sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	682.0	709.1	1024.2	688.3
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 22 - Manganese sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Manganese sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	12.4	12.0	14.5	11.5
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 23 - Rame sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Rame sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	21	25	46	25
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 24 - Selenio sul PM10 – indicatori statistici anno 2019 (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	350
Percentuale giorni validi	96%

Tabella 25 - Vanadio sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Vanadio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	0.9	0.8	0.8	0.7
Giorni validi	350	353	352	309
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	85%

Tabella 26 - Zinco sul PM10 – indicatori statistici anno 2019

Zinco sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
<i>Media del periodo</i>	28.8	27.8	32.7	28.7
<i>Giorni validi</i>	350	353	352	309
<i>Percentuale giorni validi</i>	96%	97%	96%	85%

Per i metalli non normati, non essendo disponibile una stazione di confronto di fondo rurale, i dati rilevati presso la stazione di Beinasco-Aldo Mei risultano tra i più bassi dell'area urbana e sono in generale confrontabili con quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Rubino.

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.

Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili (Diossine)

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 e 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) ¹⁶	WHO-TEF ¹⁷ (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

¹⁶ 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

¹⁷ 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.

	I-TEF (NATO/CCMS, 1988) ¹⁶	WHO-TEF¹⁷ (WHO, 2005)
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 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 (2019) che nell'anno precedente (2018), 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 '18	22,0	0,00241	131	22,0
FEBBRAIO '18	15,0	0,00188	84,3	15,8
MARZO '18	10,8	0,00206	103	10,9
APRILE '18	5,79	0,00200	93,0	7,6
MAGGIO '18	2,36	0,00053	96,9	2,7
GIUGNO '18	3,85	0,00247	112	5,9
LUGLIO '18	2,49	0,00255	156	4,8
AGOSTO '18	2,72	0,00396	134	6,42
SETTEMBRE '18	1,99	0,00209	159	4,13
OTTOBRE '18	10,9	0,00166	185	11,6
NOVEMBRE '18	20,9	0,00249	172	21,8
DICEMBRE '18	32,6	0,00351	133	34,5
GENNAIO '19	38,6	0,00345	128	42,4
FEBBRAIO '19	32,4	0,00288	149	31,9
MARZO '19	6,30	0,00196	173	7,48
APRILE '19	4,57	0,00178	146	5,93
MAGGIO '19	3,73	0,00224	158	5,36
GIUGNO '19	3,35	0,00437	202	8,06
LUGLIO '19	2,86	0,00379	215	6,96
AGOSTO '19	2,00	0,00342	149	5,61
SETTEMBRE '19	3,33	0,00377	170	7,30
OTTOBRE '19	9,48	0,00256	158	11,25
NOVEMBRE '19	11,0	0,00186	107	12,39
DICEMBRE '19	28,1	0,00273	120	27,25

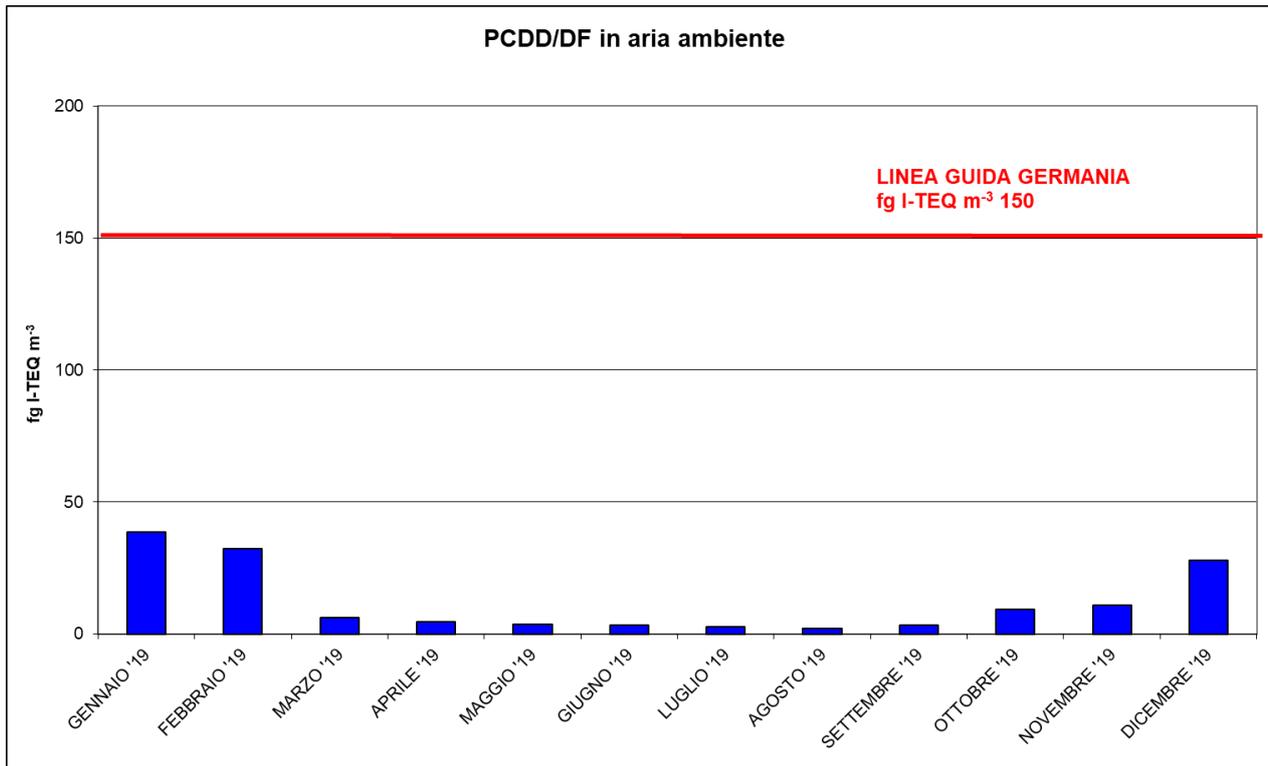


Figura 24 - Concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2019

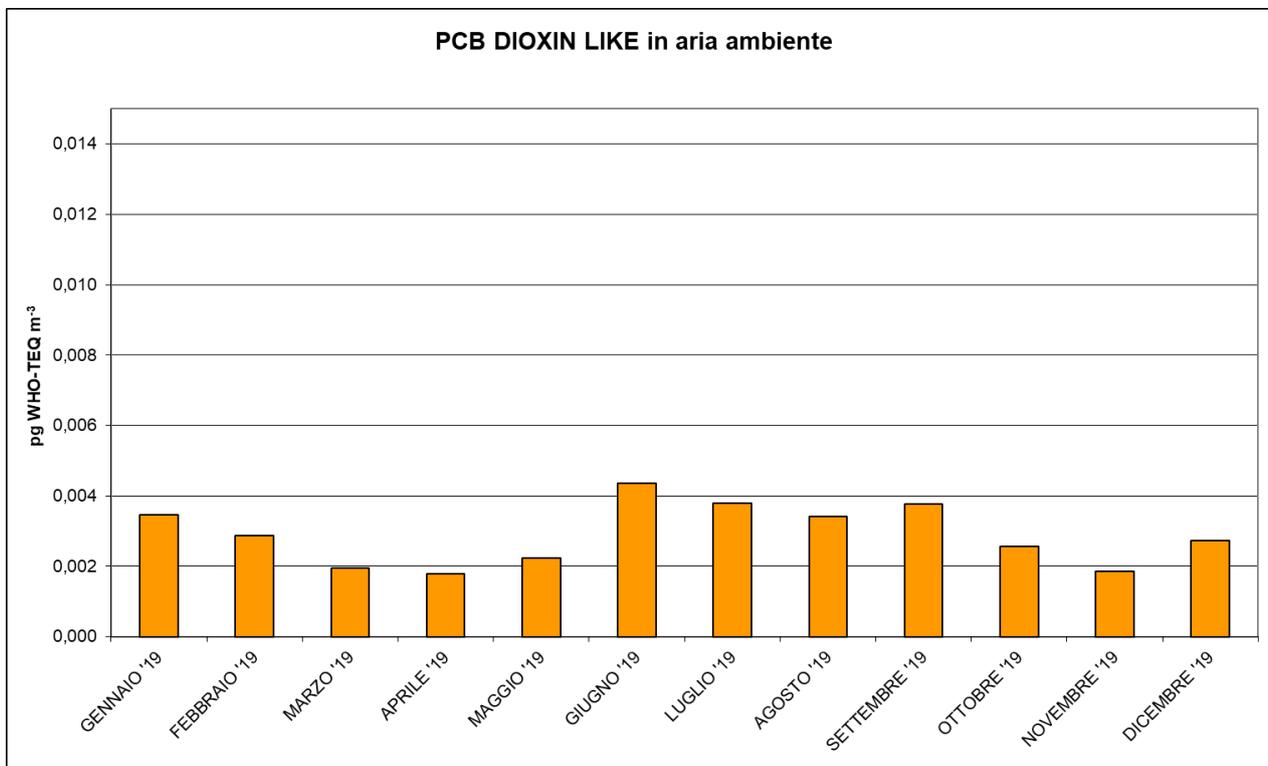


Figura 25 - Concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2019

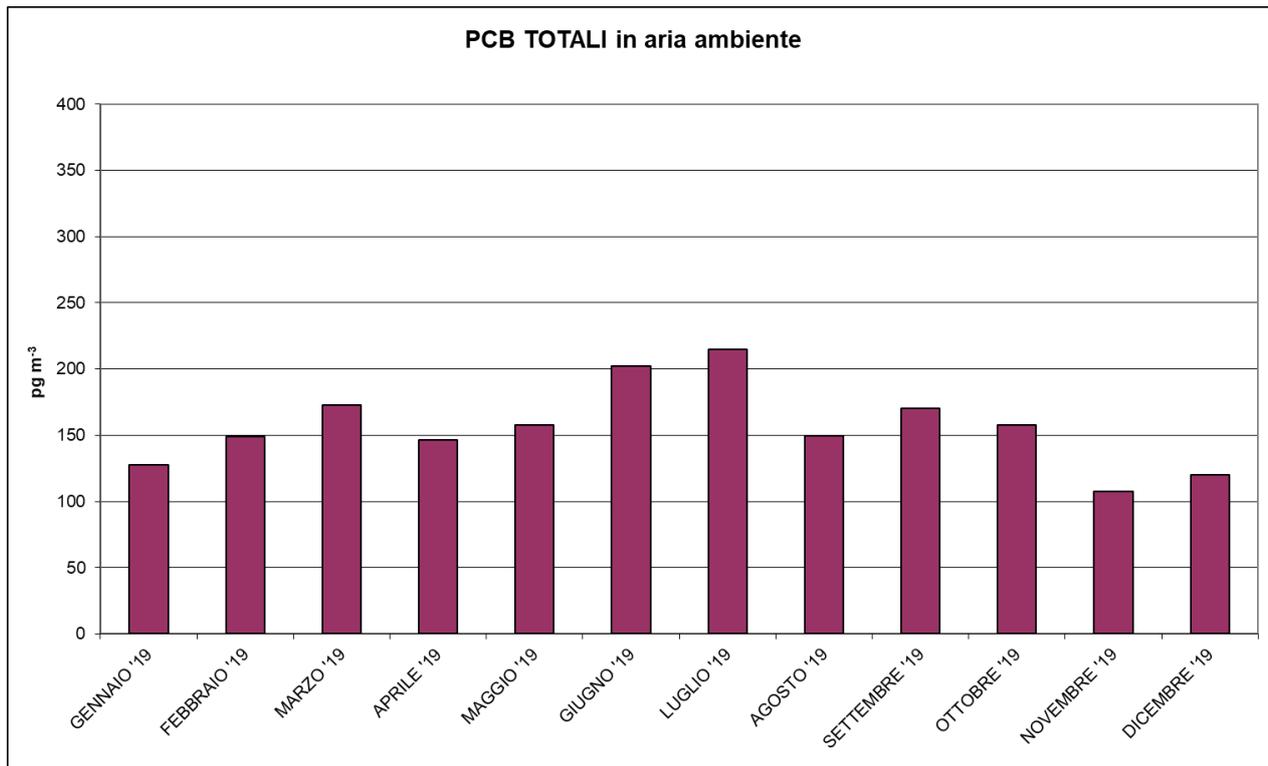


Figura 26 - Concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2019

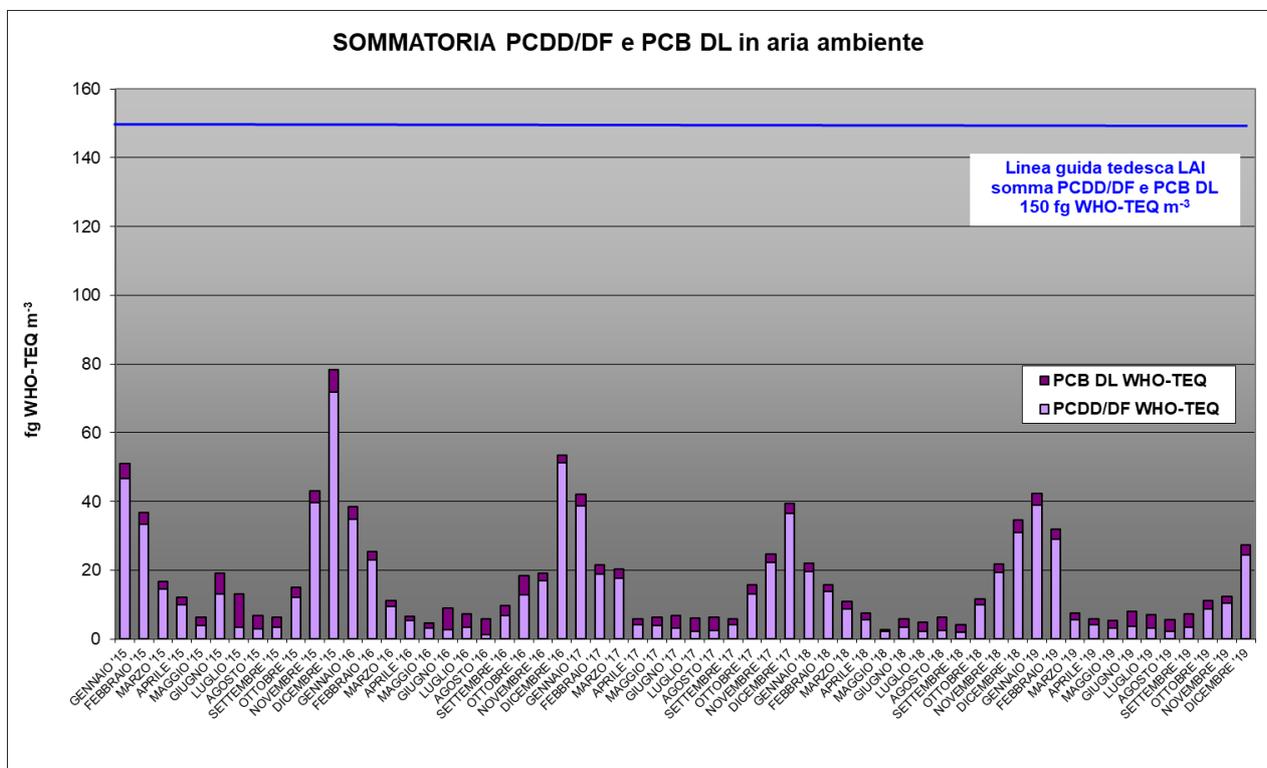


Figura 27 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2015

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 quattro 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 ampiamente al di sotto delle linee guida definite dalla Germania sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like con un andamento che possiamo definire "stagionale" in modo particolare per la concentrazione di PCDD e PCDF.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio riportiamo nella Tabella 29 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

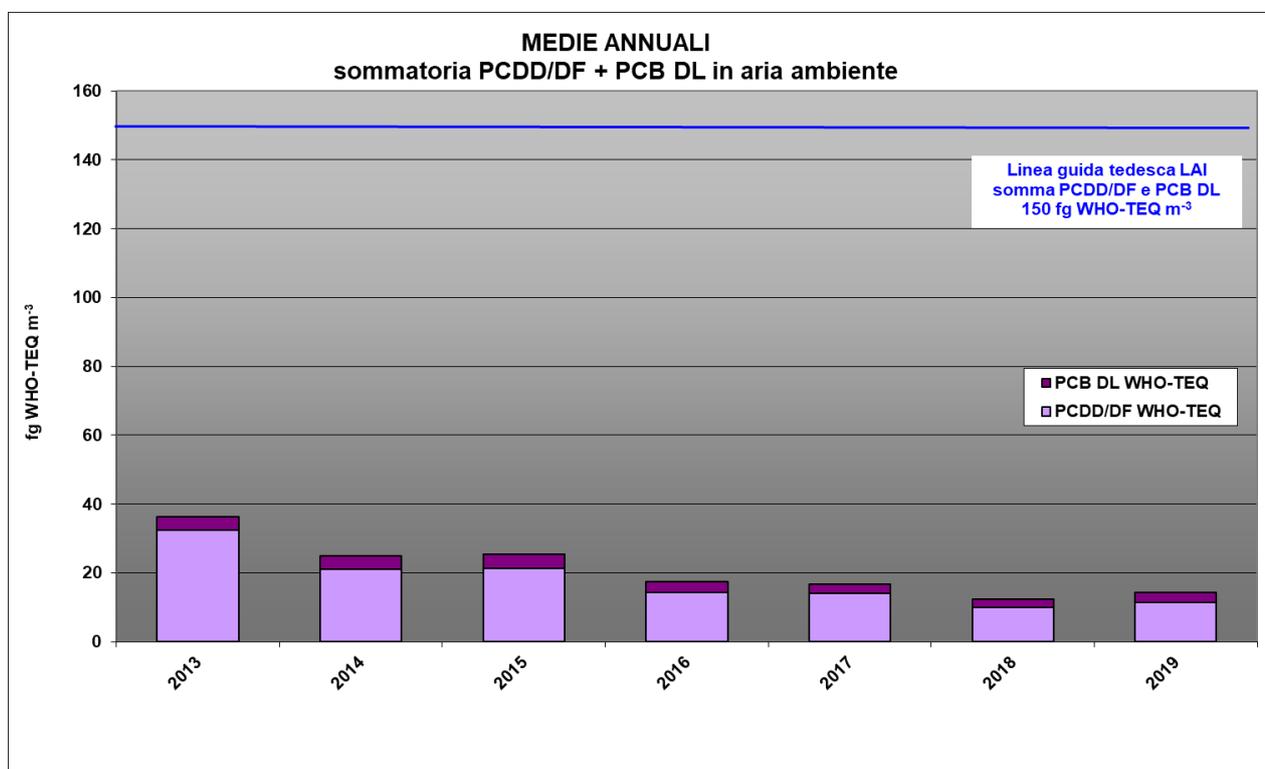


Figura 28 – Medie annuali sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente

Deposizioni atmosferiche

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 passano al suolo o ad altri tipi di 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.

Nel corso del 2010 e fino al 2018, il quadro normativo in materia di qualità dell’aria ha subito sostanziali modifiche.

Con il D.Lgs del 13 agosto 2010, n.155 “Attuazione della Direttiva 2008/50/Ce relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”, poi modificato dal D.Lgs. 250/2012, dal D.M. 26 gennaio 2017 e dal Dlgs 81 del 30 maggio 2018, si ha un’unica norma che sostituisce la precedente legge quadro (D.Lgs. 351/99) e vari decreti attuativi.

Nessuna di queste leggi prevede valori limite o valori obiettivo per le deposizioni atmosferiche totali ma fornisce indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti, permettendo quindi una valutazione dell’aria, su base annuale.

Il dato ottenuto è il risultato del rapporto tra la quantità di analita, in relazione con i giorni di esposizione, 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 l’approccio “medium-bound”, sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15).

Il sistema di raccolta dei campioni delle deposizioni totali installato presso la stazione Beinasco-Aldo Mei, è conforme a quanto previsto dalla normativa vigente e dalle norme tecniche europee in materia di campionamenti e determinazione di metalli e agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle deposizioni.

Inoltre con il decreto 29 novembre 2012, Art.4, sono stati definiti tre ulteriori stazioni di fondo rurale nelle aree sensibili intorno al TRM considerate di possibile ricaduta, per avere una visione completa della situazione ambientale circostante l’inceneritore e dove misurare la deposizione totale di dell’arsenico, del cadmio, del nichel, del benzo(a)pirene e degli altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA) di rilevanza tossicologica.

Questo studio è stato condotto in quanto, come già detto, la normativa non prevede dei limiti per le deposizioni, per questo motivo Arpa ha previsto l’installazione di altri tre deposimetri

I punti per il campionamento delle deposizioni totali sono stati localizzati, come mostra la Figura 29 nell’area considerata di “massima ricaduta” del termovalorizzatore di TRM.



Figura 29– Siti di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche totali, valutati nell'area di massima ricaduta

Il campionamento per i parametri IPA e metalli viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk per la raccolta delle deposizioni totali, comprendenti sia le deposizioni umide che le deposizioni secche.

Il deposimetro (vedi Figura 30) 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 è 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.

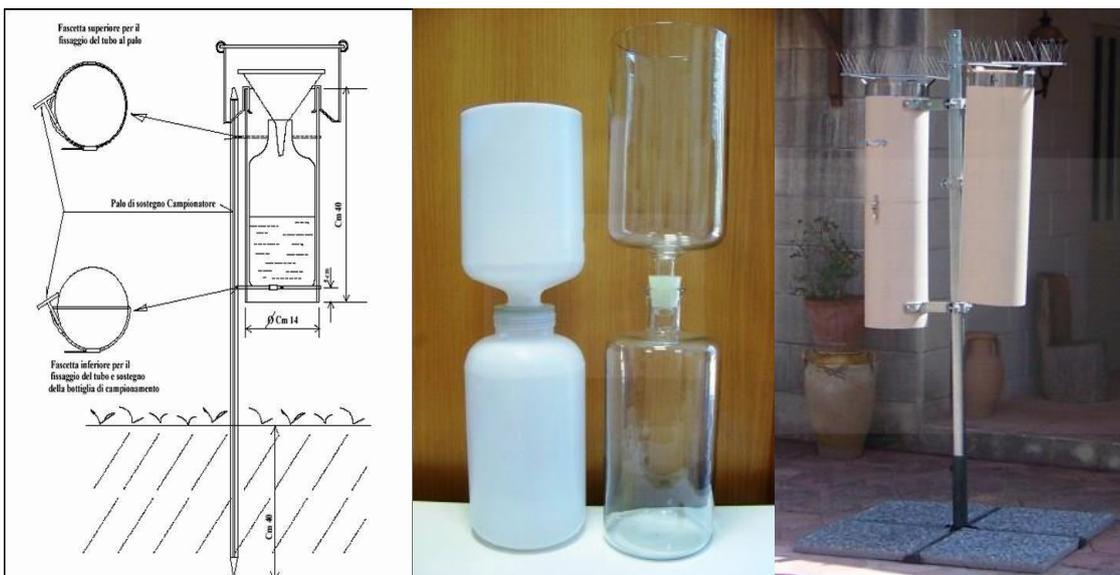


Figura 30– Deposimetro - Sistema di raccolta non presidiato a norma ISTISAN 06/38 –

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 analizzati nel laboratorio accreditato dalla norma ISO/IEC 17025, per la determinazione di IPA, Metalli secondo le metodiche ufficiali.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i flussi di deposizione dei metalli e degli IPA rilevate nelle deposizioni.

Idrocarburi policiclici aromatici

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 vengono date indicazioni per valori nelle deposizioni.

Si precisa che i dati relativi alla determinazione di IPA nelle deposizioni atmosferiche, data la notevole presenza di valori inferiori al limite di rilevabilità del metodo di analisi, sono stati cautelativamente posti uguali alla metà del limite di quantificazione (come indicato nelle linee US EPA 2000) e pertanto vanno considerati come "valori indicativi".

Nei grafici seguenti sono stati riportati i dati raccolti durante i campionamenti del 2019 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei, e messi a confronto con i dati degli anni precedenti a partire dal 2015. A titolo di paragone, sono stati osservati e raffrontati fra loro i valori delle deposizioni situati nei siti di:

- Grugliasco – Campo Golf
- Rivalta – campo pozzi SMAT
- Orbassano – Ospedale San Luigi
- Baldissero Torinese (Stazione privata) – Parco

Escluso il sito di Baldissero, dove i campioni di IPA nel 2019 sono stati raccolti tutti i mesi, negli altri siti di campionamenti i contenitori per la determinazione degli IPA sono stati alternati a quelli per la determinazione dei Metalli.

Nella tabella 30 sono stati inseriti anche i dati del quinquennio 2015-2019, nei diversi siti di campionamento delle deposizioni eseguite da Arpa Piemonte.

Tabella 30– IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2015-2019

STAZIONE	2015					2016					2017					2018					2019				
	Benzo[a]pirene					Indeno [1,2,3-cd]pirene					Benzo[a]antracene					Benzo [b+j+k]fluorantene									
BALDISSERO	9.1	6.1	9.3	5.9	1.9	11.5	13.9	9.3	11.1	1.9	6.6	4.4	5.8	3.5	1.9	24.9	22.2	16.8	15.2	5.4					
GRUGLIASCO	7.5	6.9	14.3	10.5	3.8	8.9	9.4	21.0	19.4	9.7	8.1	4.6	13.2	10.6	3.8	22.0	18.4	31.9	35.7	14.4					
RIVALTA	5.3	10.1	15.1	10.6	4.0	7.8	9.3	17.1	22.2	8.6	5.4	5.7	9.0	8.8	3.5	24.3	21.9	24.0	35.9	13.7					
ORBASSANO	5.8	8.9	11.2	7.8	6.6	7.7	11.4	18.0	18.1	11.2	7.7	8.4	10.6	18.1	11.2	18.3	24.9	25.4	28.2	19.5					
BEINASC (TRM) ALDO MEI	7.3	6.2	10.3	7.9	6.6	8.9	9.85	18.47	10.2	9.9	7.1	4.45	7.5	4.9	4.2	19.2	18.18	22.75	17.7	18.0					

In, Figura 31 sono stati messi a confronto, in percentuale, i dati delle deposizioni totali di TRM del 2019. Come si può notare, il B(a)P, considerato critico per l'uomo, non risulta essere preponderante rispetto a gli altri contaminanti, anzi il suo contributo è pari solo per il 17%.

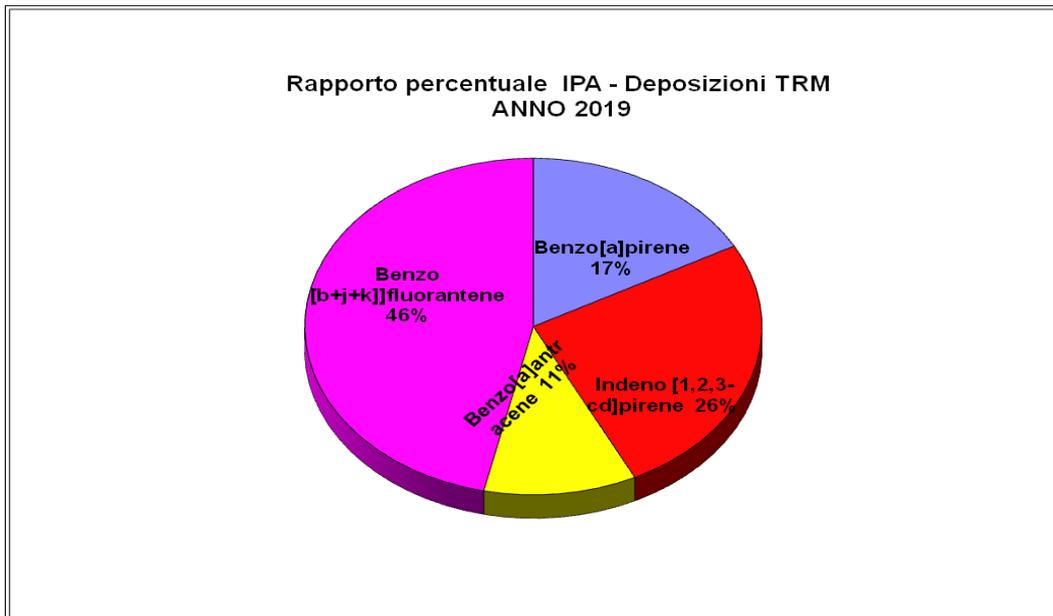


Figura 31 Rapporto percentuale IPA 2019 TRM

In

Figura 32 sono rappresentati in valore assoluto il contributo che ogni IPA, oggetto di studio, ha nel quadro generale annuo per ogni singolo sito di campionamento. Grugliasco, Rivalta ed Orbassano data la loro posizione geografica, subiscono infatti lo stesso tipo di inquinamento con valori molto simili, mentre Baldissero, situato in una zona geograficamente diversa per esposizioni, presenta una riduzione generale dei contaminanti e risulta inoltre molto più simile alla stazione di TRM.

confronto flussi deposizioni totali IPA 2019

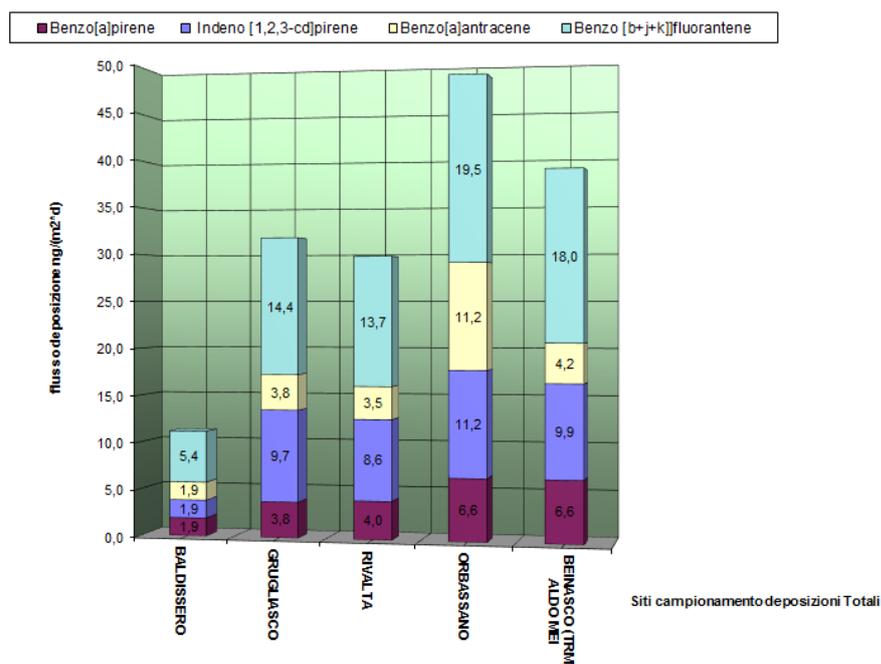


Figura 32- Grafico di confronto flussi deposizioni totali anno 2019

Nella Figura 33 viene evidenziato l'andamento del B(a)P nelle diverse località di campionamento dal 2014 al 2019. Il trend, come si può notare, è uniforme nei diversi siti. Dopo un innalzamento dei valori nel 2017 dovuto a fattori meteorologici e solo in parte imputabili agli incendi boschivi divampati a fine ottobre - inizio novembre nelle vallate alpine, si ha una diminuzione netta nel 2019 che riporta i valori ad un livello inferiore rispetto a quello del 2014.

L'uniformità nell'andamento fa pensare anche all'influenza del traffico veicolare sui livelli di inquinamento dell'aria in tutta la zona interessata nel monitoraggio.

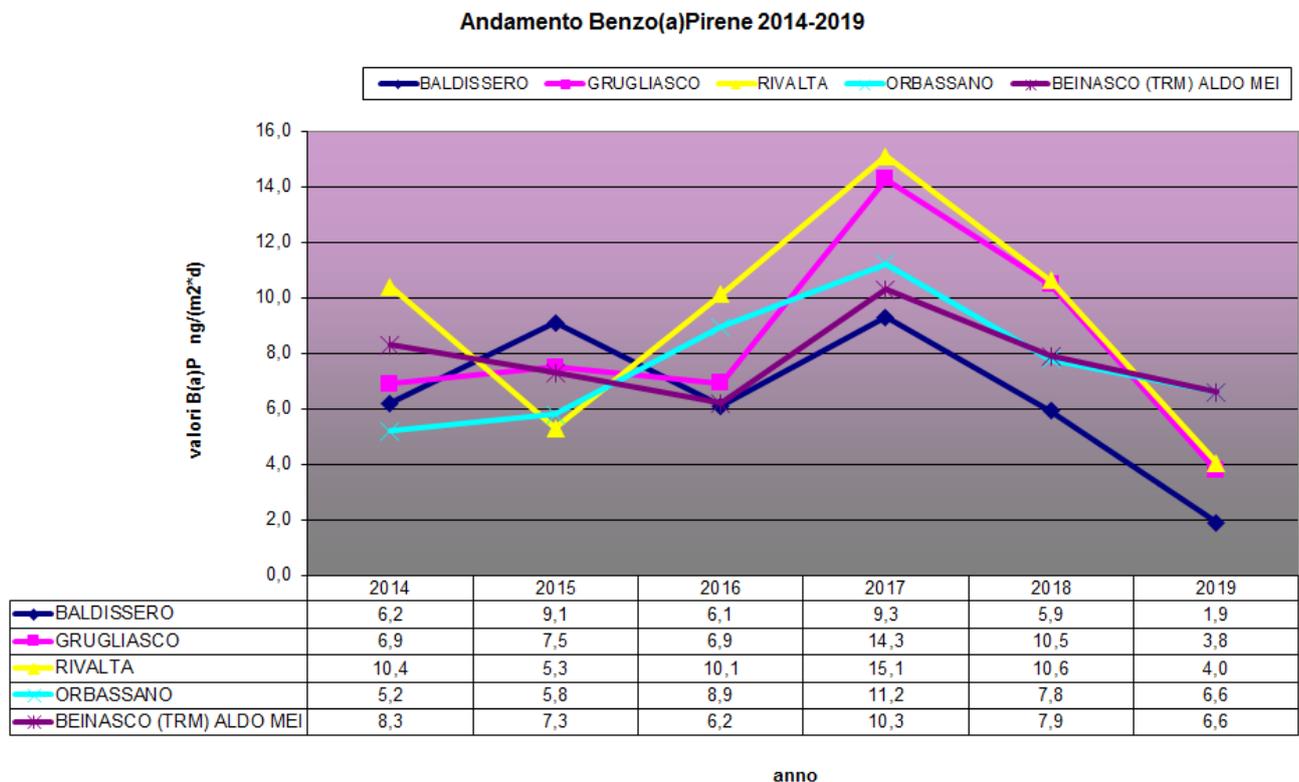


Figura 33 - Grafico di confronto dell'andamento del B(a)P nelle deposizioni 2014-2019

Per avere un'idea più ampia delle concentrazioni del Benzo(a)pirene, nella Tabella 31 sono stati confrontati i dati in letteratura tra i valori massimi e minimi sia nelle aree rurali italiane che in Finlandia e in Svezia. Nei tre casi presi d'esempio si nota come l'Italia abbia valori massimi inferiori rispetto a le due città europee, mentre i valori minimi sono allineati.

Tabella 31 – Dati estratti dalla letteratura Benzo(a)Pirene (Fonte convegno Istituto Superiore di Sanità)

Dati di letteratura del B[a]P in (ng/m² d)		
Aree rurali	min-max	riferimenti bibl.
Italia		
Melfi	1,9-6,9	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		
Italia		
Venezia	30	Rossini et al. 2001, magistrato Acque 2000
Francia		
Parigi	25	Motelay-Massel et al. 2003
Inghilterra		
Cardiff	219	Halsall et al. 1997
Manchester	300	

Come media annuale, si può notare come nell'area urbana italiana e nello specifico nella città di Venezia, i valori di B(a)P siano in linea con Parigi nonostante la realtà geografica diversa, e nettamente inferiori rispetto a città come Cardiff o Manchester. Tutto ciò può essere imputabile alle fonti primarie di produzione del contaminante stesso, quali emissioni da motori diesel e alimentati a benzina, da centrali termiche alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti e in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile).

Nelle figure che seguono sono riportati gli andamenti nel corso degli anni degli idrocarburi policiclici significativi.

Deposizioni totali: Indeno(1,2,3-cd)pirene

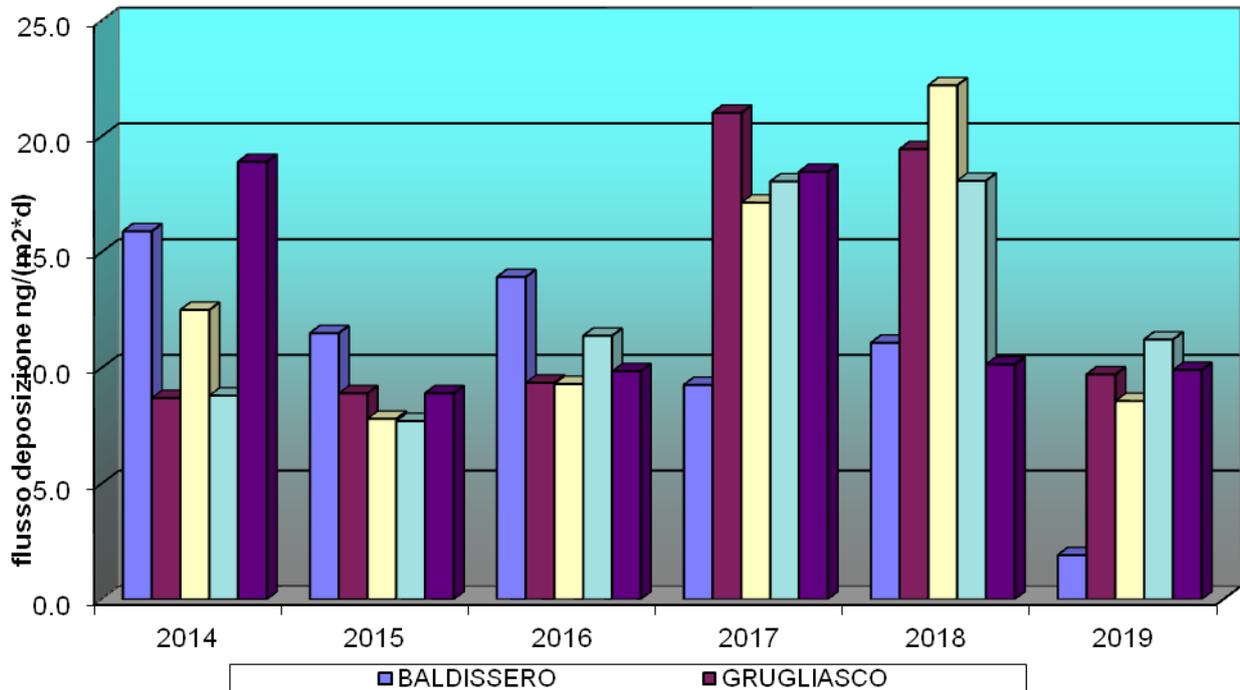


Figura 34 Indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni confronto andamento 2014-2019

Deposizioni totali: Benzo(b+j+k)fluorantene

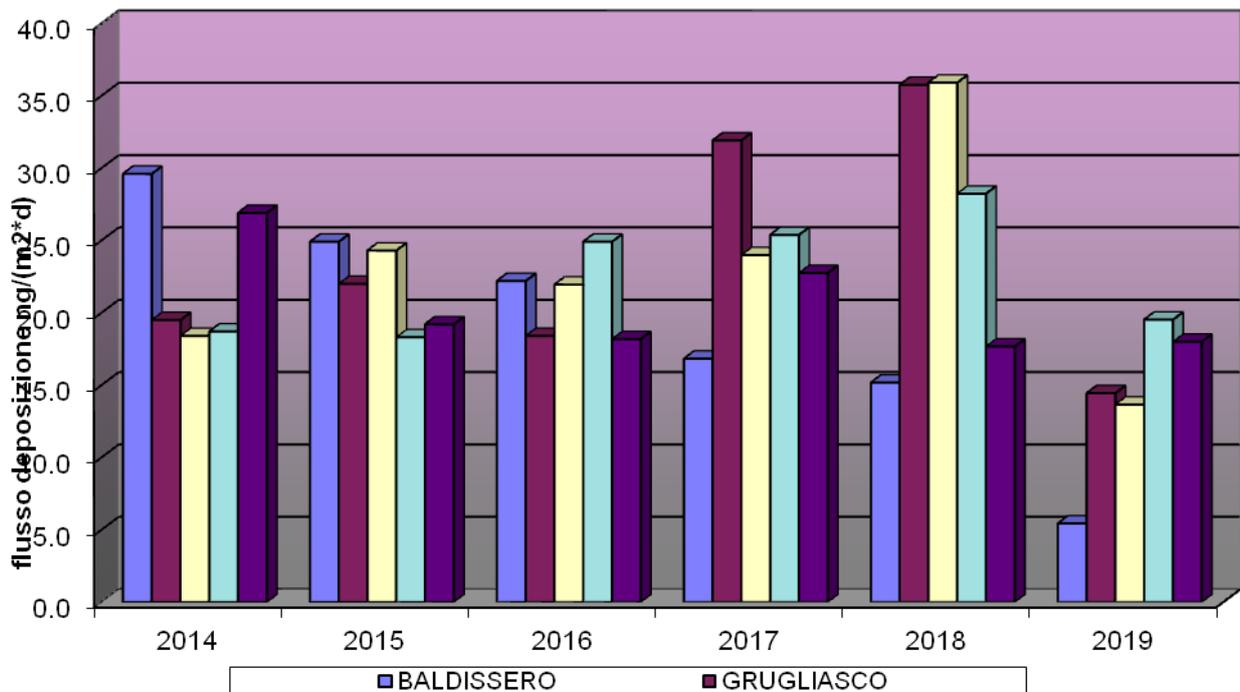


Figura 35 Benzo(b+j+k)fluorantene nelle deposizioni confronto andamento 2014-2019

Deposizioni totali: Benzo(a)antracene

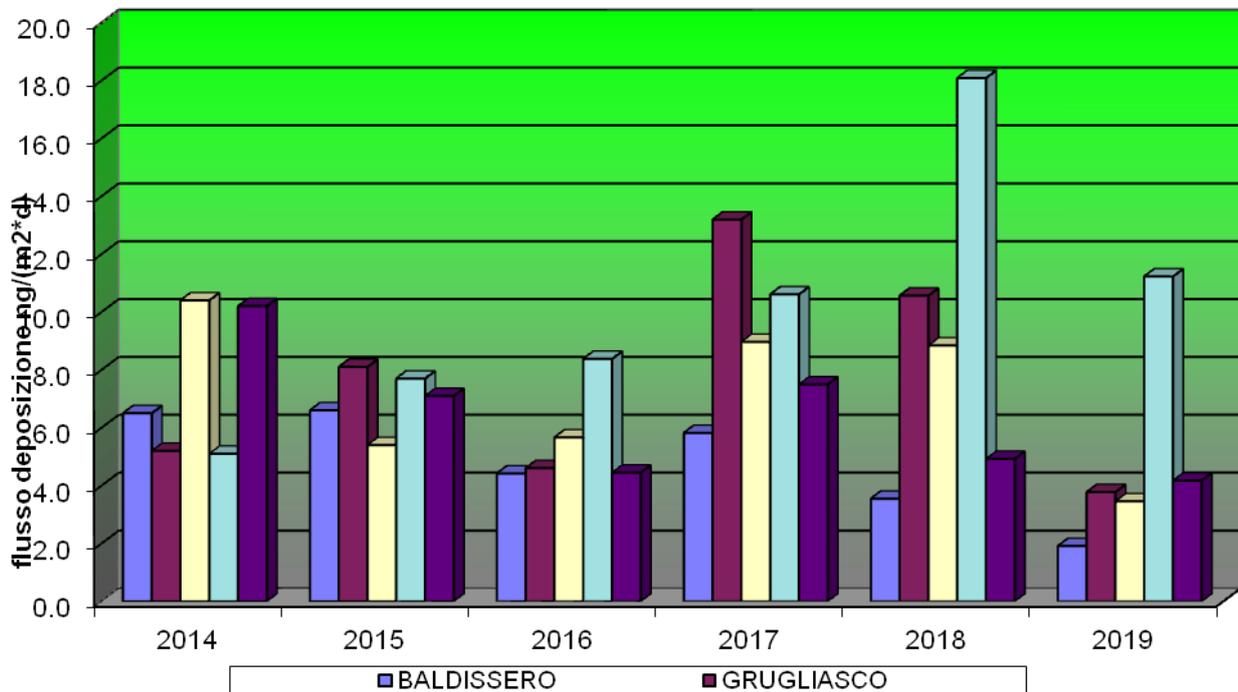


Figura 36 Benzo(a)antracene nelle deposizioni confronto andamento 2014-2019

Metalli

Il campionamento viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk in polietilene ad alta densità (HDPE). Il campione raccolto nel mese di esposizione viene seguendo il metodo BS EN 15841:2009 impiegando la tecnica analitica strumentale più appropriata (ICP-MS e/o GF-AAS). Per ogni inquinante la deposizione totale è data dalla somma dei contributi rilevati nel filtro e nella soluzione filtrata.

Nel calcolo dei risultati analitici in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15); e ciò comporta che in alcuni casi, come ad esempio per l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione.

Analogamente a quanto avviene per gli Idrocarburi policiclici aromatici anche per i metalli, la normativa non prevede dei valori limite.

In alcuni Paesi 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 e metalloidi, limitatamente al cadmio, piombo e al tallio, 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) su un periodo di riferimento annuale. (rif. Rapporti ISTISAN 06/43).

In Tabella 32 è riportata la tabella 7 estratta da ISTISAN 06/43 con i valori medi internazionali per le 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) mg/m ² d	Cd µg/m ² d	Pb µg/m ² d	Tl µg/m ² 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 (Figura 38–Figura 41) sono riportati i valori delle deposizioni totali per l'anno 2019 nei vari siti e i confronti nel tempo (anni 2014-2019) per ogni singola stazione di misura.

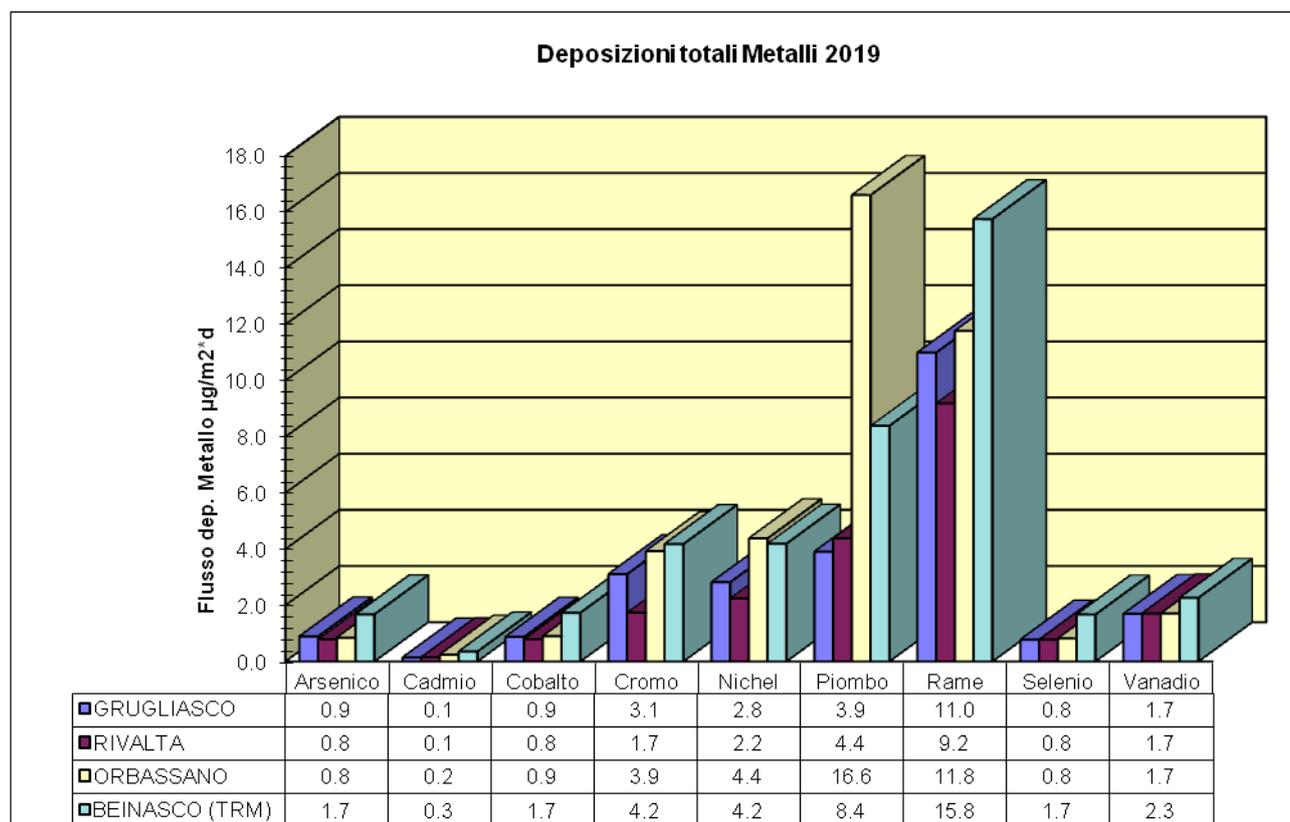


Figura 37 – Metalli nelle Deposizioni Totali 2019

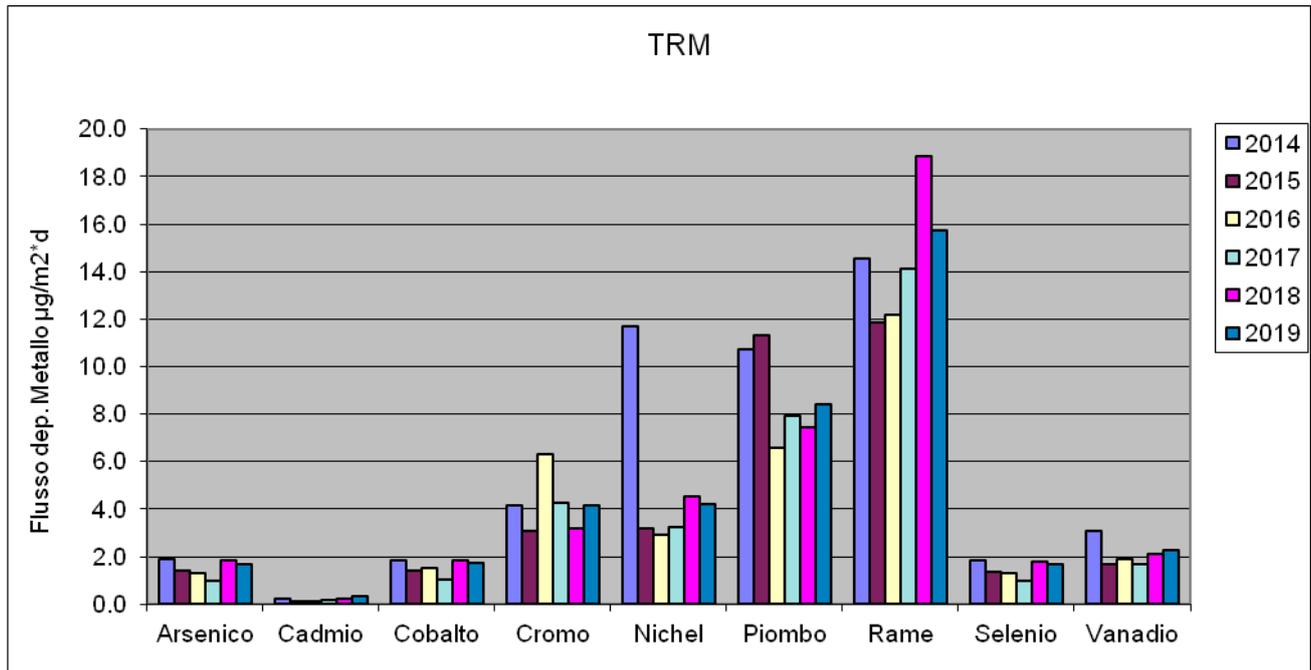


Figura 38 – Deposizioni metalli 2014-2019 nel sito di BeinascoTRM

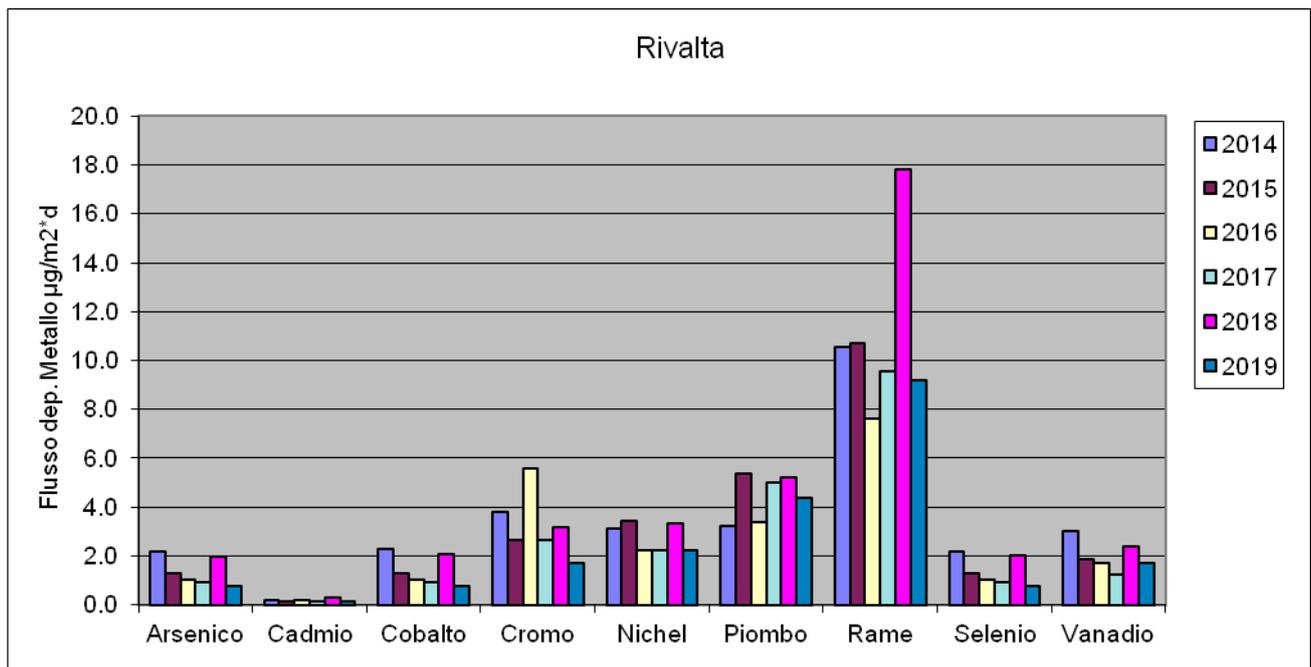


Figura 39 - Deposizioni metalli 2014-2019 nel sito di Rivalta

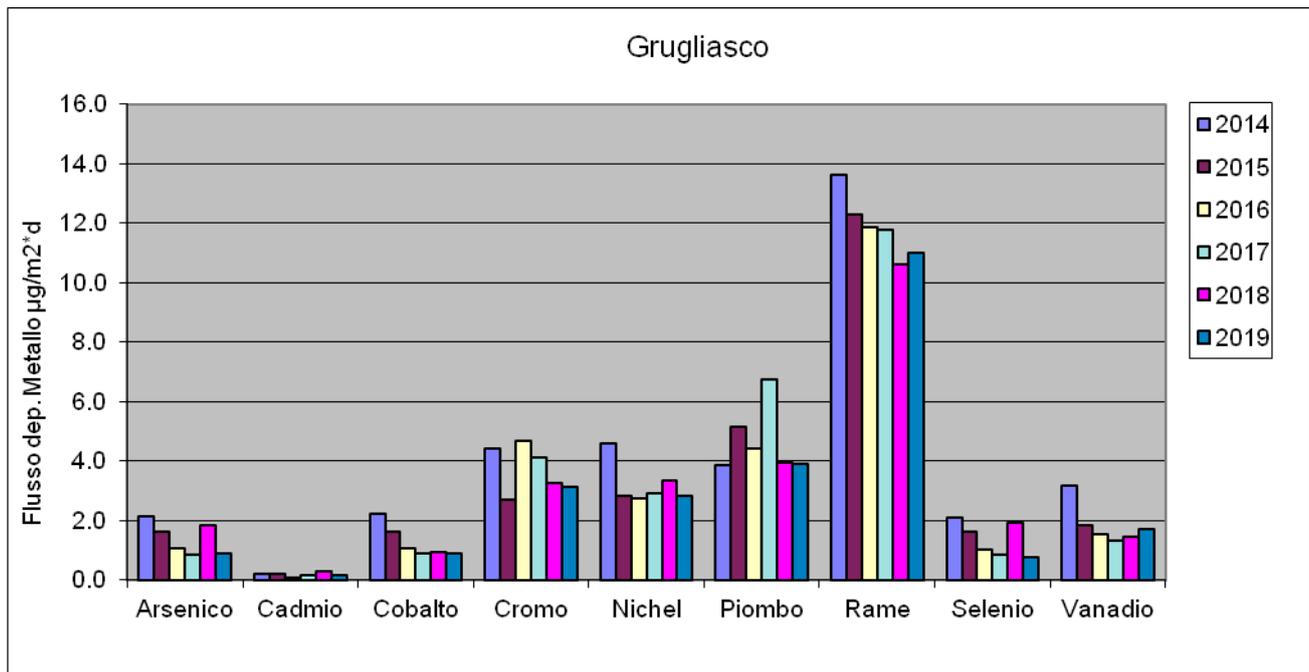


Figura 40 - Deposizioni metalli 2014-2019 nel sito di Grugliasco

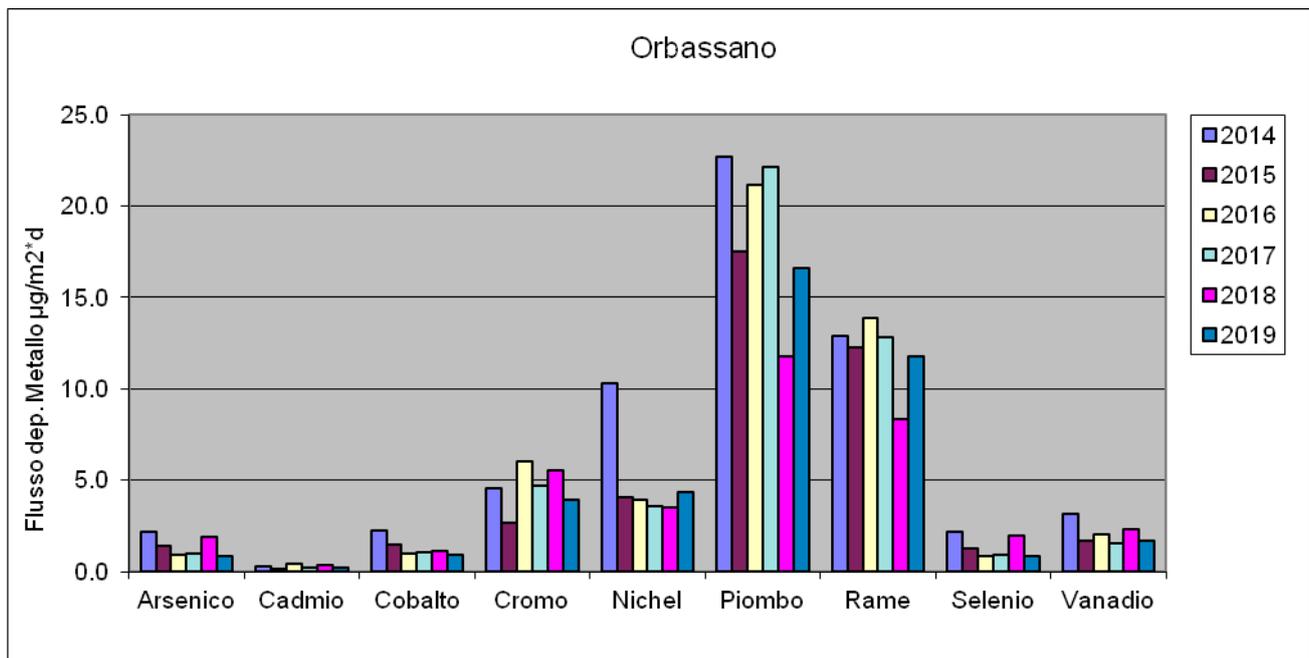


Figura 41 - Deposizioni metalli 2014-2019 nel sito di Orbassano

Oltre i metalli dei quali è stato riferito precedentemente, Arpa effettua il controllo anche sul mercurio nelle deposizioni atmosferiche totali.

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.

Nel Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 all'Art. 6, comma b), è previsto il controllo delle concentrazioni nell'aria ambiente del mercurio gassoso totale e la deposizione totale del mercurio. Il DM Ambiente 29 novembre 2012 ha individuato la stazione EMEP dell'Istituto Inquinamento Atmosferico del CNR a Montelibretti (RM), come stazione di riferimento in cui misurare le deposizioni del mercurio, i cui dati però non sono ancora disponibili al pubblico.

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite per le deposizioni. Tuttavia, alcuni stati europei, quali Germania, Austria, Svizzera, Croazia e Slovenia, hanno introdotto per alcuni metalli dei valori soglia (Istituto Superiore di Sanità, 2006). La Germania e la Croazia hanno identificato un valore di 1000 ng/(m²d) come valore medio annuale per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli.

Avendo pochissimi dati a disposizione sul mercurio nelle deposizioni totali atmosferiche, sono state confrontate le concentrazioni ottenute da Arpa Piemonte, Arpa Toscana, L'Istituto Superiore di Sanità e l'Azienda Sanitaria Locale di Mantova, i quali hanno realizzato un programma comune di ricerca avente come obiettivo la localizzazione delle aree maggiormente a rischio e la valutazione dei possibili livelli di concentrazione, nell'aria e nelle deposizioni al suolo, di microinquinanti organici¹⁸

In Tabella 33 sono state riportate le concentrazioni medie del contenuto totale di mercurio dei campioni di deposizioni atmosferiche totali che sono stati raccolti in due campagne di circa un mese ciascuno, dal 15 ottobre 2000 al 8 novembre 2000 e dal 2 febbraio al 5 aprile 2001.

Per il confronto con le concentrazioni del mercurio sono stati utilizzati i dati prodotti dall'ARPA Toscana nella "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona – Arezzo" (Tabella 34).

Tabella 33 Rapporti ISTISAN 06/43 Tabella 44. Concentrazione media di metalli espressa in µg/(m²d) nelle deposizioni atmosferiche*

Sito	Post 1ASL v. Trento		Post 2Sede CGIL		Post.3v.le Ariosto		Post. 4 Forte Frassinò	
	15/10/00-6/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-4/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-6/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-6/11/00	2/2/01-5/4/01
Hg solubile	0,53	0,33	0,63	0,38	0,47	0,23	0,53	0,42
insolubile	0,05	0,020	0,04	0,020	0,01	0,0010	0,01	0,0001
totale	0,58	0,35	0,67	0,40	0,48	0,24	0,54	0,42
	Post.5 Parrocchia Frassinò		Post. 6 ASI Virgiliana		Post. 7 Foresteria		Burgo Post. 8 Bosco Fontana	
1 ^a 2 ^a campagna	15/10/00-6/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-4/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-6/11/00	2/2/01-5/4/01	15/10/00-8/11/00	2/2/01-5/4/01
Hg solubile	0,53	0,34	0,57	0,32	0,50	0,35	0,45	0,40
insolubile	0,02	0,020	0,03	0,0001	0,01	0,010	0,01	0,010
Totale	0,55	0,36	0,60	0,32	0,51	0,36	0,46	0,41

¹⁸ Istituto Superiore di Sanità Microinquinanti organici e inorganici nell'area di Mantova: studio dei livelli ambientali. A cura di Giuseppe Viviano, Paolo Mazzoli e Gaetano Settimo 2006, v, 86 p. Rapporti ISTISAN 06/43

*nella somma dei dati relativi alla frazione solubile, i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati, cautelativamente, al 50% come valore da sommare al dato della frazione insolubile

Tabella 34 dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Cavriglia (Tabella 8.3.2)

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$	Castelluccio	Badia al Pino	Laguna di Venezia	Parco Cavriglia	Beinasco TRM 2018
	medie delle deposizioni annuali 2011-2013				
Arsenico	207	153	290	100	1.8
Cadmio	364	55	672	17	0.2
Cromo	807	979	536	257	3.2
Rame	6685	5316	5818	570	18.9
Mercurio	40	40	6	--	38.6
Nichel	916	821	1633	190	4.5
Piombo	1367	1945	11392	157	7.5
Vanadio	757	499	1109	281	2.1
Zinco	31516	29735	11864	7933	131

Fonte ARPAT _PROVINCIA DI AREZZO CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE DEPOSIZIONI UMIDE E SECHE 2011-2013 POSTAZIONE CASTELLUCCIO COMUNE CAPOLONA - AREZZO

In Figura 42 è riportato l'andamento annuale del flusso di Beinasco – Aldo Mei nel corso del degli anni 2014-2019. Il valore determinato presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei nel corso del 2019 risulta pari a 30.3 $\text{ng}/(\text{m}^2\text{d})$, in linea con il valore negli altri anni (ad eccezione del valore del 2016 caratterizzato dall'anomalia descritta nella relazione 2016).

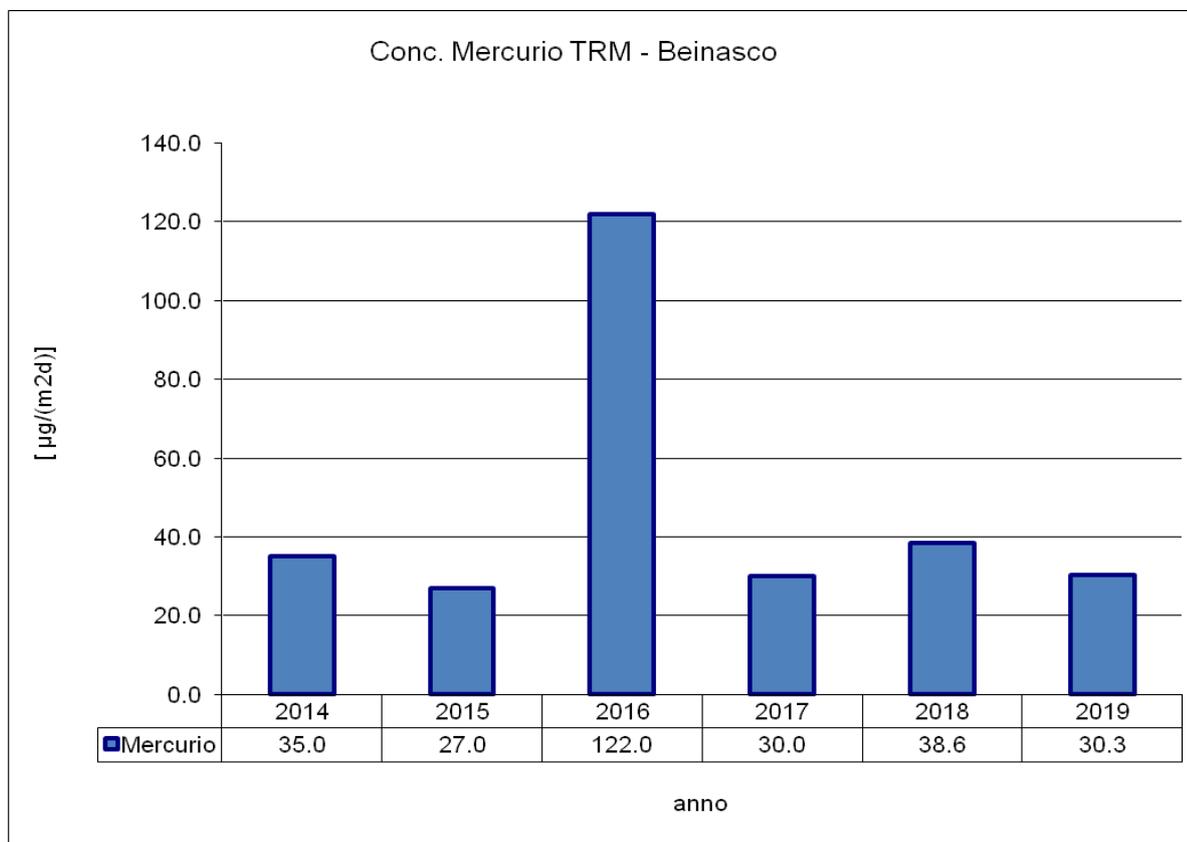


Figura 42 – Andamento concentrazione Mercurio TRM

Il dettaglio dei valori mensili riportato in Tabella 35 mostra che i valori maggiori sono stati rilevati a maggio e giugno 2018, mentre il valore minimo è stato determinato ad agosto dello stesso anno. Non viene tenuto in considerazione il dato di dicembre 2018 e di Gennaio 2019 in quanto non essendoci state precipitazioni atmosferiche non è stato possibile raccogliere un campione significativo.

Tabella 35 : Dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2014 - 2019

Beinasco – Aldo Mei Mercurio ng/(m ² d)						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Gennaio	47	20	13	18	63	2
Febbraio	99	7	15	27	23	12
Marzo	22	26	57	17	38	23
Aprile	22	20	50	23	49	38
Maggio	22	69	37	28	79	19
Giugno	38	55	21	37	69	16
Luglio	26	21	53	48	51	29
Agosto	26	29	35	n.d	18	43
Settembre	30	27	22	n.d	26	46
Ottobre	22	18	794	n.d	23	28
Novembre	56	0	333	n.d	33	59
Dicembre	24	22	23	63	2	19

n.d.: dati non disponibili per guasto strumentale

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 e ha individuato per le deposizioni di diossina 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 di 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 36 - 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 Depositioni 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, al fine di fare una valutazione delle concentrazioni riscontrate nel sito di monitoraggio prenderemo 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 e 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 (2019) che nell'anno precedente (2018), i dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

I valori di concentrazione delle deposizioni atmosferiche, soprattutto per quanto riguarda PCDD/DF, sono la somma di un elevato numero di valori inferiori al limite di quantificazione. Questo fatto, già noto negli anni precedenti, è ancora più accentuato nel 2019, e ha richiesto un

approfondimento, al termine di questo paragrafo, per giungere a una più corretta comprensione dei risultati ottenuti.

Tabella 37 - 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 '18	3,31	0,00067	48,50	3,9
FEBBRAIO '18	2,28	0,00083	11,3	3,2
MARZO '18	3,41	0,00085	15,7	4,4
APRILE '18	2,34	0,00064	13,7	3,1
MAGGIO '18	2,08	0,00067	11,5	2,9
GIUGNO '18	2,60	0,00079	13,9	3,5
LUGLIO '18	2,43	0,00076	10,2	3,3
AGOSTO '18	nd*	0,00066	10,9	nd*
SETTEMBRE '18	2,05	0,00063	7,6	2,8
OTTOBRE '18	2,49	0,00076	35,4	3,4
NOVEMBRE '18	2,63	0,00075	33,6	3,5
DICEMBRE '18	2,25	0,00067	7,0	3,0
GENNAIO '19	nd*	0,00082	6,08	nd*
FEBBRAIO '19	2,53	0,00080	17,01	3,5
MARZO '19	3,77	0,00180	8,63	6,0
APRILE '19	3,60	0,00066	5,55	4,7
MAGGIO '19	4,22	0,00081	15,55	5,5
GIUGNO '19	4,21	0,00079	7,80	5,5
LUGLIO '19	4,19	0,00078	4,01	5,4
AGOSTO '19	3,25	0,00060	2,76	4,2
SETTEMBRE '19	4,36	0,00082	10,4	5,7
OTTOBRE '19	3,91	0,00074	10,2	5,1
NOVEMBRE '19	3,72	0,00070	9,55	4,8
DICEMBRE '19	3,32	0,00065	14,0	4,33

* il parametro PCDD/DF per i mesi di agosto 2018 e di gennaio 2019 non è disponibile a causa di problemi tecnici

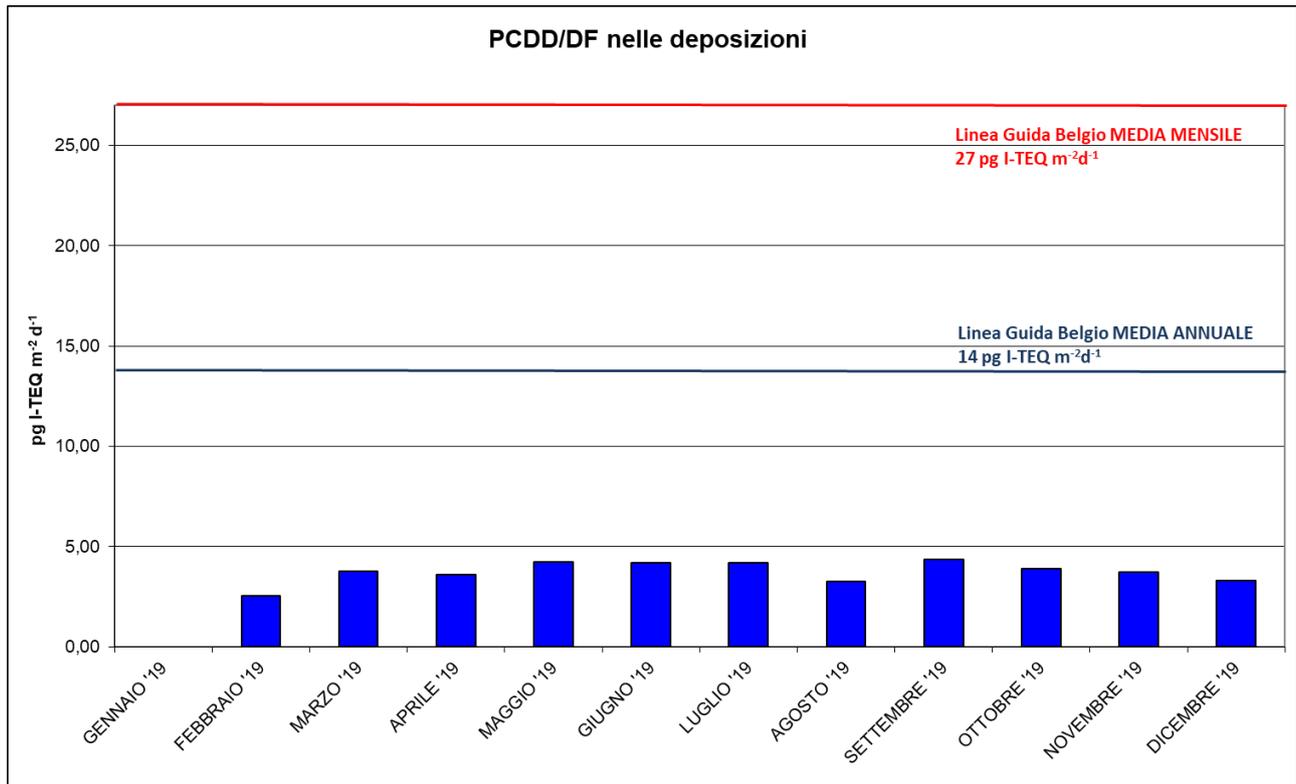


Figura 43 - Concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2019

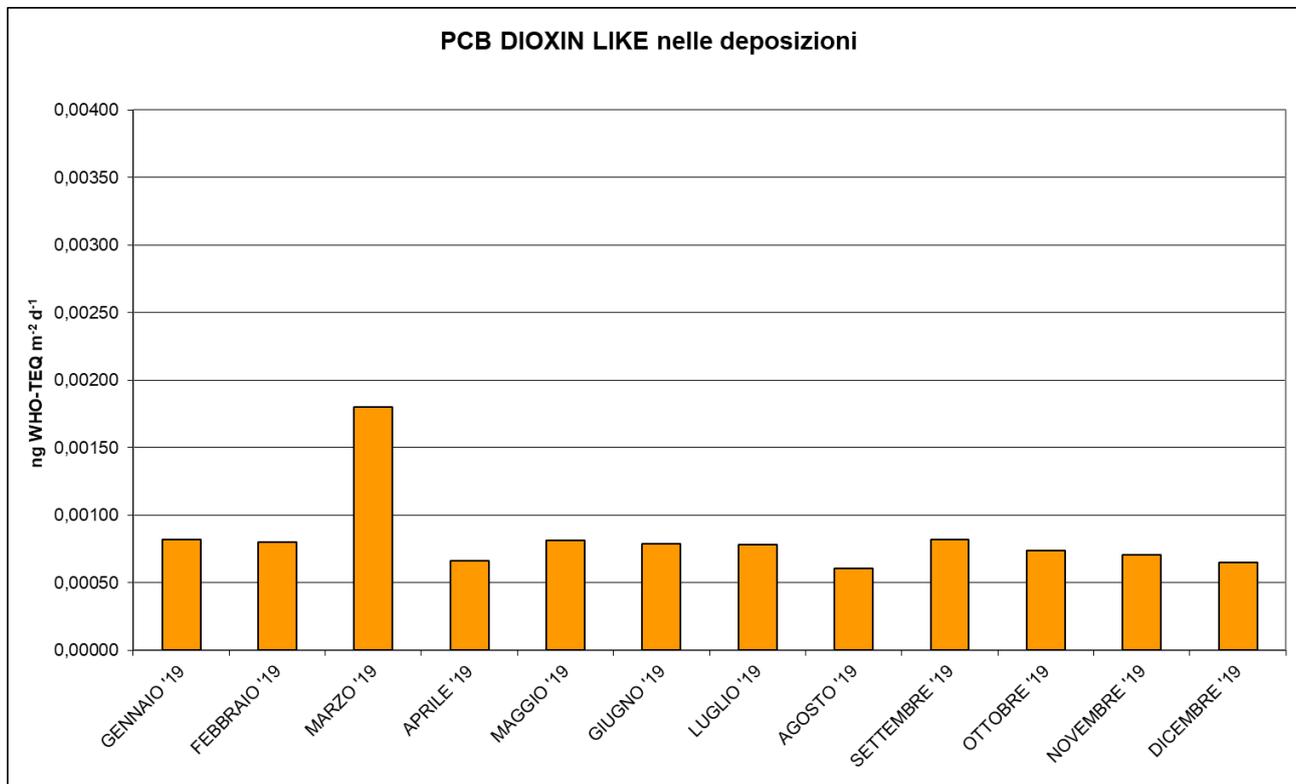


Figura 44 - Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2019

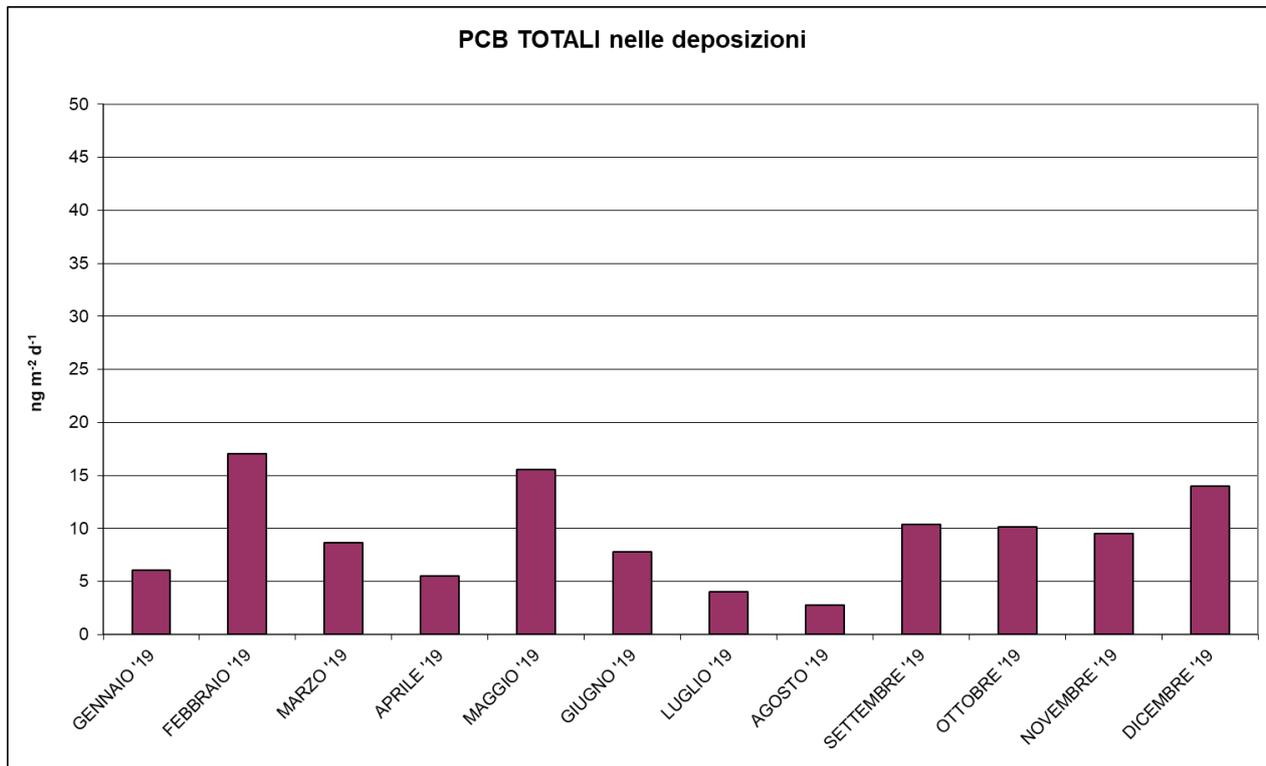


Figura 45 - Concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2019

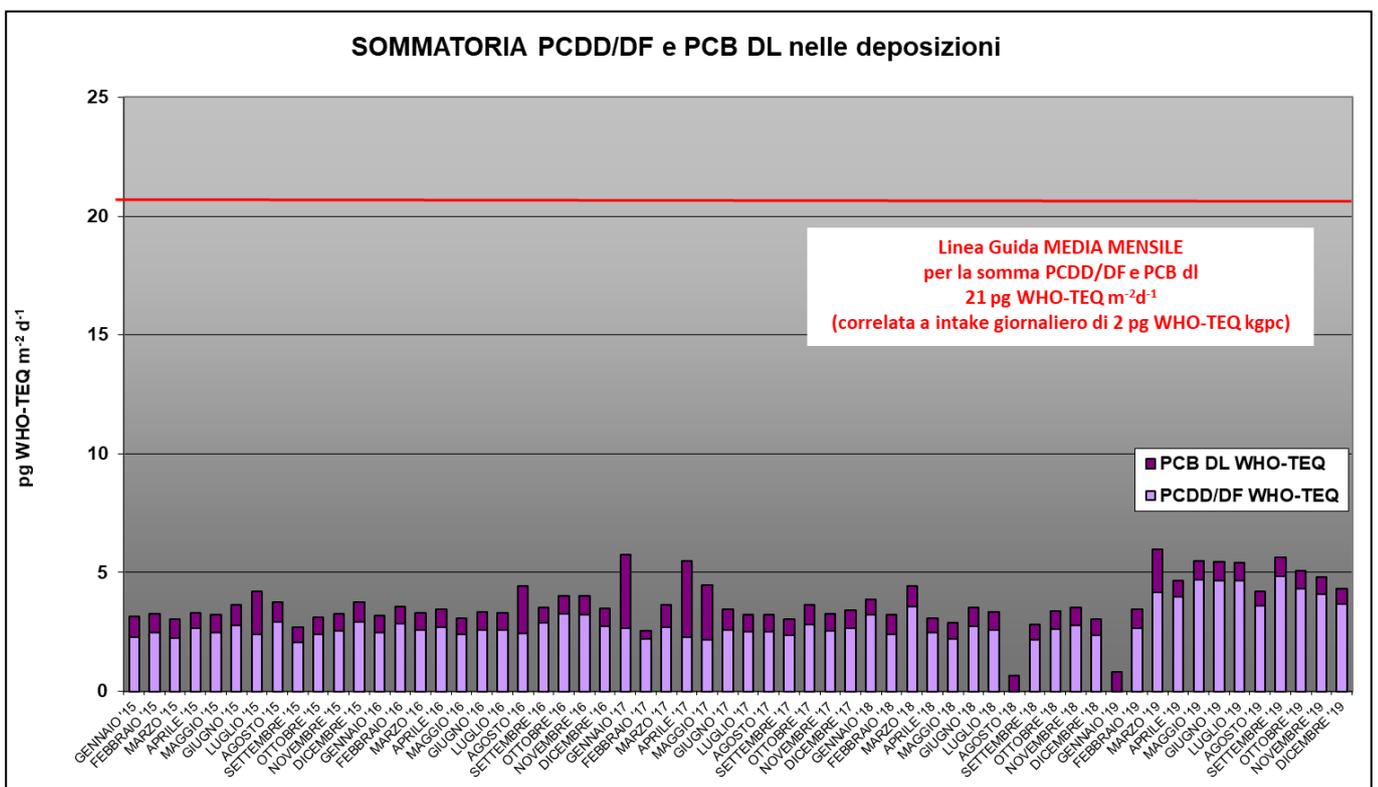


Figura 46 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2015

Anche nel caso delle deposizioni atmosferiche 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 quattro 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 riportiamo nella Tabella 38 le medie annuali dei parametri monitorati.

Tabella 38 – 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

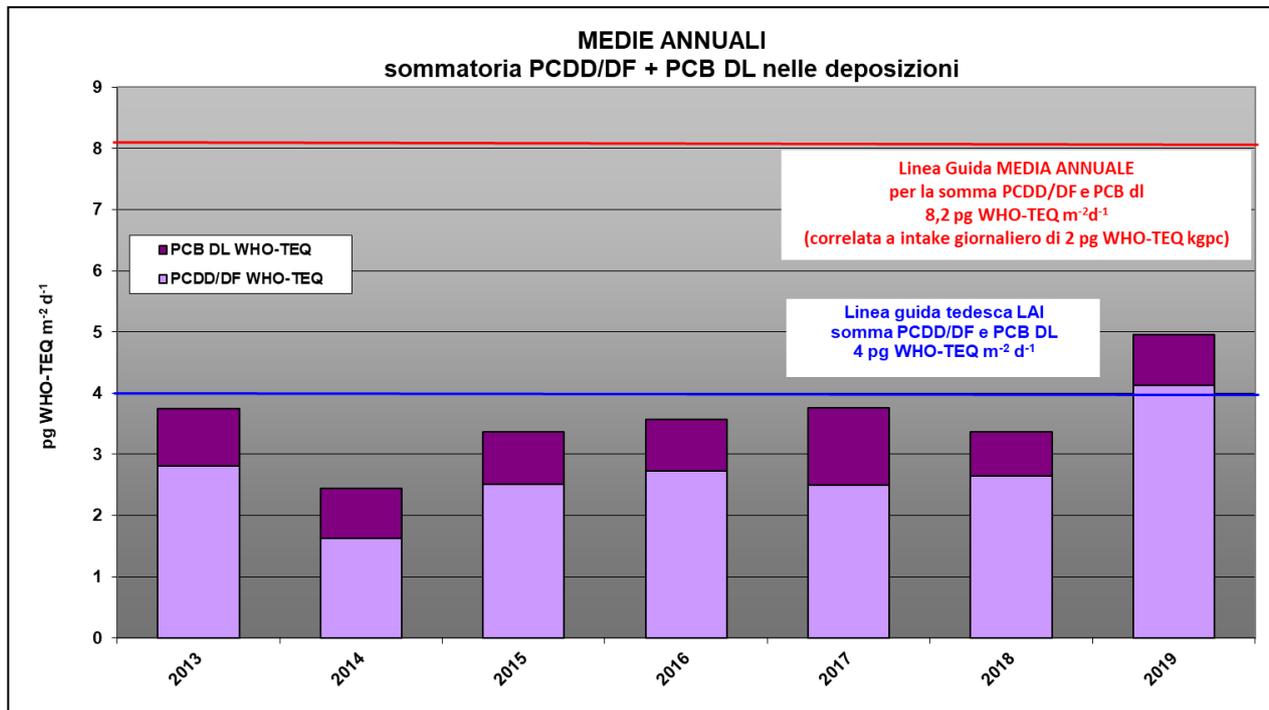


Figura 47 – Medie annuali della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni

La media annuale calcolata per l'anno 2019 supera la linea guida tedesca che fissa 4 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ come valore di lungo periodo, la media è però inferiore a quanto indicato in correlazione all'intake giornaliero pari a 2 pg WHO-TEQ kgpc.

Valutazione rappresentatività delle concentrazioni di PCDD/DF e PCB rilevate nelle deposizioni.

Per una migliore e corretta interpretazione dei dati relativi al monitoraggio con i numerosi valori di linea guida sino ad ora reperiti in bibliografia vengono riportate qui di seguito alcune osservazioni utili a valutare la rappresentatività dei risultati.

Come esplicitato al paragrafo “Determinazione analitica e espressione dei risultati” le concentrazioni delle famiglie come PCDD/DF e PCBdl sono espresse come sommatorie della concentrazione di diversi congeneri, 17 per PCDD/DF, 12 per i PCBdl e 29 per la sommatoria delle due famiglie PCDD/DF+PCBdl.

Talvolta è possibile che alcuni congeneri non siano quantificabili, ossia siano al di sotto del **limite di quantificazione** (<LOQ).

Un argomento che è necessario trattare è, dunque, la modalità di calcolo del limite di quantificazione adottato dal laboratorio.

Il limite di quantificazione è calcolato utilizzando il valore medio delle concentrazioni rilevate nei bianchi di processo realmente eseguiti negli ultimi due anni a cui si aggiunge la deviazione standard, corretta per un fattore moltiplicativo pari a 5. (Manuale ARPA Emilia Romagna, “Linee guida per la validazione dei metodi analitici e per il calcolo dell’incertezza di misura”, 5.3 Limite di quantificazione). Il limite di quantificazione viene periodicamente rivalutato (in particolare nel 2019 è stato rivalutato LOQ di PCDD/PCDF).

Le somme di PCDD/PCDF, PCBdl e PCDD/DF+PCBdl possono essere calcolate secondo i seguenti criteri:

- *Lower Bound*: i congeneri non quantificabili contribuiscono alla sommatoria come “0”
- *Medium Bound*: i congeneri non quantificabili contribuiscono alla sommatoria come “LOQ/2”
- *Upper Bound*: i congeneri non quantificabili contribuiscono alla sommatoria come “LOQ”.

Come indicato al paragrafo “Determinazione analitica e espressione dei risultati”, l’approccio adottato da Arpa per tutti i campioni qui analizzati è quello del Medium Bound, ma è opportuno comprendere quale sia la significatività dei dati espressi poiché ci troviamo di fronte a determinazioni analitiche per cui il numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione è davvero importante.

La tabella che segue (tabella 39) riassume per tutte le mensilità del 2019 il numero e la % di congeneri non quantificabili.

Per i PCBdl la media di congeneri non quantificabili è del 53%, per PCDD/DF è addirittura del 97% e per la sommatoria PCDD/DF+PCBdl è del 79%.

E’ evidente che il valore di LOQ, utilizzato per calcolare le sommatorie in Lower, Medium e Upper Bound, assume un peso rilevante in presenza di un così alto numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione.

Per valutare correttamente i dati ottenuti nell’anno 2019 e in particolare la media annuale della sommatoria PCDD/DF + PCBdl riportata in Figura 47 che, espressa in Medium Bound, risulta superiore al valore guida tedesco di lungo periodo, si riportano alcune indicazioni tratte da un documento redatto da ISS e ISPRA per illustrare l’“Analisi e monitoraggio ambientale in relazione alla situazione emergenza “diossine” nella regione Campania” (i documenti sin qui citati sono disponibili presso il laboratorio Arpa di Grugliasco).

Tabella 39 – Valutazione % di congeneri non quantificabili per ciascun campione.

VALUTAZIONE CONGENERI INFERIORI AL LOQ	n° congeneri inferiori al LOQ	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	MEDIA
PCB DIOXIN LIKE (12 congeneri)	n°	7	5	6	7	5	7	7	9	7	7	4	5	
PCB DL %	%	58	42	50	58	42	58	58	75	58	58	33	42	53%
PCDD/DF (17 congeneri)	n°	ND	16	17	16	17	17	17	17	17	17	14	17	
PCDD/DF %	%	ND	94	100	94	100	100	100	100	100	100	82	100	97%
totale congeneri inferiori LOQ	n°	ND	21	23	23	22	24	24	26	24	24	18	22	
totale congeneri inferiori LOQ %	%	ND	72	79	79	76	83	83	90	83	83	62	76	79%

La somma Medium Bound in generale, si può considerare la miglior rappresentazione della concentrazione, ma essa sarà maggiormente rappresentativa quanto più lo scarto tra Lower e Upper Bound sarà modesto.

Con un numero di congeneri inferiori al limite di rilevabilità così alto come nel caso in questione si rende necessario il confronto tra le varie sommatorie.

Riportiamo nel grafico che segue la concentrazione della sommatoria PCDD/DF+PCB dl calcolata applicando il criterio del Lower Bound.

Appare subito evidente che con l'applicazione di questo criterio di calcolo i valori di concentrazione risultano estremamente bassi rispetto alle linee guida.

ISS-ISPRA ritengono utile introdurre il fattore “f” che fornisce un’indicazione della rappresentatività dei dati ottenuti. Tale fattore è il rapporto tra Lower Bound e Medium Bound, qualora si esprima la sommatoria in Medium Bound.

Il fattore “f” può assumere valori da 0 a 1 (0 nel caso in cui tutti i congeneri siano inferiori a LOQ, 1 nel caso in cui i congeneri siano tutti quantificati). Un valore di $f < 0,6$ indica che i valori delle sommatorie in Medium Bound non sono sufficientemente rappresentativi della reale concentrazione dei campioni considerati, anzi rappresentano una sovrastima del valore reale.

SOMMATORIA lower bound PCDD/DF e PCB DL nelle deposizioni

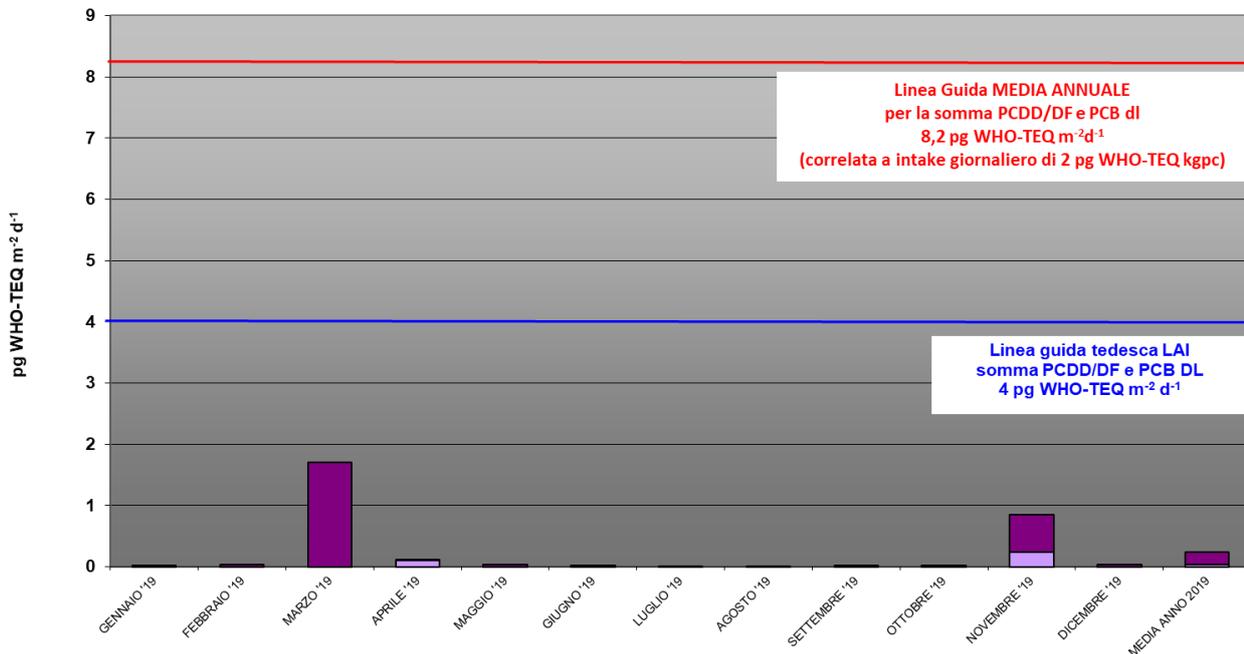


Figura 48 – Medie mensili e media annuale 2019 della sommatoria PCDD/DF + PCB dl Lower Bound

Nella Tabella 40 che segue vengono riportati i valori di concentrazione calcolati con tutti e tre i criteri per i PCB Dioxin Like, per PCDD/DF (che risulta essere la più critica poiché presenta il 97% di congeneri inferiori al limite di rilevabilità) e per la sommatoria generale PCDD/DF+PCBdl, nonché il fattore “f” per ciascuna sommatoria.

Dalla tabella appare evidente che il fattore f calcolato per le sommatorie è sempre molto basso, infatti come valore medio troviamo:

- f_{PCBdl} pari a 0,191;
- f_{PCDD/DF} pari a 0,007;
- f_{PCDD/DF+PCBdl} pari a 0,048.
- Dal calcolo del fattore f emerge che, nel caso dei campioni di deposizioni atmosferiche dell'anno 2019, la concentrazione media annuale di PCDD/PCDF + PCBdl non è effettivamente rappresentativa di una contaminazione reale, poiché la sommatoria in Medium Bound deriva dalla sommatoria di un numero molto elevato di congeneri inferiori al limite di quantificazione e rappresenta pertanto una sovrastima.

Tabella 40 – Valutazione RAPPORTO Lower Bound / Medium Bound per le diverse sommatorie.

PCB DL														
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
PCB dl LB	pg WHO-TEQm ⁻² d ⁻¹	0,02	0,033	1,7	0,015	0,039	0,019	0,013	0,008	0,019	0,02	0,62	0,039	
PCB dl MB		0,82	0,8	1,8	0,66	0,81	0,79	0,78	0,603	0,82	0,74	0,7	0,65	
PCB dl UB		1,61	1,56	1,89	1,31	1,58	1,56	1,55	1,2	1,61	1,45	0,79	1,25	
f=LB/MB	f_{PCB dl}	0,024	0,041	0,944	0,023	0,048	0,024	0,017	0,013	0,023	0,027	0,886	0,060	0,191
PCDD/DF														
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
PCDD/DF LB	pg WHO-TEQm ⁻² d ⁻¹	0,02	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,233	0	
PCDD/DF MB		0,82	2,67	4,18	3,99	4,68	4,66	4,65	3,6	4,84	4,34	4,1	3,69	
PCDD/DF UB		ND	5,34	8,37	7,88	9,36	9,33	9,29	7,21	9,67	8,67	7,96	7,37	
f=LB/MB	f_{PCDD/DF}	ND	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057	0,000	0,007
SOMMATORIA PCDD/DF+PCB dl														
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
PCDD/DF+PCBdl LB	pg WHO-TEQm ⁻² d ⁻¹	0,02	0,033	1,7	0,115	0,039	0,019	0,013	0,008	0,019	0,02	0,853	0,039	
PCDD/DF+PCBdl MB		0,82	3,47	5,98	4,65	5,49	5,45	5,43	4,20	5,66	5,08	4,8	4,34	
PCDD/DF+PCBdl UB		ND	6,9	10,26	9,19	10,94	10,89	10,84	8,41	11,28	10,12	8,75	8,62	
f=LB/MB	f_{PCDD/F+PCBdl}	ND	0,010	0,284	0,025	0,007	0,003	0,002	0,002	0,003	0,004	0,178	0,009	0,048

Come indicato dal rapporto ISS-ISPRA infatti “è importante precisare che la non rappresentatività di una stima cumulativa non è sintomatica di una scarsa quantità analitica del dato, quanto piuttosto sta a indicare che la stima fornita potrebbe non riflettere a pieno la reale contaminazione del campione in studio, rappresentando, probabilmente, una sovrastima di esso”.

La concentrazione media annuale di PCDD/PCDF+PCBdl rilevata nelle deposizioni atmosferiche per l’anno 2019, benché superiore al valore di linea guida di lungo periodo proposto dal LAI, non rappresenta quindi una concentrazione degna di nota poiché è una sovrastima della concentrazione reale.

Sarà cura di questo laboratorio approfondire e sperimentare nuovi approcci per il campionamento e l’analisi delle deposizioni atmosferiche al fine di migliorare la rappresentatività dei dati.

Conclusioni

Nel corso dell'anno 2019 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 2019 i valori riscontrati sono in media confrontabili (ed in alcuni casi, come quello del PM₁₀) uguali a quelli della stazione di fondo urbano di Torino Lingotto;
- per quanto riguarda gli inquinanti normati, nel caso di PM₁₀ e biossido di azoto, i dati rilevati nel 2019, complice una meteorologia particolarmente favorevole, mostrano un miglioramento rispetto al 2018 nelle loro medie annuali. Come nel 2018, anche nel 2019 è stato rispettato il valore limite annuale in tutte le stazioni della rete di monitoraggio per il PM₁₀. Il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM₁₀ è leggermente superiore (49 nel 2019 contro i 41 del 2018). I dati di PM_{2.5}, benzene, arsenico, cadmio, nichel, piombo e benzo(a)pirene sono pari a quelli rilevati nel 2018.
- tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria (D.Lgs. n°155/2010 e s.m.i) sono rispettati, ad eccezione del valore limite giornaliero del PM₁₀.
- Il valore limite annuale per il biossido di azoto, solitamente superato, nel 2019 è stato rispettato, a conferma della situazione meteorologica favorevole dal punto di vista della dispersione degli inquinanti. 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;
- per quanto riguarda gli 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 2019 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 2018;
- relativamente ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) rilevati in aria ambiente nel corso del 2019 si conferma un andamento di tipo stagionale, situazione tipica del bacino padano, dovuta al progressivo aumento delle condizioni di stabilità atmosferica dai mesi autunnali a quelli invernali, con tendenza al confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo e valori leggermente più alti nei periodi invernali. 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) sono leggermente superiori a quelli del 2018, ma restano in linea con siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio provinciale/regionale o i cui dati sono

disponibili nella letteratura scientifica sebbene la sommatoria di PCDD/PCDF+PCBdl per il 2019 risulti superiore al valore di linea guida di lungo periodo proposto dal LAI;

A tale proposito si evidenzia che, a partire dagli esiti riferiti al mese di luglio 2014, il Polo Microinquinanti ha sostituito il limite di quantificazione strumentale con un limite di quantificazione elaborato a partire dai bianchi analitici. Nel corso del 2019 il calcolo dell'LOQ ha subito una ulteriore modifica per PCDD/DF, esso viene calcolato utilizzando il valore medio delle concentrazioni rilevate nei bianchi degli ultimi due anni a cui si aggiunge la deviazione standard, corretta per un fattore moltiplicativo ora pari a 5 (prima del 2019 era pari a 2). Il nuovo limite di quantificazione calcolato per PCDD/DF è più elevato del precedente e comporta un incremento dei valori calcolati come medium bound, in particolare per quei campioni che presentano un elevato valore di congeneri inferiori al limite di quantificazione.

Questo effetto è osservabile nel grafico di Figura 46 in cui si nota un livellamento verso l'alto dei dati riferiti alla sommatoria di PCDD/DF e PCB da marzo 2019 con l'introduzione del nuovo LOQ per PCDD/DF. Allo scopo di meglio comprendere il significato delle concentrazioni così calcolate al paragrafo "Valutazione rappresentatività delle concentrazioni di PCDD/DF e PCB rilevate nelle deposizioni" è stata introdotta una disamina dei dati alla luce del documento redatto da ISS e ISPRA per illustrare l'"Analisi e monitoraggio ambientale in relazione alla situazione emergenza "diossine" nella regione Campania".

Alla luce delle elaborazioni possiamo concludere che la concentrazione media annuale di PCDD/PCDF+PCBdl rilevata nelle deposizioni atmosferiche per l'anno 2019, benché superiore al valore di linea guida di lungo periodo proposto dal LAI, non rappresenta quindi una concentrazione degna di nota poiché è una sovrastima della concentrazione reale.