

**DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST**  
**Struttura semplice "Attività di Produzione"**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL  
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI POMARETTO**

**Relazione I Campagna (16/12/2017 – 8/1/2018)  
 e confronto con i dati di Monitoraggio del Periodo 19/12/2016 – 19/1/2017**



**CODICE DOCUMENTO: F06\_2016\_0028\_F0602\_005**

Redazione	Funzione: Tecnico SS Produzione	Data: 03/12/2018	Firma: 
	Nome: ing. Milena Sacco		
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente responsabile della SS Attività di Produzione		
	Nome: dott. Carlo Bussi		

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, dott.ssa Elisa Calderaro, sig.ra Laura Gerosa, d.ssa Laura Milizia, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente responsabile dott. Carlo Bussi.

Si ringrazia il personale del Comune di Pomaretto per la collaborazione prestata.

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO</b>	<b>3</b>
<b>IL LABORATORIO MOBILE</b>	<b>5</b>
<b>IL QUADRO NORMATIVO</b>	<b>5</b>
<b>OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO</b>	<b>8</b>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI</b>	<b>10</b>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI</b>	<b>17</b>
Biossido di zolfo	18
Monossido di Carbonio	20
Ossidi di Azoto	22
Benzene e Toluene	27
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)	31
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	36
Metalli	43
Ozono	47
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>50</b>
<b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI</b>	<b>51</b>

## **CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione - determinata da fattori naturali e/o artificiali - dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale.

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) al milligrammo per metro cubo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella **Tabella 1** sono indicate le fonti principali e le altre fonti dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei punti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2016", elaborata congiuntamente dall' Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città metropolitana di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Città metropolitana.

Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

**Tabella 1:** fonti principali e altre fonti dei più comuni inquinanti atmosferici.

<b>INQUINANTE</b>	<b>Traffico autoveicolare veicoli a benzina</b>	<b>Traffico autoveicolare veicoli diesel</b>	<b>Emissioni industriali</b>	<b>Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi</b>	<b>Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi</b>
<b>BIOSSIDO DI ZOLFO</b>					
<b>BIOSSIDO DI AZOTO</b>					
<b>BENZENE</b>					
<b>MONOSSIDO DI CARBONIO</b>					
<b>PARTICOLATO SOSPESO</b>					
<b>PIOMBO</b>					
<b>BENZO(a)PIRENE</b>					

 = fonti primarie

 = fonti secondarie

## ***IL LABORATORIO MOBILE***

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi dipartimentali da Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

## ***IL QUADRO NORMATIVO***

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM<sub>10</sub>, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM<sub>10</sub>, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono il D.Lgs 155/2010 ha abrogato il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio

Il **D.Lgs 155/2010** ha inserito nuovi indicatori relativi al PM<sub>2.5</sub> e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM<sub>2.5</sub> un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che sono state definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella **Tabella 2**, nella **Tabella 3** e nella **Tabella 4** sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2016".

**Tabella 2:** Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> )	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup>	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m <sup>3</sup>	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) e OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> )	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>x</sub> )	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM <sub>10</sub> )	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2010

**Tabella 3:** Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni <sup>(2)</sup>		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> *h <sup>(2)</sup>		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri <sup>(3)</sup>	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-	-

(1) La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h±(h-8)

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

(3) La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove z=3+6; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.

(4) Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

**Tabella 4:** Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO <sup>(1)</sup>
Arsenico	6.0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	5.0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	20.0 ng/m <sup>3</sup>

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

La campagna di monitoraggio, condotta nel Comune di Pomaretto da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale (protocollo n° 3951 del 5/10/16; prot. Arpa n° 83786 del 05/10/2016). In particolare tale campagna è stata richiesta allo scopo di verificare la qualità dell'aria dopo l'installazione dell'impianto con caldaie a cippato presso la centrale termica, a servizio del teleriscaldamento nel Comune di Pomaretto.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati della campagna si ricorda che il monitoraggio effettuato permette di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte (nel caso specifico l'impianto di combustione a cippato) rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti.

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in via Combe 6, in prossimità del sito dove era stato collocato il campionatore di PM10 l'anno precedente.

Le campagne di misura con il laboratorio mobile vengono in generale calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche. Nello specifico sono state previste due campagne di misura: una prima campagna nel periodo freddo ed una seconda campagna nel periodo caldo.

La campagna oggetto della presente relazione è stata condotta tra il **15 dicembre 2017 e il 9 gennaio 2018**.

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 16 dicembre 2017 e l'8 gennaio 2018, per un totale di 24 giorni.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

**Figura 1:** Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Pomaretto.



### ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

pressione atmosferica	P	hPa
direzione vento	D.V.	gradi sessagesimali
velocità vento	V.V.	m/s
temperatura	T	°C
umidità relativa	U.R.	%
radiazione solare globale	R.S.G.	W/m <sup>2</sup>
pioggia	Pioggia	mm/h

**Tabella 5** – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	-3.7
Massima media giornaliera	7.4
Media delle medie giornaliere (b):	2.3
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	2.3
Massima media oraria	14.5
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

**Tabella 6** – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	24.0
Massima media giornaliera	96.8
Media delle medie giornaliere (b):	69.3
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	69.3
Massima media oraria	99.0
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

**Tabella 7** – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	924.1
Massima media giornaliera	959.8
Media delle medie giornaliere (b):	945.7
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	945.7
Massima media oraria	961.0
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

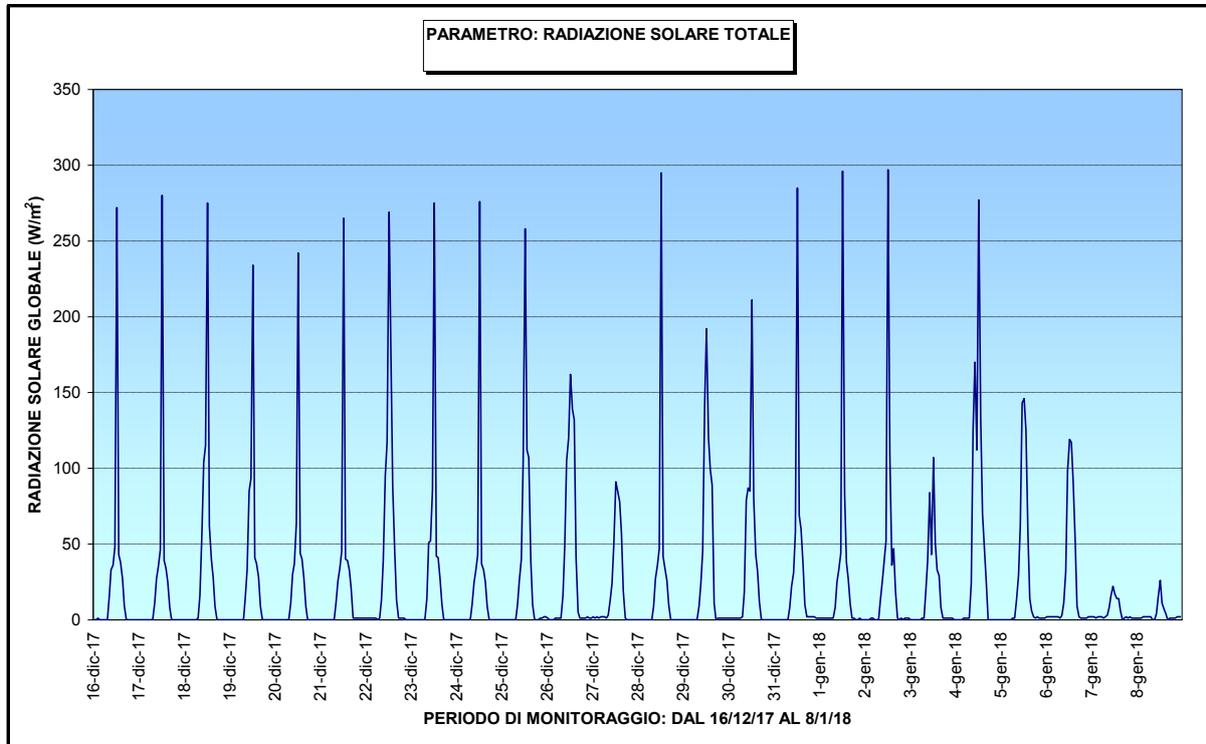
**Tabella 8** – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	4.3
Media delle medie giornaliere (b):	2.0
Giorni validi	9
Percentuale giorni validi	38%
Media dei valori orari	1.4
Massima media oraria	5.6
Ore valide	354
Percentuale ore valide	61%

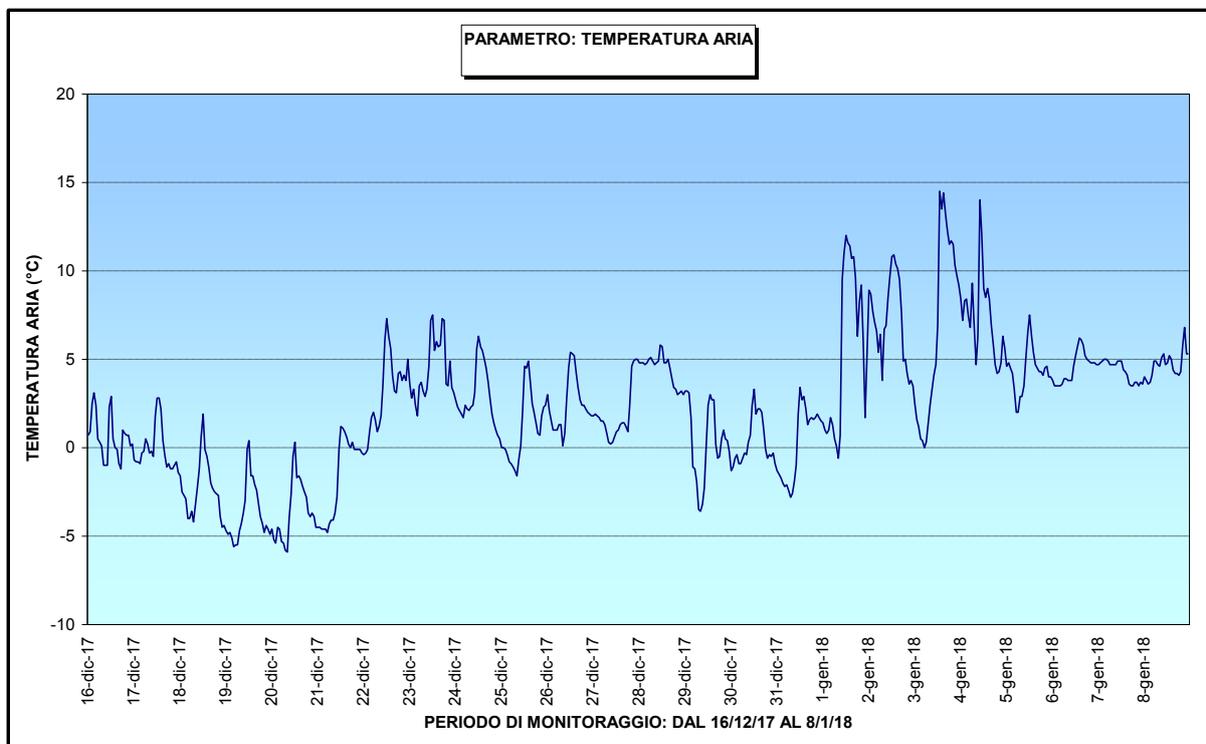
**Tabella 9** – Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)

Minima media giornaliera	3.8
Massima media giornaliera	41.1
Media delle medie giornaliere (b):	23.9
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	23.8
Massima media oraria	297.0
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

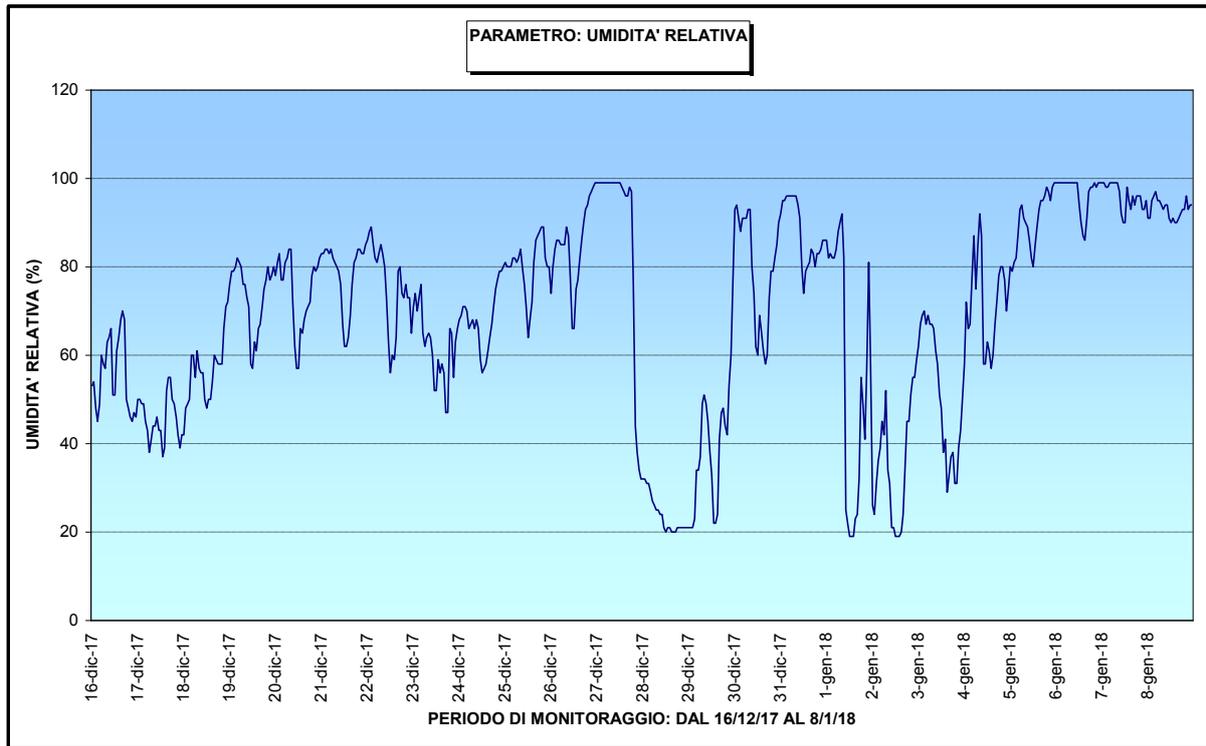
**Figura 2** – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio



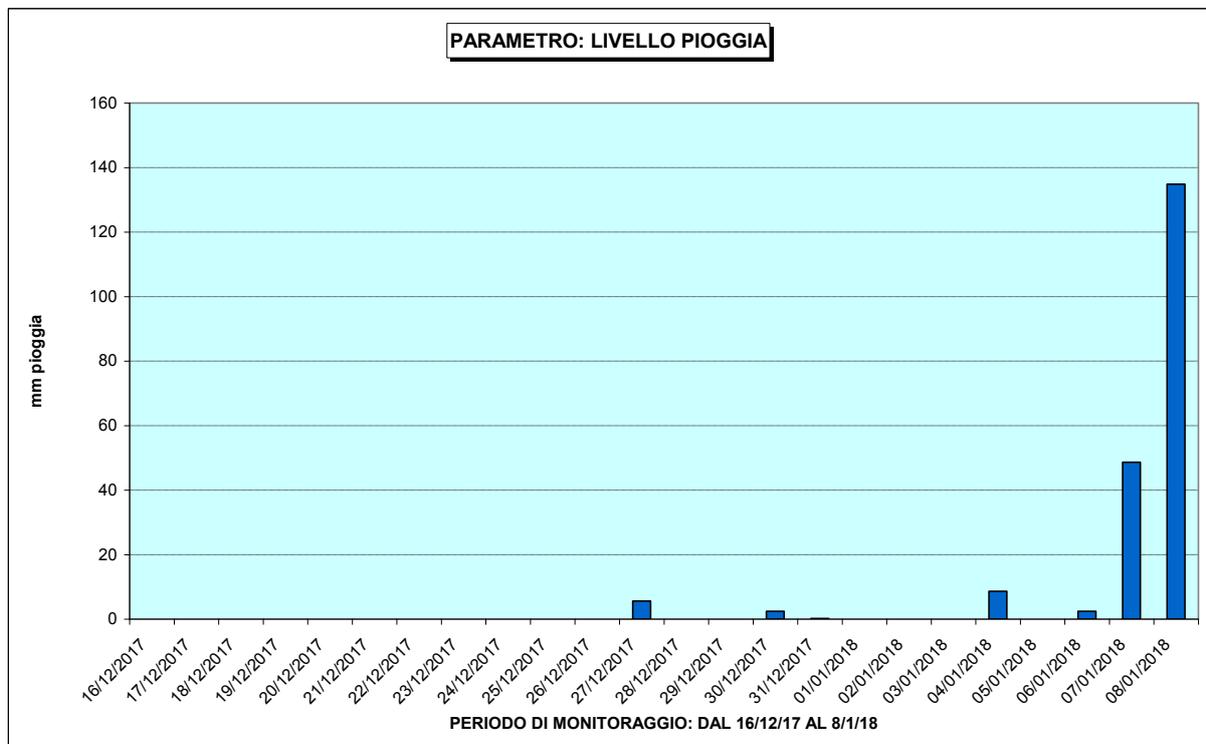
**Figura 3** – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio



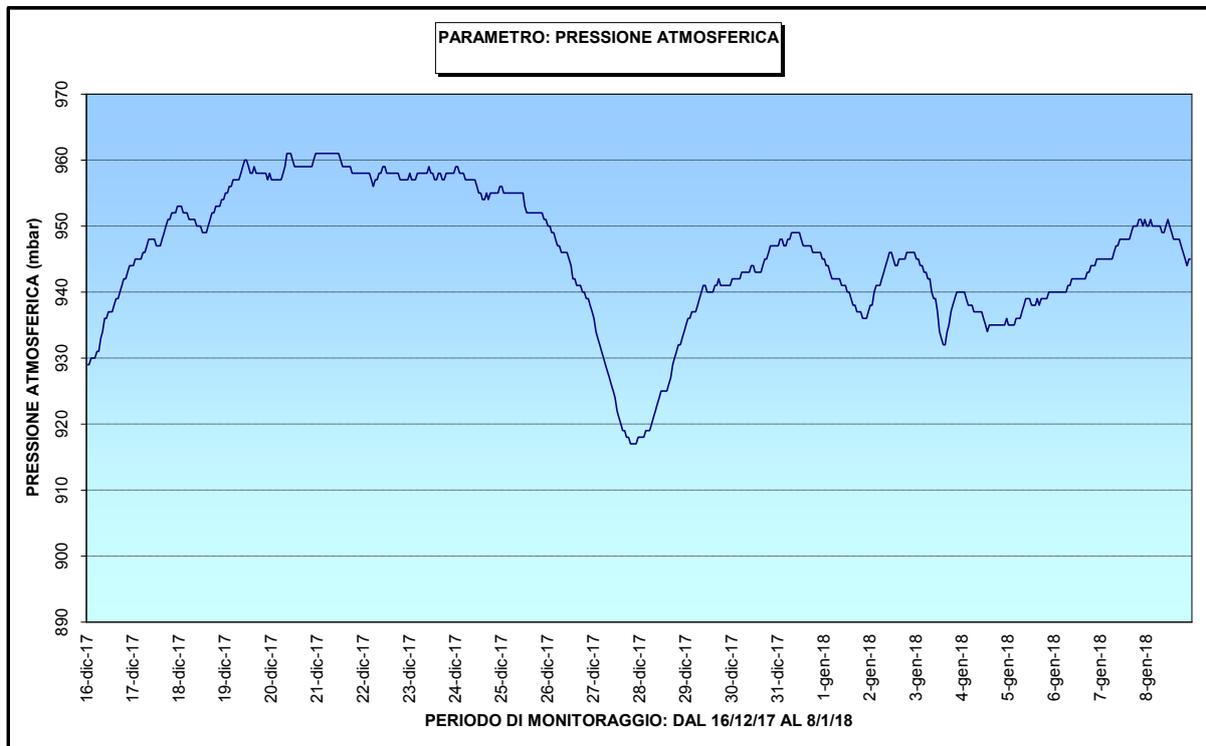
**Figura 4–** Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



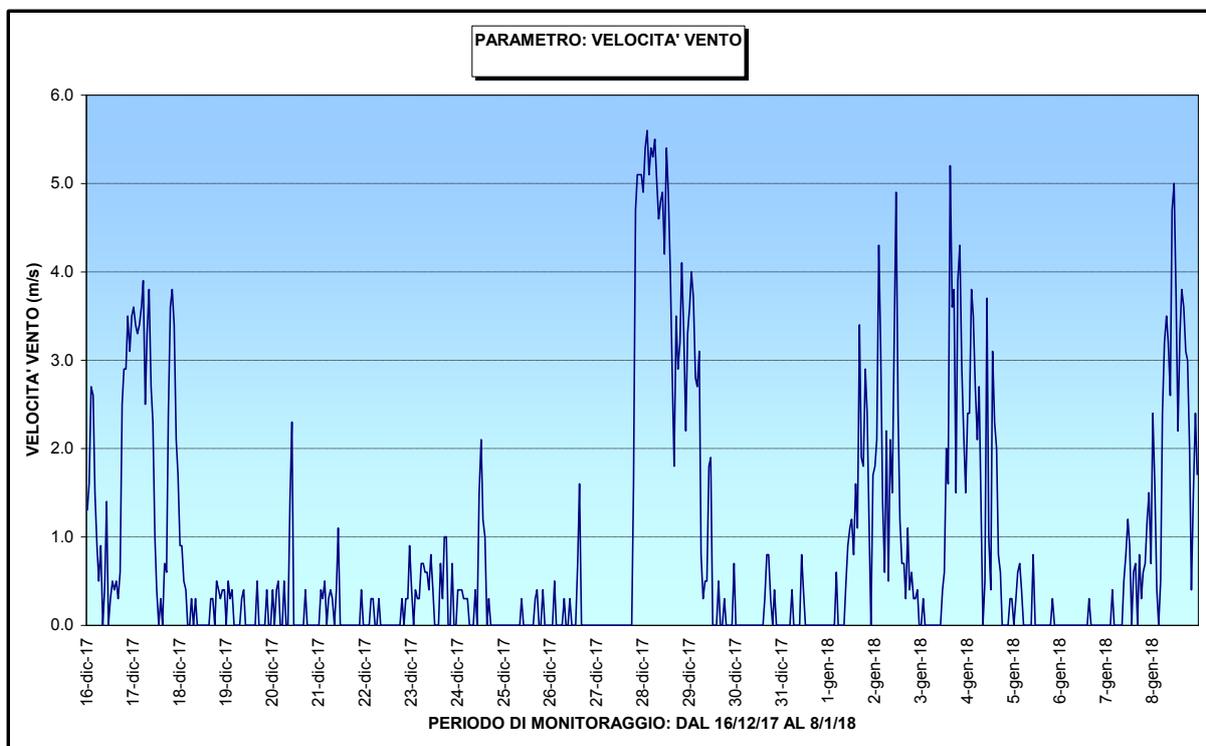
**Figura 5–** Andamento delle precipitazioni nel corso della campagna di monitoraggio



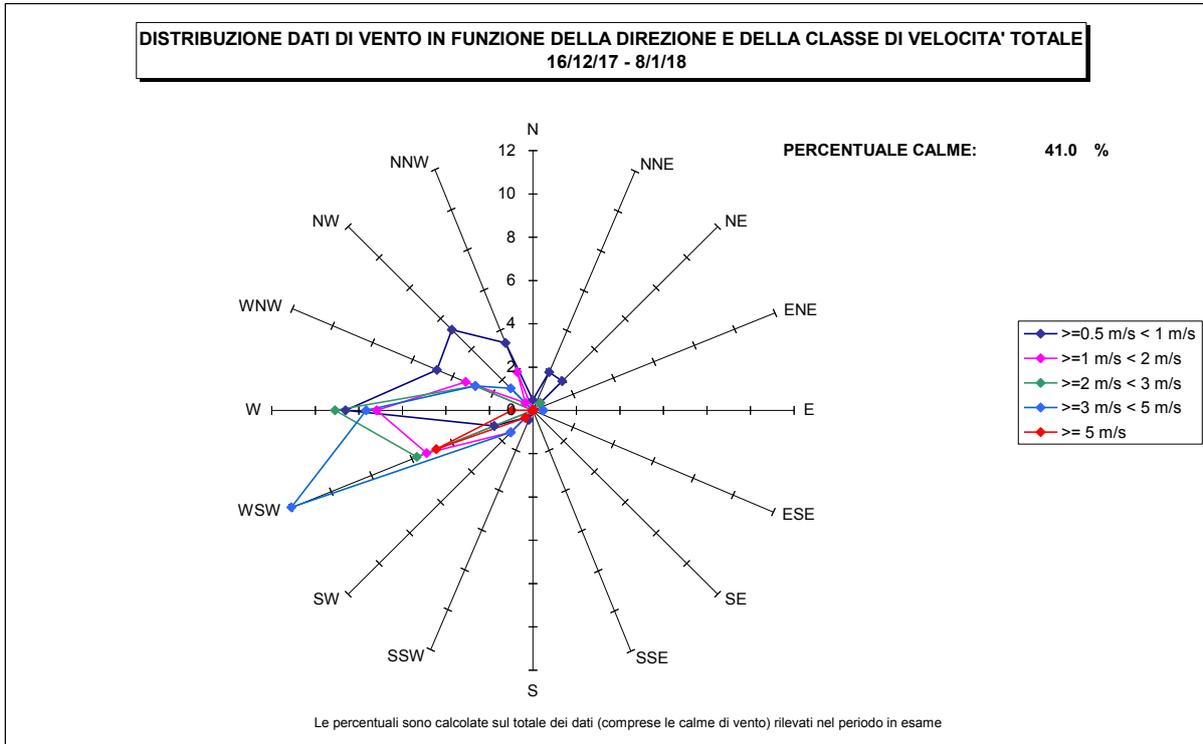
**Figura 6**– Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



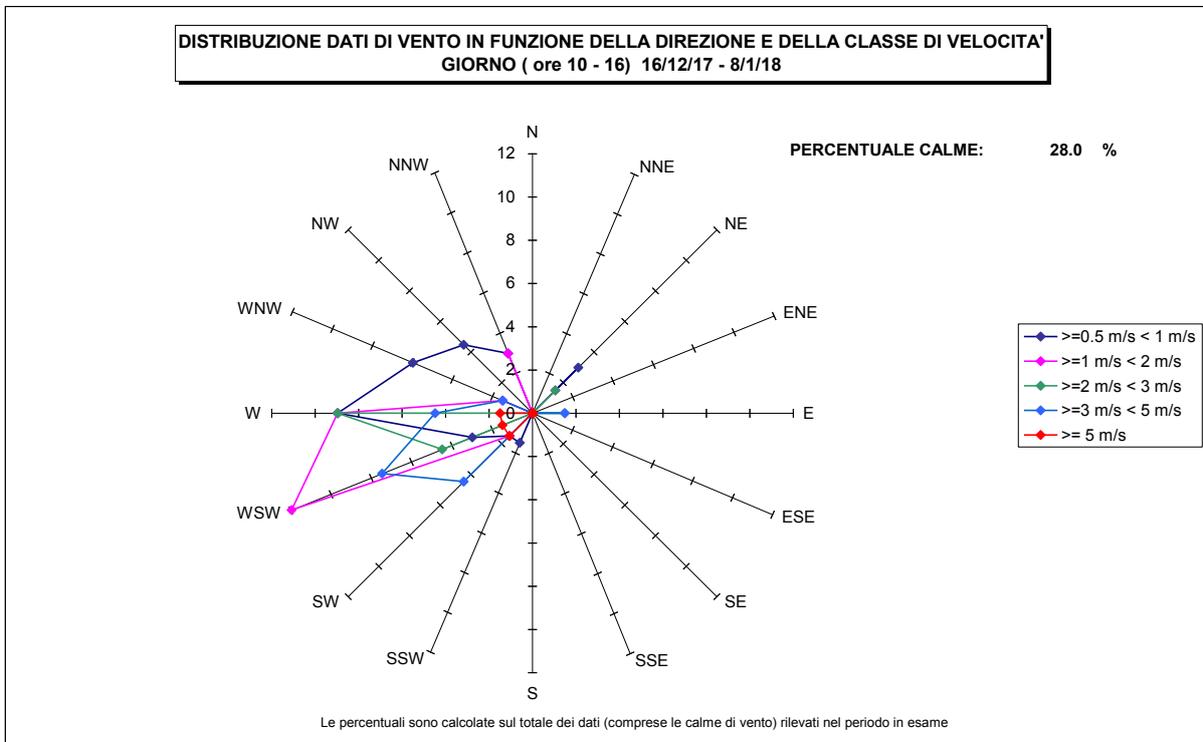
**Figura 7**– Andamento della velocità del vento nel corso della campagna di monitoraggio



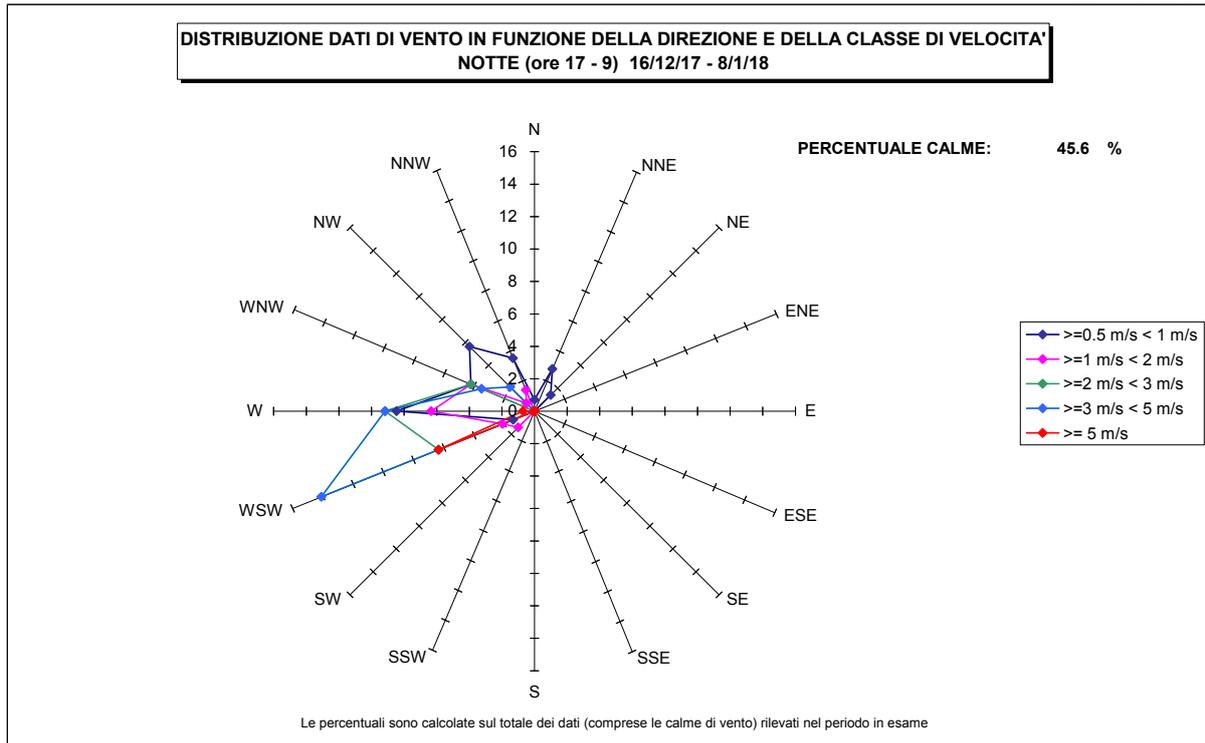
**Figura 8**– Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale



**Figura 9**– Rosa dei venti diurna



**Figura 10**– Rosa dei venti notturna



Le rose dei venti evidenziano la presenza di venti prevalentemente provenienti dalla direzione W-WSW .

Le precipitazioni si sono verificate il 21 e il 30 dicembre, il 4 gennaio e dal 6 all'8 gennaio 2018, come si osserva nella Figura 5, la giornata più piovosa è stata proprio l'8 gennaio con 134.8 mm di pioggia.

## ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

$C_6H_6$	BENZENE
$NO_2$	BIOSSIDO DI AZOTO
$SO_2$	BIOSSIDO DI ZOLFO
$NO$	MONOSSIDO DI AZOTO
$CO$	MONOSSIDO DI CARBONIO
$O_3$	OZONO
$PM_{10}$	PARTICOLATO SOSPESO $PM_{10}$
$C_6H_5CH_3$	TOLUENE

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all' indirizzo: <https://secure.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaweb/> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Nei paragrafi seguenti è riportata l'analisi statistica dei dati rilevati nel corso della campagna di monitoraggio, con particolare attenzione a quelli che presentano una particolare criticità nel semestre freddo dell'anno, vale a dire biossido di azoto,  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$ .

## Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa e la sostituzione dei combustibili solidi con il gas naturale, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

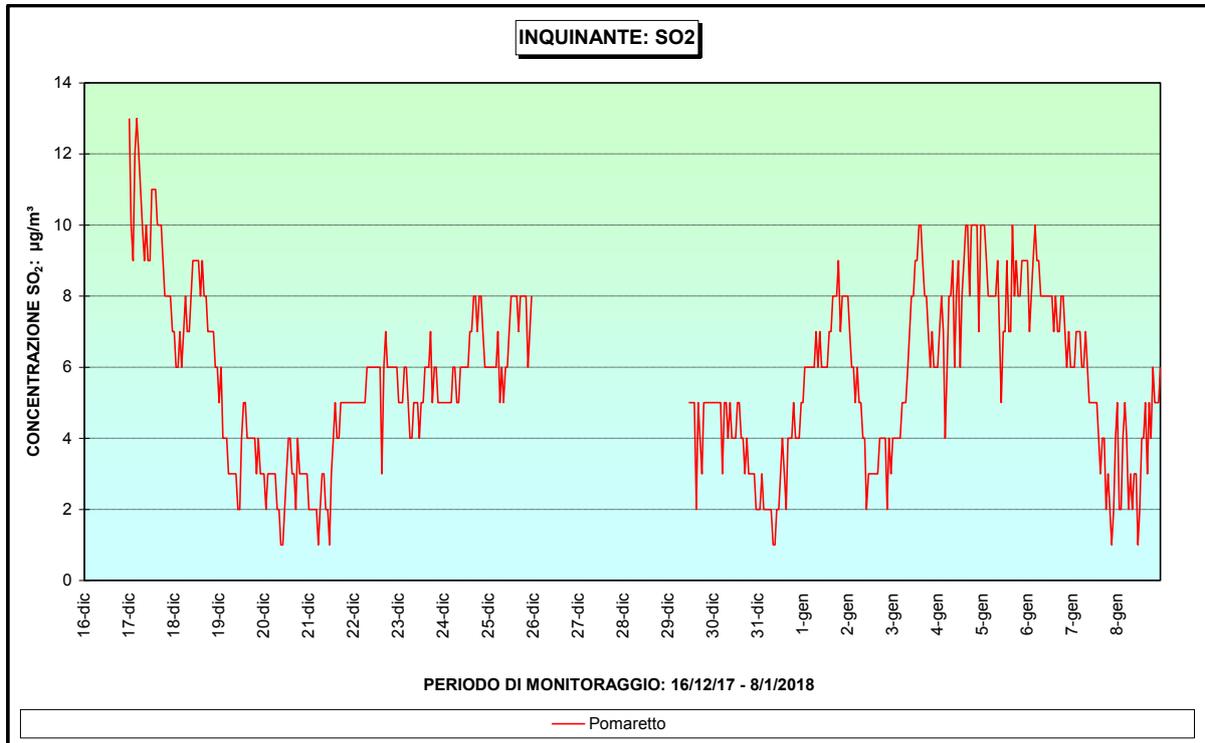
La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Pomaretto; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 10.0 µg/m<sup>3</sup> (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo orario è pari a 13.2 µg/m<sup>3</sup>, quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m<sup>3</sup>. I dati riportati in Tabella 10 e Figura 12 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Il grafico di Figura 12 mostra come l'andamento dell'SO<sub>2</sub> nel corso della campagna.

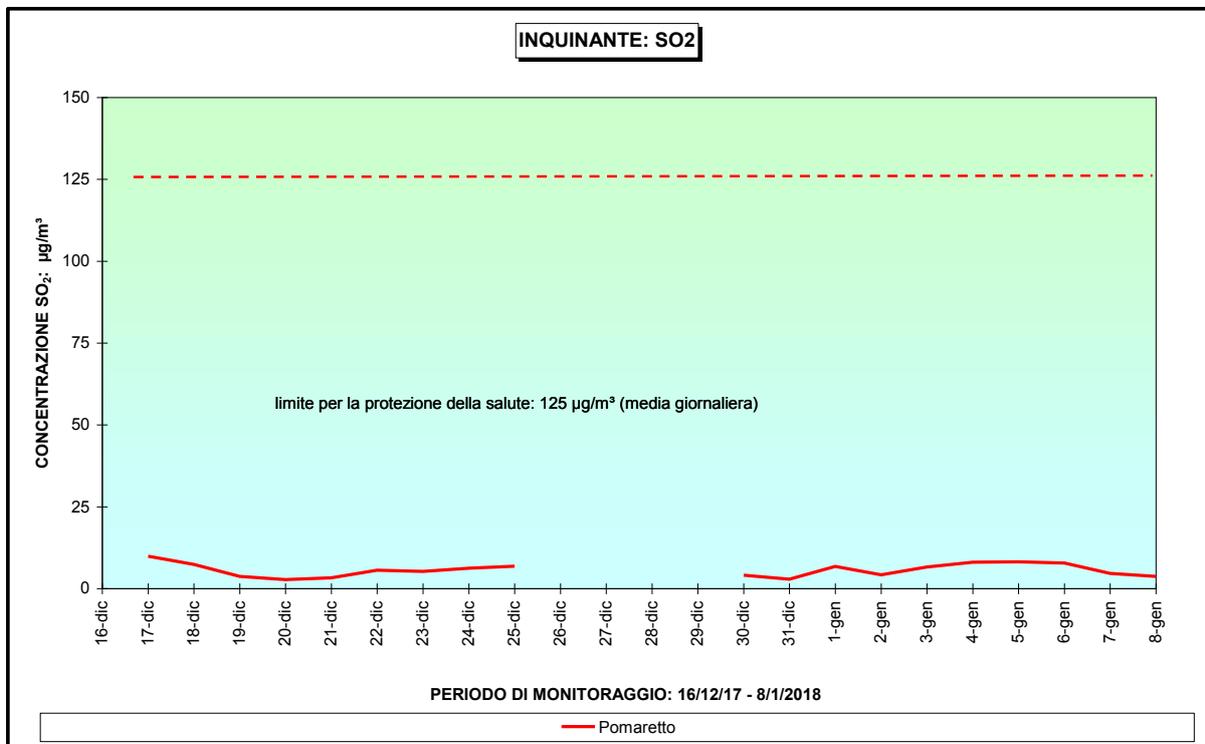
**Tabella 10** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	2.8
Massima media giornaliera	10.0
Media delle medie giornaliere	5.7
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	79%
Media dei valori orari	5.7
Massima media oraria	13.2
Ore valide	469
Percentuale ore valide	81%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>

**Figura 11 - SO<sub>2</sub> andamento orario**



**Figura 12 - SO<sub>2</sub> confronto con il limite di legge (media giornaliera)**



## Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

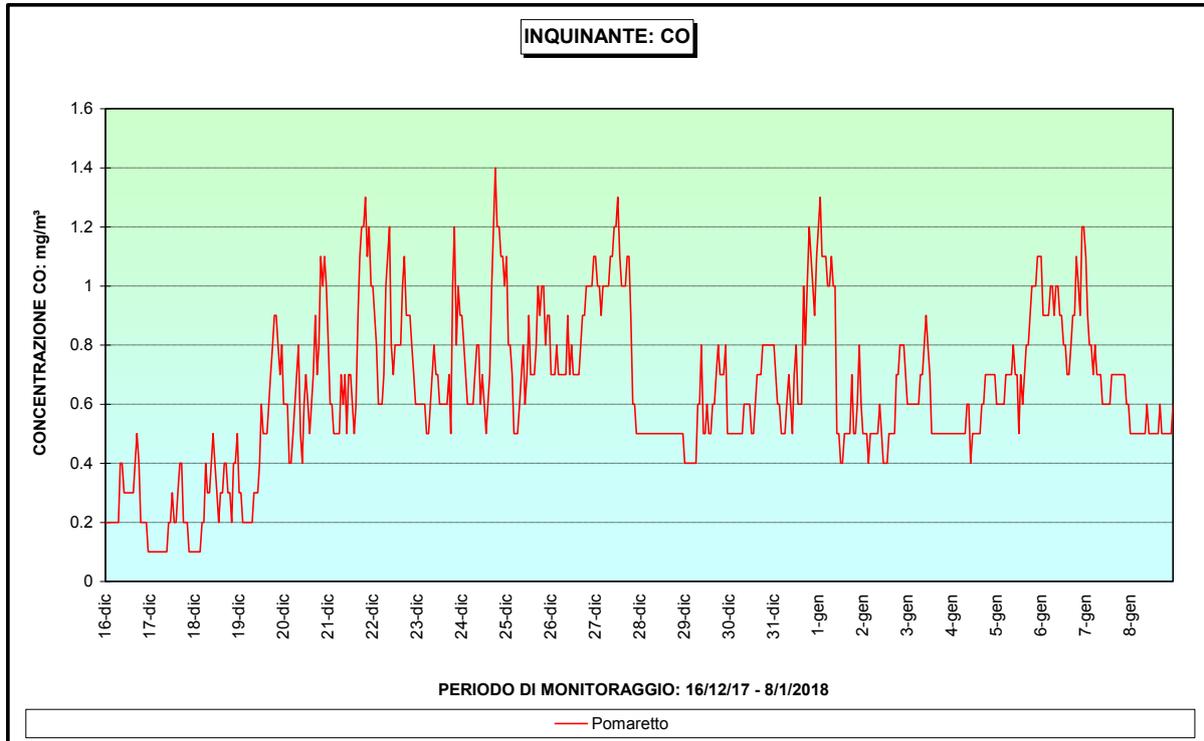
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

Durante la campagna di monitoraggio nel comune di Pomaretto non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 11 e la Figura 13 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

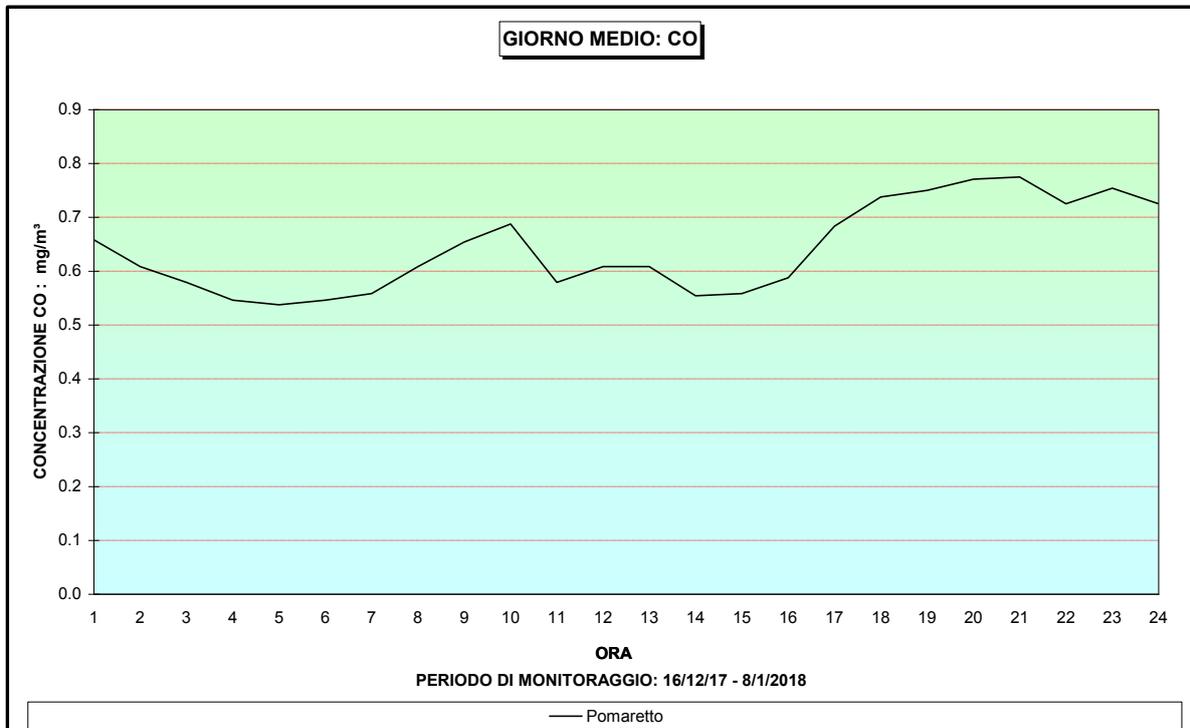
**Tabella 11** – Dati relativi al monossido di Carbonio ( $\text{CO}$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ))

Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	1.0
Media delle medie giornaliere	0.7
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.6
Massima media oraria	1.4
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.6
Massimo medie 8 ore	1.2
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>

**Figura 13 - CO andamento orario.**



**Figura 14 - CO giorno medio.**



## Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

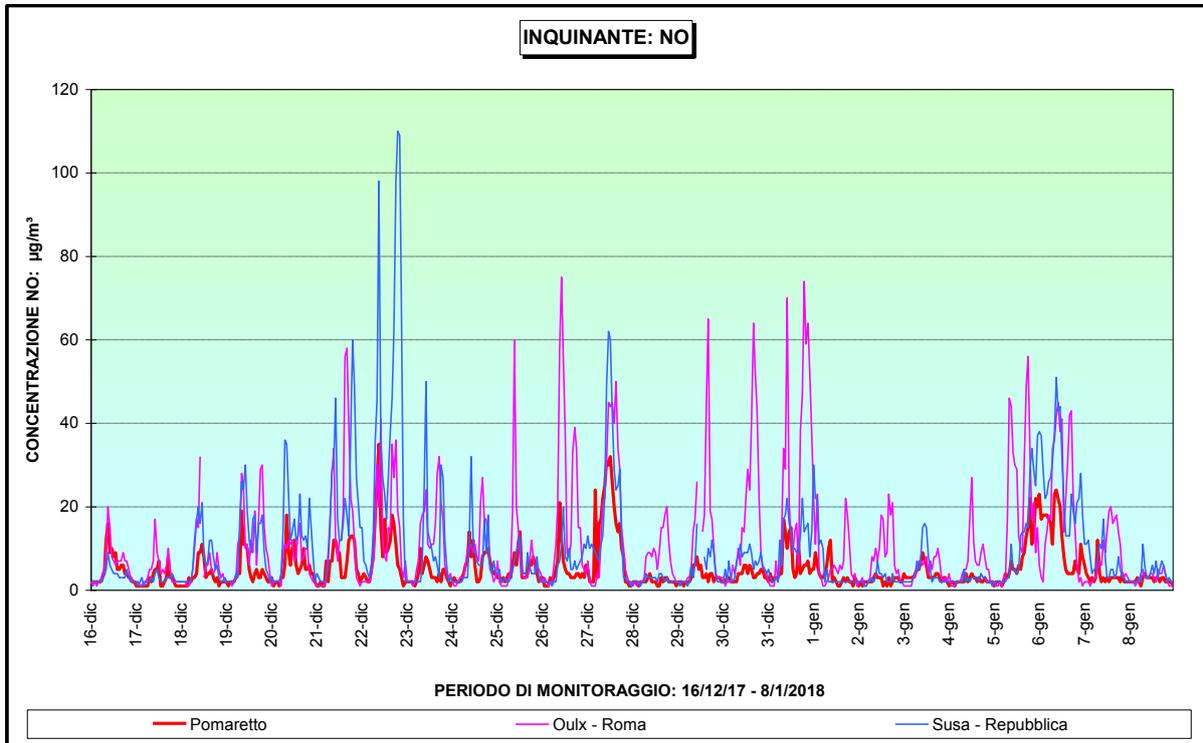
Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 35 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 12).

Confrontando i dati con quelli osservati in altre stazioni della provincia torinese, si può notare che i valori siano molto inferiori a quelli registrati nelle stazioni di Susa e Oulx, stazioni situate in Val di Susa, che posso essere considerate analoghe, come collocazione, al sito di Pomaretto.

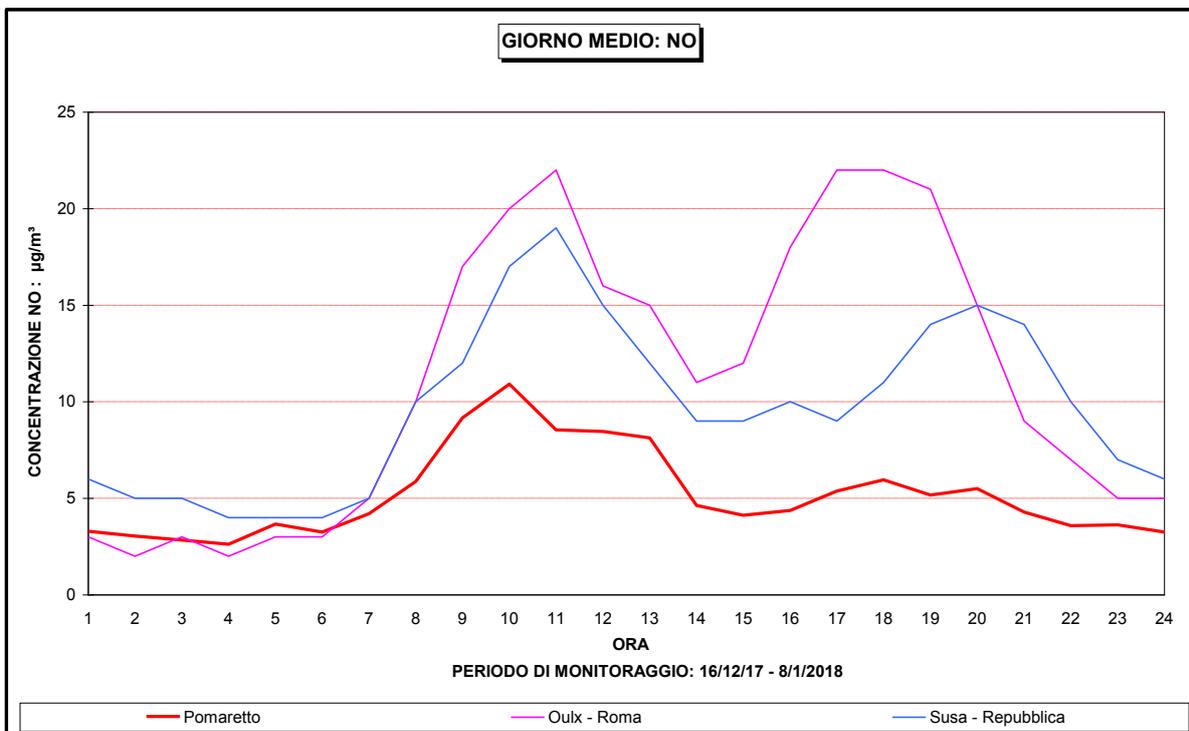
**Tabella 12** - Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	14
Media delle medie giornaliere	5
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	35
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

**Figura 15** – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 16** - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO<sub>2</sub> è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Pomaretto, l'andamento dell'NO<sub>2</sub> registra un valore medio di 25 µg/m<sup>3</sup>, con un picco di 68 µg/m<sup>3</sup>; non si verifica nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 13.

**Tabella 13** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	39
Media delle medie giornaliere	25
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	25
Massima media oraria	68
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>

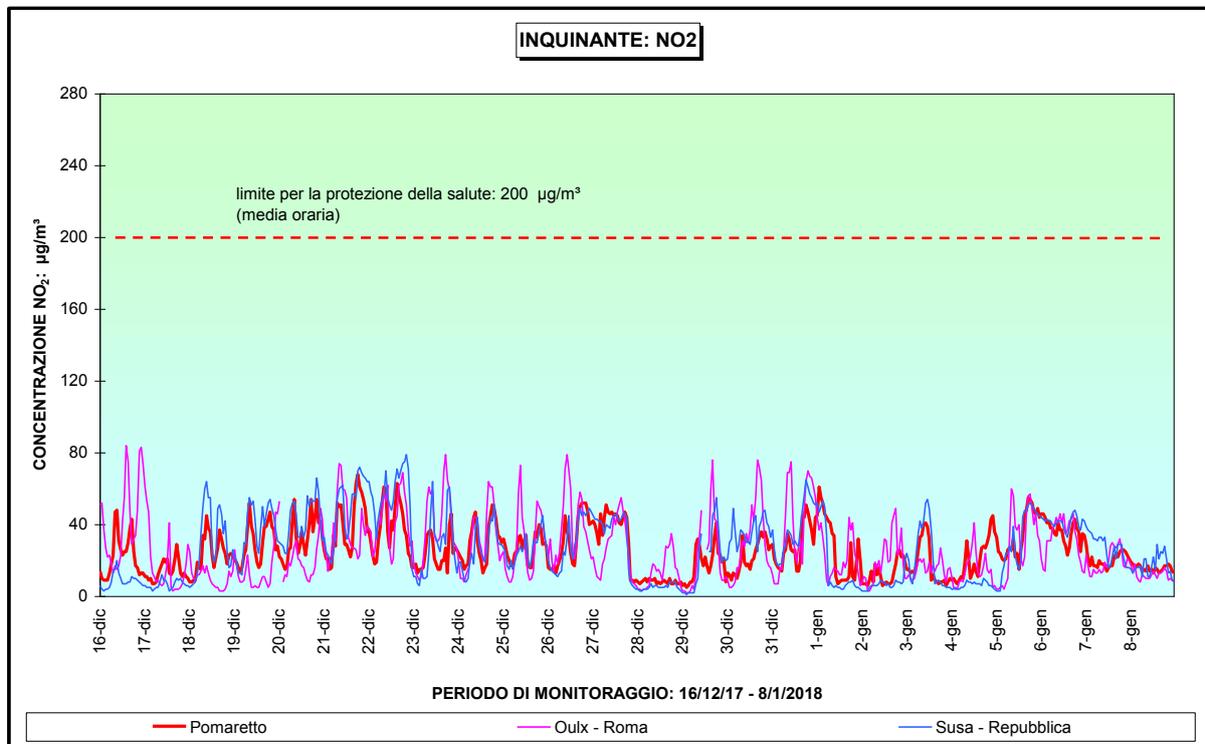
Dal grafico di Figura 17 e Figura 18 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO<sub>2</sub> sono molto simili a quelli misurati nella stazione di Susa e, come nella stazione di Susa e Oulx, presentano due picchi, uno intorno alle 9 e uno intorno alle 18; al picco serale non corrisponde un analogo picco nel monossido di azoto, pertanto appare molto probabilmente legato a fenomeni di formazione secondaria dell'NO<sub>2</sub>, piuttosto che ad una fonte locale diretta di NO<sub>2</sub>.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup>. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però valutare un confronto tra la media rilevata nel periodo di monitoraggio in Pomaretto rispetto a quella rilevata in altre stazioni della rete provinciale, come si può vedere in Tabella 14.

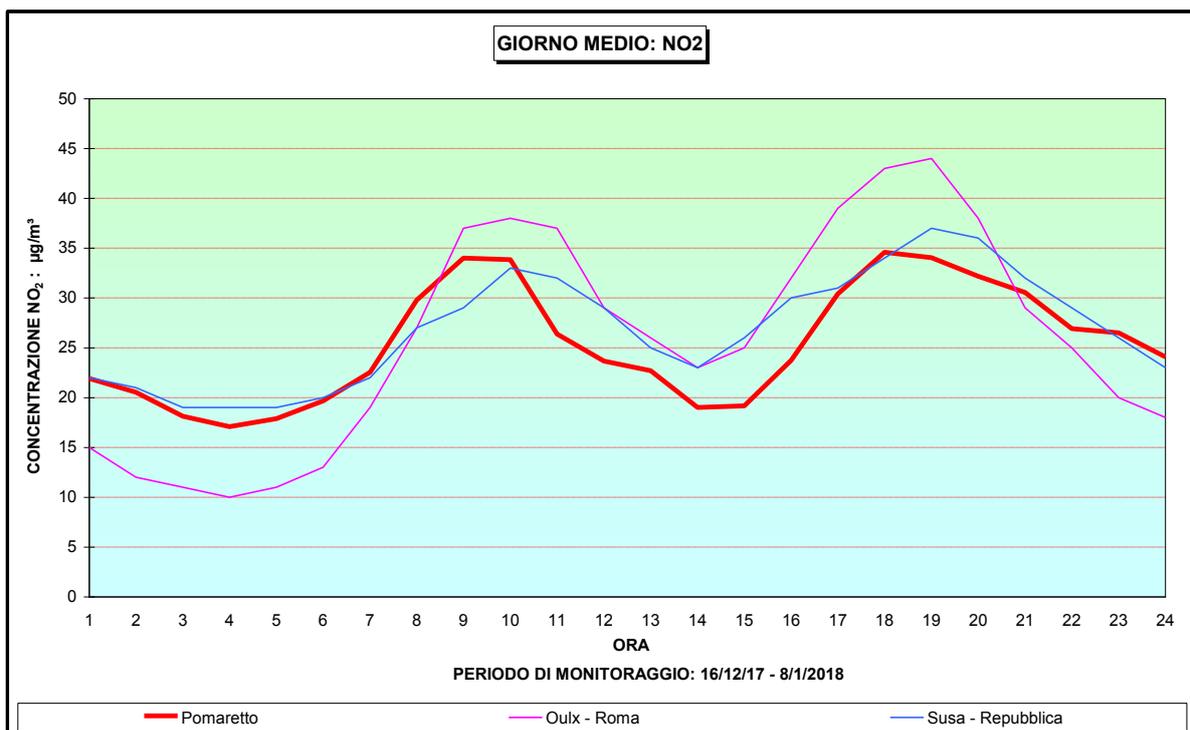
A fine della seconda campagna di monitoraggio si effettuerà anche una stima della media annuale sulla base di un più ampio numero di dati osservati.

Sulla base dei dati rilevati in dicembre-gennaio si può affermare che il sito non si collochi tra quelli più critici a livello provinciale e molto probabilmente la media annuale non supererà il limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 17 – NO<sub>2</sub>: confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio**



**Figura 18 – NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio**



**Tabella 14** - NO<sub>2</sub> - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2017 nella provincia di Torino

	media periodo campagna	Annuale 2017
Stazione	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Ceresole Reale - Diga	4	5
Druento - La Mandria	20	12
Baldissero T.(ACEA) - parco	24	15
<b>Pomaretto</b>	<b>25</b>	<b>-</b>
Oulx - Roma	26	17
Susa - Repubblica	27	19
Ivrea - Liberazione	43	25
Torino - Rubino	43	37
Borgaro T. - Caduti	44	30
Chieri - Bersezio	44	23
Torino - Lingotto	49	40
Carmagnola - I Maggio	50	42
Orbassano - Gozzano	60	34
Settimo T. - Vivaldi	67	36
Leini'(ACEA) - Grande Torino	68	32
Torino - Consolata	73	59
Collegno - Francia	84	58
Vinovo - Volontari	86	35
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	90	48
Torino - Rebaudengo	96	80

## 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 a livello di 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 fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

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. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una 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 (DLgs 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.

Durante la campagna di monitoraggio, vedi Tabella 15, si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed un valore massimo di  $11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dalla Figura 19, si può vedere come i dati di benzene in Pomaretto abbiano valori inferiori a quelli della stazione di Vinovo, che rappresenta un fondo suburbano e non ha mai superato il valore limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In merito al rispetto del valore limite annuale, verranno effettuate ulteriori considerazioni una volta ottenuti i dati della seconda campagna di monitoraggio, sulla base di un più ampio numero di dati acquisiti.

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) 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.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 2,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e la massima media oraria è di 6,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 16), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

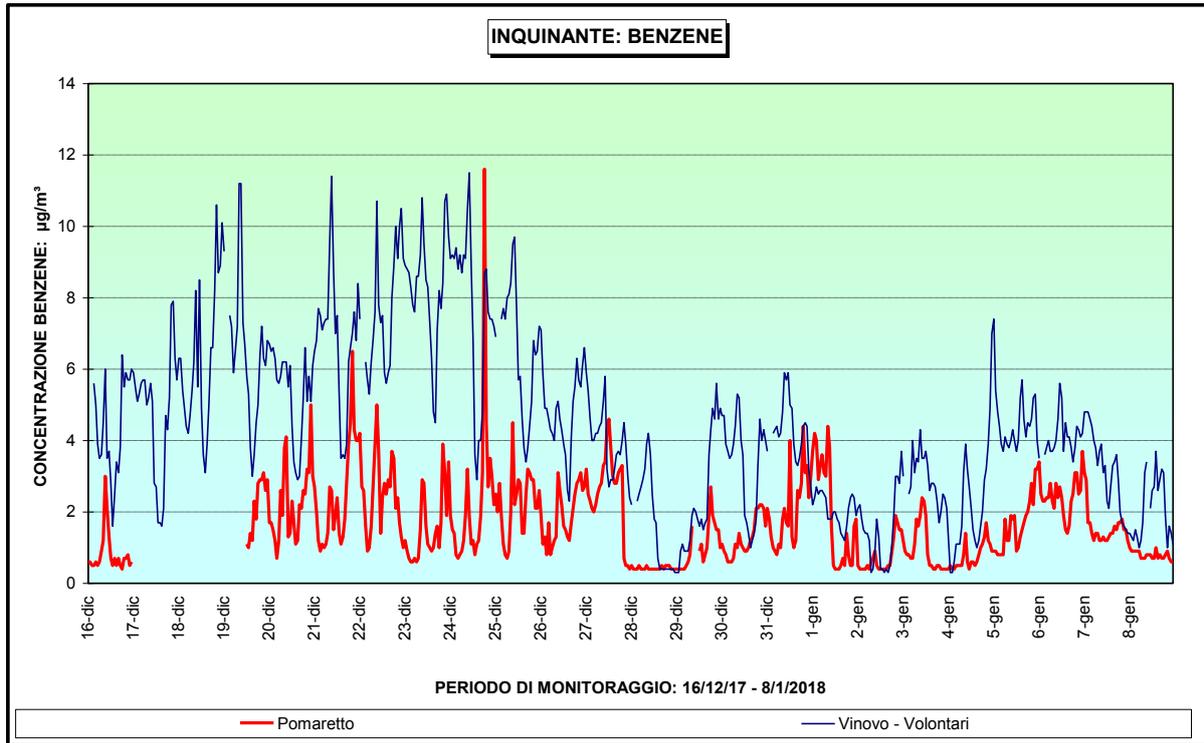
**Tabella 15** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	2.6
Media delle medie giornaliere (b):	1.6
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	88%
Media dei valori orari	1.6
Massima media oraria	11.6
Ore valide	513
Percentuale ore valide	89%

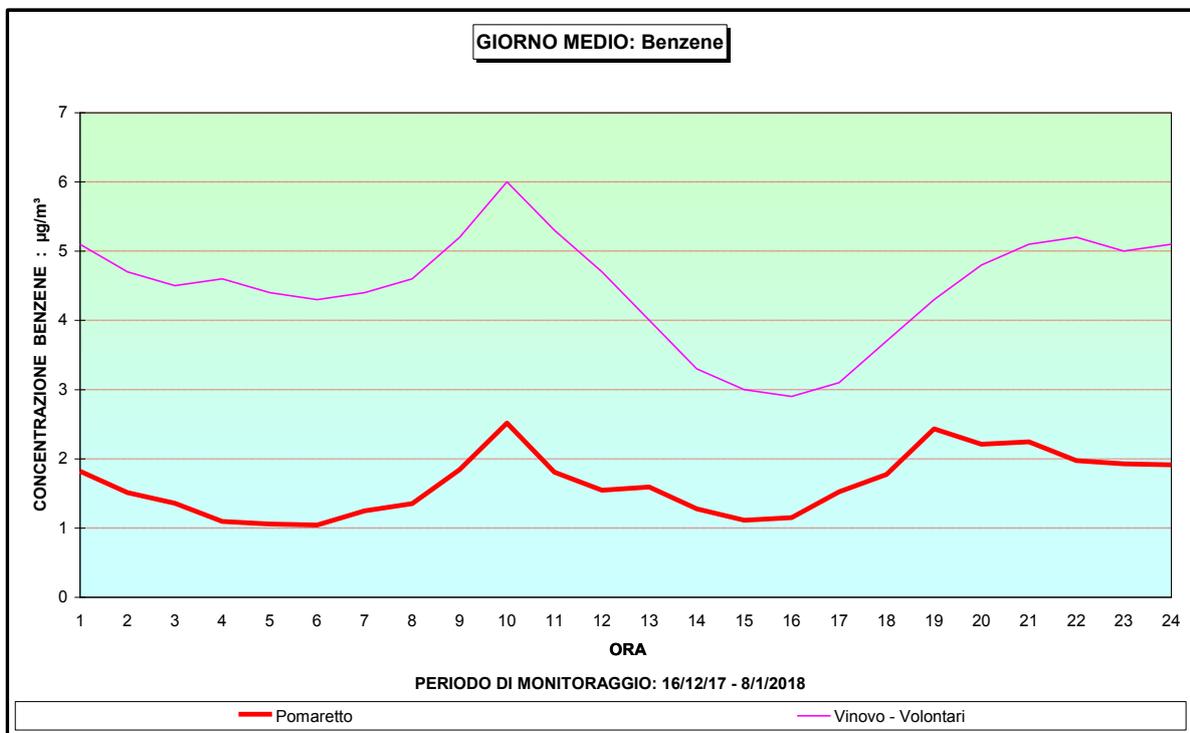
**Tabella 16**– Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	0.6
Massima media giornaliera	2.2
Media delle medie giornaliere (b):	1.2
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	88%
Media dei valori orari	1.2
Massima media oraria	6.0
Ore valide	513
Percentuale ore valide	89%

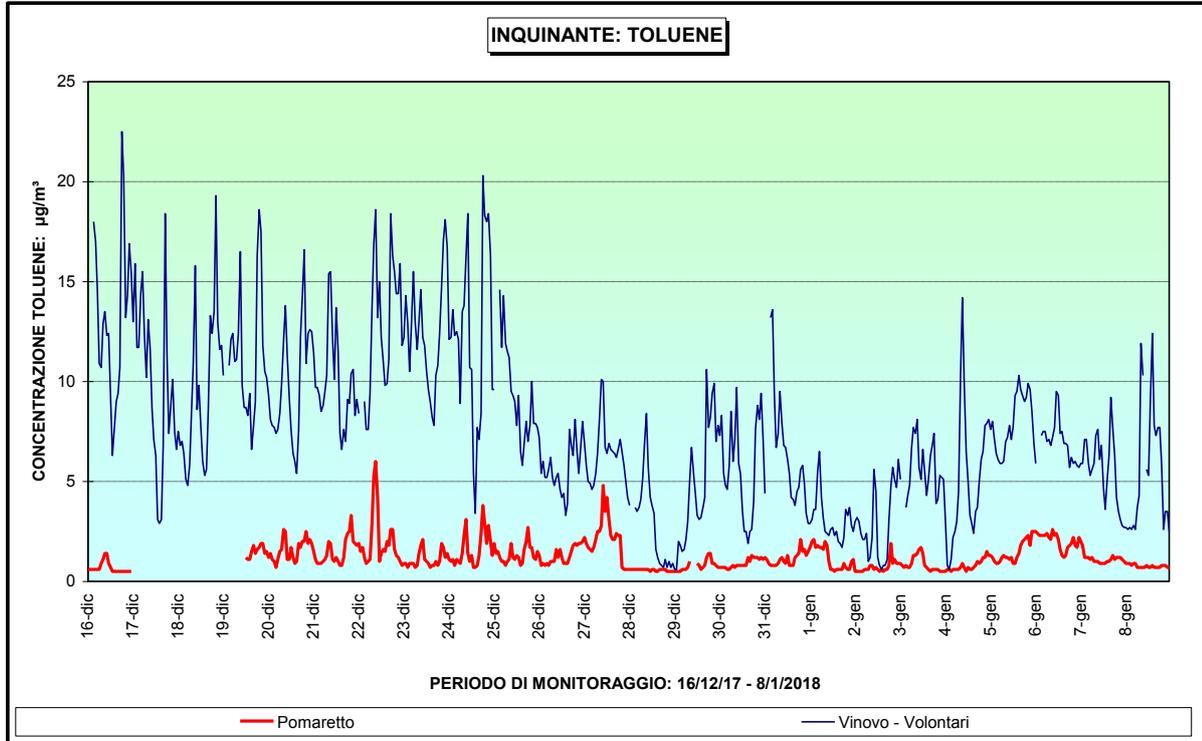
**Figura 19 – Benzene: andamento della concentrazione oraria**



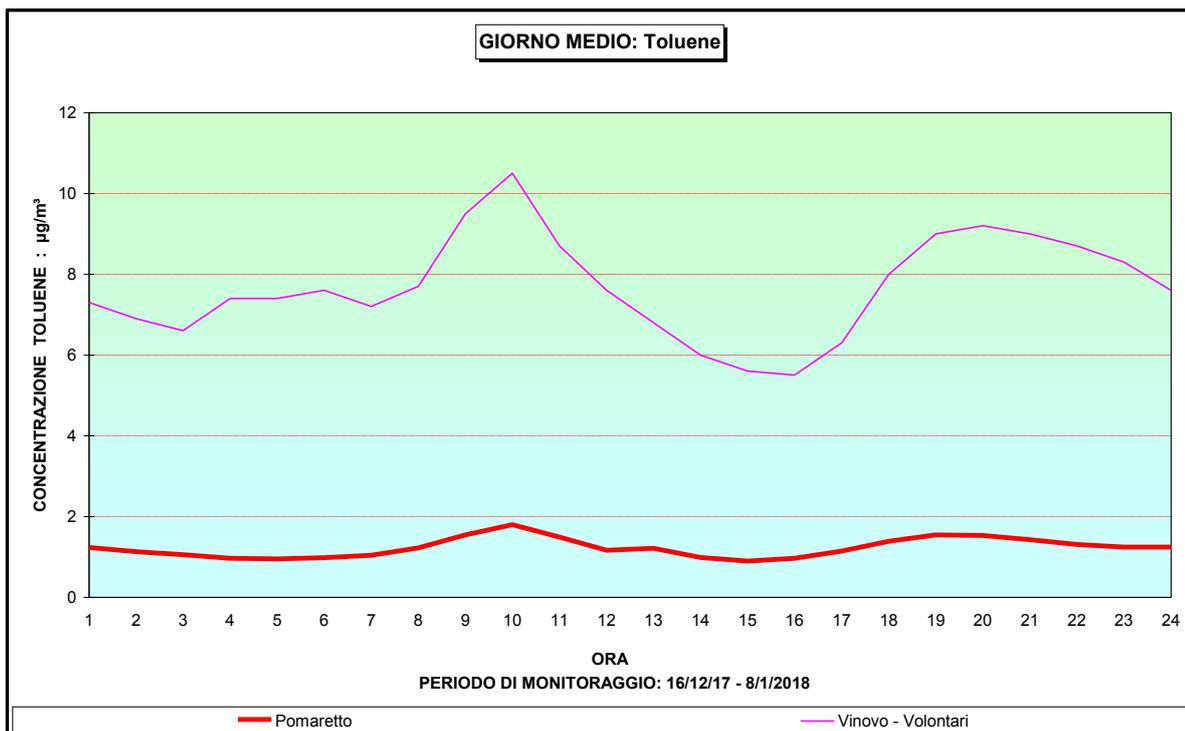
**Figura 20 – Benzene: andamento del giorno medio**



**Figura 21**– Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 22** – Toluene: andamento del giorno medio



## Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale 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. Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico da precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni 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 ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM2.5 (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella campagna di monitoraggio invernale 2017-2018 la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 20 µg/m<sup>3</sup>, (vedi Tabella 17), con un valore massimo giornaliero di 40 µg/m<sup>3</sup> e nessun superamento del valore giornaliero dei 50 µg/m<sup>3</sup>.

L'anno precedente (inverno 2016-2017) è stata condotta una campagna di monitoraggio del PM10 prima dell'avvio dell'impianto con caldaie a cippato ("ante-operam") e la media del PM10 rilevata (26 µg/m<sup>3</sup>) è stata superiore a quella "post-operam". È quindi importante sottolineare che non risulta corretto un semplice confronto numerico tra le concentrazioni rilevate in aria ambiente prima e dopo l'entrata in esercizio dell'impianto. L'inquinamento atmosferico è, infatti, fortemente influenzato dalla meteorologia e quindi l'aumento o la diminuzione delle concentrazioni rilevate in un determinato anno rispetto al precedente sono spesso imputabili, rispettivamente, a una maggiore o minore criticità delle condizioni meteorologiche.

Pertanto, per tenere conto della variabilità meteorologica, la valutazione delle eventuali variazioni ante-post operam è stata effettuata confrontando la criticità relativa nei due periodi del sito di monitoraggio, intendendo con criticità relativa la posizione del sito di monitoraggio (evidenziato con il rettangolo rosso nella Figura 24) nella scala che va dal punto di misura con concentrazione media più bassa a quello con concentrazione media più elevata. Come si può vedere, mentre le concentrazioni medie assolute cambiano in relazione alla diversa meteorologia dei periodi, la criticità relativa rimane la stessa: il sito di Pomaretto continua a collocarsi tra le stazioni di Druento e Susa.

Non si rilevano quindi, a seguito dell'entrata in esercizio delle caldaie a cippato, alterazioni significative della qualità dell'aria per quanto riguarda il PM10.

E' ipotizzabile inoltre che a Pomaretto non si superi la media annuale, in quanto la media nel periodo di monitoraggio si colloca tra quella di Druento e Susa, entrambe stazioni per le quali il limite annuale è ampiamente rispettato (sia nel 2016 che nel 2017 i valori registrati sono stati circa la metà del limite).

Nella relazione finale verrà però stimato un valore di media annuale utile a ipotizzare il rispetto o eventualmente il superamento del valore limite annuale.

In Tabella 18 sono riportati i dati relativi al PM2.5 durante la campagna: la media dei valori di concentrazione di particolato PM2.5 è stata pari a 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un valore massimo giornaliero di 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori si collocano tra le stazioni di Ivrea e Ceresole, sono tra i più bassi a livello provinciale e rappresentano il 80% del PM10 (Tabella 20).

**Tabella 17** – Dati relativi al particolato sospeso PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	40
Media delle medie giornaliere	20
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>0</b>

**Tabella 18** – Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	35
Media delle medie giornaliere	16
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%

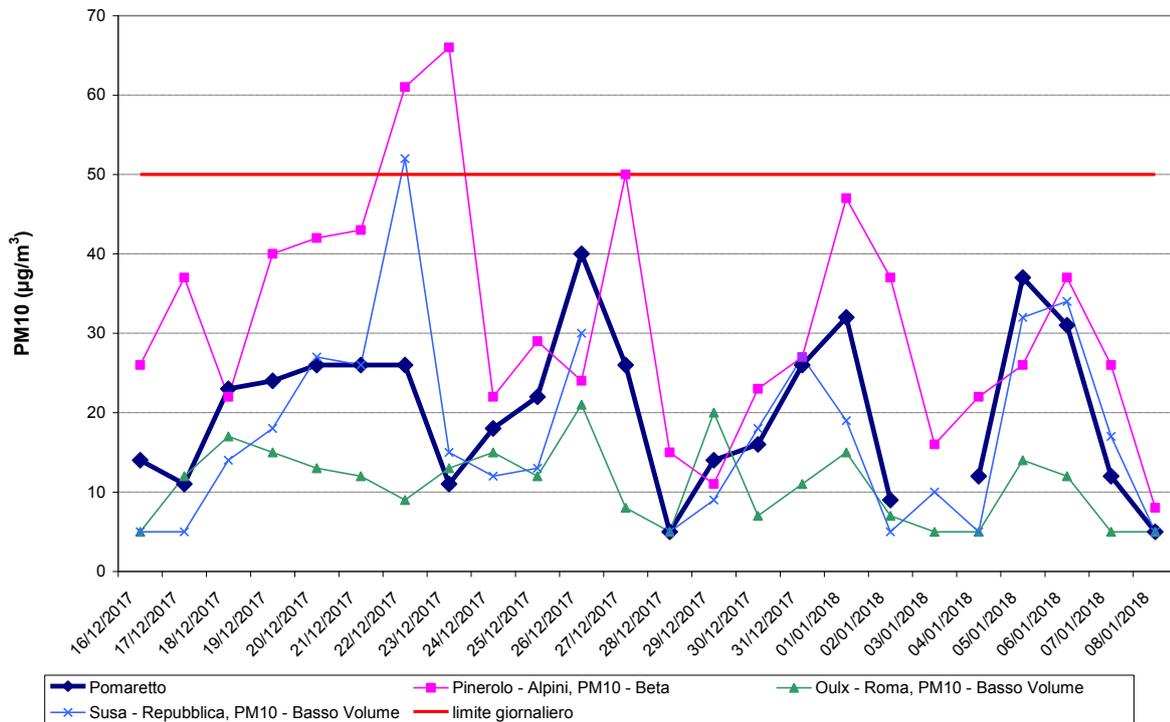
**Tabella 19 - PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) confronto concentrazioni medie del periodo e anno 2017**

Stazione	media periodo 19/12/16-19/1/17 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media periodo 16/12/17-8/1/18 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media anno 2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Ceresole Reale ( $\beta$ )	6	3	11
Baldissero ( $\beta$ )	16	9	11
Oulx	23	11	18
Susa	23	18	22
<b>Pomaretto</b>	26	20	-
Druento	28	28	27
Pinerolo	32	32	26
Ivrea	44	44	31
Leini ( $\beta$ )	58	49	34
Borgaro	50	54	38
Collegno	52	59	40
To-Rubino	53	59	38
To-Consolata	54	61	43
Beinasco ( $\beta$ )	48	62	36
Carmagnola	59	63	45
To - Grassi	73	63	47
To-Lingotto ( $\beta$ )	54	65	38
To-Lingotto	58	66	39
To-Rebaudengo ( $\beta$ )	73	69	46
Settimo	78	74	44

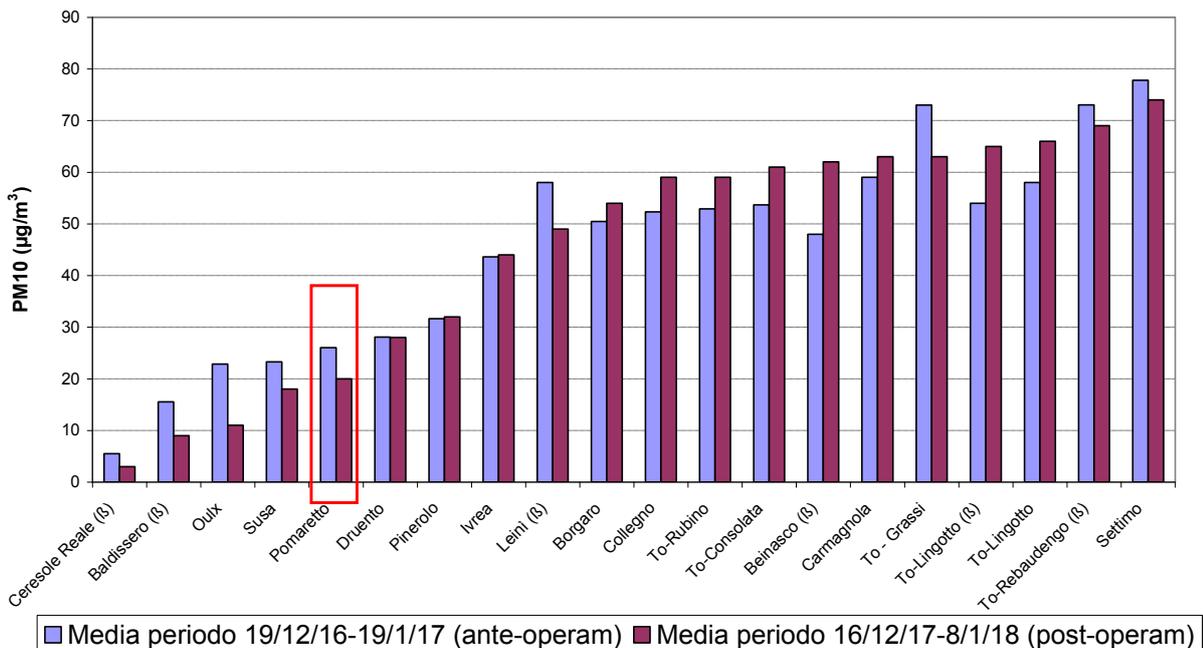
**Tabella 20: PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) confronto concentrazioni medie del periodo e anno 2017**

Stazione	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media anno 2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Ceresole Reale, PM2.5 (Beta)	3	9
<b>Pomaretto</b>	16	-
Ivrea - Liberazione PM2.5	35	24
Borgaro T. - Caduti, PM2.5	39	27
Leini'(ACEA) - Grande Torino, PM2.5 - Beta	41	26
Chieri - Bersezio	45	27
Beinasco - PM2.5 - Beta	49	26
Torino - Rebaudengo, PM2.5	50	33
Torino - Lingotto, PM2.5	52	27
Settimo T. - Vivaldi	56	30

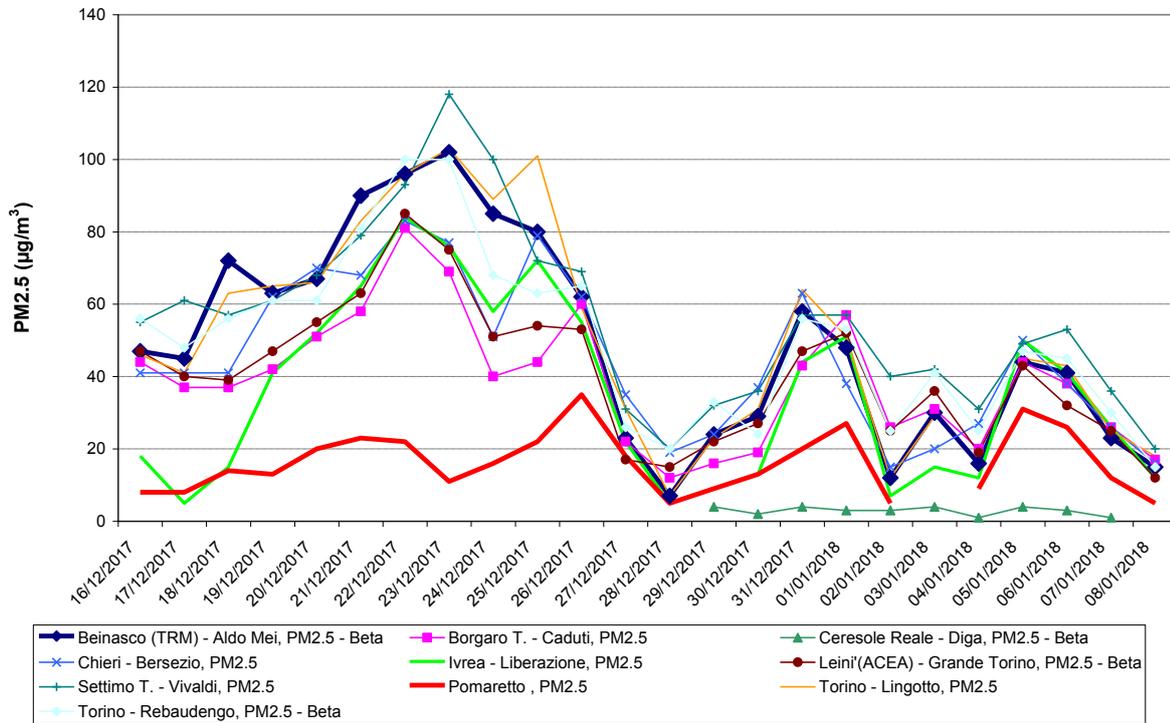
**Figura 23** – Particolato sospeso PM10: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute



**Figura 24** – Particolato sospeso PM10, confronto ante-operam post-operam



**Figura 25 – Particolato sospeso PM2.5, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio**



## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%<sup>1</sup>. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)<sup>2</sup>.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli I.P.A. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunosoppressione, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>3</sup> classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

**Tabella 21** - benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

<b>BENZO(A)PIRENE</b>			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
VALORE OBIETTIVO (D.Lgs 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>2</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

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

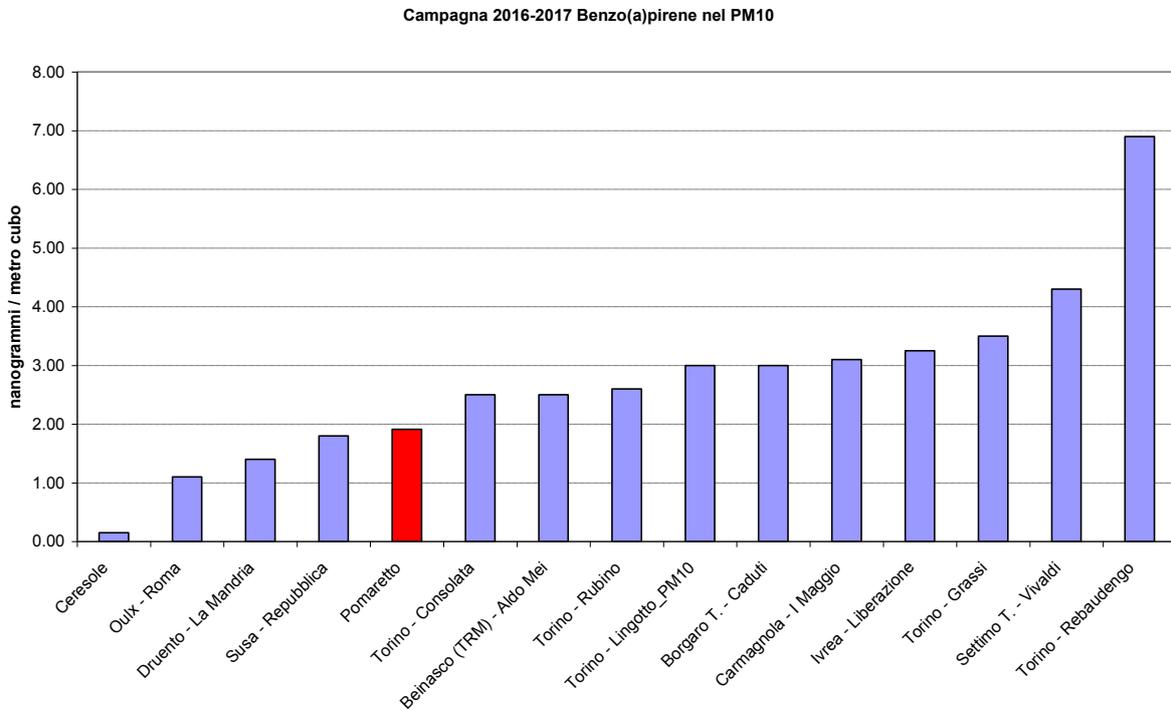
I valori misurati a Pomaretto per il benzo(a)pirene sono tra i più bassi a livello del territorio della Città metropolitana e si collocano poco sopra il dato di Susa e al di sotto del dato di Torino-Consolata, sia per la campagna ante-operam, sia per quella post-operam, come si può vedere nella Tabella 22 , Figura 27 e Figura 26 . Poiché le stazioni di Torino-Consolata e Susa nel 2016 e nel 2017 hanno rispettato entrambe il valore limite di 1 ng/m<sup>3</sup>, si presume che anche nel sito di Pomaretto tale limite sia rispettato.

La criticità relativa del Benzo(a)antracene nel PM10 migliora nella campagna post-operam rispetto all'ante-operam, mentre per il Benzo(b+j+k)fluorantene rimane la stessa come nel caso del benzo(a)pirene. Per l'Indeno(1,2,3-cd)pirene c'è un lieve peggioramento, in quanto nel post-operam il valore misurato si colloca al di sopra di quello di Torino-Consolata, ma comunque, complessivamente, considerando la somma dei quattro IPA Pomaretto si trova tra Torino-Consolata e Susa, nel post-operam come nell'ante-operam (Figura 34 e Figura 35).

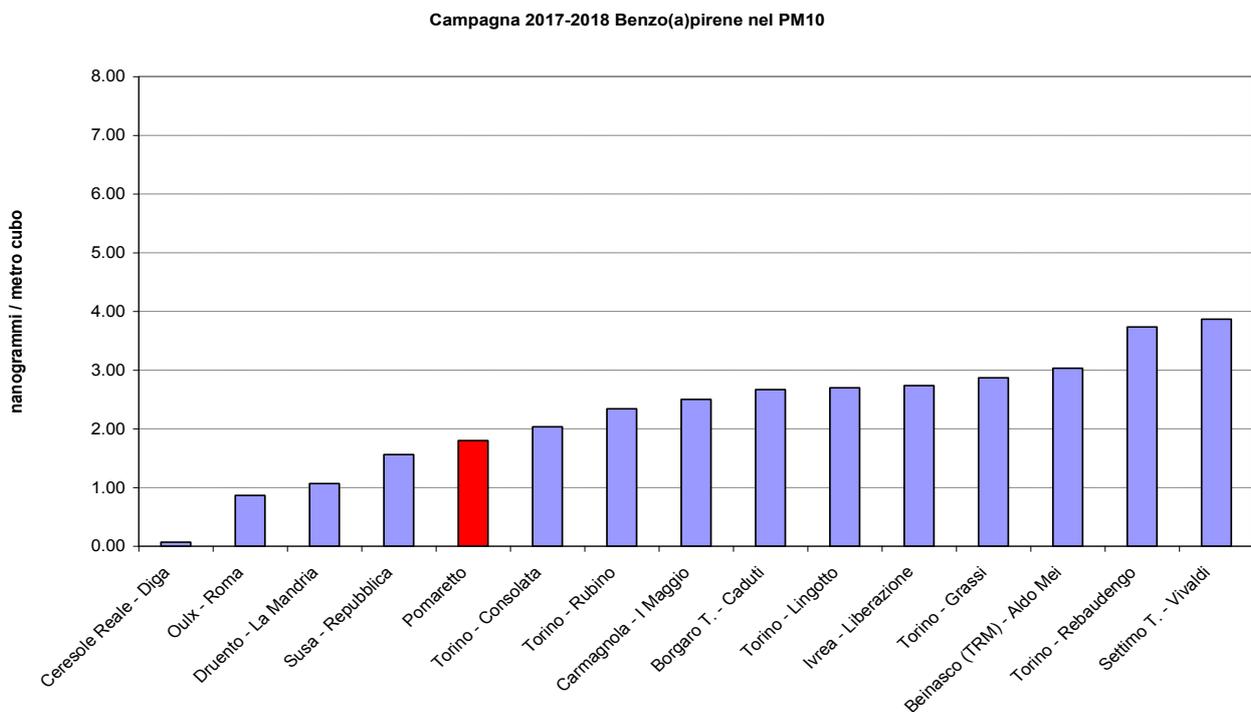
**Tabella 22:** concentrazione IPA rilevati nella campagna 2017-2018 e confronto con i dati provinciali

Stazione	Benzo(a)antracene nel PM10	Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10	Benzo(a)pirene nel PM10	Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10	IPA TOTALI
Ceresole Reale - Diga	0.05	0.17	0.07	0.08	0.37
Oulx - Roma	0.91	1.93	0.87	0.89	4.60
Druento - La Mandria	0.66	2.52	1.07	1.08	5.34
Susa - Repubblica	1.29	3.22	1.56	1.26	7.33
<b>Pomaretto</b>	<b>1.65</b>	<b>4.15</b>	<b>1.80</b>	<b>1.98</b>	<b>9.58</b>
Torino - Consolata	1.74	4.79	2.03	1.87	10.44
Torino - Rubino	2.02	5.66	2.34	2.23	12.25
Borgaro T. - Caduti	2.24	5.84	2.67	2.25	12.99
Ivrea - Liberazione	2.22	5.79	2.74	2.28	13.03
Carmagnola - I Maggio	2.35	5.98	2.50	2.23	13.06
Torino - Grassi	2.77	6.09	2.87	2.42	14.15
Torino - Lingotto	2.52	6.31	2.70	2.68	14.21
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	2.66	7.13	3.03	2.42	15.24
Torino - Rebaudengo	3.57	7.80	3.73	2.97	18.07
Settimo T. - Vivaldi	3.52	7.91	3.87	3.09	18.40

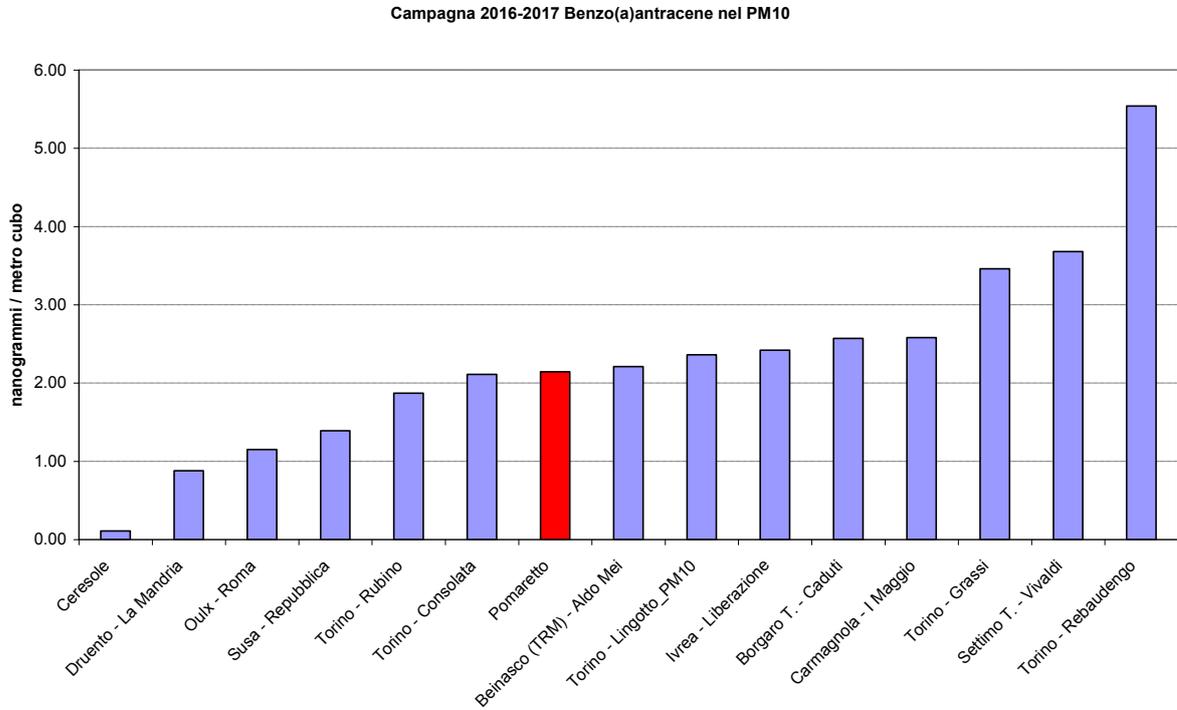
**Figura 26 - Benzo(a)pirene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2016-2017 (ante-operam)**



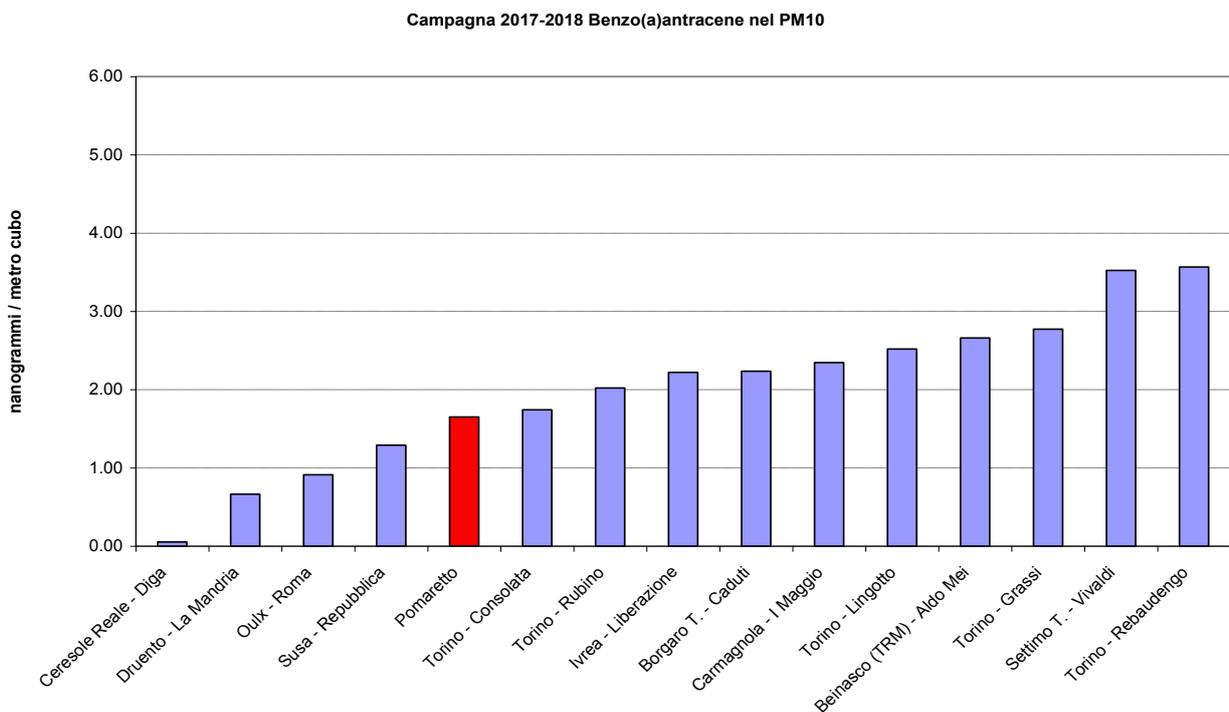
**Figura 27 - Benzo(a)pirene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale – campagna 2017-2018 (post-operam)**



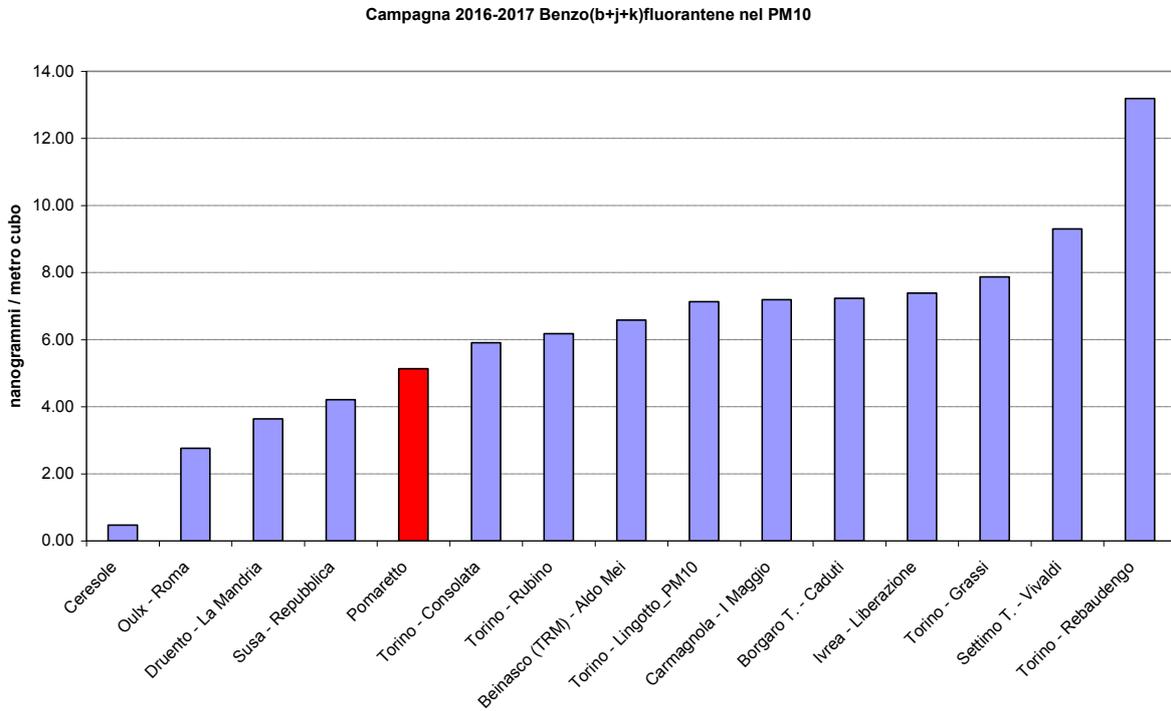
**Figura 28 - Benzo(a)antracene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2016-2017 (ante-operam)**



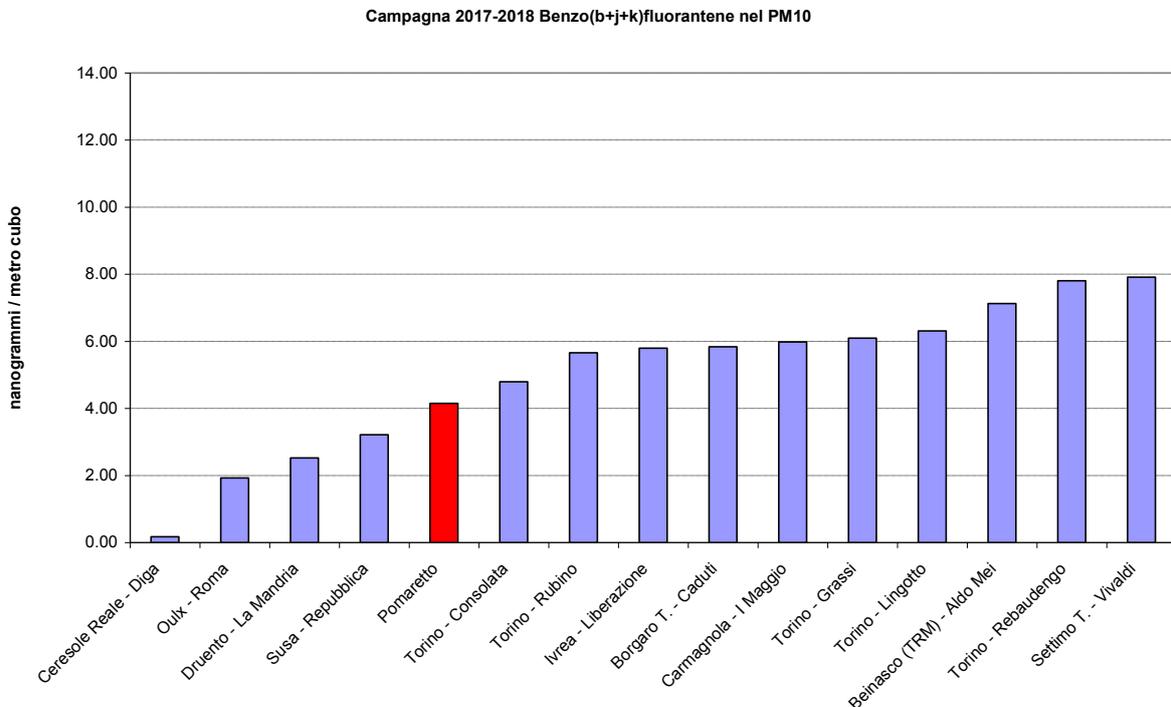
**Figura 29 - Benzo(a)antracene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale – campagna 2017-2018 (post-operam)**



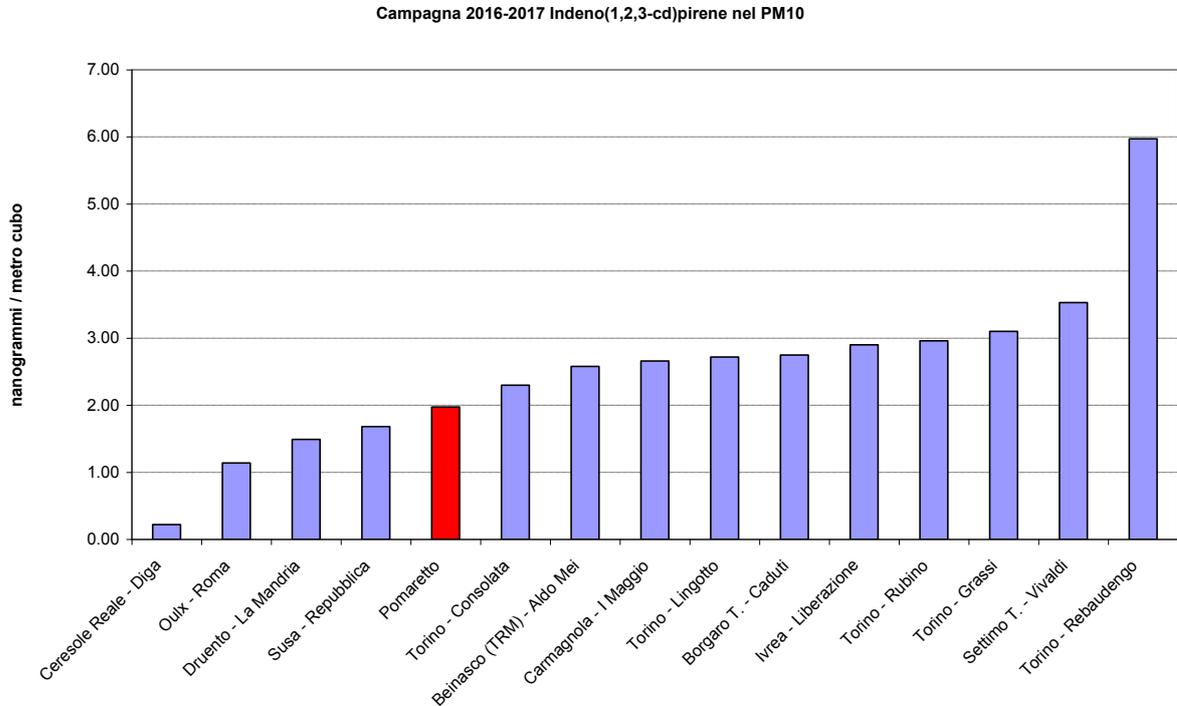
**Figura 30** - Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2016-2017 (ante-operam)



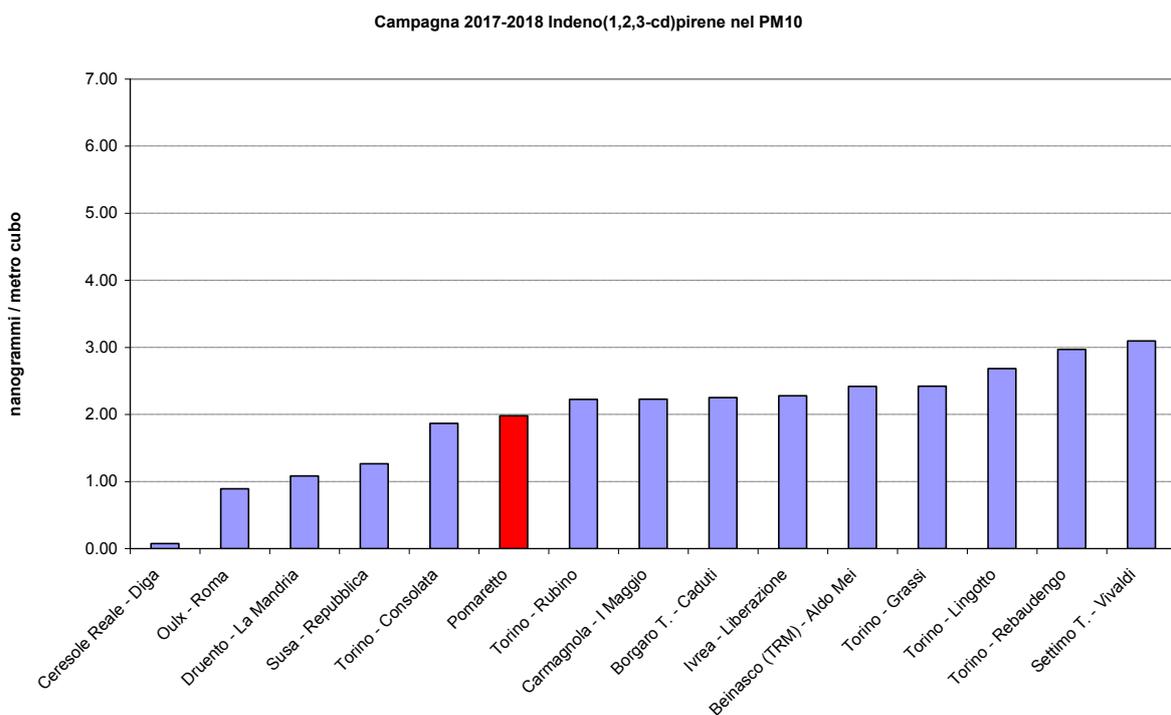
**Figura 31** - Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale – campagna 2017-2018 (post-operam)



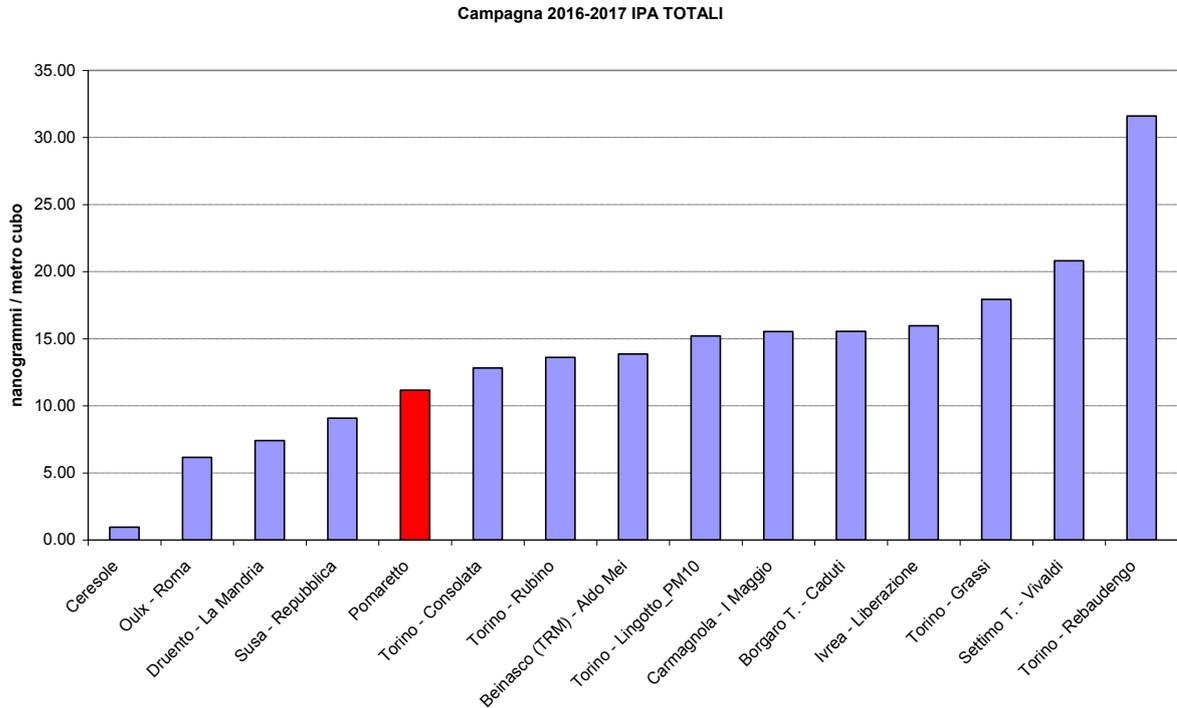
**Figura 32** - Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2016-2017 (ante-operam)



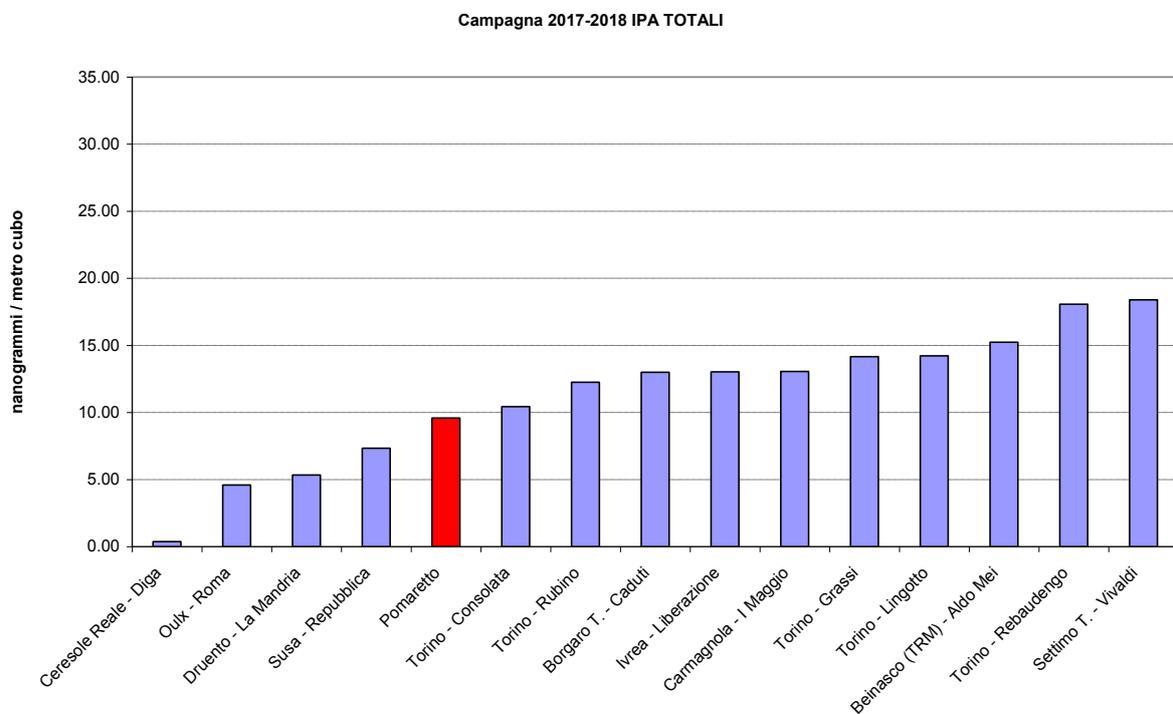
**Figura 33** - Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10 confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale – campagna 2017-2018 (post-operam)



**Figura 34 - IPA totali nel PM10 - confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2016-2017 (ante-operam)**



**Figura 35 - IPA totali nel PM10 - confronto della media della campagna con altre stazioni della rete di monitoraggio provinciale - campagna 2017-2018 (post-operam)**



## Metalli

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di  $\alpha 1$  antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 23 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

**Tabella 23** - valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

<b>PIOMBO (Pb)</b>		
<b>VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA</b>		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m <sup>3</sup>	1 gennaio 2005
<b>ARSENICO (As)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>CADMIO (Cd)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>NICHEL (Ni)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

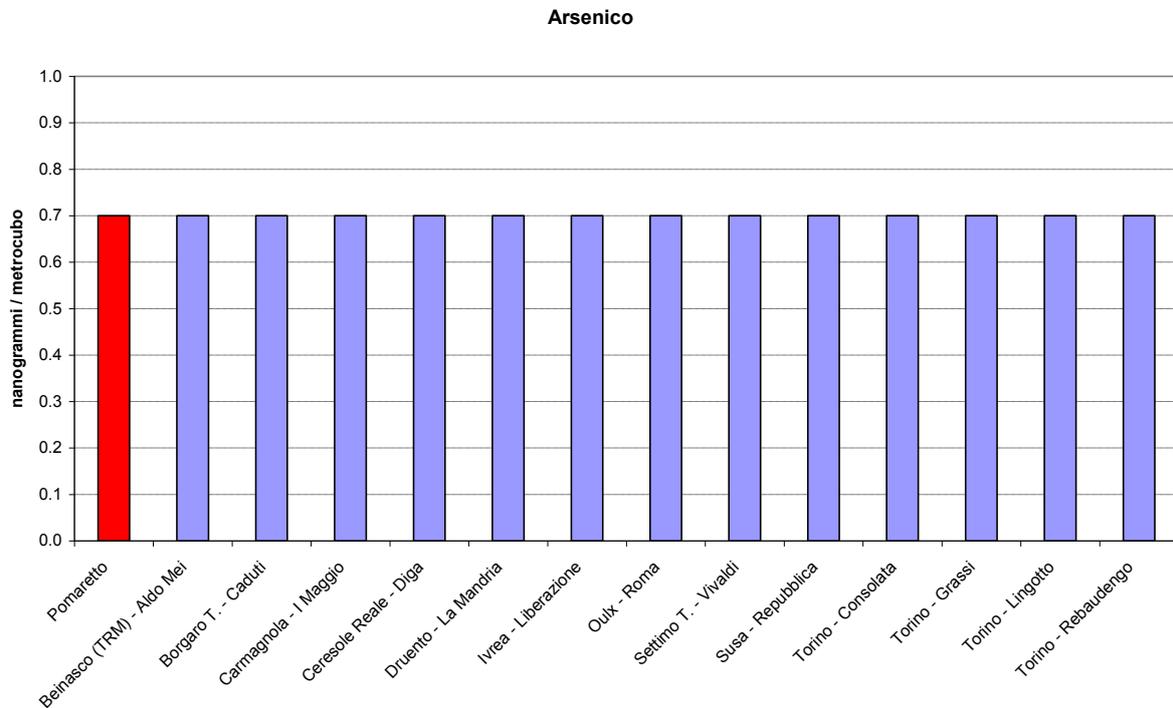
In generale nel territorio della Città Metropolitana di Torino i valori limite per i quattro metalli imposti dalla normativa sono ampiamente rispettati, oramai da anni.

Nella campagna 2017-2018 i valori riscontrati per tutti i e quattro i metalli sono i più bassi in assoluto rilevati nella rete di monitoraggio provinciali, come per quanto rilevato nella campagna di monitoraggio 2016-2017 (vedi Figura 36 - Figura 37 - Figura 38 - Figura 39), pertanto si può affermare che anche a Pomaretto tali limiti siano ampiamente rispettati.

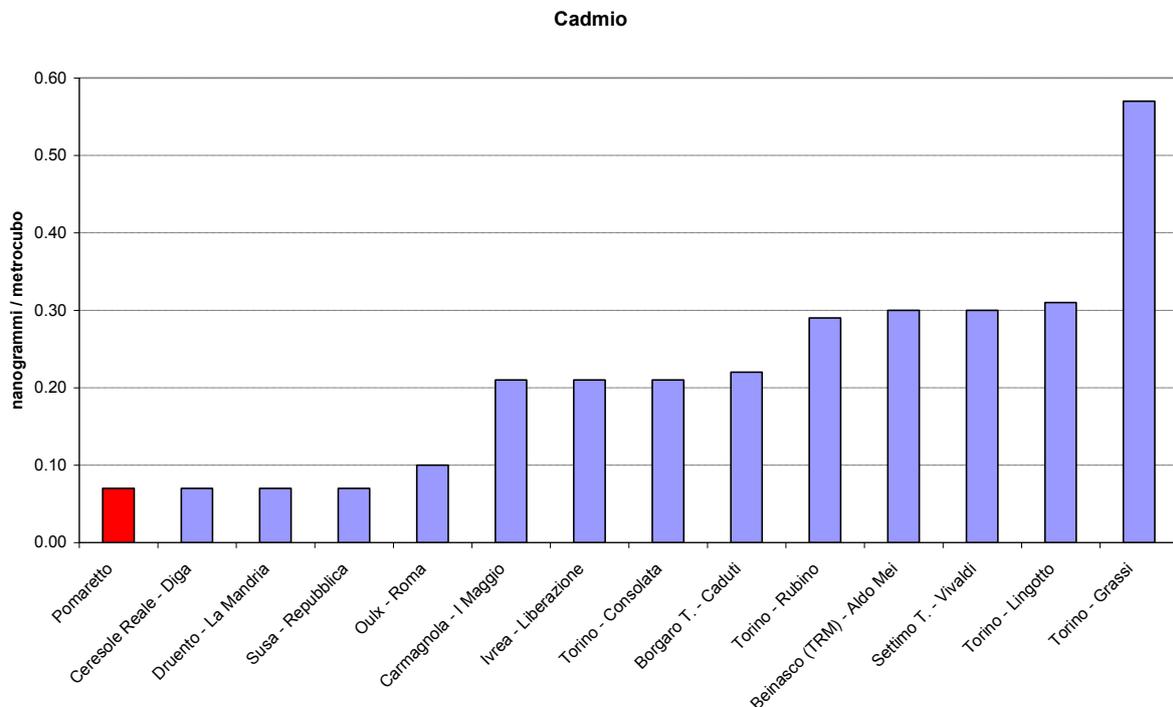
**Tabella 24** - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo
Media delle medie giornaliere	0.7	0.07	0.7	0.002
Giorni validi	23	23	23	23
Percentuale giorni validi	96%	96%	96%	96%

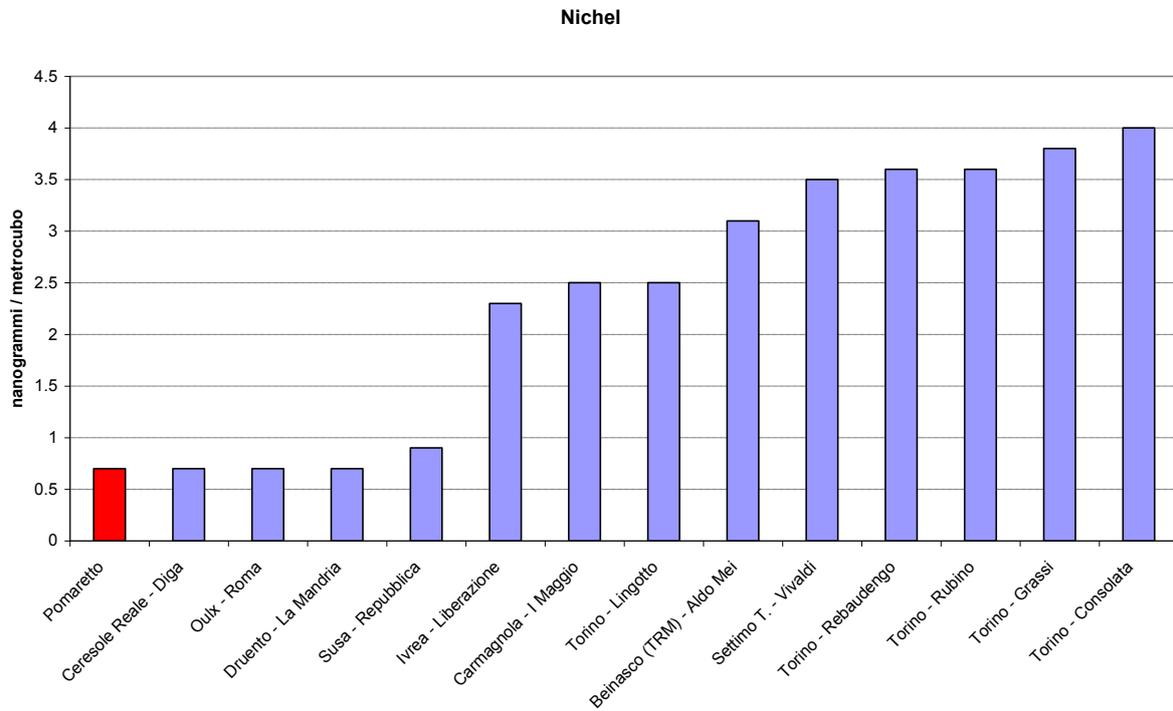
**Figura 36:** Arsenico confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali



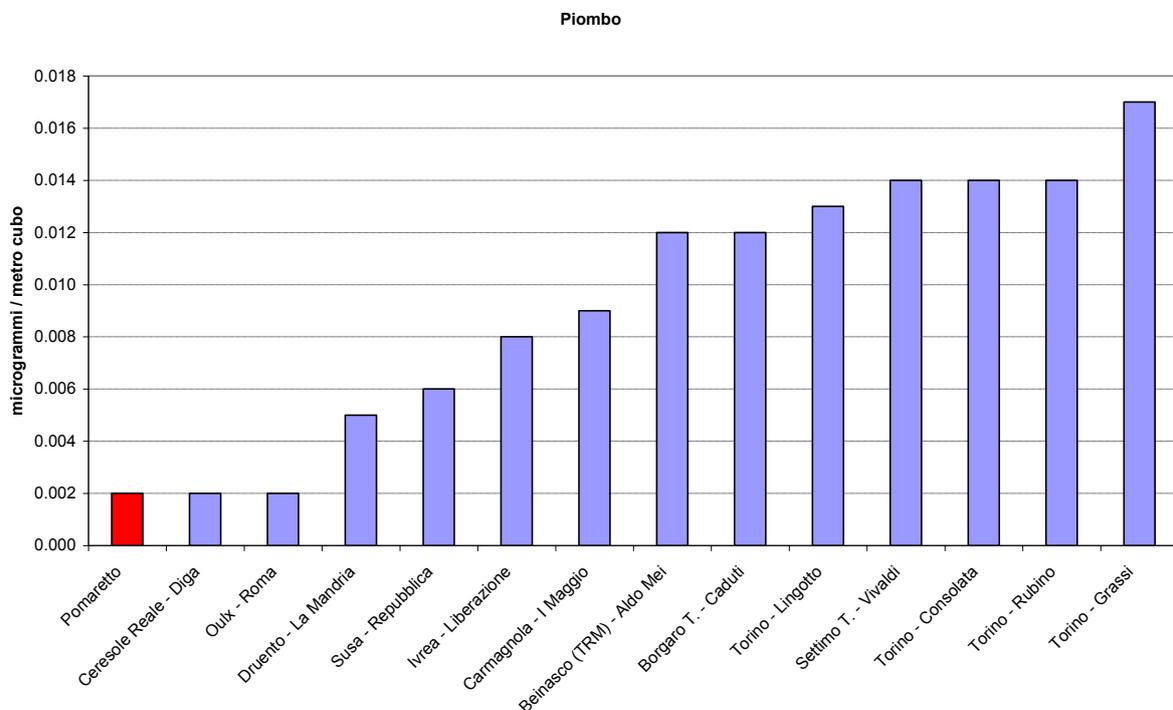
**Figura 37:** Cadmio confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali



**Figura 38:** Nichel confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali



**Figura 39:** Piombo confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

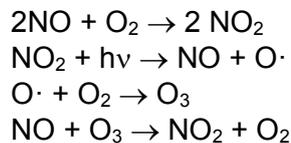


## Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (VOC).

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Durante la campagna non si sono registrati superamenti del livello protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m<sup>3</sup>) e nessun superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Il valore medio del periodo è stato di 47 µg/m<sup>3</sup>, e il valore massimo di 103 µg/m<sup>3</sup>, vedi Tabella 25.

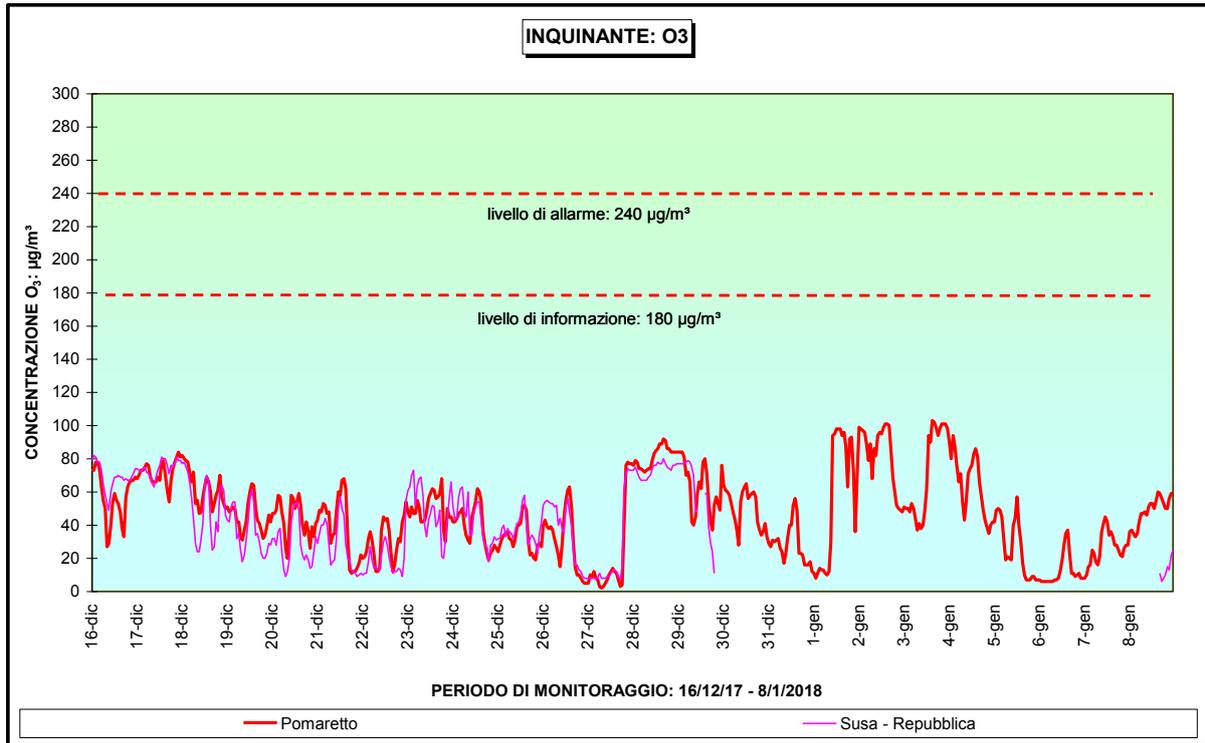
Dai grafici in Figura 40 ed in Figura 41, si può vedere che comunque i valori sono molto simili a quelli di Susa.

I valori più alti di ozono sono però tipici del periodo estivo, l'ozono infatti viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per cui è un inquinante critico nei mesi più caldi dell'anno.

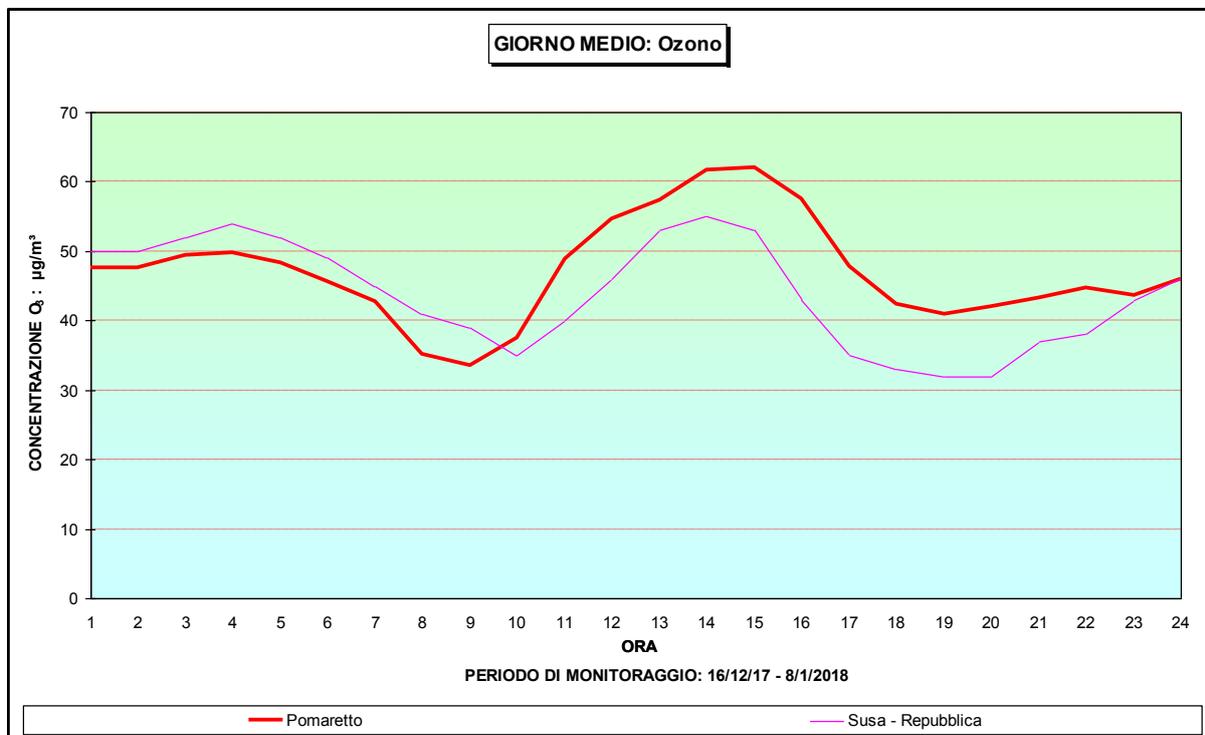
**Tabella 25**– Dati relativi all’ozono ( $O_3$ ,  $\mu g/m^3$ )

Minima media giornaliera	12
Massima media giornaliera	83
Media delle medie giornaliere	47
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	47
Massima media oraria	103
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	6
Media delle medie 8 ore	47
Massimo medie 8 ore	100
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>

**Figura 40 – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge**



**Figura 41 - O<sub>3</sub> - andamento del giorno medio**



## CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalla campagna di monitoraggio nel Comune di Pomaretto risulta molto simile a quello misurato in siti di valle del territorio della Città Metropolitana di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM10. Infatti, per quest'ultimo nella campagna "ante-operam" (periodo invernale 2016-2017), sono verificati quattro superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su 30 giorni validi. Nella campagna "post-operam" (periodo invernale 2017-2018) non si è verificato alcun superamento.

Il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni della Città Metropolitana nello stesso periodo mostra come i valori medi i dati rilevati a Pomaretto si collocano, per la media del periodo, tra le stazioni di Druento e Susa, sia nella campagna "ante-operam" che in quella "post-operam". Per Druento e Susa il valore della media annuale 2016 e 2017 è molto di sotto del valore limite, pertanto molto verosimilmente anche nel sito di Pomaretto tale limite è rispettato.

Non si rilevano quindi, a seguito dell'entrata in esercizio delle caldaie a cippato, alterazioni significative della qualità dell'aria per quanto riguarda il PM10.

Relativamente al benzo(a)pirene nel PM10, i valori misurati a Pomaretto sono tra i più bassi a livello provinciale e si collocano poco sopra il dato di Susa e al di sotto del dato di Torino-Consolata, sia per la campagna ante-operam, sia per quella post-operam. Poiché le stazioni di Torino-Consolata e Susa nel 2016 e nel 2017 hanno rispettato entrambe il valore limite di  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , si presume che anche nel sito di Pomaretto tale limite sia rispettato.

Considerando la somma dei quattro IPA monitorati per legge, i valori di Pomaretto si trovano tra quelli di Torino-Consolata e Susa, nel post-operam come nell'ante-operam, pertanto anche per questi parametri l'entrata in esercizio delle caldaie a cippato non ha influito sulla qualità dell'aria.

I metalli analizzati nel PM10 non presentano nessuna criticità, sono i più bassi in assoluto tra quelli monitorati a livello provinciale.

Per quanto riguarda il benzene, per il quale la normativa prevede un valore limite su base annuale, si rimanda per una valutazione approfondita alla relazione finale che sarà prodotta dopo l'analisi dei dati della seconda campagna, ma non si rileva nessuna criticità. Considerazioni analoghe valgono per i valori limite annuali previsti dalla normativa per PM10, PM2.5, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici e metalli.

Nel loro insieme i dati rilevati, se rapportati alla situazione complessiva del territorio della Città Metropolitana mostrano che le concentrazioni degli inquinanti atmosferici monitorati nel sito considerato si situano nell'intorno dei valori più bassi rilevabili, nonostante il monitoraggio sia stato condotto in inverno, stagione nella quale i dati rilevati sono solitamente i più critici dell'anno. In questo periodo, infatti, sia il contributo degli impianti termici, sia le condizioni atmosferiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti in atmosfera ne determinano i livelli di concentrazione più elevati.

## APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo**

**API 100 E**

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

- **Ossidi di azoto**

**MONITOR EUROPE ML 9841B**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO<sub>x</sub>.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono**

**MONITOR EUROPE ML 9810B**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio**

**API 300 A**

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- **Particolato sospeso PM10 e PM2.5**

**TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea .  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica**

**LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

- **Benzene, Toluene, Xileni**

**SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m<sup>3</sup>;