

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

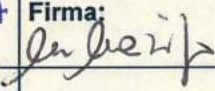
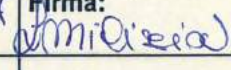
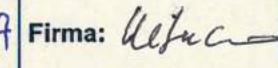
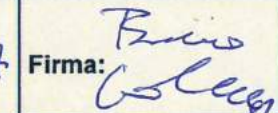
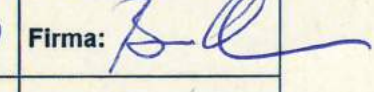
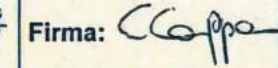
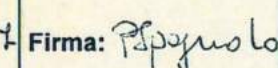
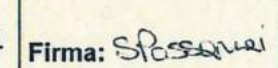
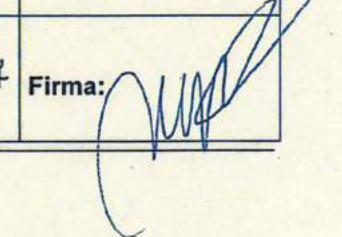
**Rapporto di sintesi sui dati prodotti dalla stazione
di monitoraggio della qualità dell'aria ubicata nel
Comune di Beinasco – Giardino Pubblico Aldo
Mei, di proprietà di TRM S.p.A. - Anno 2016**



DIPARTIMENTO TERRITORIALE DI TORINO (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 2016

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Marilena Maringo		
	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Laura Milizia		
	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Milena Sacco		
Verifica	Funzione: Dirigente professionale presso SS Produzione	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Francesco Lollobrigida		
Approvazione	Funzione: Responsabile SS Produzione	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Carlo Bussi		
Redazione	Funzione: Laboratorio specialistico Nord Ovest	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Carla Cappa		
	Funzione: Laboratorio specialistico Nord Ovest	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Paola Spagnolo		
	Funzione: Laboratorio specialistico Nord Ovest	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Simona Possamai		
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Laboratorio specialistico Nord Ovest	Data: 28/3/17	Firma: 
	Nome: Marco Fontana		

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017
 Dipartimento Territoriale del Piemonte Nord-Ovest

Via Pio VII n°9 - 10135 Torino - Tel. 01119680350/351 - Fax 01119681441 - e-mail: dip.torino@arpa.piemonte.it

Le attività oggetto della presente relazione sono state effettuate dalle Strutture Semplici *Attività di produzione*, *Polo Microinquinanti* e *Laboratorio* del Dipartimento Arpa di Torino

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, a 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 *Polo Microinquinanti* 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
- 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.

La Struttura Semplice *Laboratorio* ha curato le determinazioni di laboratorio di idrocarburi policiclici aromatici e metalli sui campioni di particolato e deposizione atmosferica

Premessa.....	3
Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale	3
Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente	5
Introduzione	5
Ossidi di Azoto	6
Particolato Sospeso - PM ₁₀	13
Particolato Sospeso - PM _{2.5}	17
Benzene e toluene	19
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	22
Mercurio elementare gassoso e sul particolato	24
Altri metalli sul particolato	28
Policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili	33
Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche	40
Introduzione	40
Idrocarburi policiclici aromatici	40
Metalli.....	44
Policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili.....	51
Conclusioni	57

Premessa

La presente relazione costituisce il rapporto di sintesi e giudizio relativo all'anno 2016 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 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 a 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;
- PM10;
- PM2,5;
- benzene;
- i seguenti idrocarburi policiclici aromatici sul particolato 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 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, infine, il Dipartimento scrivente provvede a effettuare la determinazione sul PM10 e nelle deposizioni di cobalto, cromo, rame, selenio, vanadio, zinco, mercurio e sul PM10 anche di antimonio, titanio e manganese

Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale

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



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



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

La dotazione strumentale è la seguente:

- Analizzatore in continuo di ossidi di azoto
- Analizzatore in continuo di PM10
- Analizzatore in continuo di 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 155/2010 e s.m.i., a cui si rimanda per i dettagli tecnici. Nel caso di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili, in assenza di una normativa europea, sono state utilizzate le procedure di campionamento e analisi previste dal SGQ di Arpa Piemonte e descritte in dettaglio negli specifici paragrafi.

Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente

Introduzione

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 2016; 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 provinciale e rappresentative di diverse situazioni territoriali. Le caratteristiche delle stazioni utilizzate per confronto appartenenti alla rete ubicata nel territorio della

Città Metropolitana e ulteriori informazioni di dettaglio sulle stazioni sono disponibili 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

Sia il sito indicato che il sistema AriaWeb sono messi a disposizione dalla Regione Piemonte.

Nei paragrafi seguenti sono descritti in dettaglio i risultati relativi ai diversi inquinanti oggetto di monitoraggio, in particolare per quanto riguarda il confronto con i limiti previsti dalla legislazione in materia di aria ambiente.

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.

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	8513	8428	8751	8376
Percentuale ore valide	97%	96%	100%	95%
Giorni validi	355	349	366	344
Percentuale giorni validi	97%	95%	100%	94%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	98	72	94	84
Media dei massimi giornalieri	99	71	94	83
Media delle medie giornaliere	37	24	39	34
Media dei valori orari	37	24	39	34

Tabella 1: Monossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2016

Nel corso del 2016 la concentrazione media di ossido di azoto registrata dalla cabina TRM è stata superiore a quella calcolata presso le altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria considerate per il confronto e riportate in Tabella 1.

La media annuale calcolata presso la stazione di TRM risulta confrontabile con quella determinata presso la stazione di traffico urbano di Torino (via della Consolata) e di poco maggiore rispetto alla stazione di fondo urbano della città di Torino (Lingotto). La situazione si conferma, a differenza degli scorsi anni, anche se si considerano le medie dei massimi giornalieri.

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, le concentrazioni siano superiori rispetto alle stazioni di fondo urbano della città di Torino (Lingotto) e del Comune di Orbassano (Gozzano). Rispetto alla stazione di traffico urbano di Torino (Consolata) si evidenziano valori medi orari più alti presso la stazione di Beinasco - TRM nella prima metà della giornata mentre nella seconda parte della giornata la situazione si inverte.

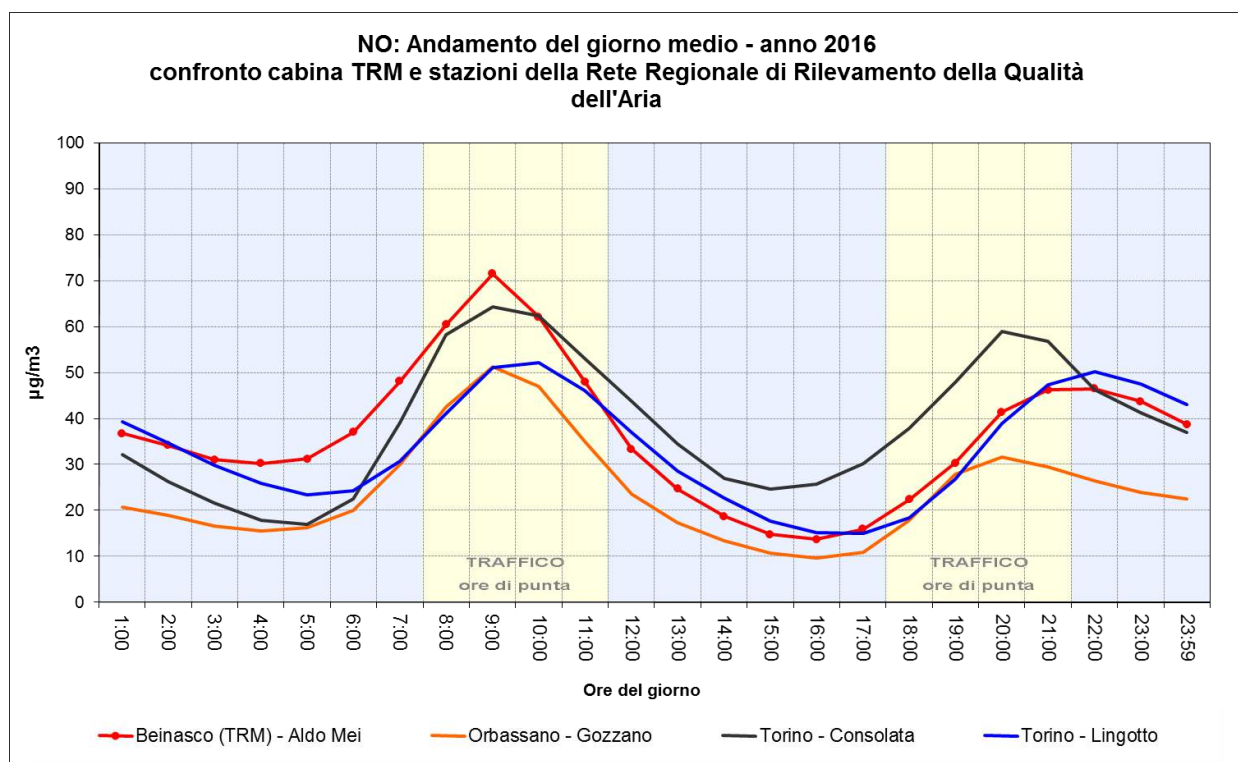


Figura 3: Monossido di azoto - andamento giornaliero medio

Essendo il monossido di azoto un inquinante primario presente in concentrazioni più significative nei mesi invernali è stata elaborata, utilizzando i dati della stazione meteorologica (sita in via Gorini), la rosa di concentrazione per questo inquinante nel corso del 2016 (Figura 4)

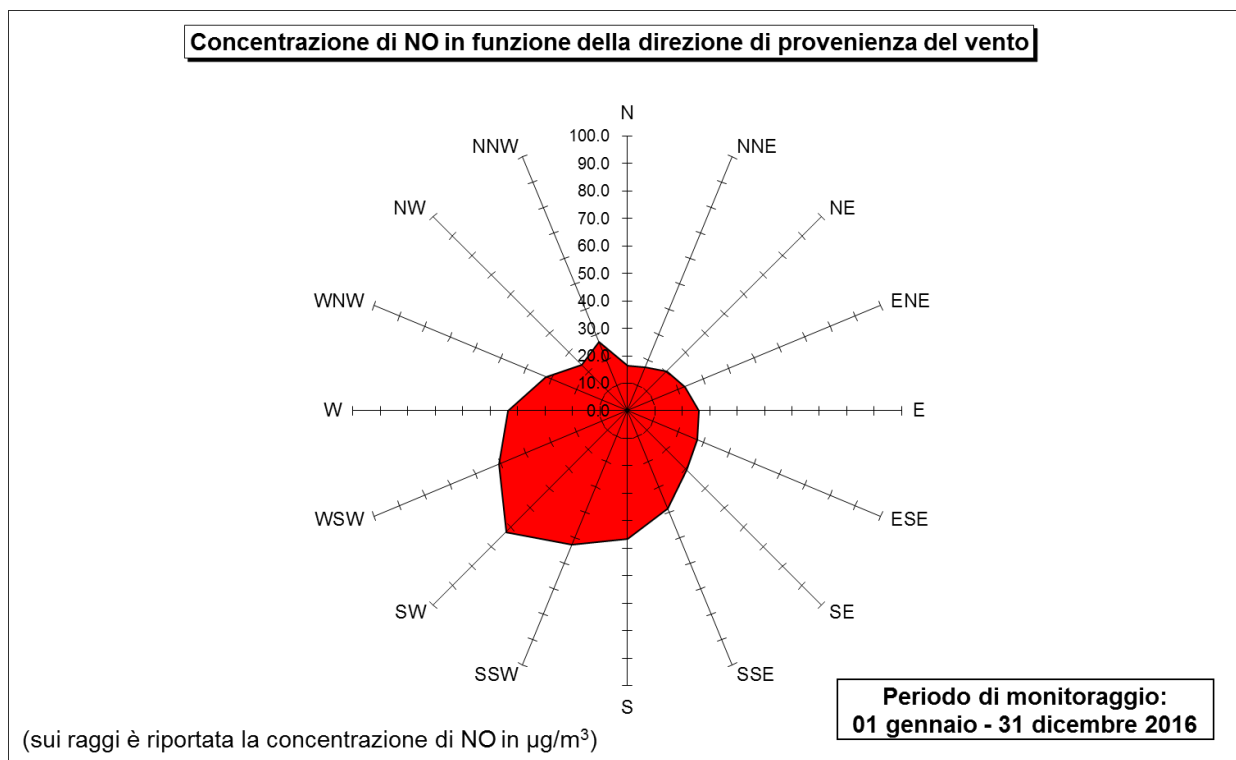


Figura 4: Concentrazioni di NO in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso del 2016

Questo tipo di grafico riporta, in corrispondenza di ogni direzione del vento, la concentrazione media dell'inquinante nelle ore in cui il vento proviene da quella direzione¹ e fornisce quindi un'indicazione generale sulla posizione delle sorgenti al suolo² (assi stradali, riscaldamento civile ecc.) dell'inquinante stesso rispetto al punto di monitoraggio.

A questo proposito si riporta in Figura 5 la rosa di concentrazione dell'NO inserita nella mappa riportante l'ubicazione della stazione di monitoraggio e dell'impianto TRM.

¹ L'elaborazione esclude le ore di calma di vento, in cui per definizione non è possibile individuare una direzione di provenienza. Sono state considerate ore di calma di vento quelle in cui la velocità del vento è inferiore a 0.5 m/s

² L'elaborazione fornisce indicazioni sulle sorgenti che emettono in prossimità del suolo perché la stazione di Via Gorini, misura velocità e direzione vento a un'altezza dell'ordine di 10 metri dal suolo. Si ricorda che la direzione del vento al suolo non necessariamente è la stessa che si rileva in quota, per cui la rosa dei venti riportata in Figura 3 non può per sua natura fornire indicazioni sulle ricadute delle emissioni del camino TRM.

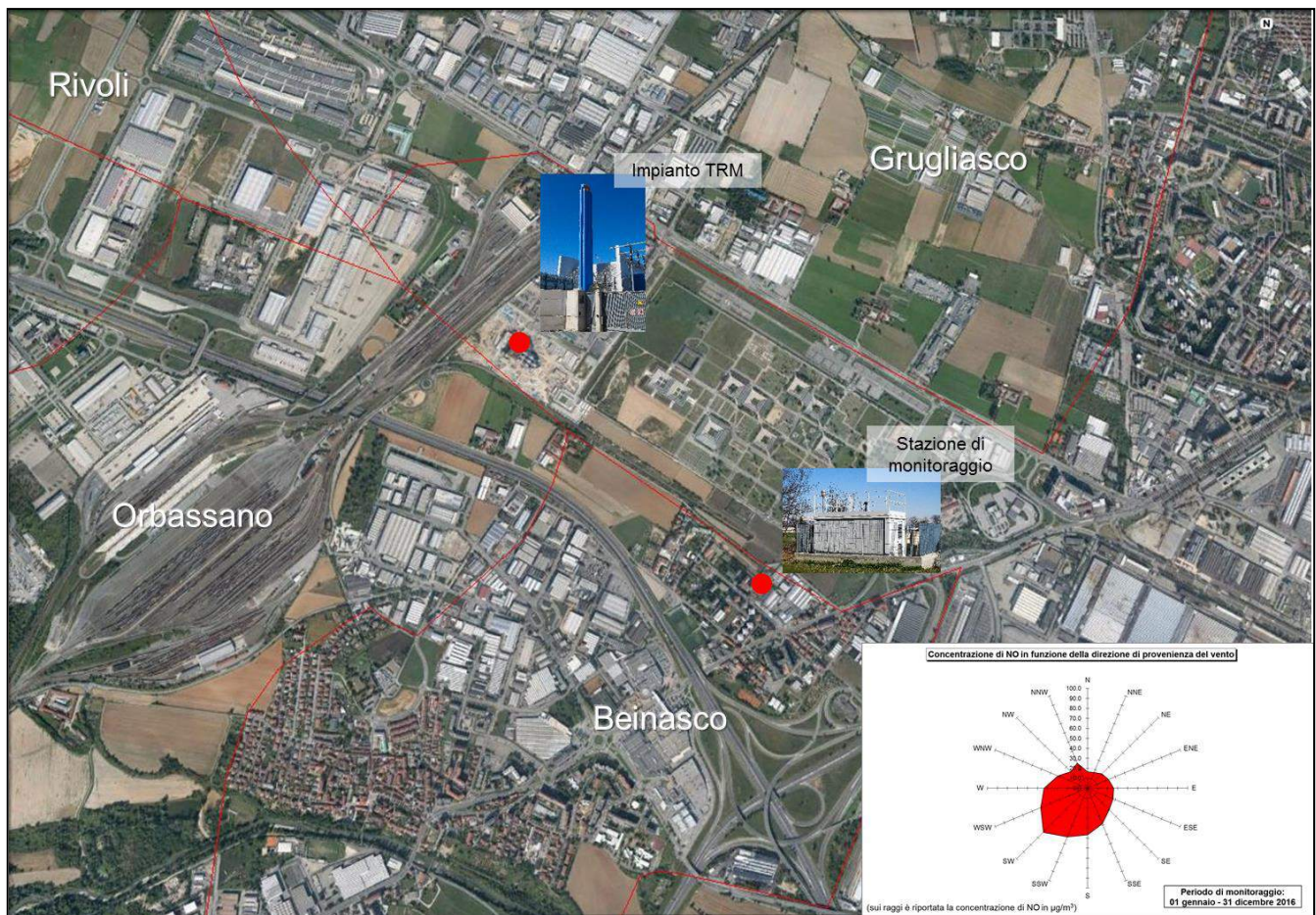


Figura 5: mappa con ubicazione della stazione di monitoraggio e dell'impianto TRM e rosa di concentrazione di NO

Per il monossido di azoto si osservano mediamente valori più elevati nel caso di venti con provenienza dall'insieme delle direzioni rispetto alle quali il sito di misura è sottovento ad importanti arterie stradali (in particolare Strada Torino), alla tangenziale di Torino e ai suoi snodi nonché alla stessa città di Torino.

La formazione di **biossido di azoto** (NO_2) è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO).

Il NO_2 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.

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 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>

Il limite annuale per la protezione della salute umana, pari a 40 µg/m³, è stato superato oltre che presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei, presso la stazione di traffico urbano del capoluogo piemontese (vedi Tabella 2).

Per quanto riguarda il valore orario per la protezione della salute umana pari a 200 µg/m³ (Tabella 2) presso la stazione TRM, nel 2016, non è stato registrato alcun superamento mentre si registra 5 superamenti presso la stazione di Torino – Lingotto.

Biossido di Azoto (NO ₂) (valori di concentrazione espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Orbassano - Gozzano	Torino - Consolata	Torino - Lingotto
Ore valide	8332	8190	8745	8373
Percentuale ore valide	95%	93%	100%	95%
Giorni validi	346	339	366	344
Percentuale giorni validi	95%	93%	100%	94%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	72	61	80	69
Media dei massimi giornalieri	71	60	80	69
Media delle medie giornaliere	41	32	50	40
Media dei valori orari	41	32	50	40
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0	0	5
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0	0	0	3
Numero di superamenti livello allarme (400)	0	0	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0	0	0

Tabella 2: Biossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2016

Anche per il biossido di azoto, in Figura 6, si riporta il profilo del giorno medio. Per tutte le stazioni si nota il tipico andamento caratterizzato da una 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. Più elevato del profilo determinato presso la stazione di Orbassano – Gozzano ma confrontabile con quello della stazione di fondo urbano del capoluogo.

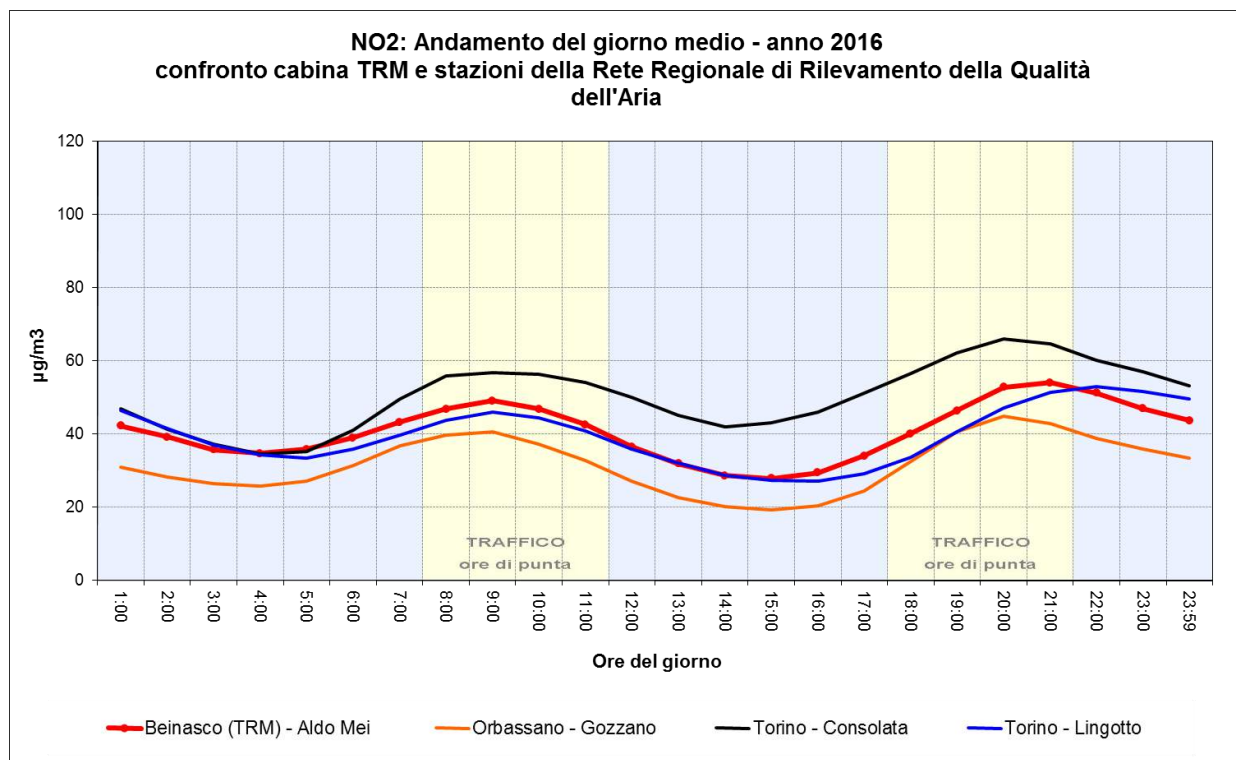


Figura 6: Biossido di azoto - andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)

In Figura 7 si riportano, invece, le medie annuali di Biossido di azoto registrate presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e presso altre stazioni della provincia di Torino, da cui è possibile notare come l'indicatore normativo annuale sia rispettato presso i tre siti di fondo ma viene superato presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei nonché quelle di traffico urbano.

Il valore di concentrazione media annuale di biossido di azoto misurato nella stazione di Beinasco-Aldo Mei nel 2016 ($41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultato inferiore a quello dell'anno precedente ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$), vedi Figura 8. Tale situazione è comune anche ad altre stazioni sul territorio della Città Metropolitana; tra quelle considerate nel confronto fanno eccezione la stazione di Torino – Lingotto e Torino – Rebaudengo. I minori livelli registrati nel corso del 2016 sono certamente, almeno in parte, imputabili alle condizioni meteorologiche meno critiche del 2016 rispetto al 2015 che hanno determinato una minore capacità di accumulo degli inquinanti al suolo ³.

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2016 in Piemonte sono state pari a 1118 mm circa con un surplus di 69 mm, che corrisponde a quasi il 7%; il 2016 è il 22° anno più umido nella distribuzione storica degli anni 1958-2016.

Analizzando l'andamento nei singoli mesi notiamo come il contributo più rilevante, all'anomalia pluviometrica positiva, sia stato dato dai mesi di febbraio e soprattutto, novembre (risultato il mese

³ Si veda "Uno sguardo all'aria – Anteprima 2016"

più piovoso), quando si è verificato l'evento alluvionale tra i giorni 21 e 26. In particolare il 24 novembre 2016 è risultato il terzo giorno più ricco di precipitazioni dal 1958 ad oggi.

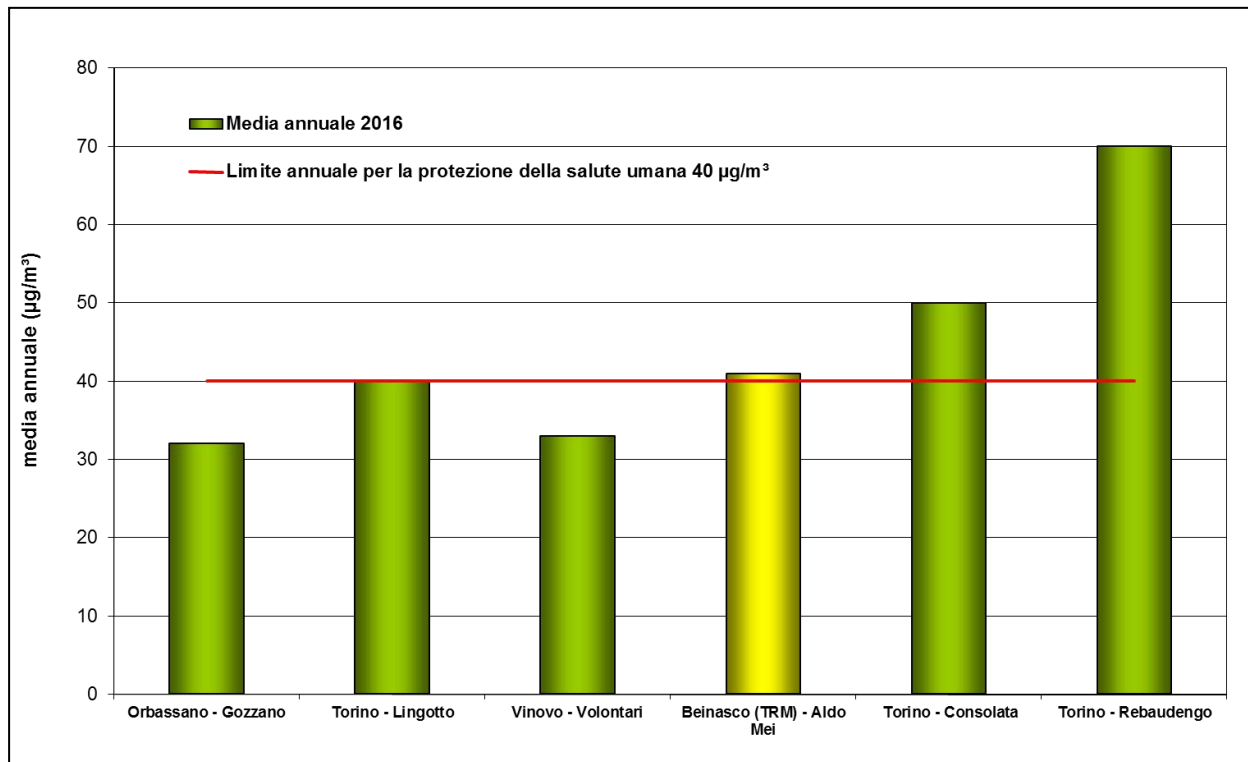


Figura 7: Biossido di azoto media annuale – 2016

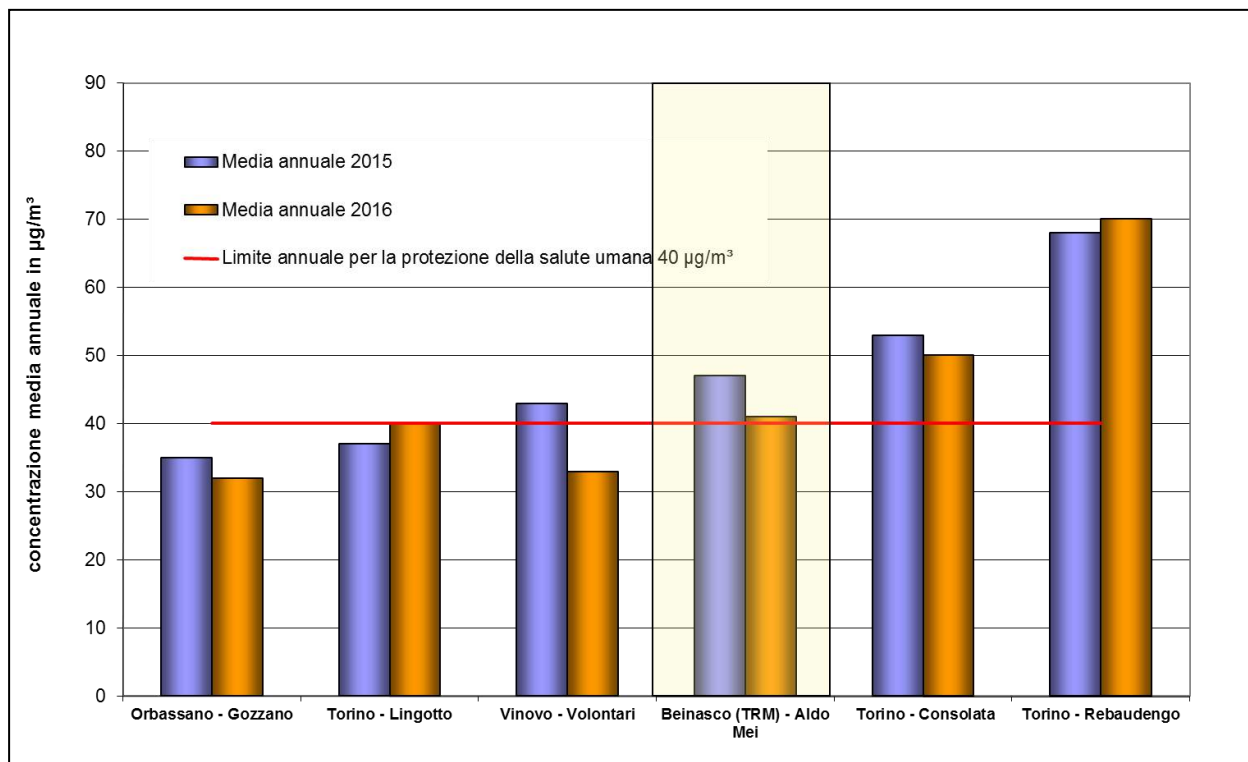


Figura 8: medie annuali - confronto 2015 e 2016

In Figura 9 si riporta il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti atmosferici⁴, per il 2016, suddiviso per mesi e confrontanti con quelli del 2015 da cui si osserva che durante il 2016 le condizioni meteorologiche sono state tali da avere un numero di giorni critici inferiori rispetto al 2015 in linea con i livelli di inquinamento inferiori, per i vari inquinanti, registrati nel 2016 rispetto al 2015.

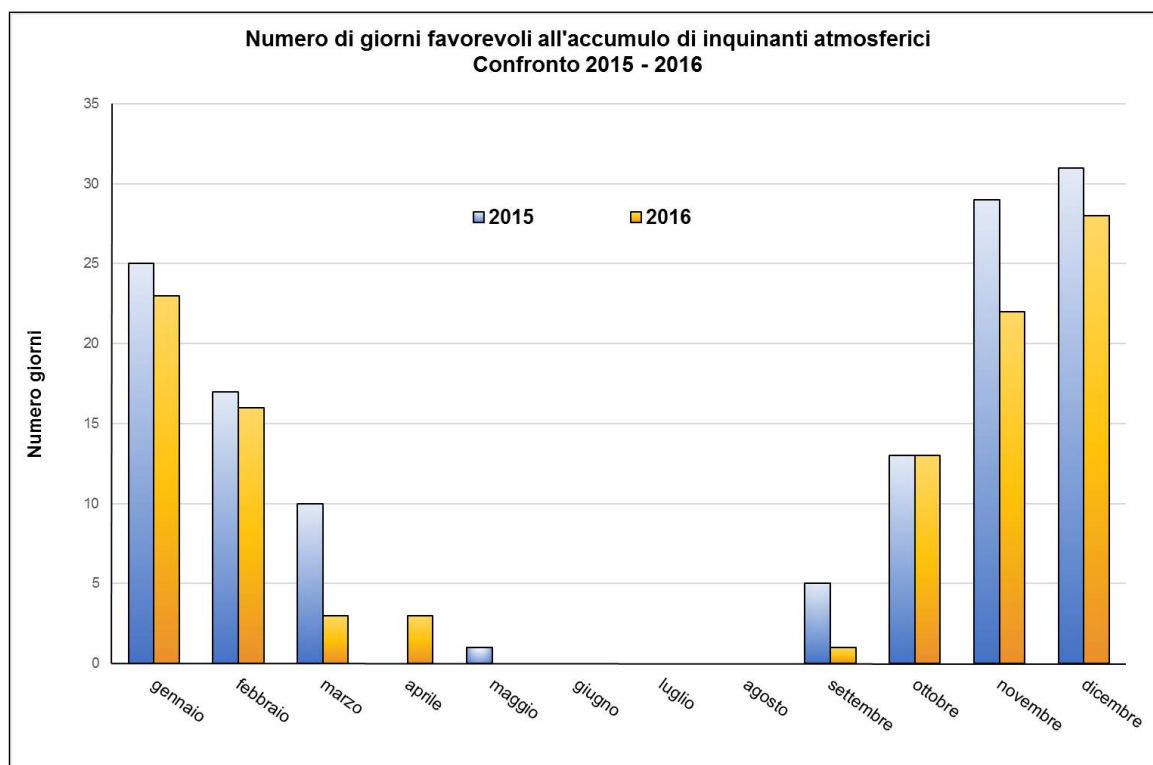


Figura 9: Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici

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

⁴ Questo indice viene calcolato al termine di ogni anno dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte e pubblicato nella relazione "Uno sguardo all'aria" pubblicata sui siti web dell'Agenzia e della Città Metropolitana <http://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>
<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

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 (PM_{10}), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$).

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 PM_{10}

Il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base giornaliera, che sono utilizzati nel presente rapporto:

PM_{10}	
PM_{10} - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	
media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM_{10} - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Per la misurazione dei livelli di PM_{10} 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 PM_{10} e del $\text{PM}_{2.5}$.

PM_{10} (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	111	82	134	130	128	127
Media delle medie giornaliere	29	21	35	35	34	42
Giorni validi	354	362	332	358	328	345
Percentuale giorni validi	97%	99%	91%	98%	90%	94%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	52	22	70	75	62	89

Tabella 3: PM_{10} - Indicatori statistici anno 2016

Confrontando i livelli di concentrazioni registrati presso la stazione TRM con quelli misurati presso alcune stazioni della rete fissa di rilevamento si osserva che, fatta eccezione per la stazione di fondo sita nel parco de La Mandria a Druento, in tutte le stazioni scelte come riferimento è stato

abbondantemente superato il limite massimo di superamenti consentiti (vedi Tabella 3). Il numero di superamenti registrati presso la stazione di Beinasco – TRM è confrontabile con quello rilevato presso la stazione di fondo urbano della città di Torino.

Il Particolato presenta un tipico trend stagionale con livelli di concentrazione maggiori nelle stagioni più fredde rispetto a primavera-estate vedi Figura 10.

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 facendone aumentare la concentrazione.

Importante è il ruolo della situazione meteorologica che influisce sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. Nel mese di dicembre, ad esempio, gli elevati valori medi sono da ricondurre a condizioni meteo climatiche che hanno favorito l'accumulo degli inquinanti in atmosfera.

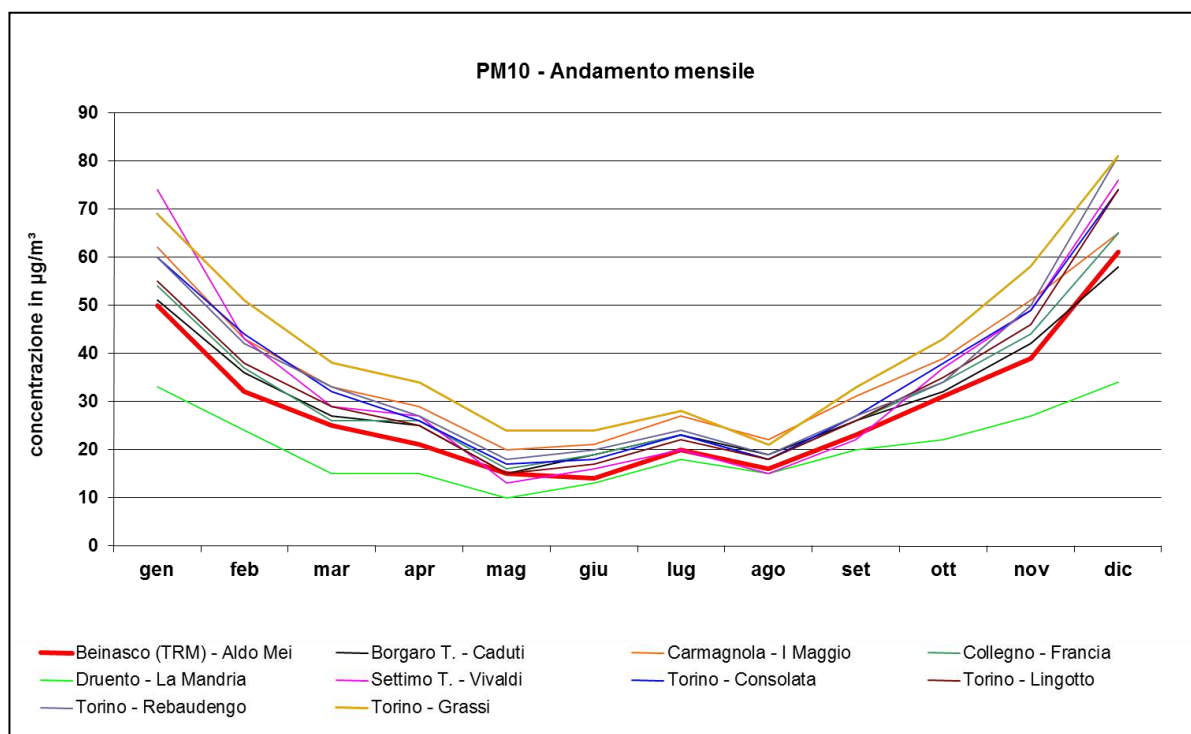


Figura 10: PM10 - Media mensile anno 2016

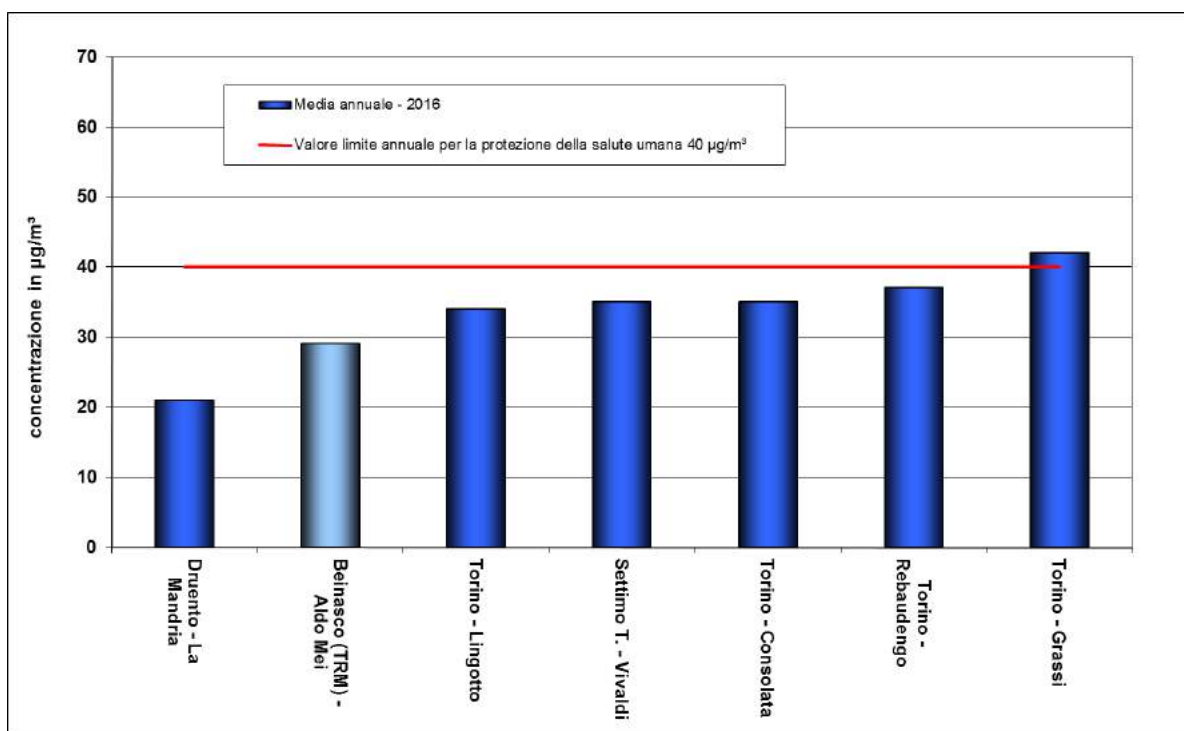


Figura 11: PM₁₀ - Media annuale

Nella Figura 11 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 ad eccezione della stazione di traffico urbano Torino - Grassi.

Nella Figura 12 si riportano i superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana pari a 50 µg/m³; con la linea rossa è indicato il numero di superamenti consentiti nel corso dell'anno da cui si evince che il limite di 35 superamenti è stato superato presso tutte le stazioni considerate ad eccezione di Druento – La Mandria (sito rurale).

Dalle Figura 11 e Figura 12 si evince che i livelli di concentrazione di PM₁₀ rilevati presso la stazione TRM sono inferiori anche a quelli dei siti di fondo urbano della città e della provincia di Torino.

Analogamente a quanto visto per il biossido di azoto, anche per il PM₁₀ si riscontra una diminuzione delle medie annuali di PM₁₀ (che passa da 33 a 29 µg/m³).

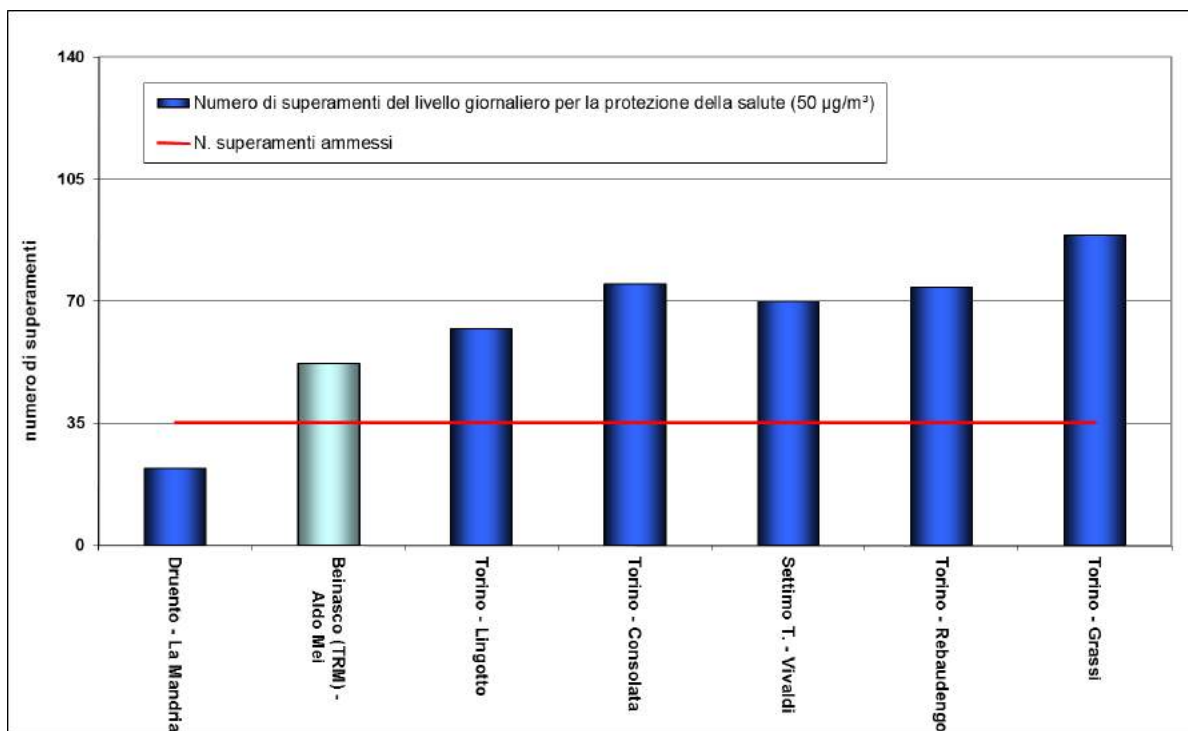


Figura 12: PM₁₀ - Numero di superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana

Particolato Sospeso - PM_{2.5}

Per la frazione respirabile delle polveri PM_{2.5} la norma nazionale vigente (DLgs 155/10) prevede un valore obiettivo per la protezione della salute umana da rispettare entro il 2015:

PM _{2.5}	
PM _{2.5} - valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	25 µg/m ³

Per la misurazione dei livelli di PM_{2.5} è stato utilizzato un misuratore a Raggi Beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), 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.

PM2.5 (valori di concentrazione espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Borgaro T. - Caduti	Torino - Lingotto	Torino - Rebaudengo	Settimo T. - Vivaldi
Minima media giornaliera	2	5	5	3	5
Massima media giornaliera	95	101	104	107	102
Media delle medie giornaliere	23	23	23	29	26
Giorni validi	355	351	346	292	354
Percentuale giorni validi	97%	96%	95%	80%	97%

Tabella 4: PM_{2.5} - Indicatori statistici anno 2016

Il valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana è stato superato presso tutte le stazioni prese in considerazione. Per l'indicatore normativo previsto per il PM_{2.5} si precisa che la percentuale di dati validi registrati presso il sito di misura Torino – Rebaudengo è inferiore al 90% e quindi i valori presentano una leggera sovrastima dal momento che mancano i dati del periodo estivo, meno critico per questo inquinante.

In Figura 13 si riportano i profili mensili registrati nel 2016 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 sempre livelli mediamente più bassi rispetto alle altre stazioni considerate.

Come per il PM₁₀ anche per il PM_{2.5} le medie annuali diminuiscono dal 2015 al 2016 (passando da 26 a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

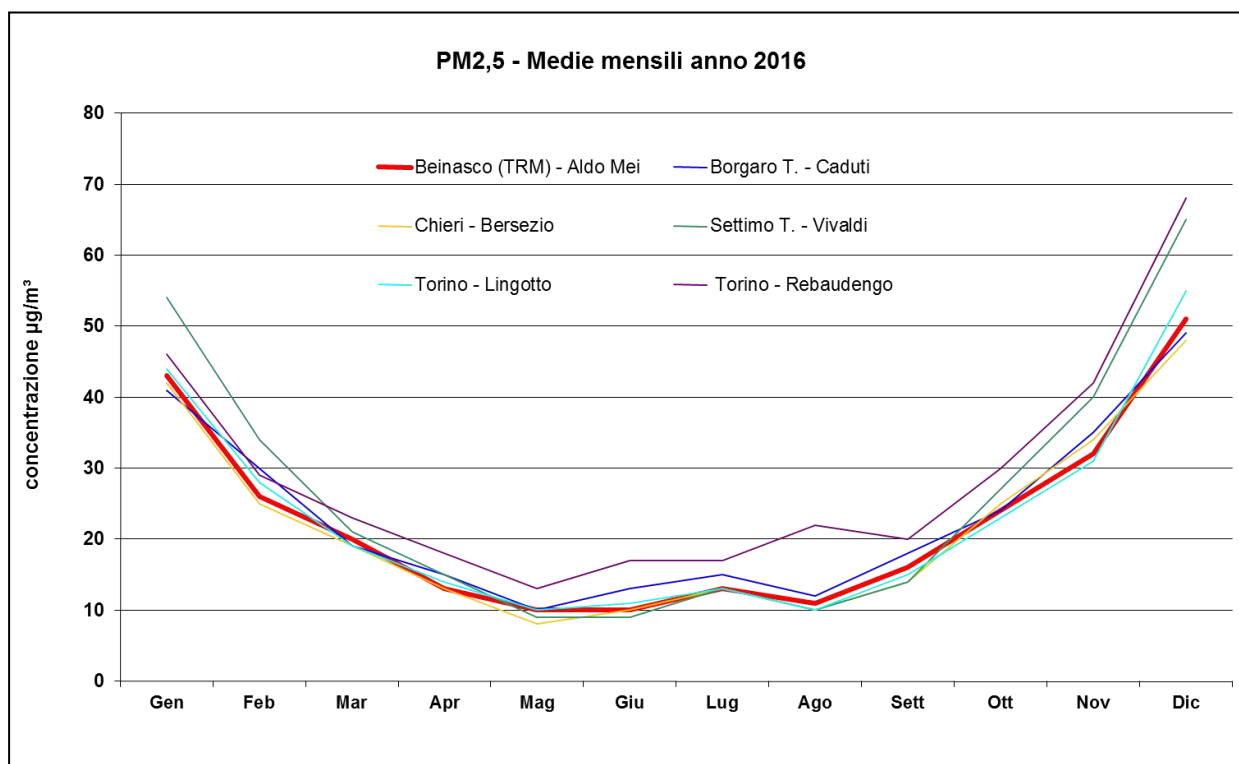


Figura 13: PM_{2.5} - Confronto medie mensili (TRM evidenziata in rosso)

Benzene e toluene

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore a partire dal 1 luglio 1998 fissa all'uno per cento il tenore massimo di benzene nelle benzine.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. In seguito a esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo.

Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (D.Lgs. 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

BENZENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TRM	VINOVO	TO-LINGOTTO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7931	8448	7504	8484
Percentuale ore valide:	90%	96%	85%	97%
Giorni validi:	338	359	314	361
Percentuale giorni validi:	92%	98%	86%	99%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri (a):	2.1	2.5	1.9	3.4
Media dei massimi giornalieri (b):	2.3	2.4	1.8	3.4
Media delle medie giornaliere (c):	1.3	1.4	1.1	1.8
<u>Media dei valori orari:</u>	1.3	1.4	1.1	1.8

Tabella 5 - Benzene: Indicatori statistici anno 2016

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

Il benzene della stazione TRM di Beinasco – Aldo Mei è stato messo a confronto con quello misurato da alcune stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria (Tabella 5). La concentrazione media registrata dalla centralina TRM nel 2016 è $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore intermedio tra quello di Vinovo (stazione di fondo suburbano) e quello di Torino-Lingotto che si trova in un parco urbano, in una zona residenziale. La concentrazione media del 2016 è quindi molto al di sotto del limite normativo pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per il toluene la normativa italiana non prevede un limite, ma le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (2000) indicano un valore di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

TOLUENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TRM	VINOVO	TO-LINGOTTO	TO-CONSOLATA
Ore valide:	7766	8414	6588	8475
Percentuale ore valide:	88%	96%	75%	96%
Giorni validi:	329	356	275	360
Percentuale giorni validi:	90%	97%	75%	98%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri (a):	10.3	8.9	20.1	16.9
Media dei massimi giornalieri (b):	10.8	8.8	21	16.9
Media delle medie giornaliere (c):	5	4.1	10.1	7.6
Media dei valori orari:	5	4.2	10.2	7.6

Tabella 6 - Toluene: Indicatori statistici anno 2016

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

Le concentrazioni medie di toluene presso la centralina TRM si collocano a livello intermedio tra le concentrazioni di picco misurate presso la stazione di Torino-Consolata e i minimi della rete provinciale registrati a Vinovo (Tabella 6). Il valore di toluene di Torino-Lingotto non è rappresentativo della media annuale in quanto la percentuale di ore valide è molto al di sotto del 90%.

Nella Figura 14 e nella Figura 15 vengono mostrati infine gli andamenti del giorno medio per i due composti organici aromatici. Il calcolo del giorno medio conferma quanto precedentemente detto in base all'osservazione dei dati: le concentrazioni di benzene sono intermedie tra quelle di Torino-Lingotto e Vinovo, mentre il toluene è praticamente sovrapponibile ai dati registrati nella stazione di Vinovo. L'andamento presenta un doppio picco tra le 9 e le 10 del mattino e tra le 22-23 della sera, in analogia con le altre stazioni della rete provinciale.

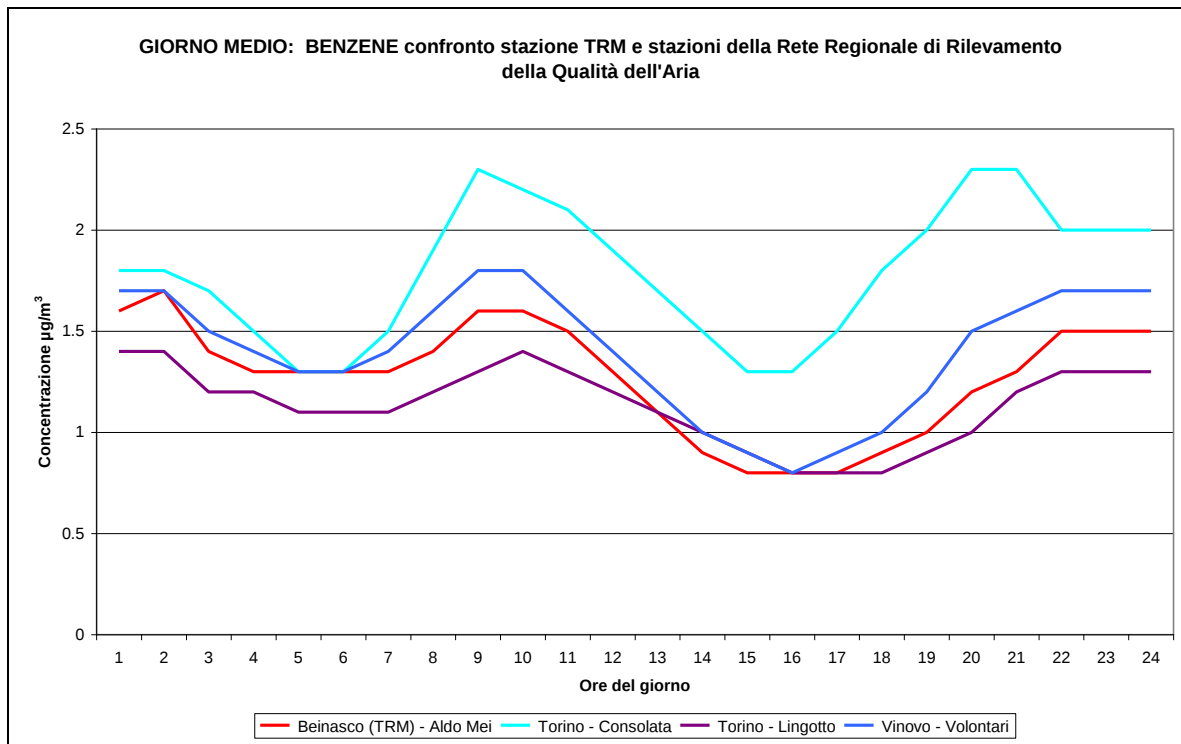


Figura 14 - Benzene: Andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)

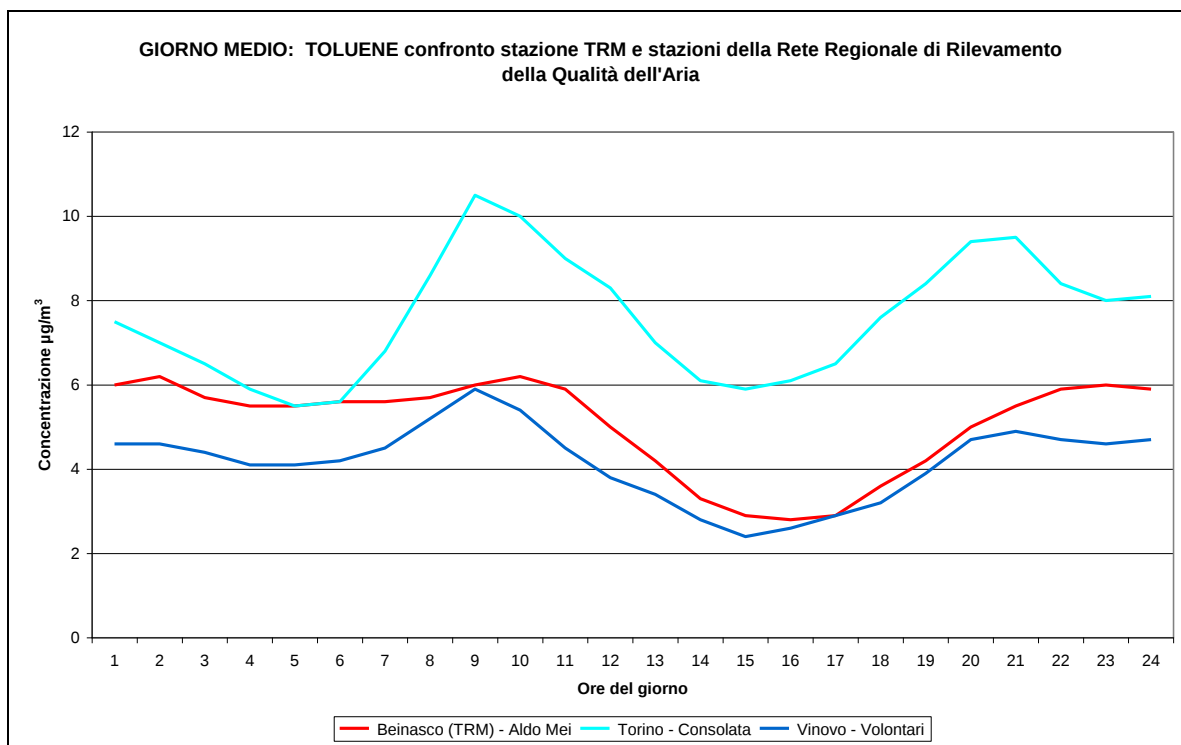


Figura 15 - Toluene: Andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Il D.Lgs 155/2010 prevede per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici sul PM₁₀ un valore limite per il benzo(a)pirene, espresso come media annuale, pari a 1 ng/m³.

Non sono previsti limiti normativi per gli altri composti. Tuttavia il rapporto quantitativo dei singoli IPA sul totale degli IPA presenti nell'aria è costante nel tempo, per cui il benzo(a)pirene, il più studiato della classe e per il quale sono stati accertati gli effetti cancerogeni, viene utilizzato come indicatore di esposizione dell'intera classe degli IPA.

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti formati da due o più anelli aromatici che derivano prevalentemente dalla combustione incompleta di materia organica come ad esempio carbone, derivati del petrolio, olio o biomassa. Le proprietà fisiche degli IPA, in particolare la pressione di vapore e il coefficiente di partizione tra la fase gassosa e la fase solida, variano in funzione del loro numero di anelli e del loro peso molecolare. Gli IPA sono sostanze semivolatili trasportate dalle masse d'aria sia allo stato di gas sia adsorbite sulla frazione solida in sospensione. Gli IPA sono sostanze di interesse tossicologico in quanto alcune di esse sono considerate probabili o possibili cancerogeni (cIPA) (IARC, 1984).

Nella Tabella 7 e seguenti sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2016 per i vari idrocarburi determinati sul PM₁₀ campionato presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei e confrontati con i dati raccolti in una serie di altre stazioni fisse della rete provinciale.

Benzo(a)pirene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	0.7	0.4	0.8	0.9	0.7	1.1
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 7: Benzo(a)Pirene sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Benzo(a)antracene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	0.53	0.22	0.55	0.82	0.53	0.94
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 8: Benzo[a]Antracene sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Benzo(b+j+k)fluorantene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	1.88	1.02	2	2.32	1.92	2.67
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 9: Benzo[b+j+k]Fluorantene sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Indeno(1,2,3-cd)pirene sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino - Grassi	Torino- Lingotto	Torino- Rebaudengo
Media 2016	0.73	0.41	0.83	0.86	0.74	1.02
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 10: Indeno[1,2,3-cd]Pirene sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Per il periodo considerato i livelli determinati presso la stazione di Beinasco sono intermedi tra quelli osservati presso la stazione urbana di traffico di Torino-Consolata e quella di fondo urbano di Torino-Lingotto. Il limite normativo annuale di 1 ng/m³ previsto dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene è rispettato.

In Figura 16 sono state riportate le concentrazioni di benzo(a)pirene determinate nei singoli campioni mensili per le stazioni poste a confronto. Nel 2016, come nei due anni precedenti, i mesi più ricchi di B(a)P rispetto al resto dell'anno sono stati gennaio e dicembre, molto probabilmente a causa delle particolari condizioni meteo climatiche; si tratta infatti di una situazione che accomuna siti con caratteristiche e localizzazioni molto differenti tra loro.

Andamento analogo si osserva anche per gli altri IPA determinati nel PM10.

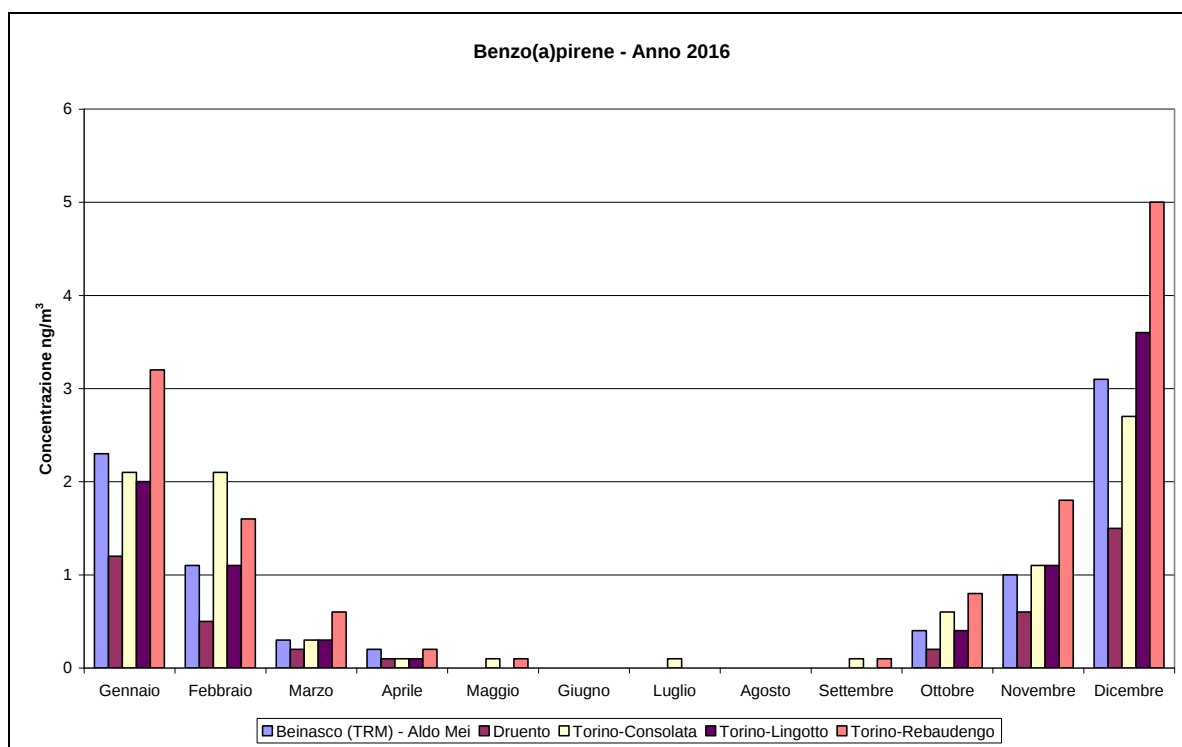


Figura 16 - Concentrazione di Benzo(a)Pirene nel PM10, andamento mensile anno 2016

Mercurio elementare gassoso e sul particolato

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

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

- quella dell'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR nel Comune di Montelibretti, in provincia di Roma, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale, alla deposizione totale del mercurio e alla misura 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.

Il Decreto Ministeriale 5 maggio 2015, inoltre, ha previsto all'art. 1.4 che le misure siano avviate entro sei mesi dall'entrata in vigore del D.M. stesso.

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, la quale 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 precisante 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

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

metilmercurio hanno valori dell'ordine dei pg/m^3 ^{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 $2\text{-}4 \text{ ng}/\text{m}^3$ e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$. Il documento *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper* indica che concentrazioni tipiche sono dell'ordine di $1.2\text{-}3.7 \text{ ng}/\text{m}^3$, con punte nei siti più impattati dell'ordine di $20\text{-}30 \text{ ng}/\text{m}^3$; 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 $1,66 \text{ ng}/\text{m}^3$ per il mercurio elementare gassoso;
- tra $6,42$ e $7,20 \text{ pg}/\text{m}^3$ per il mercurio presente sul $\text{PM}_{2.5}$;
- tra $0,73$ e $1,72 \text{ pg}/\text{m}^3$ per il mercurio ossidato in fase gassosa

La stazione di Torchiarolo (BR) ha rilevato nel 2016 un valore di media annuale pari a $2.0 \text{ ng}/\text{m}^3$, con un massimo orario di $10.5 \text{ ng}/\text{m}^3$. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG) ha registrato una media di $1.8 \text{ ng}/\text{m}^3$, con un massimo di $5.7 \text{ ng}/\text{m}^3$, nel periodo 10/10/16-31/12/16.

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 $1000 \text{ ng}/\text{m}^3$ come media annuale per il mercurio inorganico¹²;

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

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

- 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

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 2016 sono riassunti nella Tabella 11 mentre la Tabella 12 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili.

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>	7
<i>Media delle medie giornaliere</i>	2
<i>Giorni validi</i>	340
<i>Percentuale giorni validi</i>	93%
<i>Media dei valori orari</i>	2
<i>Massima media oraria</i>	28
<i>Ore valide</i>	8202
<i>Percentuale ore valide</i>	93%

Tabella 11 Mercurio elementare gassoso- indicatori statistici anno 2016

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.

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)

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

Tabella 12: Mercurio elementare gassoso – Concentrazioni medie mensili anno 2016

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

Tabella 13: Mercurio sul PM10 – Concentrazioni medie mensili anno 2016

Analizzando nel dettaglio la serie temporale del mercurio elementare gassoso, si osserva che i valori misurati nel 2016 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m³, con picchi orari massimi dell'ordine dei 28 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 2016 inferiori di duecento volte o più al valore di linea guida stabilito dall'O.M.S. e di quaranta volte o più a quelli stabiliti da U.S. – EPA e ATSDR. Nella Figura 17 è riportato l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di mercurio dall'attivazione della stazione sino a tutto il 2016. 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. La media annuale della stazione di Beinasco-Aldo Mei è pari a quella rilevata nella citata stazione di Torchiarolo (BR), il massimo orario assoluto nell'anno è più del doppio di quello registrato a Torchiarolo e quasi 5 volte quello misurato presso la stazione di fondo rurale di Monte Sant'Angelo (FG).

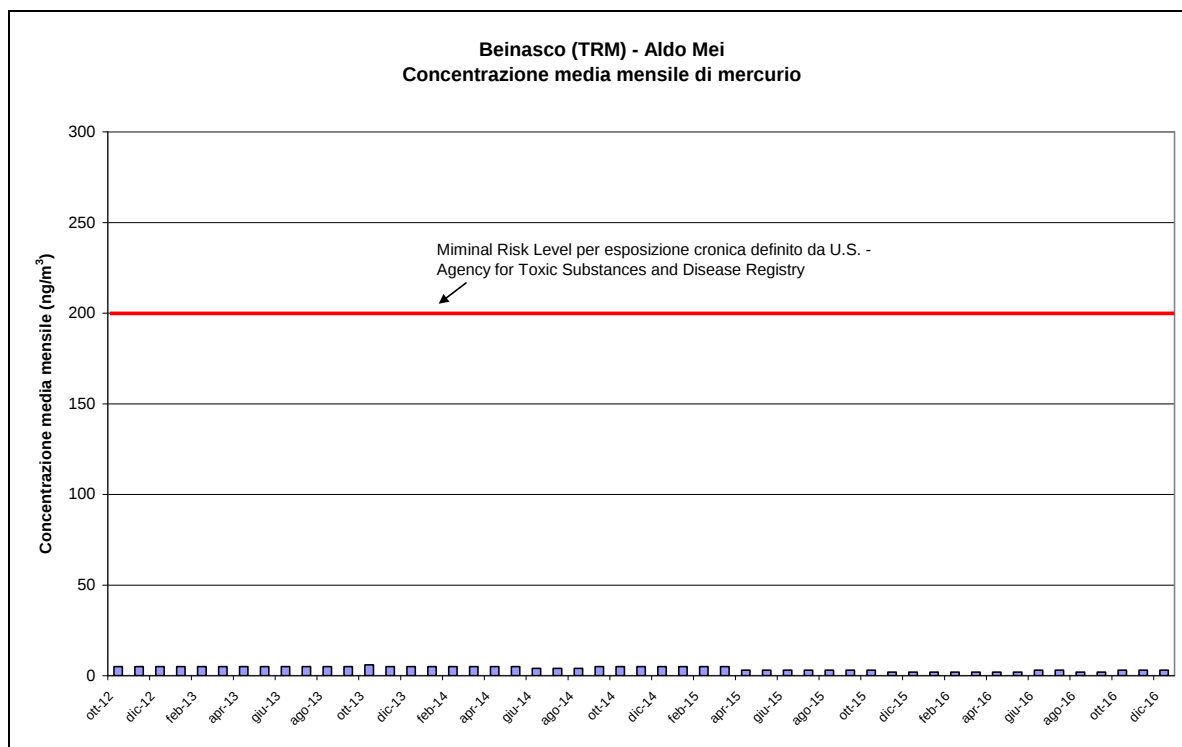


Figura 17: Andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2016

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 2016 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.

Arsenico sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 14: Arsenico sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Cadmio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	0.2	0.08	0.15	0.23	0.14	0.26
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 15: Cadmio sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Nichel sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	2.3	1.1	3.7	4	2.1	3
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 16: Nichel sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Piombo sul PM10 (valori di conc. espressi in µg/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2016	0.007	0.004	0.008	0.011	0.007	0.013
Giorni validi:	329	362	358	345	327	342
Percentuale giorni validi:	90%	99%	98%	94%	89%	93%

Tabella 17: Piombo sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

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.

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.

Metallo	Linea guida O.M.S. (ng/m³)	U.S. EPA RfC (ng/m³)	ATSDR MRL (ng/m³)	Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m³)	Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (**) (ng/m³)
<i>Antimonio</i>	-	-	-	-	-
<i>Cobalto</i>	-	-	100 (esposizione cronica)	1-2 in area urbana (*)	-
<i>Cromo</i>	(***)	100 come Cr(VI) sul particolato	300 come Cr(VI) sul particolato (esposizione sub-cronica) 100 come Cr(III) solubile sul particolato (esposizione sub-cronica)	5-200	< 20
<i>Manganese</i>	150 come media annuale	50	300 (esposizione cronica)	10-70(media annuale) in aree urbane e rurali; 200-500 (media annuale) nell'intorno di sorgenti industriali specifiche	40 in aree urbane; 10 in aree rurali
<i>Rame</i>	-	-	-	-	1-200
<i>Selenio</i>	-	-	-	-	< 10 come concentrazione di fondo
<i>Titanio</i>	-	-	-	-	-
<i>Vanadio</i>	1000 come media su 24 h	-	100 (esposizione cronica)	50-200 in area urbana	11 come media nazionale degli Stati Uniti
<i>Zinco</i>	-	-	-	-	20-160 in area urbana

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

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

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

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

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

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.

Va considerato che i metalli non normati in questione vengono determinati da Arpa Piemonte a scopo di studio anche nelle stazioni fisse di Torino-Lingotto, Torino-Rebaudengo e Torino-Grassi, le quali verranno quindi utilizzate nel seguito come confronto.

Dalla Tabella 19 alla Tabella 27 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2016 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.

Antimonio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO- Lingotto	TO- Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	1.9	4.5	1.8	4.0
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 19: Antimonio sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Cobalto sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO- Lingotto	TO- Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	0.4	0.4	0.4	0.4
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 20: Cobalto sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Cromo sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO- Lingotto	TO- Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	4.1	10.0	3.8	8.1
<i>Giorni validi</i>	299	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	82%	94%	89%	93%

Tabella 21: Cromo sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Manganese sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO-Lingotto	TO-Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	10.9	18.7	10.0	13.5
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 22: Manganese sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Rame sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO-Lingotto	TO-Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	28.2	61.3	29.2	54.8
<i>Giorni validi</i>	329	315	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	86%	89%	93%

Tabella 23: Rame sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Selenio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO-Lingotto	TO-Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	0.7	0.7	0.7	0.7
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 24: Selenio sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Titanio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO-Lingotto	TO-Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	7.5	13.6	6.7	7.5
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 25: Titanio sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Vanadio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO-Lingotto	TO-Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	1.0	0.9	0.9	0.9
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 26: Vanadio sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

Zinco sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	TO-Grassi	TO- Lingotto	TO- Rebaudengo
<i>Media del periodo</i>	40.1	52.0	36.6	45.3
<i>Giorni validi</i>	329	345	327	342
<i>Percentuale giorni validi</i>	90%	94%	89%	93%

Tabella 27: Zinco sul PM10 – indicatori statistici anno 2016

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-Lingotto.

Nel caso di cobalto, 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.

Policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili

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, infine, 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 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 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 28 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, per i campioni ambientali.

	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
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

Tabella 28: Fattori di Tossicità Equivalente

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.

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 da triclorobifenili a octaclorobifenili.

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, 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 29 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 (2016) che dall'inizio del monitoraggio (ottobre 2012), ai fini di disporre di una visione complessiva dell'andamento.

	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
OTTOBRE '12	20,4	0,00418	273	23,4
NOVEMBRE '12	52,2	0,00470	207	53,2
DICEMBRE '12	226	0,0294	847	213
GENNAIO '13	64,6	0,00526	236	67,9
FEBBRAIO '13	86,6	0,00351	198	72,0
MARZO '13	81,8	0,00322	186	70,2
APRILE '13	18,6	0,00377	144	27,2
MAGGIO '13	5,4	0,00243	143	8,52
GIUGNO '13	18,0	0,00289	135	19,1
LUGLIO '13	3,8	0,00234	155	5,36

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
AGOSTO '13	-	-	-	-
SETTEMBRE '13	8,3	0,00186	161	9,09
OTTOBRE '13	16,4	0,00350	218	18,1
NOVEMBRE '13	35,7	0,00494	171	37,2
DICEMBRE '13	62,3	0,00833	324	64,1
GENNAIO '14	55,3	0,00453	185	53,8
FEBBRAIO '14	30,5	0,00272	149	29,8
MARZO '14	0,624	0,00671	136	7,18
APRILE '14	5,70	0,00223	147	6,79
MAGGIO '14	12,6	0,00151	159	11,5
GIUGNO '14	3,40	0,00323	150	5,90
LUGLIO '14	3,27	0,00408	194	6,91
AGOSTO '14	18,9	0,00103	277	20,5
SETTEMBRE '14	6,60	0,00370	206	9,23
OTTOBRE '14	13,0	0,00332	225	14,8
NOVEMBRE '14	41,0	0,00637	272	41,1
DICEMBRE '14	91,3	0,00751	173	91,4
GENNAIO '15	49,9	0,00431	144	51,0
FEBBRAIO '15	38,2	0,00320	117	36,7
MARZO '15	16,2	0,00219	90,5	16,7
APRILE '15	11,7	0,00235	95,9	12,3
MAGGIO '15	4,58	0,00252	156,7	6,4
GIUGNO '15	12,2	0,00622	200,0	19,2
LUGLIO '15	4,07	0,00956	262,7	13,0
AGOSTO '15	3,19	0,00401	132,7	6,9
SETTEMBRE '15	4,04	0,00303	90,9	6,4
OTTOBRE '15	13,6	0,00291	125	15,1
NOVEMBRE '15	45,0	0,00346	125	43,2
DICEMBRE '15	80,6	0,00636	177	78,3
GENNAIO '16	39,2	0,00344	103,0	38,4
FEBBRAIO '16	25,5	0,00245	85,1	25,6
MARZO '16	12,1	0,00176	62	11,3
APRILE '16	6,23	0,00134	54,6	6,6
MAGGIO '16	3,58	0,00151	82,9	4,6
GIUGNO '16	2,96	0,00645	105	9,1
LUGLIO '16	4,15	0,00387	149	7,4
AGOSTO '16	1,13	0,00457	105	5,8
SETTEMBRE '16	6,06	0,00290	133	9,7
OTTOBRE '16	15,7	0,00553	126	18,5
NOVEMBRE '16	20,9	0,00213	159	19,2
DICEMBRE '16	48,1	0,00235	218	53,6

Tabella 29: Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente

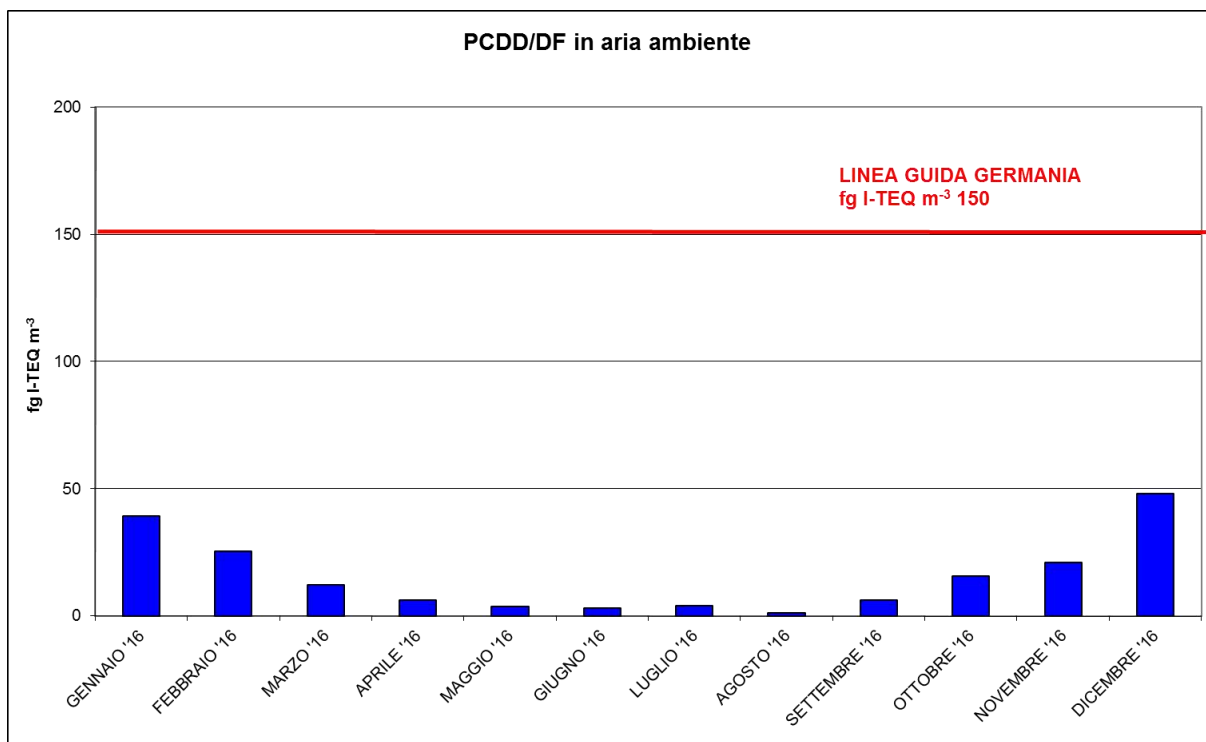


Figura 18: Concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2016

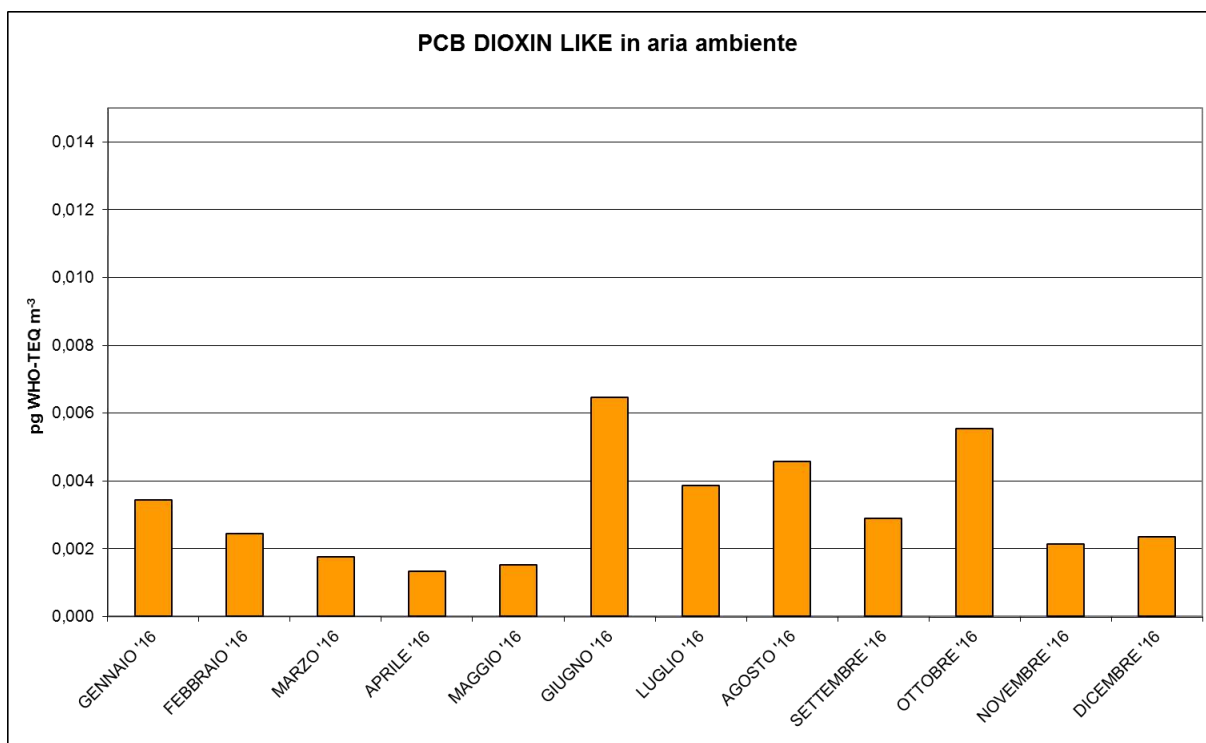


Figura 19: Concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2016

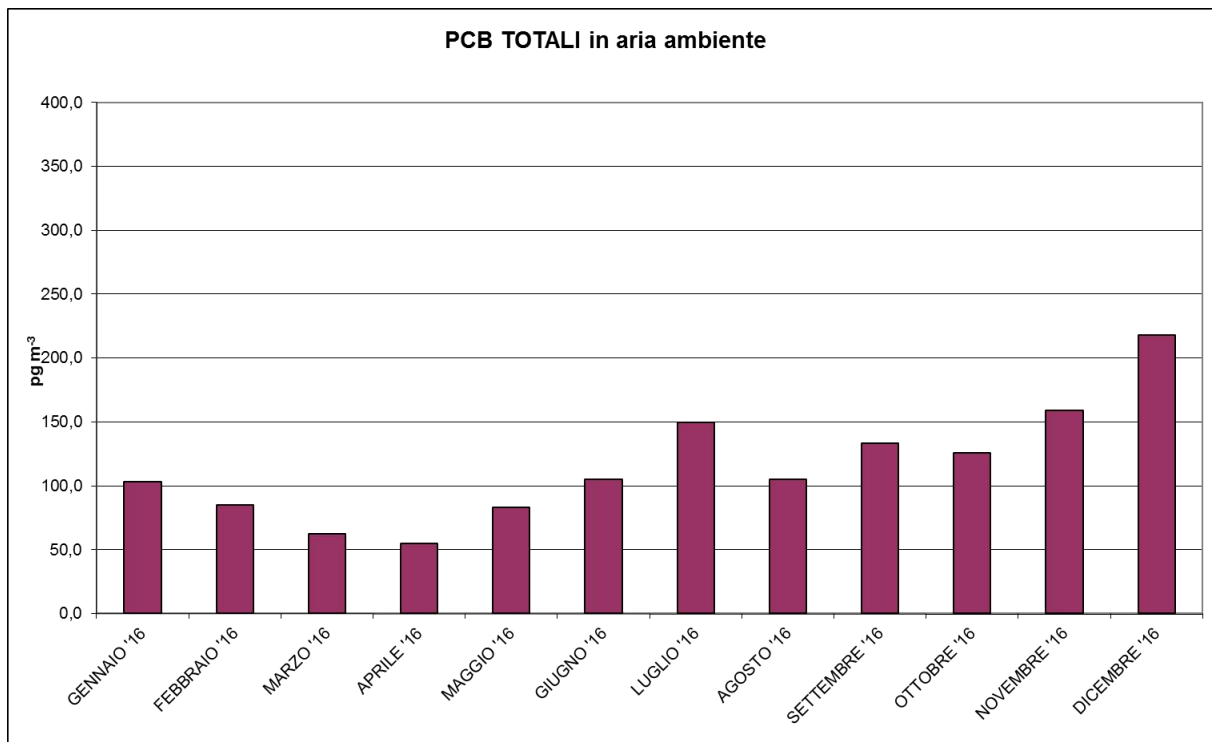


Figura 20 - Concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2016

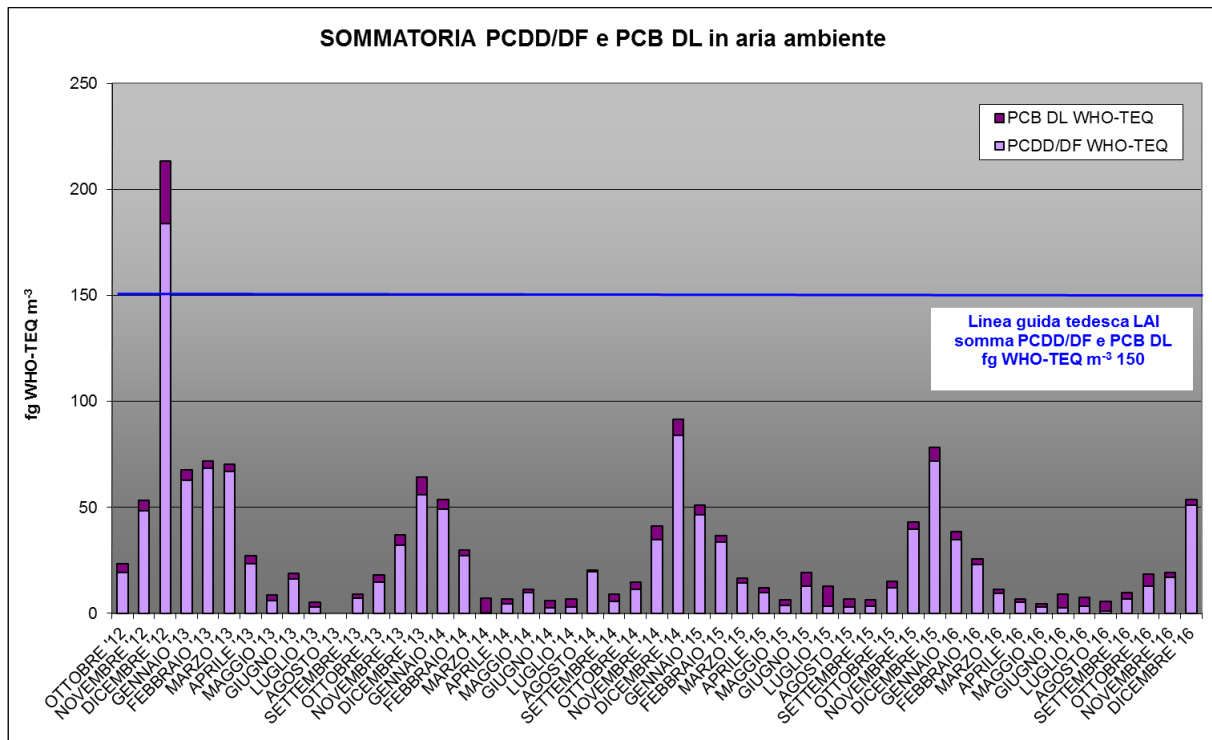


Figura 21 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2012

Come si evince dai grafici, tutti i valori si posizionano al di sotto delle linee guida definite dalla Germania sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like, tranne la concentrazione rilevata a dicembre 2012 prima dell'entrata in funzione dell'impianto di incenerimento.

Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche

Introduzione

Il sistema di raccolta installato presso la stazione Beinasco-Aldo Mei è conforme a quanto previsto dal D.Lgs 155/2011 e dalla norma tecnica europea vigente in relazione ai metalli e agli IPA nelle deposizioni (BS EN 15841/2009 e BS EN 15980/2011 rispettivamente), che prevedono la raccolta delle deposizioni totali. Seguendo quanto previsto dalla norma ogni singolo campionamento ha la durata di un mese, nel corso del quale in un unico contenitore vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide in caso di pioggia o neve. Per quanto riguarda i metalli a scopo di studio sono stati determinati una serie di metalli in aggiunta a quelli previsti dalla norma.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate dalla Struttura Semplice "Laboratorio" del Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest.

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).

Nelle tabelle seguenti sono riportati i flussi di deposizione dei metalli e dei microinquinanti organici rilevate nelle deposizioni totali presso la stazione Beinasco-Aldo Mei espresse come rapporto tra la quantità di analita in relazione con i giorni di esposizione e per m² di superficie esposta. 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).

Pur descrivendo in modo dettagliato la metodica di campionamento, la norma non prevede livelli limite o valori obiettivo per i vari composti, per cui come termine di confronto sono riportati i valori, dove disponibili, di campionamenti effettuati in parallelo sul territorio provinciale e i dati reperibili in letteratura.

Idrocarburi policiclici aromatici

In Tabella 30 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti e analizzati nel corso dell'anno 2016 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei confrontati con i rilievi equivalenti dal 2013 al 2015. Per quanto riguarda il flusso di deposizione di IPA nelle deposizioni la normativa non prevede dei limiti per cui a titolo di confronto sono stati riportati i valori relativi ai campioni raccolti presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Campo Fregoso Dojrone, Orbassano – Ospedale San Luigi e Baldissero T.se in cui sono stati installati campionatori Bulk analoghi. Nel sito di Baldissero gli IPA sono stati determinati in tutti i mesi, mentre negli altri siti a mesi alterni vengono campionati IPA e metalli. Si precisa che i dati relativi alla determinazione di IPA, data la notevole presenza di valori inferiori al limite di rilevanza 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".

Per tutti i siti l'ordine di grandezza dei vari IPA rilevati nel corso del 2016 confermano quelli osservati nel corso degli anni precedenti. I siti di Beinasco, Rivalta, Orbassano e Grugliasco monitorati per tenere sotto controllo le eventuali ricadute delle emissioni prodotte dal termovalorizzatore TRM mostrano valori in linea con quelli registrati a Baldissero T.se, stazione di fondo rurale, come osservato negli anni precedenti.

Per il BaP i livelli nei vari siti sono paragonabili (Figura 22), e per il sito di Beinasco in Figura 26 sono riportati i valori di Benzo(a)Pirene confrontati con i dati reperiti in letteratura per diverse località nazionali ed europee. I valori determinati a Beinasco e nella provincia di Torino (tra 6.2 e 10.1 ng/(m²d) nel 2016) sono in linea con i livelli osservati in diversi siti rurali ed urbani.

Dall'analisi dell'andamento annuale, che non è stato riportato, si osserva il caratteristico andamento stagionale di questi composti, con i livelli maggiori che interessano il periodo invernale in quanto vi sono maggiori fonti emissive e valori al di sotto del limite di rilevabilità nella maggior parte dei mesi estivi in quanto la radiazione solare riveste un ruolo fondamentale nella loro degradazione.

STAZIONE	flusso deposizione ng/(m ² ·d)																			
	BALDISSERO				GRUGLIASCO				RIVALTA				ORBASSANO				BEINASCO (TRM) ALDO MEI			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Benzo[a]pirene	12.3	6.2	9.1	6.1	16.4	6.9	7.5	6.9	12.5	10.4	5.3	10.1	23.5	5.2	5.8	8.9	16.0	8.3	7.3	6.2
Benzo[a]antracene	4.1	6.5	6.6	4.4	5.7	5.2	8.1	4.6	3.6	10.4	5.4	5.7	7.9	5.1	7.7	8.4	6.6	10.2	7.1	4.5
Benzo [b+ <i>k</i>]fluorantene	14.1	29.6	24.9	22.2	17.8	19.5	22.0	18.4	14.3	18.4	24.3	21.9	24.2	18.7	18.3	24.9	24.0	26.9	19.2	18.2
Indeno [1,2,3- <i>cd</i>]pirene	9.7	15.9	11.5	13.9	11.1	8.7	8.9	9.4	5.2	12.5	7.8	9.3	11.6	8.8	7.7	11.4	12.3	18.9	8.9	9.9

Tabella 30 - IPA nelle Deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2016

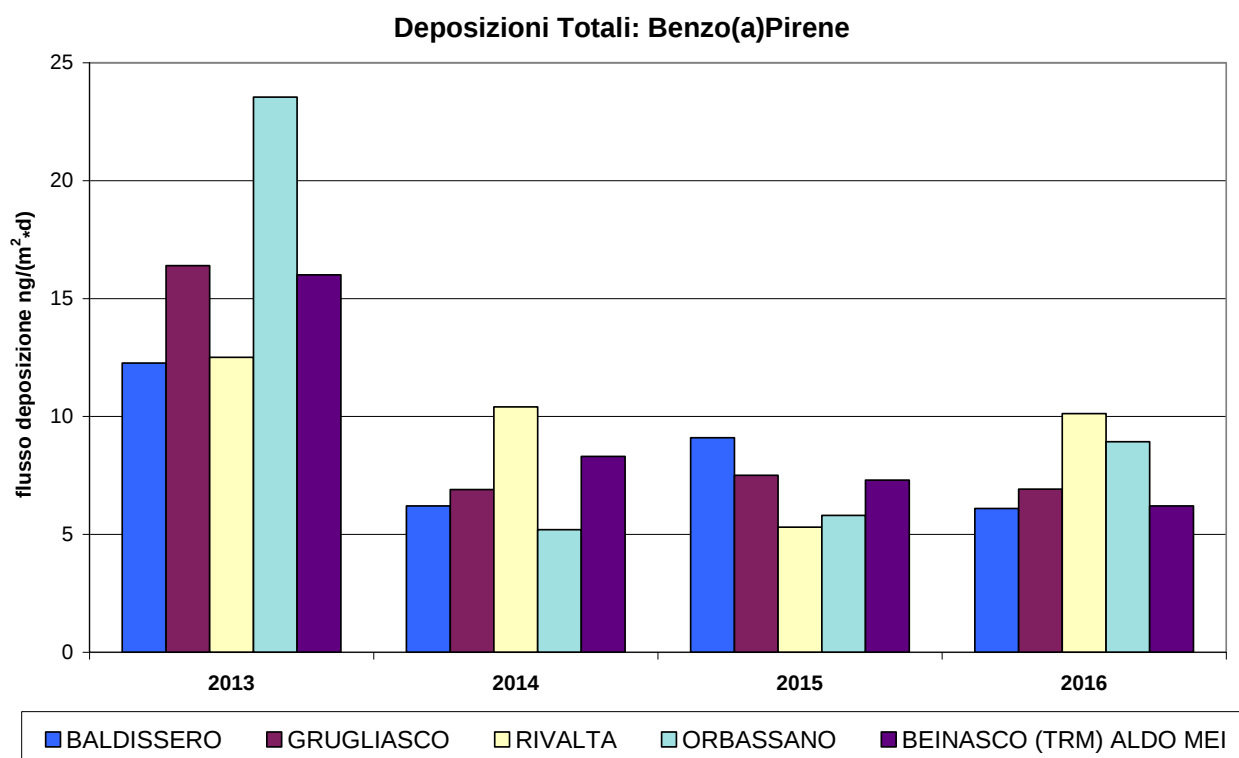


Figura 22 – B(a)P nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2016

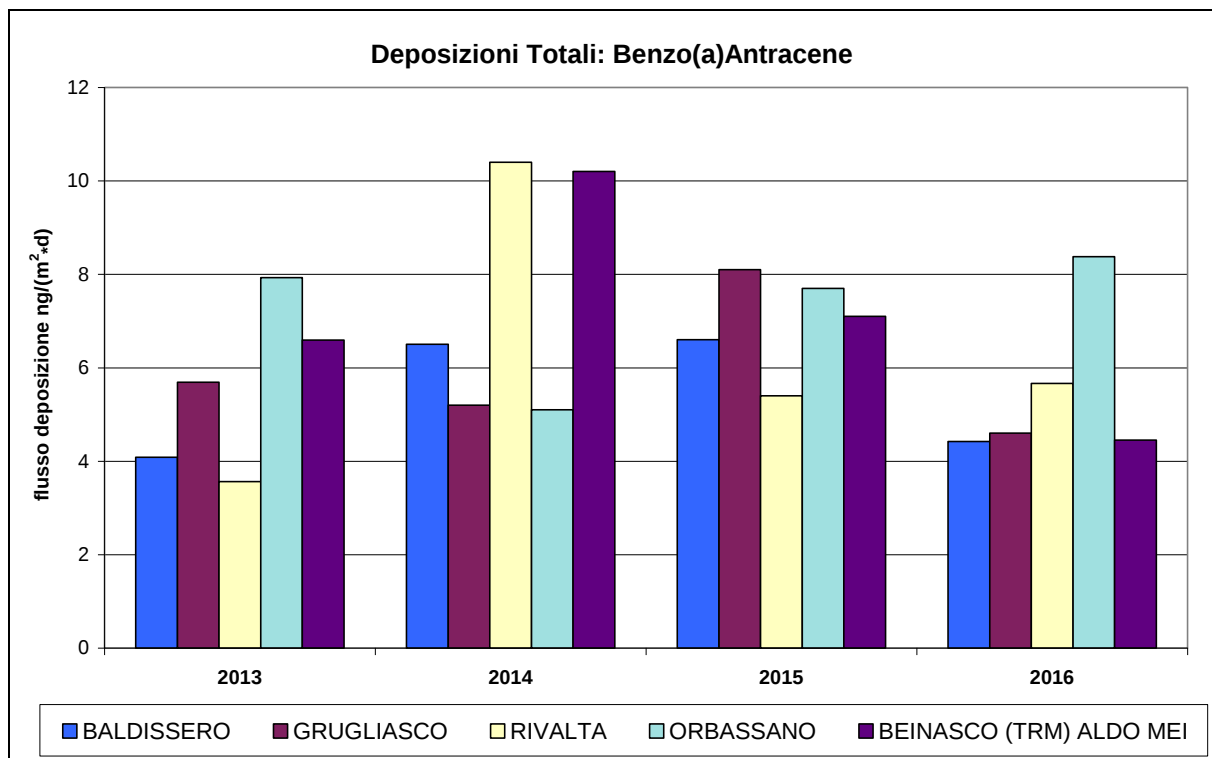


Figura 23: Benzo(a)Antracene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2016

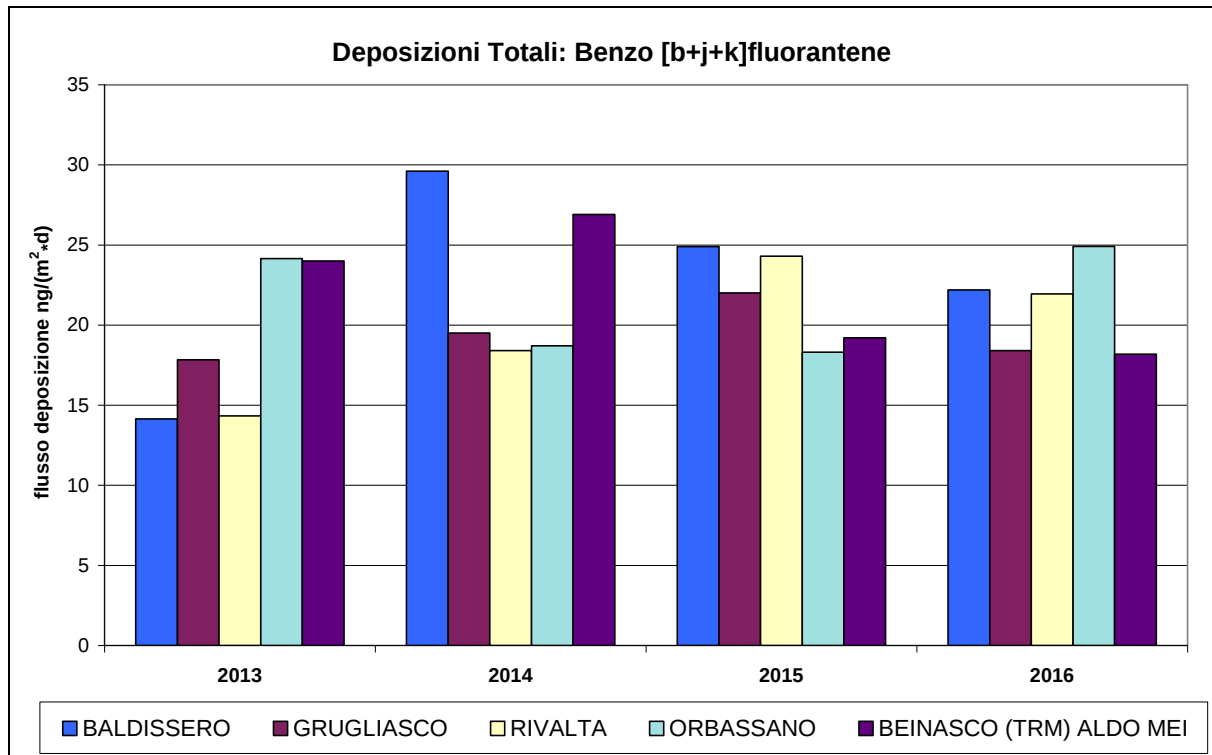


Figura 24: Benzo [b+j+k]fluorantene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2016

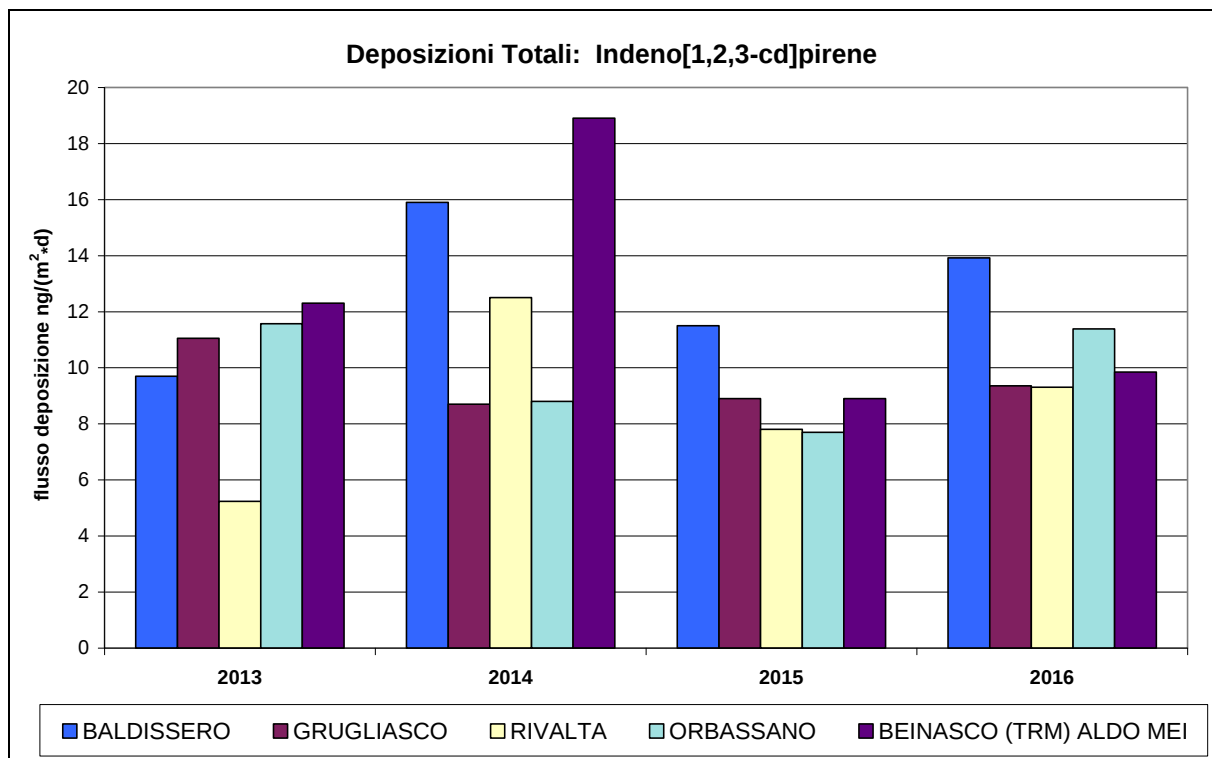


Figura 25: Indeno [1,2,3-cd]pirene nelle Deposizioni confronto andamento 2013-2016

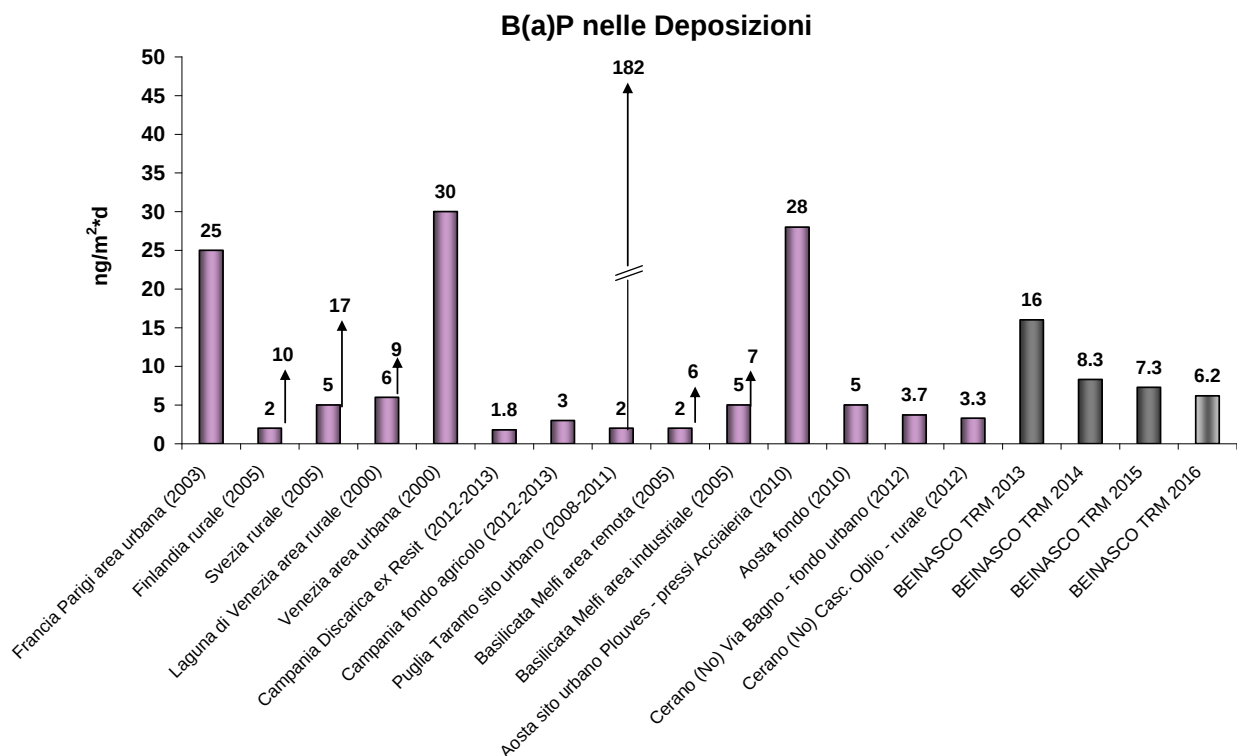


Figura 26: Deposizioni B(a)P valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura ⁽¹⁸⁾

¹⁸ VALORI IN LETTERATURA PER LE DEPOSIZIONI DI BENZO[A]PIRENE riportati nella Presentazione al Ministero Salute 6/2/2014: Gaetano Settimo ISS, Reparto igiene dell'aria

B(a)P ng / (m²*d)	Area Rurale	Area Fondo Urbano	Area urbana	Area Industriale	Fonte
<i>Francia (Parigi)</i>			25		<i>Motelay - Massei et al. 2003</i>
<i>Finlandia (Pallas)</i>	2 - 10				<i>EMAP (2005)</i>
<i>Svezia (Rosvik)</i>	5 - 17				<i>EMAP (2005)</i>
<i>Laguna di Venezia</i>	6 - 9		30		<i>Rossini et al. 2001, Magistrato delle Acque 2000</i>
<i>Campania (discarica ex Resit) 2012-2013</i>	3			1.8	<i>Gaetano Settimo, ISS</i>
<i>Puglia Taranto 2007- 2008</i>	10 - 40			20 - 300	<i>De Gennaro, Amodio - Univ. degli Studi di Bari</i>
<i>Puglia Taranto 2008- 2011</i>	16 - 123	2.0 - 79	2 - 182	57 - 555	<i>Arpa Puglia</i>
<i>Basilicata 2005</i>	1.9 - 5.7		3.2 - 4.1	4.6 - 6.9	<i>Viviano, Settimo ISS 2005</i>
<i>Aosta 2010</i>	5	28			<i>Arpa VdA Presentazione PM2012 - Perugia (Panont D.)</i>
<i>Cerano via Bagno 2012</i>		3.7			<i>Arpa Piemonte dip. Novara</i>
<i>Cascina Oblio 2012</i>	3.3				<i>Arpa Piemonte dip. Novara</i>

Tabella 31: Benzo(a)Pirene nelle Deposizioni

dati di Letteratura riportati nella Presentazione al Ministero Salute 6/2/2014: Gaetano Settimo ISS, Reparto igiene dell'aria

Metalli

In Tabella 32 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti e analizzati nel corso dell'anno 2016 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei e confrontati con quelli dal 2013 al 2015.

La norma BS EN 15841/2009 prevede la determinazione nelle deposizioni di arsenico, cadmio, piombo e nichel; ma analogamente alle polveri PM10 sono stati analizzati una serie di metalli in aggiunta a scopo studio. La stessa norma, per quanto riguarda il flusso di deposizione di metalli nelle deposizioni non prevede dei limiti, per cui a titolo di confronto sono stati riportati i valori relativi ai campioni raccolti presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Frazione Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi in cui sono stati installati campionatori Bulk analoghi, in questi ultimi il monitoraggio non ha ricoperto l'intero anno in quanto a mesi alterni vengono analizzati gli IPA.

Il D.Lgs 155/2010 prevede anche la determinazione del mercurio nelle deposizioni; il campionario installato presso la centralina Beinasco – Aldo Mei è l'unico presente sul territorio regionale, per cui non sono riportati dati di confronto. Anche per il mercurio la norma non fornisce indicazioni sui livelli da rispettare

A titolo di confronto nei grafici al fondo del paragrafo sono riportati i dati dei principali metalli rilevati presso la cabina TRM e i valori reperiti in letteratura per determinazioni analoghe.

Si sottolinea che 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, ad esempio l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione.

Dai dati riportati in Tabella 32 si osserva che nei vari siti nel 2016 la maggior parte dei metalli analizzati hanno livelli equivalenti o in diminuzione rispetto all'anno precedente. Il cromo è l'unico metallo che in tutti i siti nel 2016 mostra un flusso di deposizione doppio rispetto all'anno precedente (tra 4.7 di Grugliasco e 6.3 ng/(m²d) di Beinasco); in Figura 32 in cui sono riportati i

dati reperiti in letteratura per questo metallo si osserva che tali livelli sono caratteristici di zone rurali ed urbane di diversi siti nazionali ed europei. La Figura 27 mostra che nei vari siti monitorati per valutare le eventuali ricadute delle emissioni del termovalorizzatore TRM i vari metalli hanno livelli equivalenti ad eccezione del piombo che nella stazione Orbassano conferma, come negli anni precedenti, un valore maggiore rispetto agli altri siti, il dato del 2016 pari a 21.1 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ è in linea con quello del 2014. Il livello di piombo a Beinasco – Aldo Mei è in diminuzione rispetto ai valori degli anni precedenti. Si sottolinea che anche per il selenio, come per l'arsenico nella maggior parte dei campioni è risultato sotto il limite di quantificazione del metodo.

I dati reperiti in letteratura per i principali metalli determinati nelle deposizioni sono stati riportati nei grafici da Figura 28 a Figura 32: i valori registrati a Beinasco e nei siti della provincia torinese sono in linea con quelli relativi ad aree urbane nazionali ed europee per arsenico, cadmio, nichel, piombo e cromo.

Per quanto riguarda lo zinco i dati del 2016 confermano i livelli osservati negli anni precedenti. Il flusso di deposizione maggiore pari a 103 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ è stato determinato ad Orbassano, valori equivalenti sono stati registrati nello stesso sito nel 2013 e a Beinasco nel 2013 e 2014. A livello europeo solo Svizzera e Slovenia hanno previsto un valore limite per il flusso di deposizione dello zinco pari a 400 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$, per cui i livelli osservati in tutti i siti dell'area torinese rientrano ampiamente in tale limite. In letteratura sono reperibili i livelli registrati nel corso del monitoraggio Samanet relativo alla Laguna di Venezia¹⁹ (min 13, max 54 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$), i monitoraggi condotti dal Dipartimento di Novara nell'area urbana di Cerano nel 2012 (76 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ in zona urbana e 108 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ nei pressi del polo industriale e quelli effettuati dall'Arpa Valle d'Aosta a partire dal 2011 (per il 2015 sono stati rilevati 114 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ di zinco nel sito Pépinière – industriale, 70 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ in via Elter/Liconi – fondo urbano e 76 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ a Donnas – rurale)²⁰. Il valore di zinco determinato a Beinasco nel 2016 è pari a 98.3 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$.

STAZIONE	flusso deposizione $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$															
	GRUGLIASCO				RIVALTA				ORBASSANO				BEINASCIO (TRM) ALDO MEI			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Arsenico	1.2	2.1	1.6	1.0	1.3	2.2	1.3	1.0	1.4	2.2	1.4	0.9	1.7	1.9	1.4	1.3
Cadmio	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1
Cobalto	1.2	2.2	1.6	1.0	1.3	2.3	1.3	1.0	1.4	2.3	1.4	1.0	1.6	1.8	1.4	1.5
Cromo	2.8	4.4	2.7	4.7	3.0	3.8	2.6	5.6	3.2	4.5	2.7	6.0	3.4	4.2	3.1	6.3
Nichel	3.2	4.6	2.8	2.7	4.7	3.1	3.4	2.2	3.7	10.3	4.0	3.9	3.5	11.7	3.2	2.9
Piombo	4.2	3.8	5.2	4.4	3.7	3.2	5.4	3.4	30.8	22.7	17.5	21.1	11.2	10.7	11.3	6.6
Rame	13.9	13.6	12.3	11.9	12.5	10.6	10.7	7.6	14.3	12.9	12.2	13.9	15.7	14.6	11.9	12.2
Selenio	2.0	2.1	1.6	1.0	1.3	2.2	1.3	1.0	1.4	2.1	1.3	0.9	1.5	1.9	1.3	1.3
Vanadio	1.7	3.2	1.8	1.5	1.8	3.0	1.9	1.7	1.7	3.2	1.7	2.1	2.0	3.1	1.7	1.9
Zinco	51.1	35.2	41.0	44.9	64.8	69.7	43.4	37.1	102.3	54.8	80.7	103.1	119.5	100.7	85.6	98.3

Tabella 32 - Metalli nelle Deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2016

¹⁹ Monitoraggio SAMANET - Deposizioni nella laguna di Venezia Anno 2007 -2008

²⁰ Arpa VdA – Report Annuale sulla QA in Valle d'Aosta – Maggio 2016

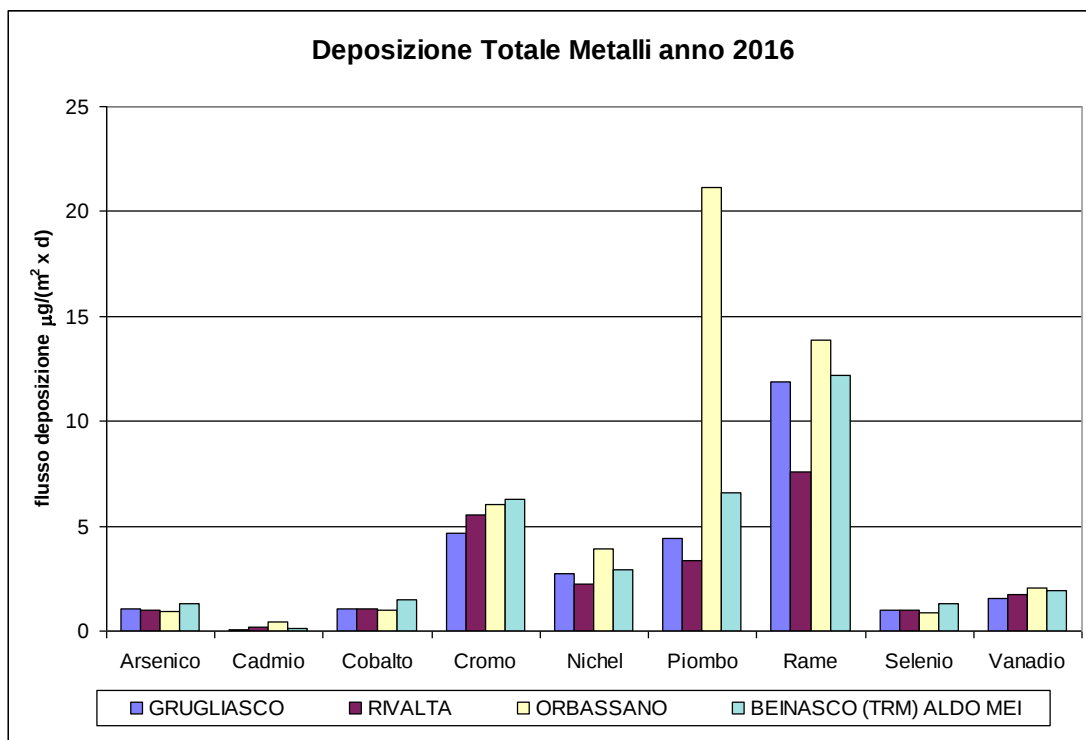


Figura 27: Metalli nelle Deposizioni confronto fra punti di monitoraggio 2016

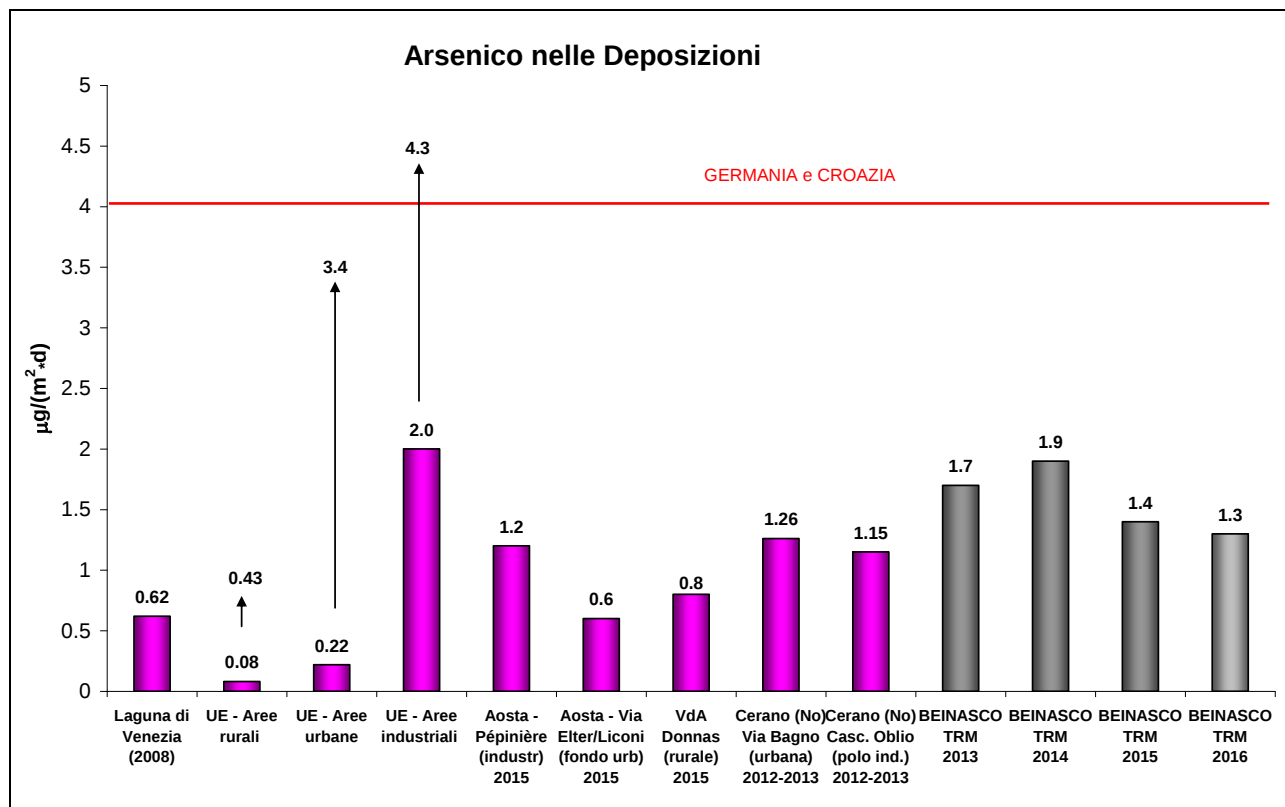


Figura 28: Deposizioni Arsenico valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura ³

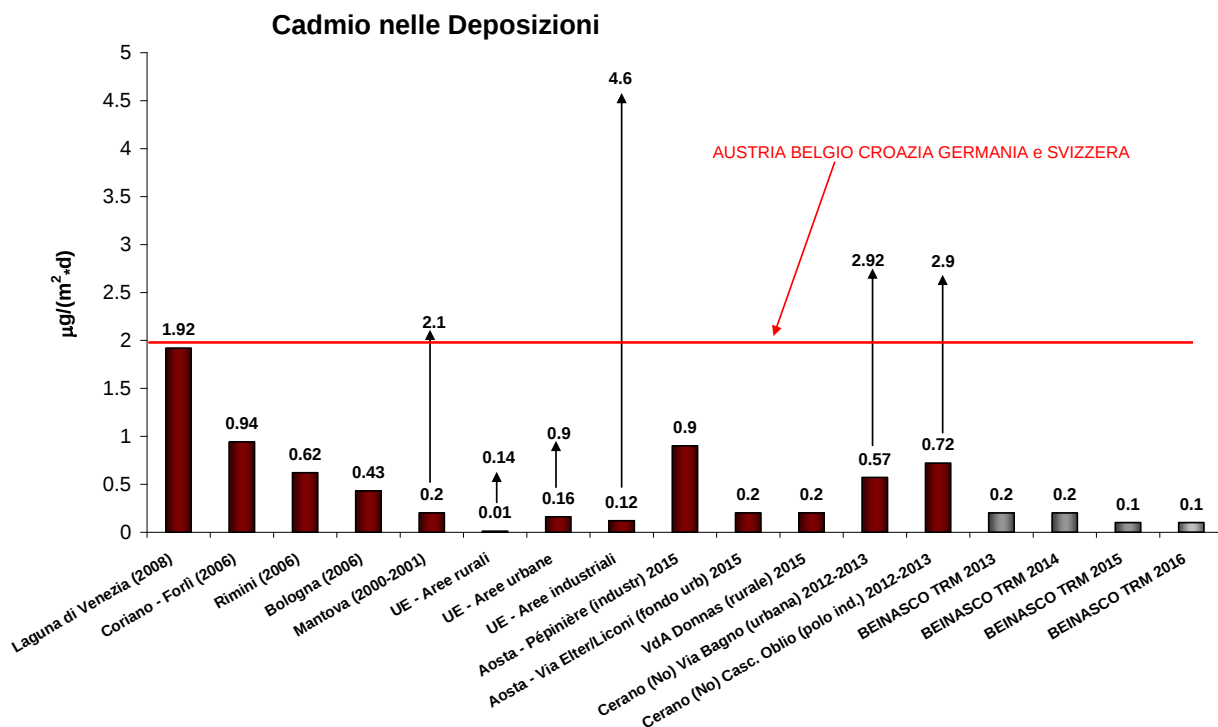


Figura 29: Depozizioni Cadmio valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura ³

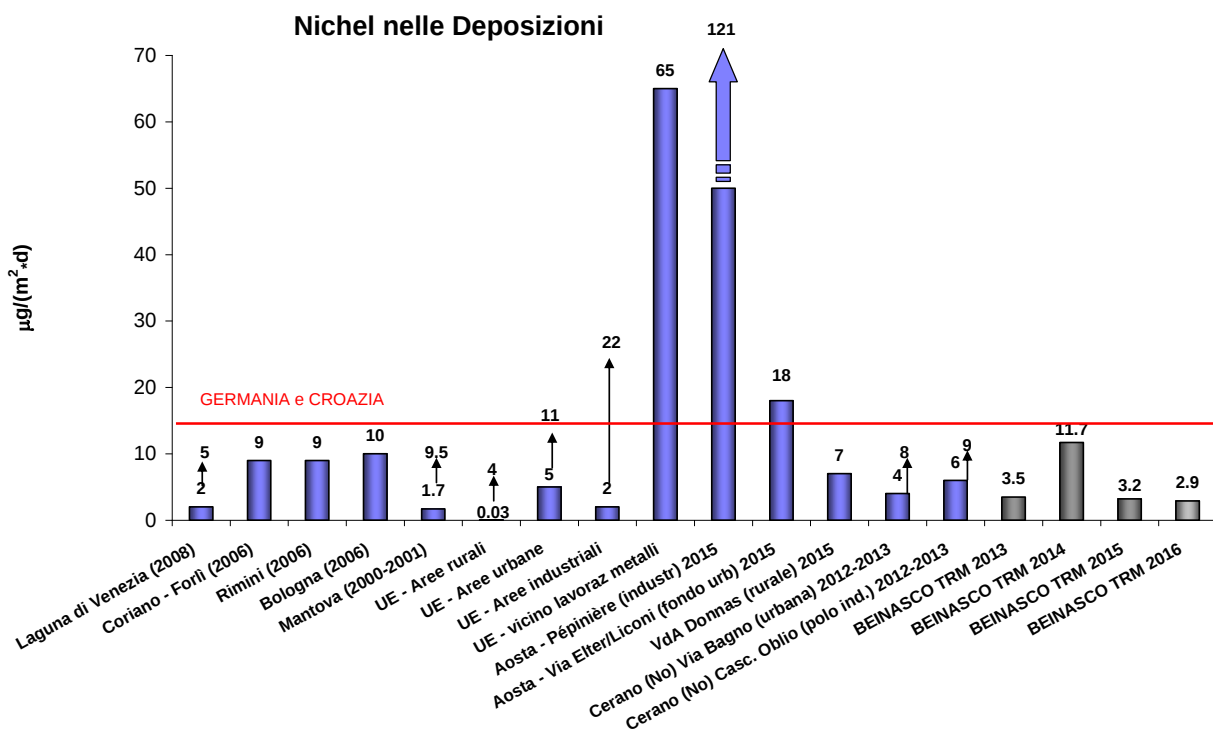


Figura 30: Depozizioni Nichel valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura ³

Piombo nelle Depozizioni

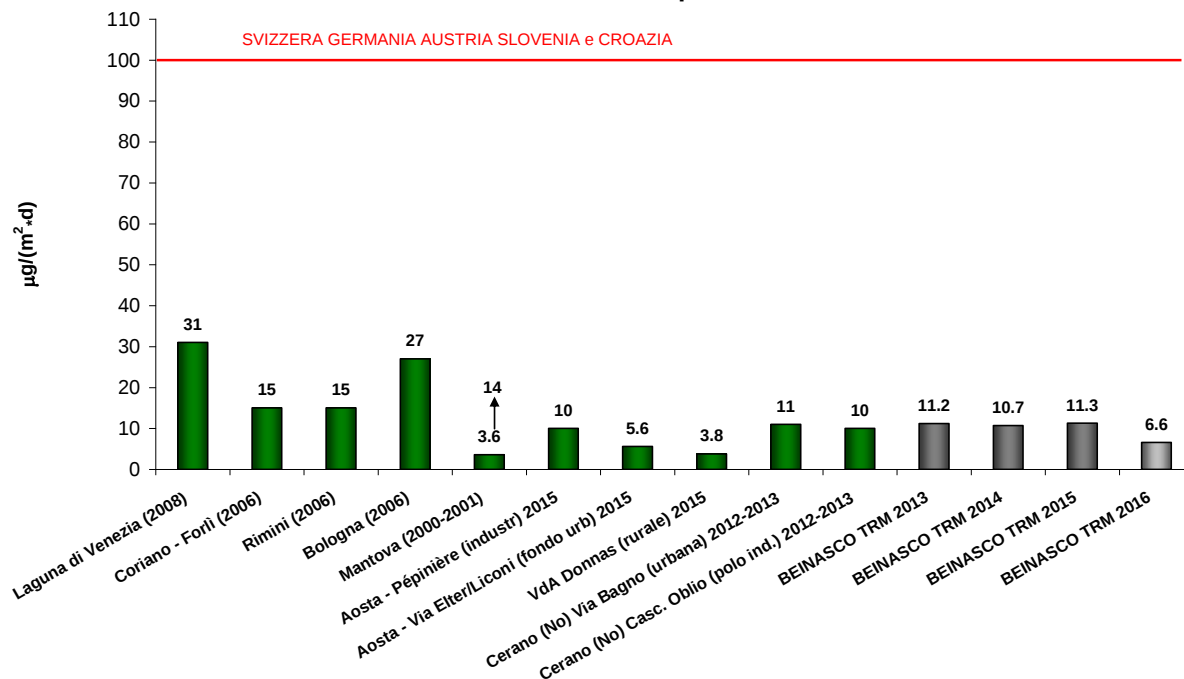


Figura 31: Depozizioni Piombo valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura³

Cromo nelle Depozizioni

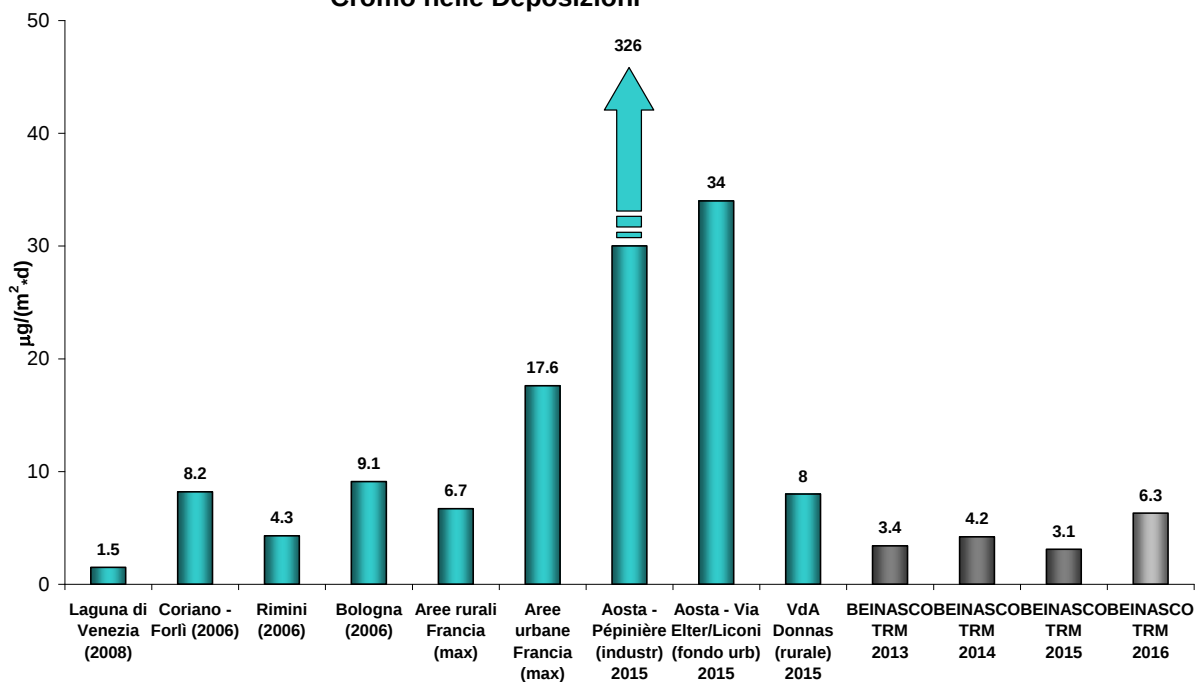


Figura 32: Depozizioni Cromo valori rilevati a TRM confronto con dati di letteratura²¹

²¹ Settimo G., Viviano G. Annali Istituto Superiore di Sanità 2015 - Vol. 51, No. 4: 298-304
 Studio di impatto ambientale "PM2012" condotto da Arpa Valle D'Aosta

Per quanto riguarda il flusso di mercurio determinato nelle deposizioni, non si dispone di siti di misura in parallelo da riportare come confronto, e anche in letteratura sono reperibili poche informazioni. Nel report Air quality in Europe del 2012 dell'European Environment Agency in cui sono raccolti i dati relativi alla qualità dell'aria disponibili sul territorio europeo si osserva che solo in poche stazioni viene determinato il mercurio nelle varie forme, per cui attualmente risulta difficile l'analisi dei livelli presenti in Europa. Nel report citato è riportato il dato relativo al mercurio determinato nelle deposizioni in 20 stazioni (18 localizzate in Germania e 2 in Gran Bretagna); la media annuale determinata dai dati di tutte le stazioni è pari a 0.10 g/ha/year che corrisponde a 27.4 ng/(m²d). Il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. prevede la determinazione del mercurio nelle deposizioni atmosferiche, ma non fornisce valori di riferimento o limiti per le valutazioni e, conseguentemente, per un primo confronto è necessario far riferimento a valori guida reperiti nella letteratura scientifica o nella legislazione di altri Paesi. In Europa alcuni Paesi hanno in questi anni attivato gruppi di lavoro con l'obiettivo di elaborare valori guida per le deposizioni di metalli. Tra essi, la Germania e la Croazia, che hanno identificato un valore di 1000 ng/(m²d) come valore medio annuale per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli.

In Tabella 33 è riportato il valore determinato presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei nel corso del 2016, che risulta pari a 122 ng/(m²d), quindi quasi 4 volte la media dei valori osservati negli anni precedenti. Tale scostamento è stato determinato dal campione raccolto nel periodo 11 ottobre – 8 novembre 2016 in cui è stato rilevato un flusso di deposizione di mercurio pari a 1160 ng/(m²d) che ha portato all'incremento del valore calcolato anche su base mensile per i mesi di ottobre e novembre come riportato in Tabella 34, situazione comunicata dal Dipartimento scrivente alla Città metropolitana al Comitato Locale di Controllo e all'ASL TO1 e TO2. Tale anomalia è stata valutata anche in relazione ai dati relativi al monitoraggio delle emissioni a camino in quanto da fine dicembre 2015 e durante il 2016 si erano presentati a tratti valori anomali a camino che erano stati segnalati alla Città metropolitana e all'autorità Giudiziaria. Tra fine settembre e inizio ottobre 2016 gli eventi si erano intensificati. Dal confronto tra i flussi di deposizione determinati nel corso del 2016 e le emissioni di mercurio misurate a camino (Figura 33) si osserva che il valore elevato relativo al deposimetro campionato dall'11 ottobre all'8 novembre corrisponde ad un periodo in cui la somma delle emissioni di mercurio delle tre linee ha registrato degli incrementi.

Per quanto riguarda l'origine del fenomeno va ricordato che, come per tutti i dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, anche la misura delle deposizioni è la somma del contributo di tutte le possibili fonti, che nel caso del mercurio possono essere anche molto lontane dal punto di misura. Nel caso specifico e sulla base dei dati attualmente disponibili è però del tutto presumibile che il contributo dell'impianto TRM sia stato significativo per due ragioni:

- l'aumento si è verificato in un periodo in cui sono stati misurati, come già sottolineato, numerosi dati anomali alle emissioni a camino e in cui inoltre cominciano a presentarsi condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica che favoriscono il ristagno degli inquinanti;
- in aria ambiente il mercurio è presente sotto forma di mercurio elementare (Hg⁰), di mercurio adsorbito sul particolato, di mercurio bivalente (in particolare cloruro mercurico) e di mercurio organico. La forma prevalente per il 90-99% è il mercurio elementare, che nella stazione di Beinasco viene misurato tramite un analizzatore in continuo (si veda il capitolo relativo). Poiché i dati forniti da tale analizzatore nei periodi considerati si sono mantenuti sui consueti valori di fondo, l'aumento del mercurio totale nelle deposizioni è da attribuirsi a forme diverse dal mercurio elementare, le quali hanno tempi di permanenza in atmosfera relativamente brevi (dell'ordine dei giorni) e possono quindi ricadere in prossimità della fonte emissiva²². Si ricorda che, come da norma tecnica, nelle deposizioni viene determinata la somma delle diverse forme di mercurio, analogamente a quanto accade nel Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME) installato presso l'impianto TRM

²² Per una trattazione di dettaglio sulle forme di mercurio presenti in aria ambiente si rimanda al capitolo “Mercurio elementare gassoso e sul particolato”

In ogni caso va ancora una volta sottolineato che non si può in modo meccanico stabilire a priori una relazione di causa-effetto tra emissioni anomale a camino di un inquinante e immissioni e deposizioni dello stesso nell'area circostante. Come è noto, infatti, i meccanismi di dispersione ed accumulo degli inquinanti in atmosfera sono molto complessi, discorso valido anche per la presenza di inquinanti nelle deposizioni e ciò può spiegare il fatto che nel campione dal 9 novembre al 14 dicembre i valori siano rientrati nei range normalmente osservati per le deposizioni di mercurio nonostante a camino si siano verificati ancora dei picchi anomali e che allo stesso modo nelle deposizioni tra giugno e luglio – mesi caratterizzati da condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione - non si siano evidenziate anomalie nelle deposizioni in corrispondenza di un incremento delle emissioni a camino. L'episodio descritto, tuttavia, mostra come l'analisi delle deposizioni si dimostra un utile supporto per la valutazione dell'entità e significatività di anomalie alle emissioni in termini di impatto sull'ambiente circostante l'impianto. Alla luce delle diverse verifiche e controlli effettuati le misure "anomale" dei flussi di deposizione atmosferica registrate, essendo rimaste isolate, non aggiungono un contributo tale da superare i valori raccomandati, da altri Paesi, per la protezione della salute e dell'ambiente. Tale considerazione è condivisa anche dall'Istituto Superiore della Sanità a cui l'ASL TO3 aveva chiesto un parere in merito ad eventuali rischi per la salute umana ed animale a seguito di una potenziale contaminazione delle matrici alimentari. Per il 2016 il valore medio annuale risulta pari a 122 ng/(m²d) e quindi inferiore al valore individuato da Germania e Croazia (1000 ng/(m²d) come valore medio annuale per la protezione da effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli) e a valori registrati in Emilia Romagna (Tabella 35).

Flusso deposizione MERCURIO ng/(m² x d)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
2013	36
2014	35
2015	27
2016	122

Tabella 33 - Mercurio nelle Deposizioni – indicatori statistici anno 2013 - 2016

Beinasco – Aldo Mei Mercurio ng/(m²d)				
	2013	2014	2015	2016
Gennaio	7	47	20	13
Febbraio	22	99	7	15
Marzo	39	22	26	57
Aprile	78	22	20	50
Maggio	78	22	69	37
Giugno	8	38	55	21
Luglio	58	26	21	53
Agosto	50	26	29	35
Settembre	10	30	27	22
Ottobre	25	22	18	794
Novembre	37	56	0	333
Dicembre	20	24	22	23

Tabella 34: Dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013 - 2016

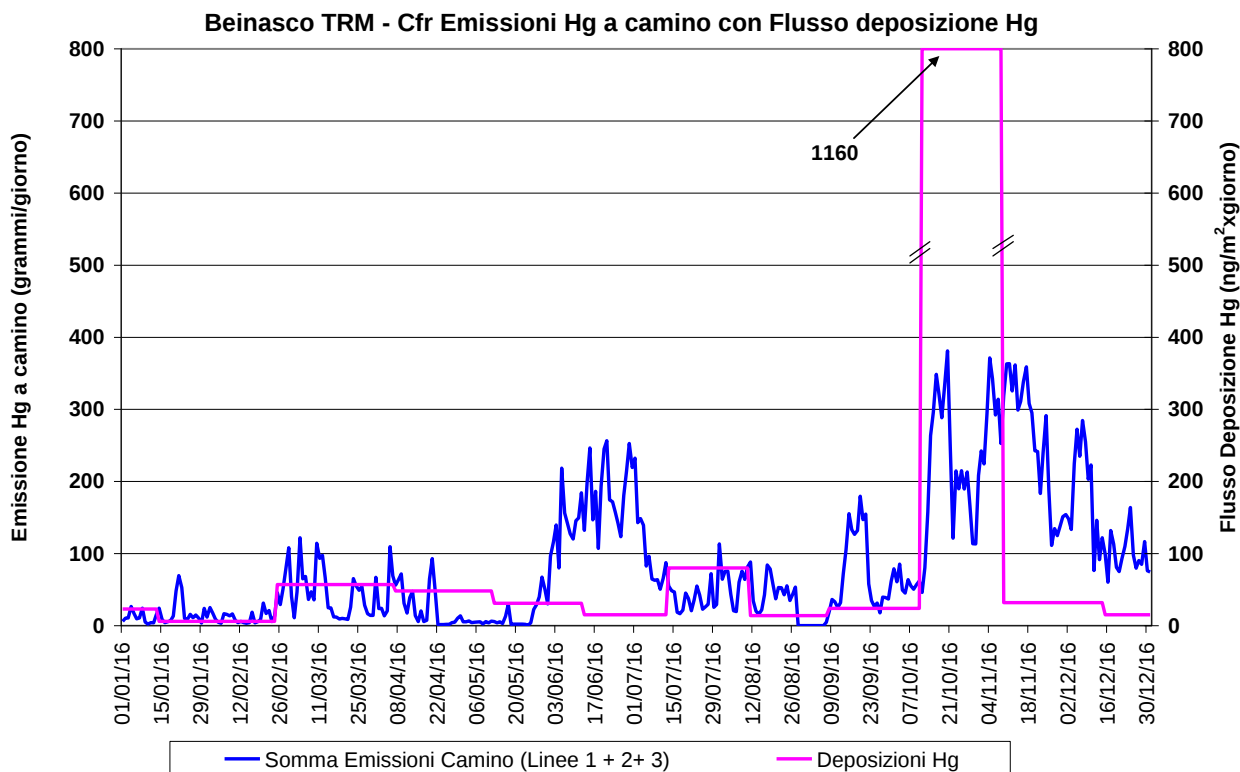


Figura 33: Deposizioni di Hg anno 2016 confrontate con le emissioni di Hg misurate a camino

Flusso deposizione mercurio su base annuale ng/(m ² x d)					
Anno	Beinasco TRM Aldo Mei	Media europea (fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente)	Area circostante i due inceneritori di Coriano - Forlì media su 5 anni (fonte: Arpa EMR)	Area circostante l'inceneritore di Rimini media su 4 anni (fonte: Arpa EMR)	Valore limite stabilito dalla normativa nazionale in Germania e Croazia
2013	36	27	540	660	1000
2014	35				
2015	27				
2016	122				

Tabella 35: Valori medi annuali di deposizione di Hg a Beinasco confrontati con valori di letteratura

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 stabilito un valore cumulativo per la dose tollerabile settimanale di diossine e PCB diossina-simili pari a 14 picogrammi (pg) di equivalente tossico (WHO-TEQ) per chilogrammo di peso corporeo (14 pg WHO-TEQ/kgpc).

Questo valore coincide anche con il valore minimo della gamma di TDI pari a 1-4 pg WHO-TEQ/kgpc, definito all'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 1998 (2001/C 322/02: Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo e al Comitato Economico e Sociale - Strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati - GU CE 17/11/2001).

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, ha individuato per le deposizioni di diossina i valori guida indicati nella tabella sottostante.

assunzione giornaliera (TDI)	media annua permessa	media mensile permessa
pg I-TEQ kg pc	pg I-TEQ/m ² d	pg I-TEQ/m ² d
4	14	27
3	10	20
1	3,4	6,8

Tabella 36 - Proposta di valori guida per le deposizioni di diossina

(L. Van Lieshout et al Deposition of dioxin in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. Atm. Env. 35 suppl. n. 1 2001 S83-S90 citato dal Dott. Viviano dell'ISS)

In letteratura si trova inoltre il valore delle linee guida della Germania (LAI-Laenderausschuss fuer Immissiosschutz - Comitato degli stati per la protezione ambientale) pari a 15 pg I-TEQ/(m² d).

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 nelle deposizioni, e stabiliscono per la somma PCDD/DF + PCB dioxin like, espressa con i fattori di tossicità WHO 2005, il valore di 4 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹.

Non sono stati reperiti valori guida o di riferimento per i 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 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 i deposimetri 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.

Per una migliore lettura dell'andamento di lungo termine delle concentrazioni di microinquinanti organici rilevate nelle deposizioni atmosferiche, nella tabella e nei grafici seguenti sono riportati, oltre ai valori determinati nel 2016, anche quelli rilevati da inizio monitoraggio (ottobre 2012).

	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
OTTOBRE '12	2,30	0,00092	12,6	2,82
NOVEMBRE '12	6,33	0,00063	9,05	6,43
DICEMBRE '12	27,1	0,00205	34,7	23,0
GENNAIO '13	1,85	0,00127	19,8	3,14
FEBBRAIO '13	8,03	0,00206	41,9	10,1
MARZO '13	7,36	0,00000	0,0	8,18
APRILE '13	2,31	0,00099	19,5	2,865
MAGGIO '13	2,15	0,00110	27,1	2,61
GIUGNO '13	0,70	0,00058	11,7	1,27
LUGLIO '13	1,30	0,00062	14,6	1,64
AGOSTO '13	-	-	-	-
SETTEMBRE '13	0,45	0,00028	6,93	0,628
OTTOBRE '13	0,868	0,00011	9,15	0,810
NOVEMBRE '13	2,08	0,00093	9,74	2,59

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
DICEMBRE '13	1,32	0,00045	8,71	1,60
GENNAIO '14	2,51	0,00041	10,6	2,48
FEBBRAIO '14	1,63	0,00011	8,98	1,48
MARZO '14	1,34	0,00086	11,7	1,91
APRILE '14	1,14	0,00258	10,5	3,46
MAGGIO '14	0,757	0,00057	12,8	1,39
GIUGNO '14	1,59	0,00064	10,5	1,92
LUGLIO '14	1,96	0,00000	0,00	2,76
AGOSTO '14	1,70	0,00069	-*	2,51
SETTEMBRE '14	1,78	0,00076	11,1	2,68
OTTOBRE '14	2,14	0,00089	16,3	3,18
NOVEMBRE '14	2,49	0,00066	21,7	2,92
DICEMBRE '14	1,61	0,00066	6,87	2,39
GENNAIO '15	2,15	0,00087	14,8	3,17
FEBBRAIO '15	2,32	0,00081	14,0	3,27
MARZO '15	2,13	0,00080	19,1	3,05
APRILE '15	2,55	0,00063	9,60	3,31
MAGGIO '15	2,35	0,00074	14,4	3,23
GIUGNO '15	2,63	0,00086	20,2	3,7
LUGLIO '15	2,28	0,00181	31,06	4,2
AGOSTO '15	2,75	0,00085	10,1	3,8
SETTEMBRE '15	1,94	0,00063	10,4	2,7
OTTOBRE '15	2,27	0,00070	10,1	3,1
NOVEMBRE '15	2,40	0,00075	11,04	3,3
DICEMBRE '15	2,78	0,00082	11,5	3,7
GENNAIO '16	2,35	0,00071	9,1	3,2
FEBBRAIO '16	3,01	0,00071	14,0	3,6
MARZO '16	2,43	0,00074	5,60	3,3
APRILE '16	2,56	0,00077	7,28	3,5
MAGGIO '16	2,27	0,00067	8,9	3,1
GIUGNO '16	2,47	0,00077	15,2	3,4
LUGLIO '16	2,47	0,00073	12,1	3,3
AGOSTO '16	2,30	0,00203	9,6	4,4
SETTEMBRE '16	2,80	0,00065	11,4	3,5
OTTOBRE '16	3,11	0,00079	12,1	4,0
NOVEMBRE '16	3,07	0,00082	12,7	4,0
DICEMBRE '16	2,59	0,00076	10,3	3,5

* il parametro PCB Totali relativo al mese di agosto'14 è stato annullato per motivi tecnici

Tabella 37 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni atmosferiche

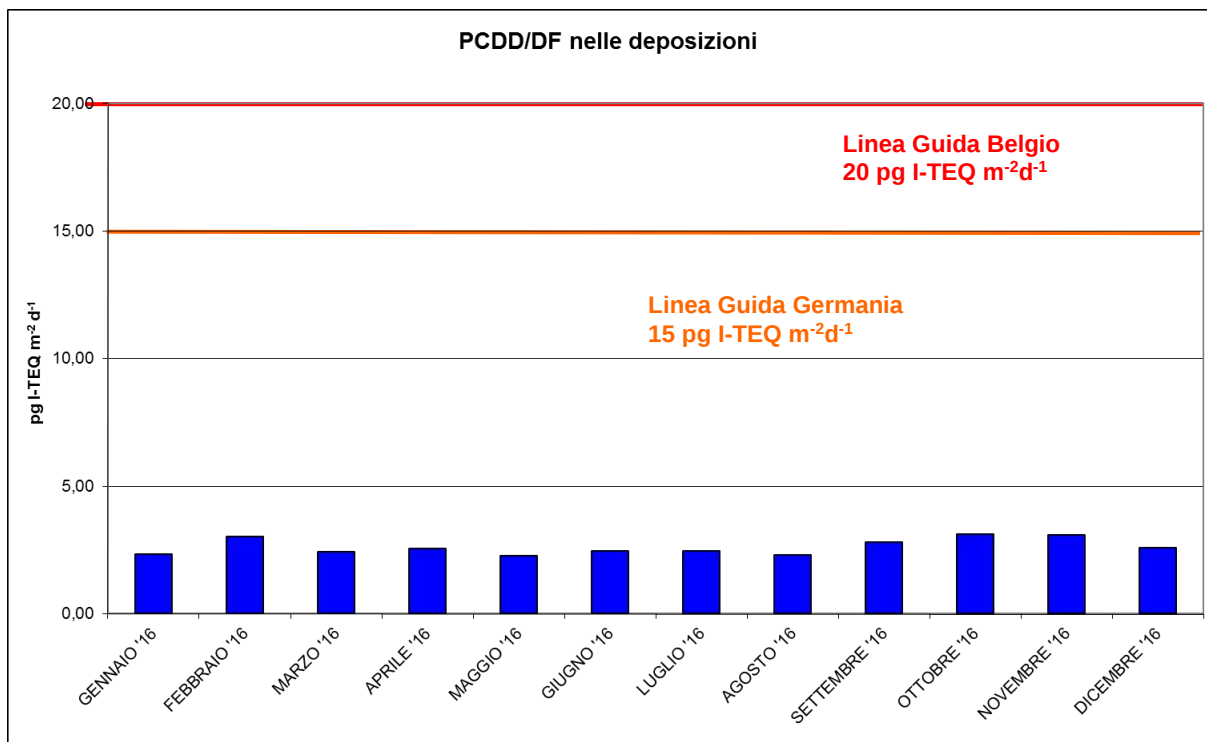


Figura 34 - Concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2016

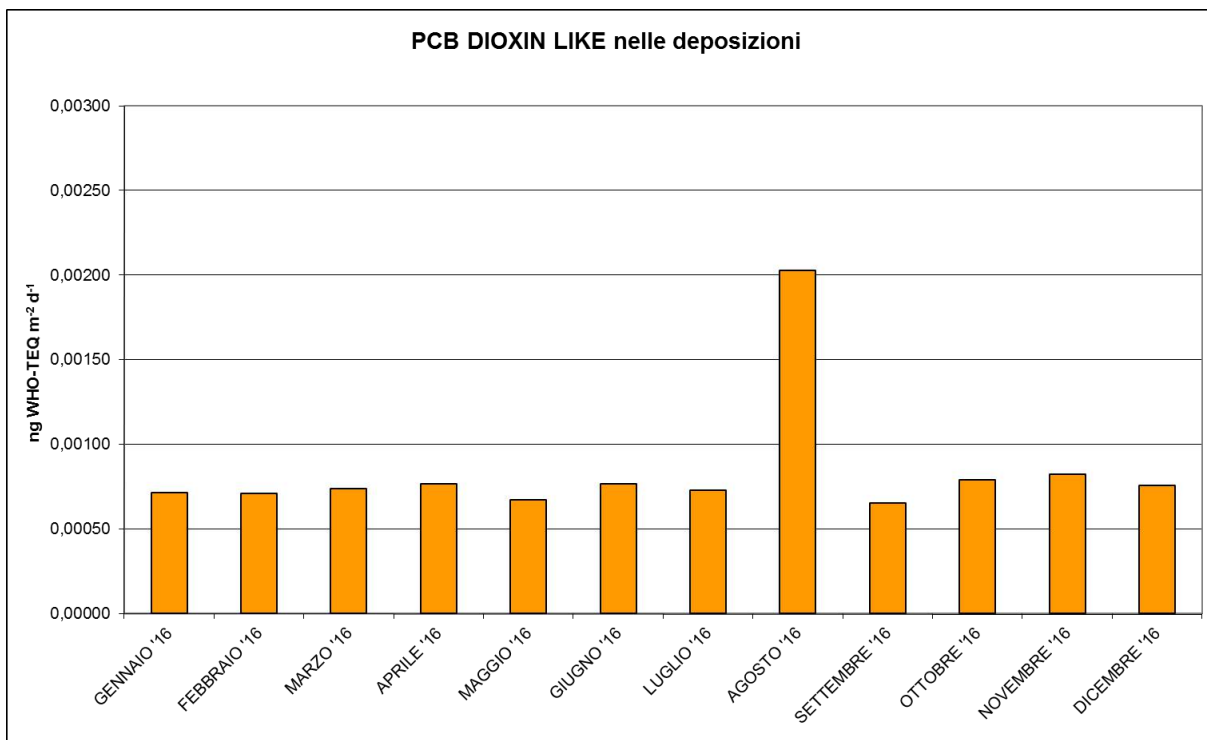


Figura 35 - Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2016

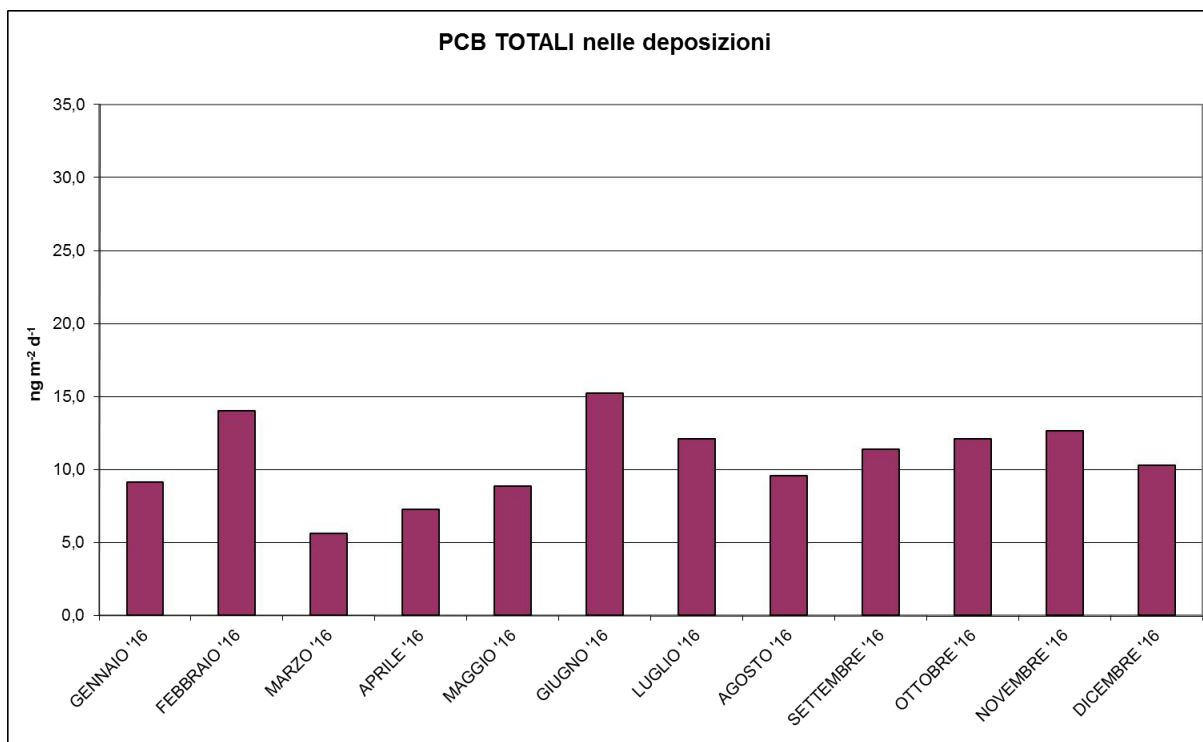


Figura 36 - Concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2016

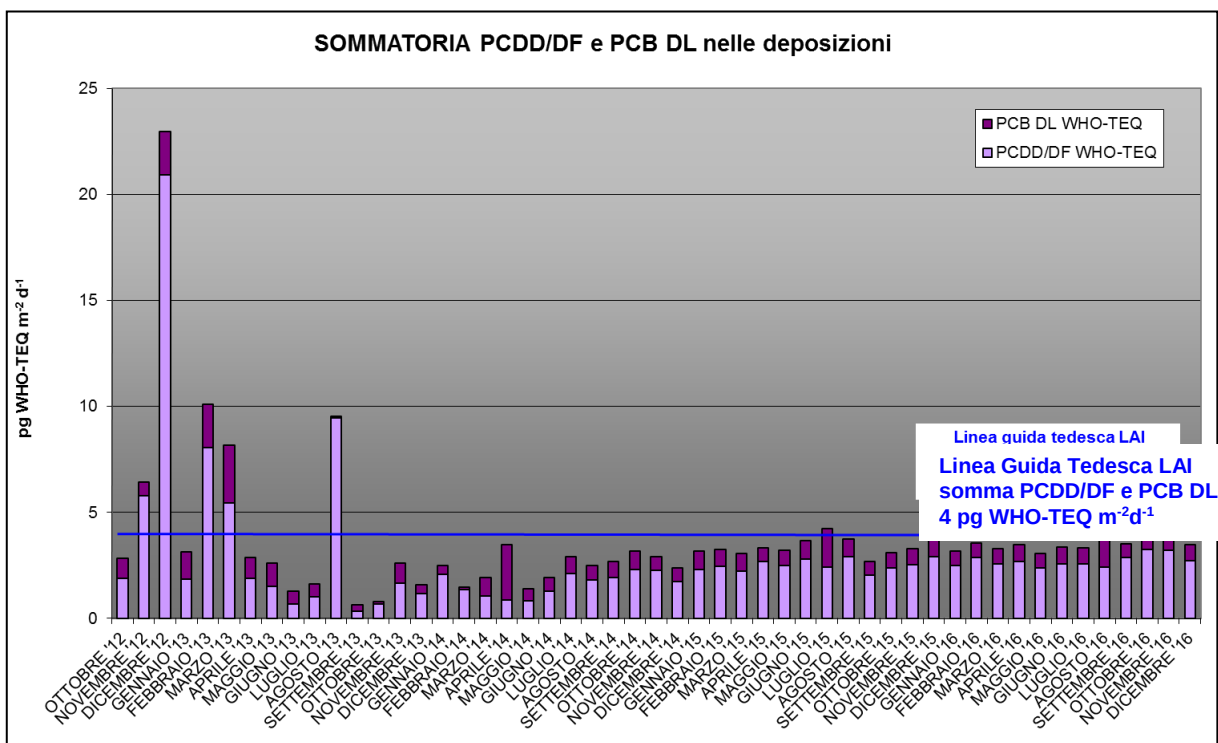


Figura 37 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2012

Come mostra il grafico relativo alla somma di PCDD/DF e PCB dioxin like, il valore calcolato per il mese di agosto 2016 ($4,4 \text{ pg WHO TE m}^{-2}\text{d}^{-1}$) risulta lievemente superiore alla linea guida tedesca LAI ($4 \text{ pg WHO TE m}^{-2}\text{d}^{-1}$); per tutti gli altri parametri non si riscontra nessun valore superiore alle linee guida definite sia dal Belgio che dalla Germania.

Conclusioni

Nel corso dell'anno 2016 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 2016 i valori riscontrati sono in media confrontabili (e in alcuni casi, come quello del PM₁₀, leggermente inferiori) a quelli della stazione di fondo urbano di Torino Lingotto;
- per quanto riguarda gli inquinanti normati (PM₁₀, PM_{2.5}, biossido di azoto, benzene, arsenico, cadmio, nichel, piombo e benzo(a)pirene), si osserva in generale una diminuzione delle concentrazioni rispetto al 2015 (con la sola eccezione del benzene, che presenta nel 2016 lo stesso valore di media annuale del 2015). I minori livelli registrati nel corso del 2016 sono certamente, almeno in parte, imputabili alle condizioni meteorologiche meno critiche del 2016 rispetto al 2015, le quali hanno determinato una minore capacità di accumulo degli inquinanti al suolo, come descritto in dettaglio nel capitolo dedicato agli ossidi di azoto;
- tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i) sono rispettati, ad eccezione del valore limite giornaliero del PM₁₀ e del valore limite annuale del biossido di azoto. Mentre la prima criticità è storicamente comune a tutte le stazioni dell'area urbana torinese, il superamento del valore limite annuale del biossido di azoto ha riguardato un numero limitato di stazioni; va comunque sottolineato che nel 2016, a differenza dell'anno precedente, la concentrazione media annuale del biossido di azoto nella stazione di Beinasco è risultata molto prossima al valore limite;
- 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 2016 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 come negli anni precedenti 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. Unica eccezione il mercurio, il cui flusso di deposizione nel 2016, come dettagliato nello specifico capitolo, è risultato molto più elevato dei valori osservati negli anni precedenti, a causa del campione raccolto nel periodo 11 ottobre – 8 novembre. Il valore annuale del 2016, pari a $122 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{d})$, è comunque di molto inferiore a quello stabilito da alcuni stati europei per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di protezione dei suoli, pari a $1000 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{d})$;
- relativamente ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) rilevati in aria ambiente nel corso del 2016 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 confrontabili con quelli del 2015 e in linea con siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio provinciale/regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica;
- si ricorda che, come già comunicato nella nota prot. 79007 del 26/09/2014, 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. Tale limite di quantificazione, più elevato di quello strumentale, ma più conforme al campo di misura, ha comportato, come previsto, 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 37, in cui si nota un livellamento verso l'alto dei dati riferiti alla sommatoria di PCDD/DF e PCB da luglio 2014 in poi.

