

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

**CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**  
**CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI TORINO**  
**RELAZIONE FINALE I E II CAMPAGNA DI RILEVAMENTO**

31 gennaio ÷ 28 febbraio 2019 e 10/06/2019 ÷ 03/07/2019



**CODICE DOCUMENTO: F06\_2019\_00157\_009**

Redazione	Funzione: Tecnico S.S. Attività di Produzione	Data: 02/01/2020	Firma: 
	Nome: Dott.ssa Laura Milizia		
Verifica e approvazione	Funzione: Responsabile S.S. 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 Nucleo Operativo "Monitoraggio qualità dell'aria" del Dipartimento di Arpa Piemonte, dott.ssa Annalisa Bruno, dott.ssa Elisa Calderaro, dott.ssa Laura Gerosa, dott.ssa Laura Milizia, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente dott. Carlo Bussi

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Torino per la collaborazione prestata.

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>3</b>
<b><i>L'aria e i suoi inquinanti</i>.....</b>	<b>3</b>
<b>IL LABORATORIO MOBILE .....</b>	<b>4</b>
<b>IL QUADRO NORMATIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>7</b>
<b><i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI.....</b>	<b>9</b>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....</b>	<b>16</b>
Monossido di Carbonio .....	17
Ossidi di Azoto.....	18
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....	37
Metalli .....	41
Ozono.....	45
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>48</b>
<b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI.....</b>	<b>50</b>

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

### **L'ARIA E I SUOI INQUINANTI**

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 (ng/m<sup>3</sup>) al microgrammo per metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).

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 appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo 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 secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei siti 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 alle pubblicazioni "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale", elaborate congiuntamente dalla Provincia di Torino, ora Città Metropolitana e da Arpa Piemonte, e disponibile presso i siti internet:

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

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

Alle medesime pubblicazioni si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

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.

**Tabella 1: Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.**

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

■	= fonti primarie
■	= fonti secondarie

## IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino viene realizzato attraverso le stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (SRRQA) gestita da Arpa Piemonte.

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 dai Dipartimenti territoriali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Città Metropolitana di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM10 e PM2.5, 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 ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM10 e PM2.5, 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 ossidi di azoto, PM10, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per 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.

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 inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 e in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 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 verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nelle tabelle 2, 3 e 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 2017".

**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 AZOTO (NO <sub>2</sub> ) e OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> )	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO <sub>2</sub> )	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO <sub>2</sub> )	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO <sub>2</sub> )	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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	$10 \text{mg}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM10)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	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
OZONO (O <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	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.

## **LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

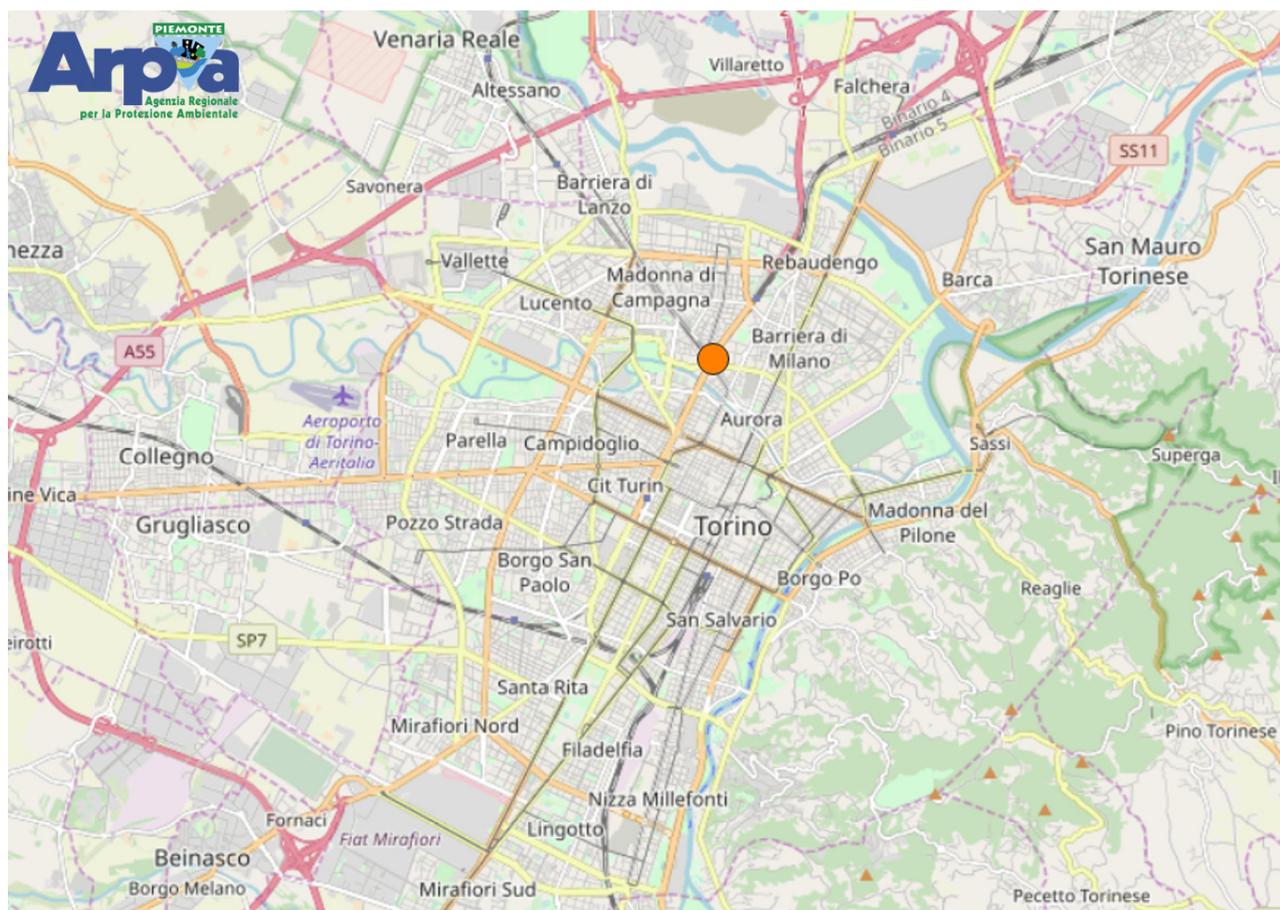
### **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

Le campagne di monitoraggio condotte in Piazza Baldissera nel Comune di Torino, dal Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa, sono state effettuate a seguito della richiesta dell'Amministrazione Comunale - prot. n°11077 del 20/12/2019, prot. Arpa n°112627 del 20/12/2019 e sono finalizzate ad avere informazioni sulla concentrazione degli inquinanti atmosferici prodotti dall'intenso traffico veicolare che insiste sulla zona urbana oggetto del monitoraggio.

Come di consueto Arpa Piemonte ha previsto la realizzazione di due campagne di rilevamento in periodi diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteorologiche.

Nello specifico, la prima campagna è stata effettuata dal 31 gennaio al 28 febbraio 2019, la seconda sarà condotta in estate, dal 10 giugno al 03 luglio. Il luogo prescelto per il monitoraggio per entrambe le campagne di misura è Piazza Baldissera, zona urbana particolarmente interessata al traffico veicolare (Figura 1, 2, 3 e Tabella 5).

**Figura 1: Ubicazione del Laboratorio Mobile della qualità dell'aria nella Città di Torino – piazza Baldissera**



**Figura 2: Ubicazione del Laboratorio Mobile della qualità dell'aria nel comune di Torino – piazza Baldissera (particolare)**



**Tabella 5: Specifiche del sito di misura nella Città di Torino**

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM S.R. WGS84	
			EST:	NORD:
Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I CAMPAGNA 31 gennaio ÷ 28 febbraio 2019</li> <li>• II CAMPAGNA 10 giugno ÷ 03 luglio 2019</li> </ul>	Piazza Baldissera TORINO	396015	4993883

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 01 al 27 febbraio 2019 (27 giorni) per la prima campagna e dal 10 giugno al 02 luglio 2019 (22) per la seconda campagna.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati delle campagne 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 della Città Metropolitana, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte 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 d'inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

**Figura 3: Ubicazione del Laboratorio Mobile nel comune di Torino – Piazza Baldissera (foto)**



Va sottolineato inoltre che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con i 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.

## **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 nella Tabella 6, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

**Tabella 6: Parametri meteo misurati con il laboratorio mobile**

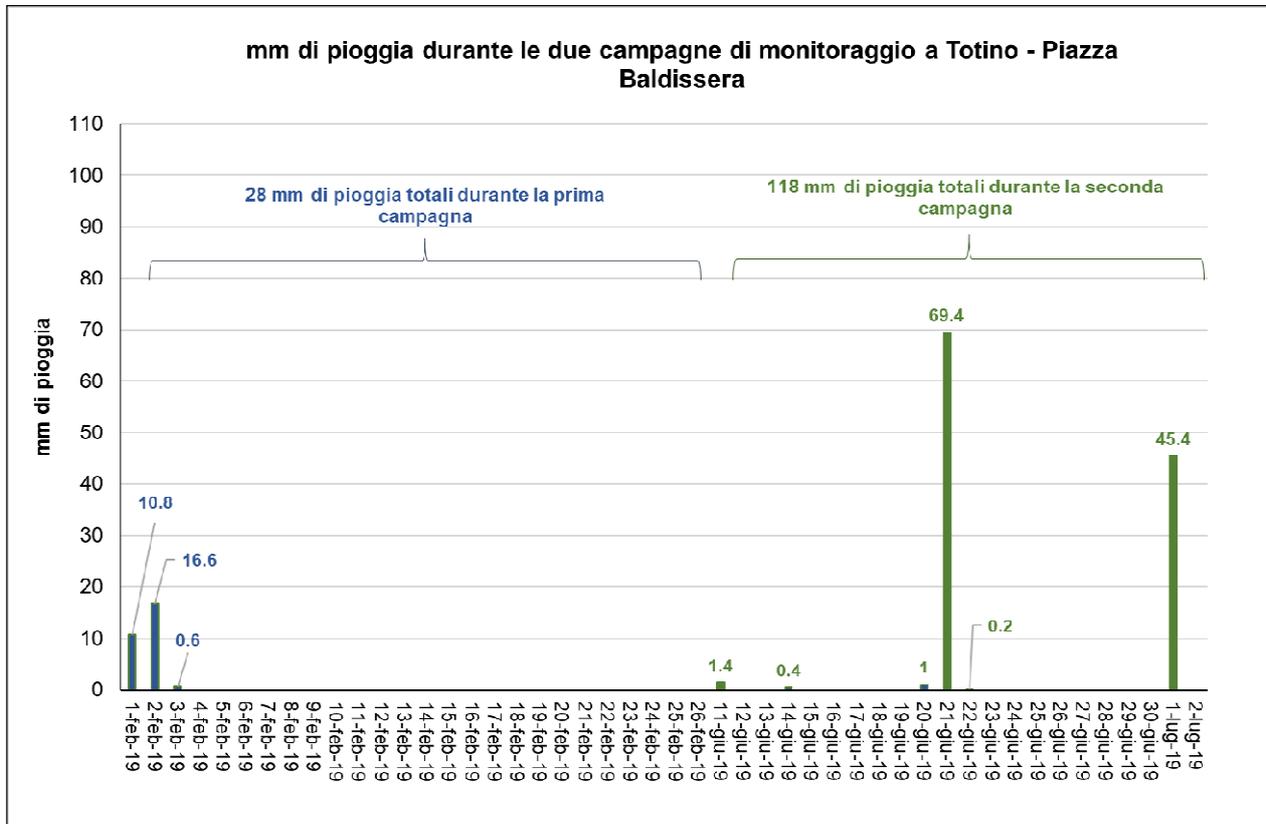
pressione atmosferica	P	hPa
direzione vento	D.V.	gradi sessagesimali
velocità vento	V.V.	m/s
temperatura	T	°C
umidità relativa	U.R.	%
radiazione solare globale	R.S.G.	W/m <sup>2</sup>
pioggia	Pioggia	mm/h

Gli indici statistici dei parametri meteo rilevati durante le due campagne di misura sono riassunti nella Tabella 7.

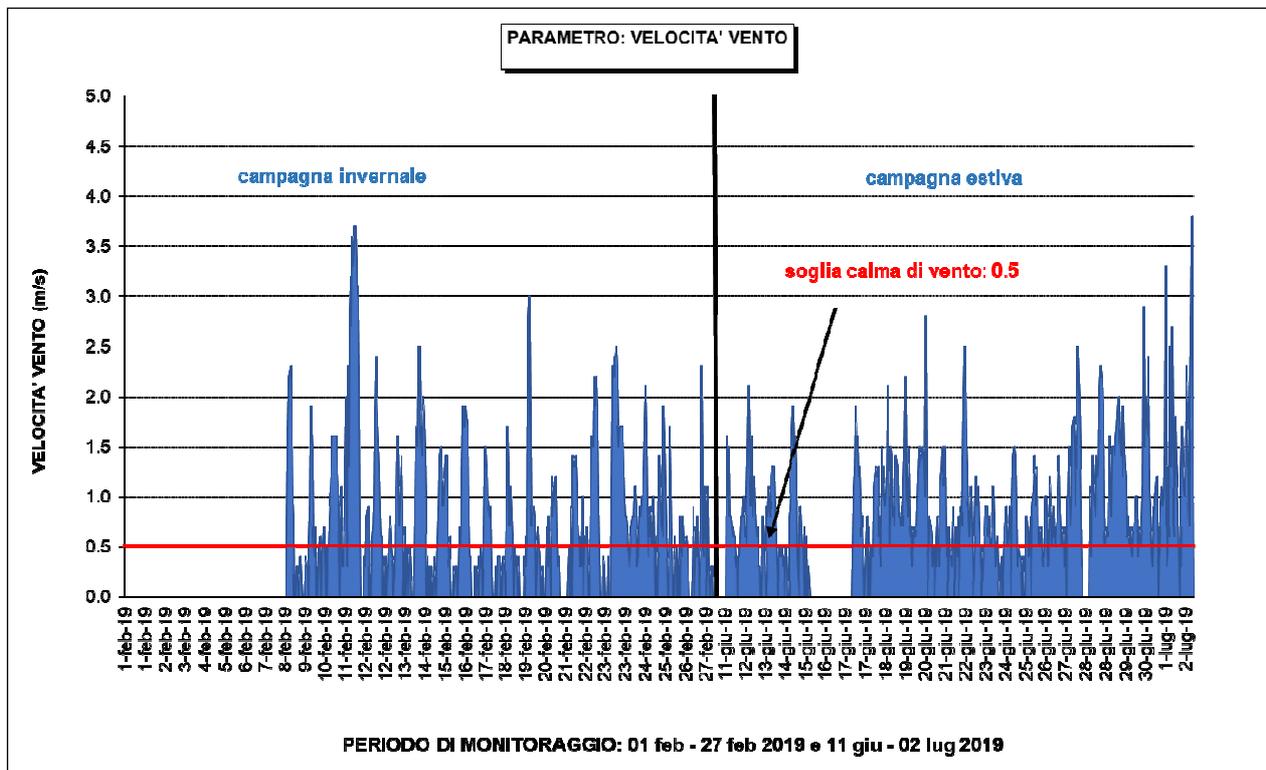
**Tabella 7: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle due campagne di monitoraggio**

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE G.		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITÀ VENTO	
	U.M.	W/m <sup>2</sup>	°C	%	hPa	m/s				
	Inv	Est	Inv	Est	Inv	Est	Inv	Est	Inv	Est
Minima media giornaliera	16.8	160	1.4	20.7	37.3	41	970	975	0.38	0.61
Massima media giornaliera	188	378	12.8	32.3	94	75	1008	995	1.88	1.29
Media delle medie giornaliere	137	278.2	7.1	26.2	59.7	53.7	995	987	0.75	0.9
Giorni validi	27	18	27	18	27	18	27	18	19	18
Percentuale giorni validi	100%	82%	100%	82%	100%	82%	100%	82%	70%	82%
Media dei valori orari	137	276	7.1	25.9	59.7	53.9	995	986	0.76	0.94
Massima media oraria	669	965	21.6	38.7	99	91	1009	996	3.7	23.1
Ore valide	648	458	648	455	648	457	648	462	442	456
Percentuale ore valide	100%	87%	100%	86%	100%	87%	100%	88%	68%	86%

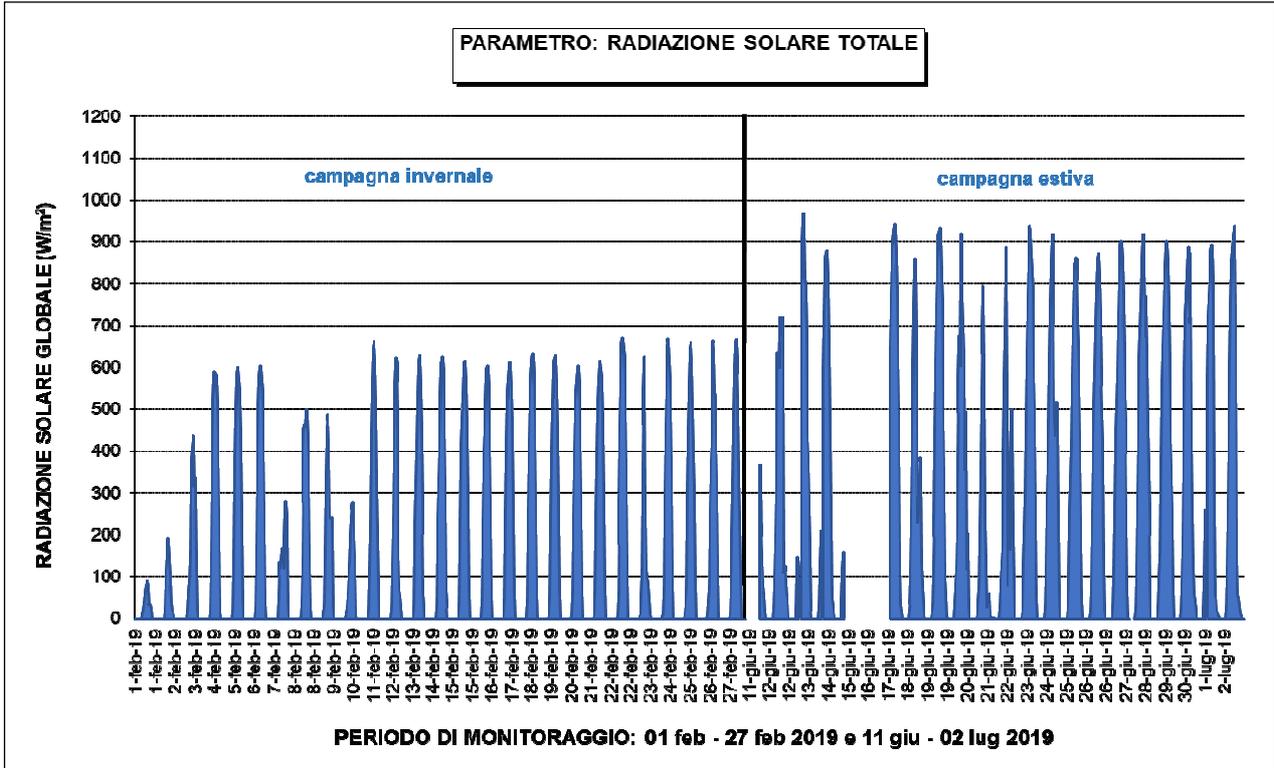
**Figura 4: Dati relativi alla pioggia nel corso delle due campagne di monitoraggio**



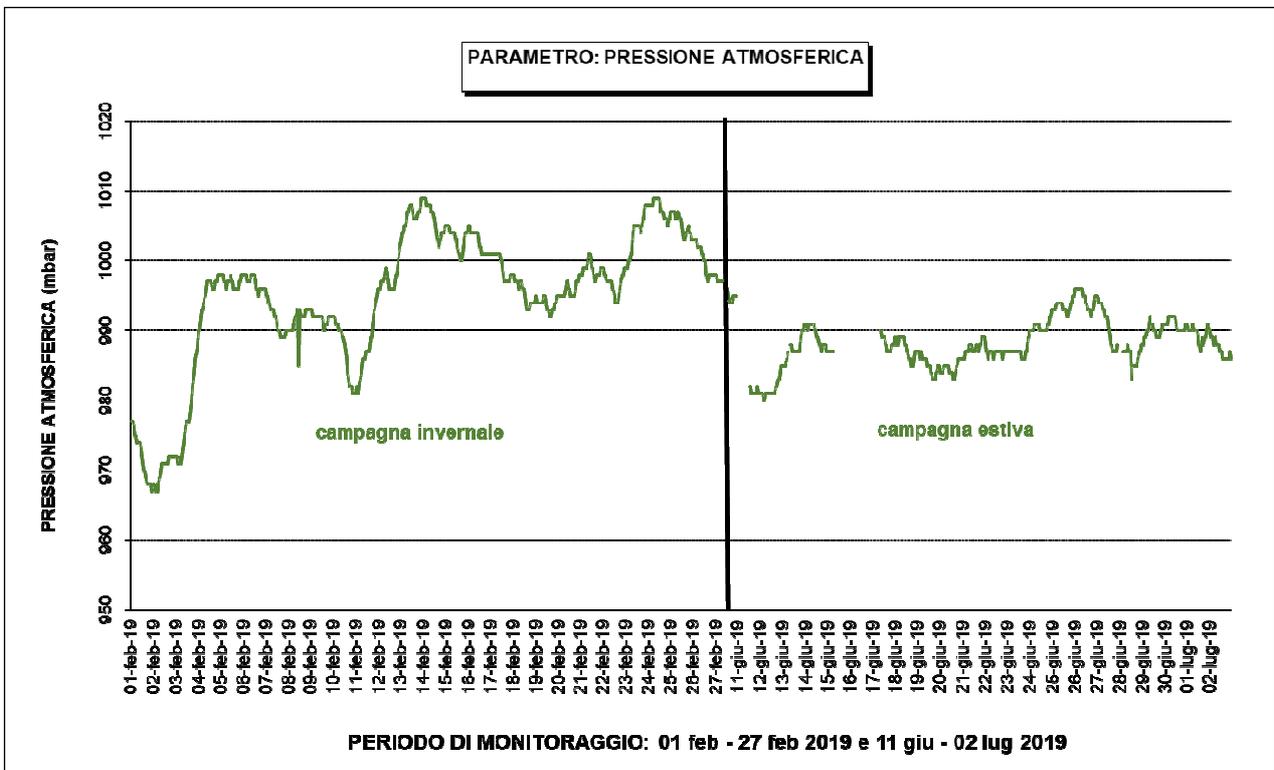
**Figura 5: Andamento della velocità del vento a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura**



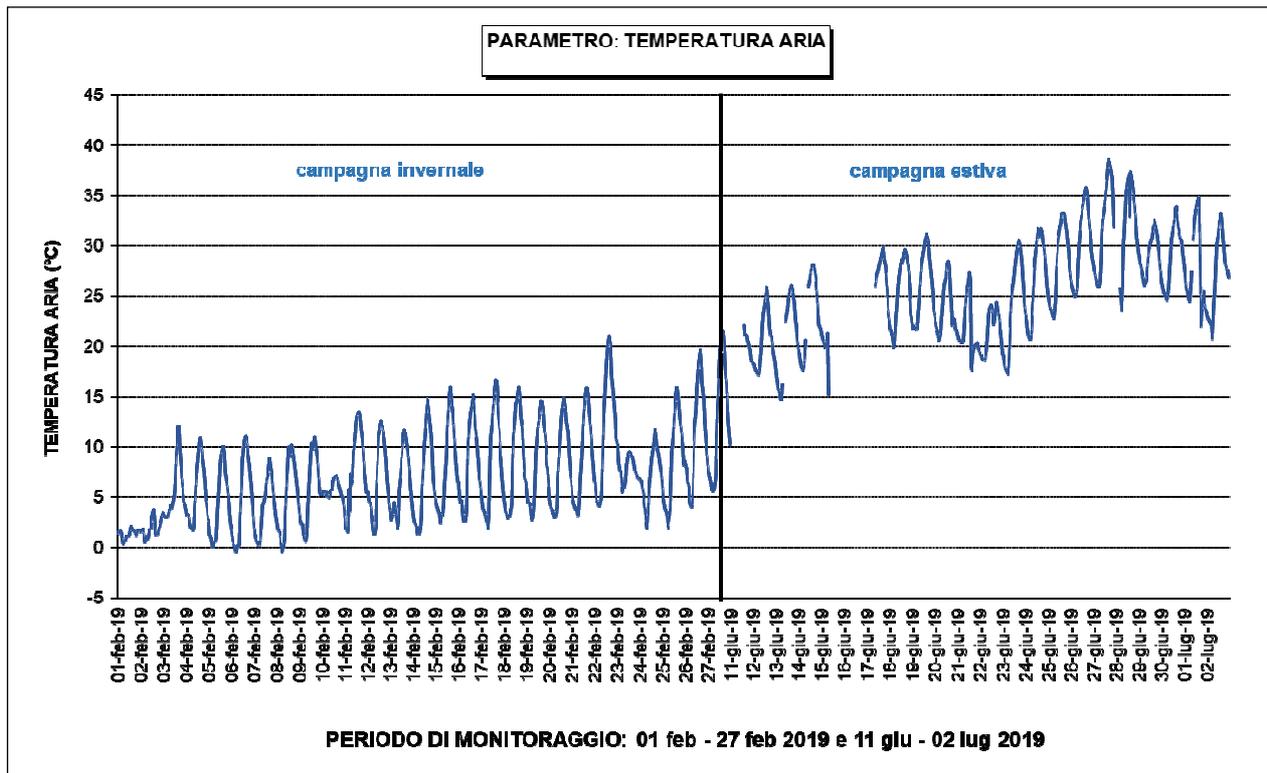
**Figura 6: Andamento della radiazione solare a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura**



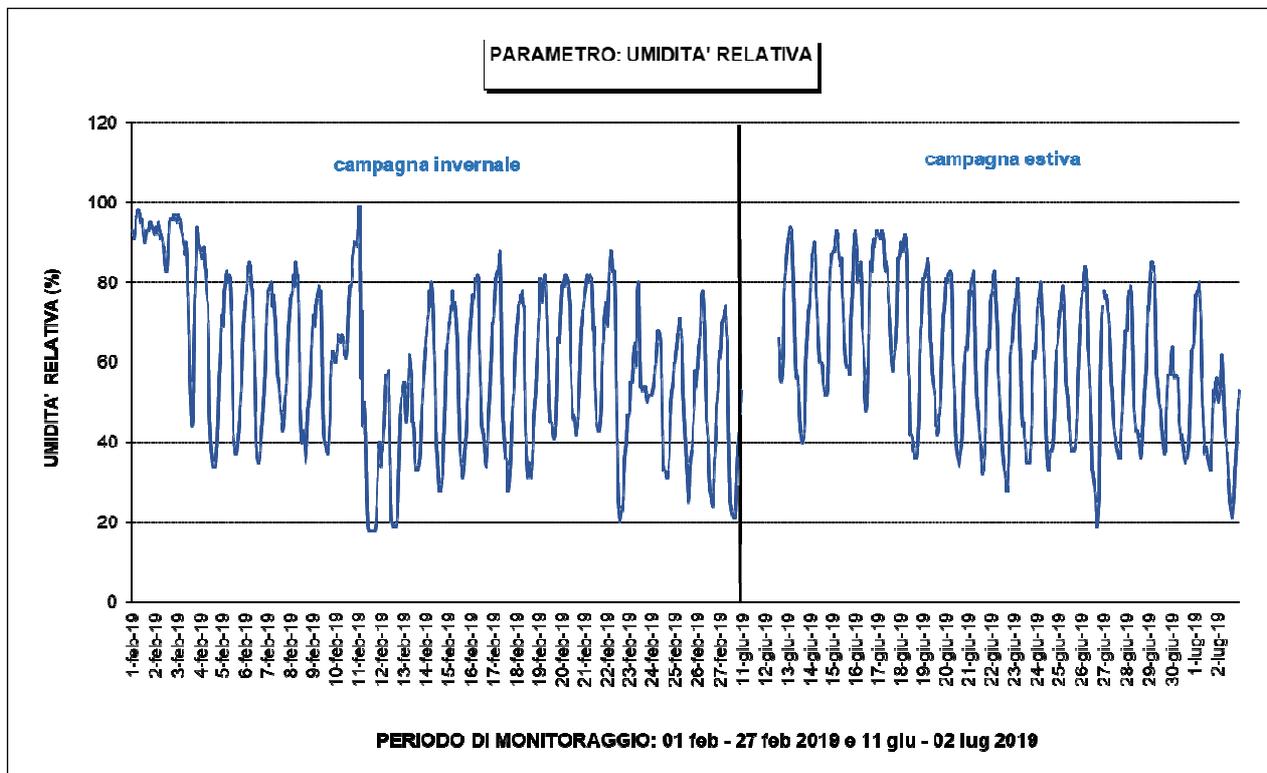
**Figura 7: Andamento della pressione atmosferica a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne**



**Figura 8: Andamento di temperatura a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura**



**Figura 9: Andamento della umidità relativa a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura**



Il campo pressorio (Figura 7) si è attestato in media sui 990-1000 hPa durante la campagna invernale e in media sui 980 - 995 durante quella estiva del 2019.

La temperatura media durante il periodo di misura invernale è stata di 7.1 °C, il valore minimo giornaliero di 1.4 °C registrato il giorno 8 febbraio; la temperatura massima è stata raggiunta il 27 febbraio con 12.8 °C.

In Piemonte il mese di febbraio 2019 ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 3.3°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 3° mese di febbraio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni. Il maggiore contributo allo scostamento positivo è stato dato dall'ultima decade del mese, nel corso della quale il 27 febbraio 2019 è stato il giorno di febbraio più caldo dal 1958 ad oggi.

Durante la campagna estiva è stata registrata una temperatura media di 26.2 °C, mentre i valori minimi e massimi hanno oscillato tra 20.7 °C (13 giugno) e 32.3 °C (27 giugno).

In Piemonte anche il mese di Giugno 2019 ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 3°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 3° mese di giugno più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni, dopo i corrispondenti mesi del 2003 e 2017. Spicca l'eccezionale ondata di calore dei giorni 26-29 giugno 2019 ed il 27 giugno 2019 ha avuto la più elevata temperatura sul Piemonte dal 1958 ad oggi, superando l'11 agosto 2003.

In genere l'umidità segue un andamento giornaliero ciclico, con valori più alti di notte e più bassi di giorno, in corrispondenza delle temperature massime giornaliere. È evidente che durante gli eventi piovosi più o meno intensi l'andamento tipico dell'umidità viene meno e anche di giorno la percentuale di umidità rimane elevata a causa delle precipitazioni.

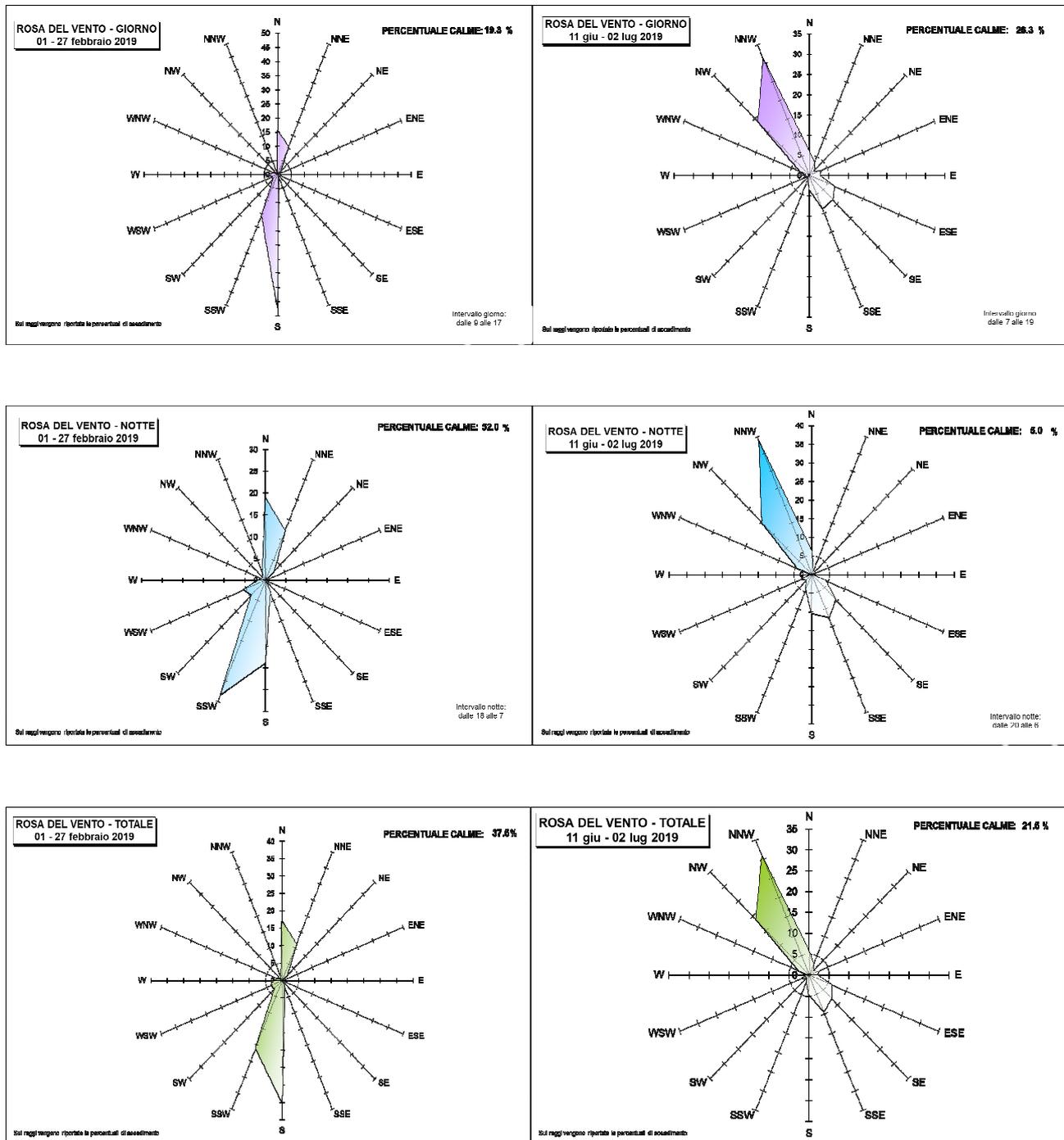
Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 60 mm medi ed un deficit di 36.1 mm (pari al 38%); giugno 2019 si pone al 13° posto tra i corrispondenti mesi più secchi degli ultimi 62 anni.

I temporali più intensi del mese si sono verificati tra il 20 ed il 22 giugno 2019 quando una saccatura di matrice atlantica è gradualmente transitata dalle coste atlantiche iberiche verso la penisola balcanica ove è evoluta in una circolazione depressionaria chiusa. Il 21 giugno si è verificato l'evento temporalesco di maggiore rilevanza nella città di Torino con i 69.4 mm/h registrati dal pluviometro nel corso di un nubifragio con grandine e raffiche di vento.

In generale durante le due campagne di misura si è avuto un buon rimescolamento delle masse d'aria, come si desume dall'anemologia rilevata (Figura 10). La velocità oraria media del vento, infatti, è di 0.75 m/s nella campagna invernale e 0.9 m/s in quella estiva. In entrambi i monitoraggi, più del 70% dei valori orari superano la soglia di 0.5 m/s, al di sotto della quale si identificano le calme di vento.

Le rose dei venti riportate in Figura 10 mostrano con maggiore chiarezza il movimento delle masse d'aria nel territorio oggetto di indagine.

**Figura 10: Rose dei venti durante le due campagne di misura a Torino, Piazza Baldissera**



## ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Nella Tabella 8 si riportano gli inquinanti e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

**Tabella 8: Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile**

Benzene	$C_6H_6$	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	$NO_2$	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	$NO$	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	$CO$	$mg/m^3$
Ozono	$O_3$	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM10	PM10	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

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

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un **diagramma concentrazione-tempo**, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il **giorno medio**: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio, il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno di monitoraggio della campagna. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

## 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.

**Tabella 9: Dati relativi al monossido di Carbonio (CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), della campagna di monitoraggio**

Monossido di carbonio ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.4	0.3
Massima media giornaliera	1.6	0.5
Media delle medie giornaliere	1	0.4
Giorni validi	26	16
Percentuale giorni validi	93%	73%
Media dei valori orari	1	0.4
Massima media oraria	2.4	0.8
Ore valide	643	397
Percentuale ore valide	96%	75%
Minimo medie 8 ore	0.3	0.3
Media delle medie 8 ore	1	0.4
Massimo medie 8 ore	1.9	0.6
Percentuale medie 8 ore valide	95%	74%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	0	0

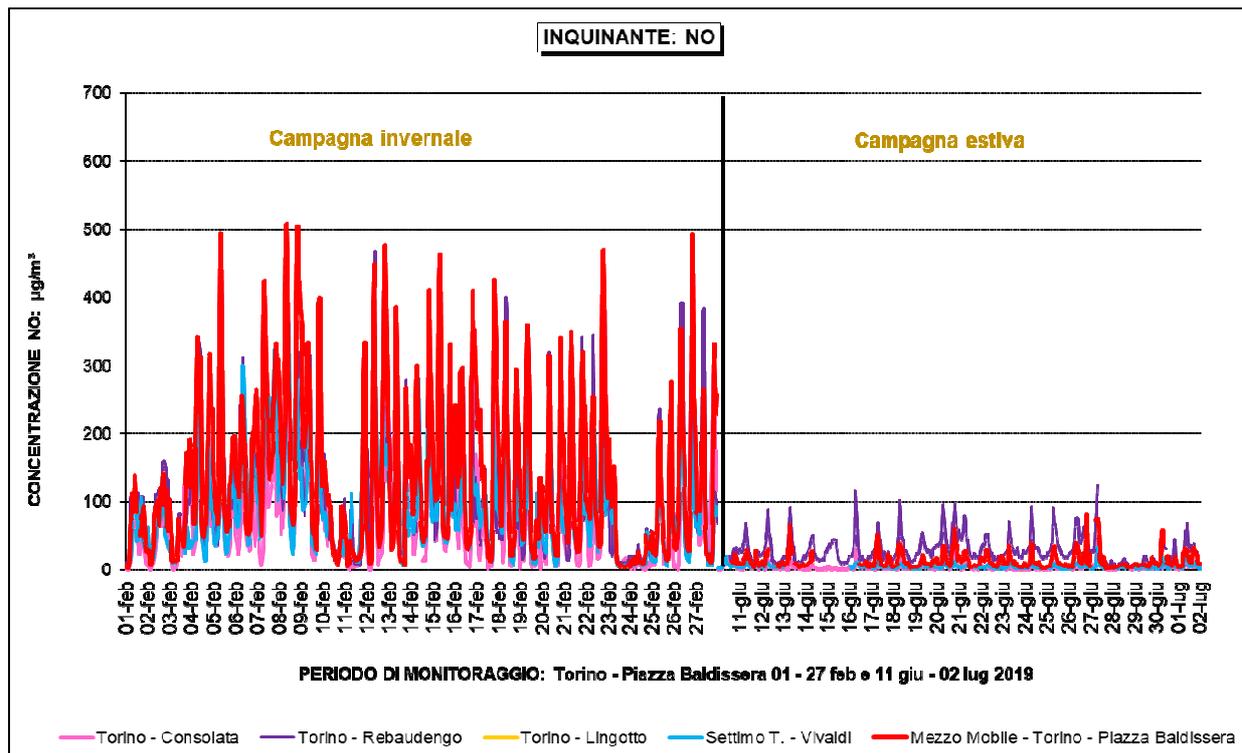
Durante le due campagne di monitoraggio nel sito oggetto del monitoraggio non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 9 e la Figura 11 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.



**Tabella 10: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

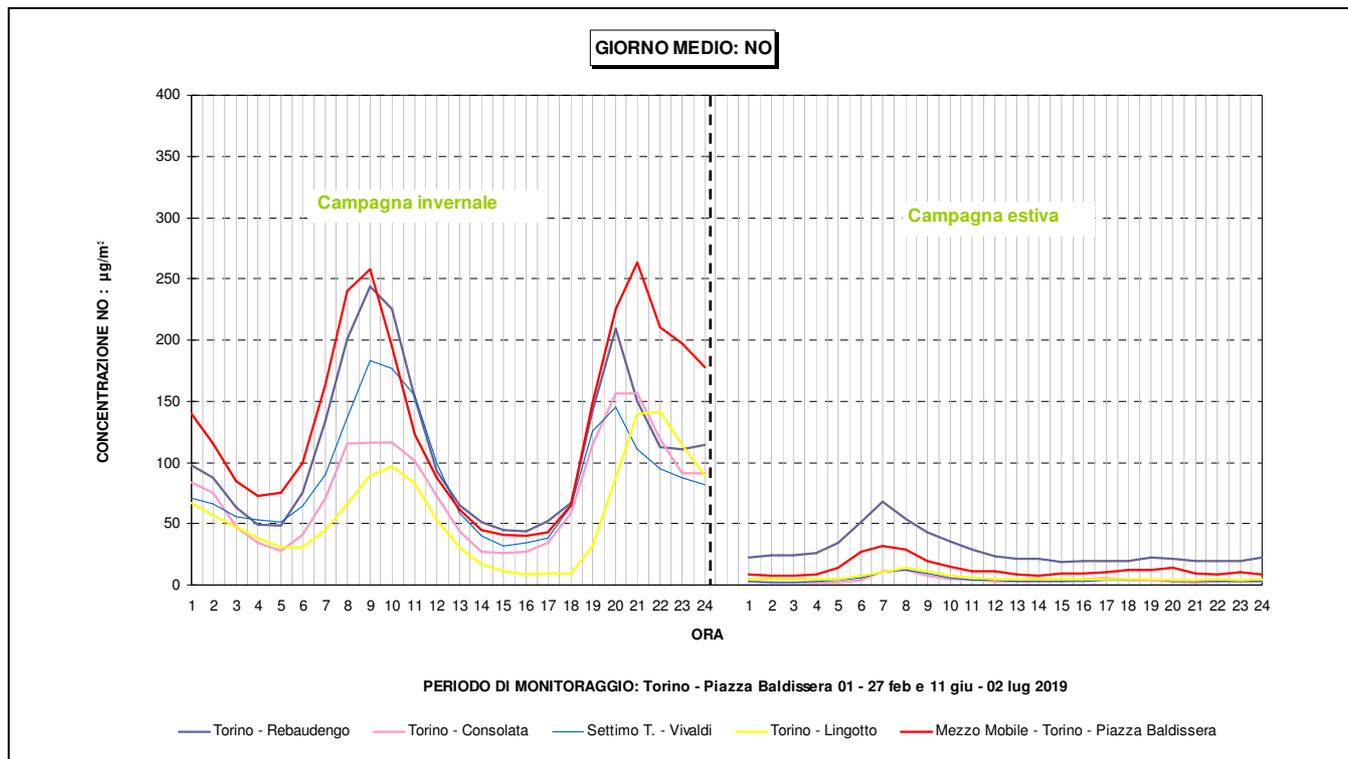
Monossido di azoto ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Torino – Piazza Baldissera	Torino - Rebaudengo	Torino – Piazza Baldissera	Torino - Rebaudengo
	Inverno		Estate	
Minima media giornaliera	19	24	5	7
Massima media giornaliera	265	210	20	49
Media delle medie giornaliere (b):	132	110	13	28
Giorni validi	27	26	17	21
Percentuale giorni validi	96%	96%	77%	95%
Media dei valori orari	133	110	13	28
Massima media oraria	508	509	82	125
Ore valide	656	621	445	509
Percentuale ore valide	98%	96%	84%	96%

**Figura 12: NO - andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio**



In generale, per il monossido di azoto, il sito di Piazza Baldissera è confrontabile con il sito di traffico urbano Torino - Rebaudengo soprattutto nei valori di picco mentre i valori medi risultano leggermente più elevati (Figura 13 e Tabella 10), ciò è realisticamente imputabile ad un traffico più congestionato.

**Figura 13 - 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”.

**Tabella 11: Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)**

Biossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	55	26
Massima media giornaliera	140	63
Media delle medie giornaliere (b):	98	45
Giorni validi	27	16
Percentuale giorni validi	96%	73%
Media dei valori orari	98	44
Massima media oraria	217	129
Ore valide	656	421
Percentuale ore valide	98%	80%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	5	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	4	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0

Figura 14: NO<sub>2</sub> - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

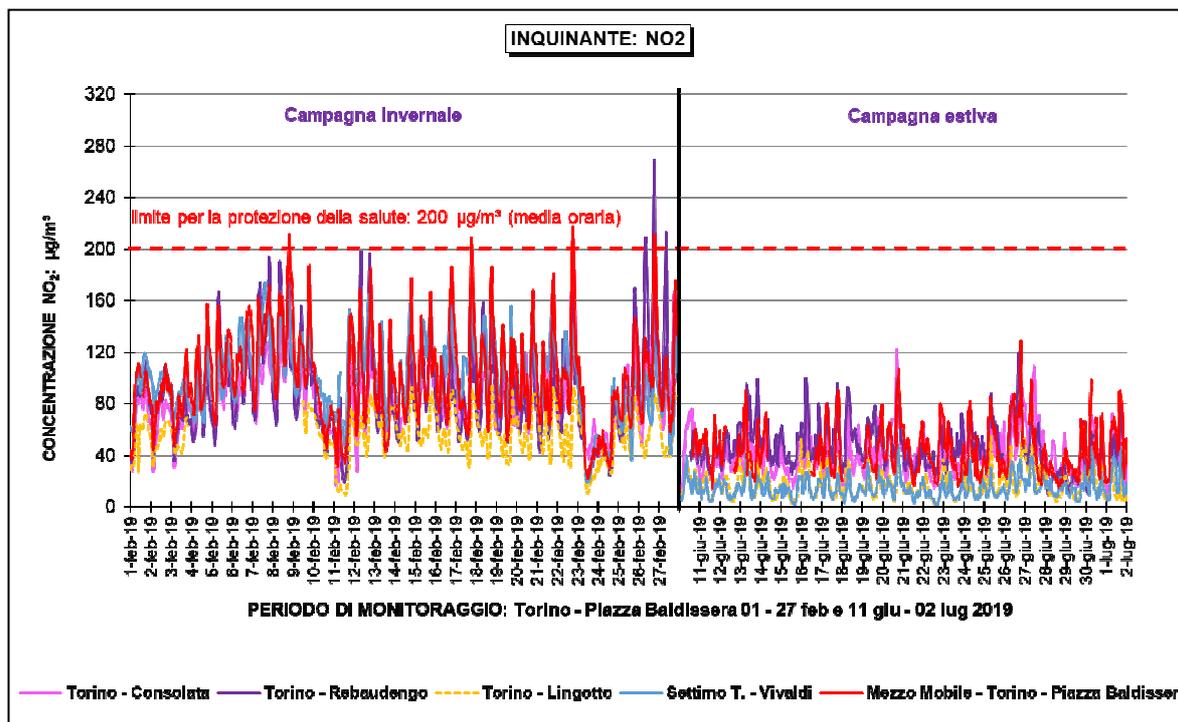
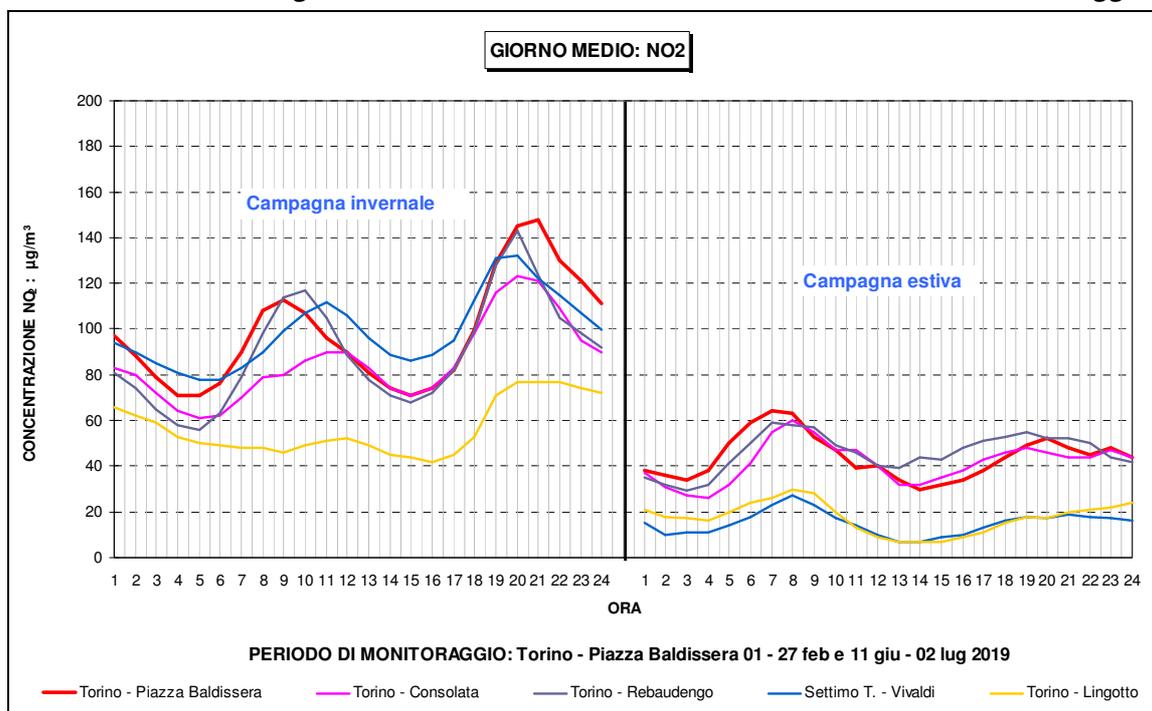


Figura 15: NO<sub>2</sub> - andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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 delle campagne di monitoraggio in Piazza Baldissera, l'andamento dell'NO<sub>2</sub> registra un valore medio di 44 µg/m<sup>3</sup>, con un picco di 129 µg/m<sup>3</sup>, nel periodo invernale; in estate i valori sono

inferiori, con un valor medio di  $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un picco di  $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con 4 superamenti del livello orario per la protezione della salute (Tabella 11).

Dal grafico di Figura 14 si nota che i livelli di concentrazione dell' $\text{NO}_2$  sono mediamente simili alle stazioni fisse di traffico urbano, in particolare a Torino - Rebaudengo.

Il D.Lgs 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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. Tramite l'applicazione di una metodologia empirica si può tuttavia arrivare a stimare un valore di media annuale anche per le campagne di monitoraggio di durata inferiore a quanto richiesto dalla norma.

Sono state quindi prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) situate nel territorio della Città Metropolitana di Torino (CTM) e sono stati calcolati i relativi indici statistici come mostrati in Tabella 12. Non solo per il sito di Piazza Baldissera, ma per tutte le stazioni della rete fissa sono state calcolate le medie di concentrazione nei giorni delle due campagne di misura, singolarmente e mediando i due periodi di monitoraggio, e per ogni stazione della rete si è preso in considerazione il dato medio di concentrazione di biossido di azoto nell'ultimo triennio 2016 – 2018.

**Tabella 12:  $\text{NO}_2$  - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie del triennio 2016-2018 nella Città Metropolitana di Torino**

Stazioni di misura	Media $\text{NO}_2$ PRIMA campagna	Media $\text{NO}_2$ SECONDA campagna	Media $\text{NO}_2$	Media $\text{NO}_2$
	01 - 27 feb 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	11 giu – 02 lug 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	due campagne	2016 - 2018
Ceresole Reale	6	8	7	5
Druento	22	6	14	12
Baldissero	26	9	18	13
Oulx	30	18	24	18
Susa	24	11	18	19
Chieri	43	14	29	20
Ivrea	49	10	30	23
Ieini	44	16	30	27
Borgaro	49	17	33	30
Vinovo	51	21	36	32
Orbassano	59	15	37	32
Settimo	99	15	57	35
Carmagnola	56	28	42	40
Beinasco TRM	59	19	39	42
Collegno	88	26	57	52
<b>Mobilab - Torino Piazza Baldissera</b>	<b>98</b>	<b>45</b>	<b>72</b>	<b>62</b>
<b>Media CMT senza TO</b>	<b>53</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>30</b>
Torino - Lingotto	56	18	37	38
Torino - Rubino	64	20	42	34
Torino - Consolata	86	42	64	54
Torino - Rebaudengo	90	46	68	69
<b>Media CMT</b>	<b>58</b>	<b>21</b>	<b>39</b>	<b>32</b>

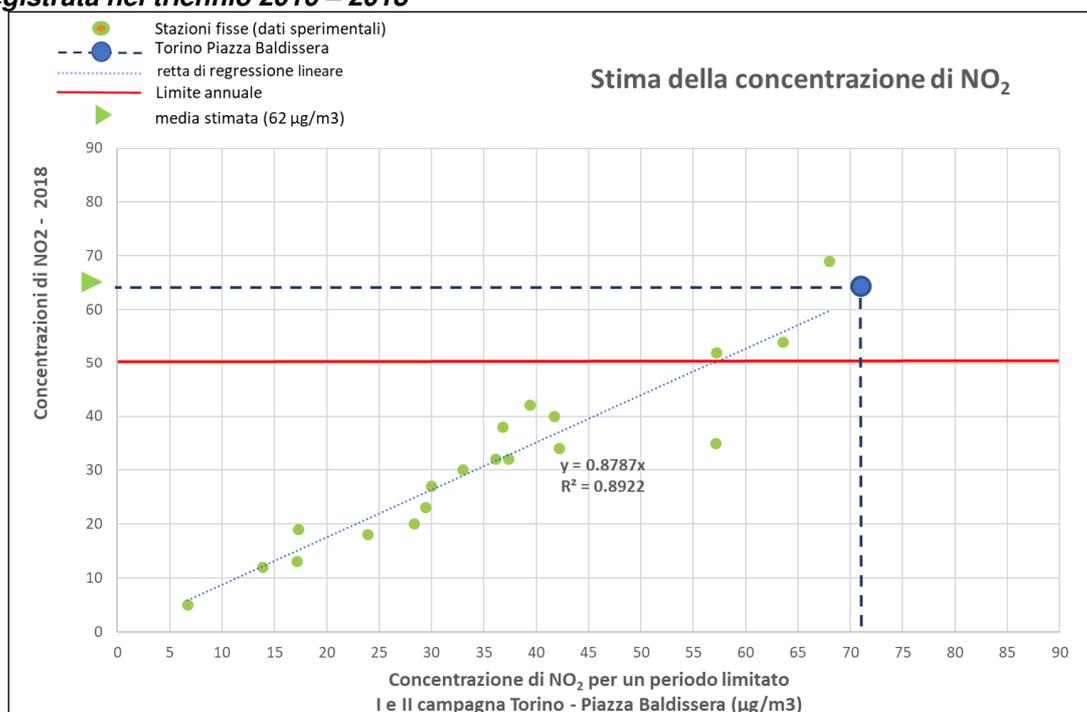
Rapportando poi il valore della concentrazione media del triennio 2016 - 2018 di  $\text{NO}_2$  delle stazioni fisse, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte in Piazza Baldissera è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 16.

Il coefficiente di determinazione  $R^2$  trovato - pari a 0.86 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per il sito in esame, riferita all'ultimo triennio, di  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

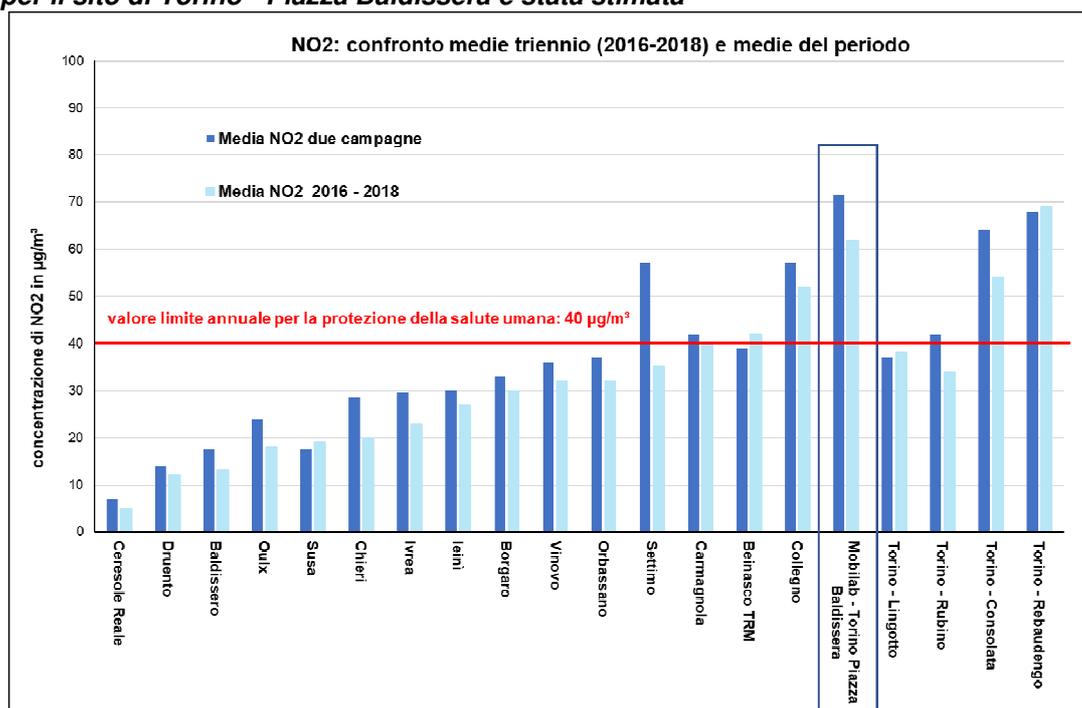
Tale valore risulta molto prossimo alla concentrazione media della stazione di Torino - Rebaudengo (69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); il dato risulta decisamente al di sopra del limite normativo annuo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In Figura 17 vengono rappresentate le medie del triennio 2016 - 2018 e le medie calcolate per ciascuna stazione fissa della rete di monitoraggio della Qualità dell'Aria della provincia di Torino del periodo in cui sono state condotte le campagne di misura; la media annuale per il sito di Torino - Piazza Baldissera è quella stimata.

**Figura 16: NO<sub>2</sub> - stime della concentrazione annuale di NO<sub>2</sub> a Torino - Piazza Baldissera rispetto alla media registrata nel triennio 2016 – 2018**



**Figura 17: NO<sub>2</sub> - confronto medie triennio e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Torino - Piazza Baldissera è stata stimata**



## 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 le campagne di monitoraggio, vedi Tabella 13, si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in estate e  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e un valore massimo orario di  $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verificatosi il 26 febbraio, in inverno che è il periodo più critico per questo inquinante.

**Tabella 13: Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

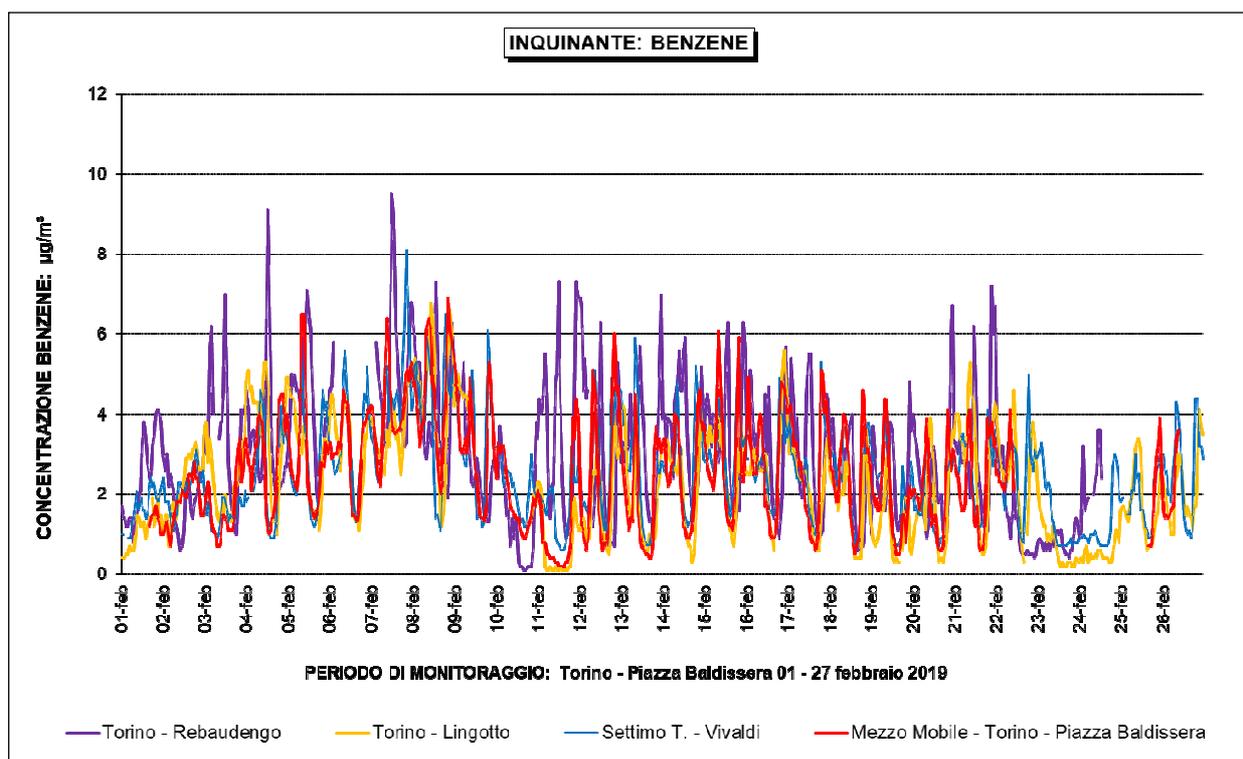
	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.2	0.3
Massima media giornaliera	4.4	1.6
Media delle medie giornaliere (b):	2.6	1.2
Giorni validi	22	13
Percentuale giorni validi	81%	59%
Media dei valori orari	2.5	1.1
Massima media oraria	7.8	2.3
Ore valide	555	362
Percentuale ore valide	86%	69%

Dalla Figura 18, che riporta il profilo orario del Benzene misurato a Torino – Piazza Baldissera e messo a confronto con quanto registrato presso altre stazioni della RRQA della provincia, in particolare due stazioni di traffico urbano e una di fondo urbano per evidenziare i diversi livelli nelle due differenti tipologie di stazione. Dal grafico si evince che i livelli misurati, nel periodo invernale

durante il quale è maggiore la criticità per questo inquinante, sono leggermente inferiori alle altre stazioni di traffico nei valori di picco.

In Figura 19 si riporta, per il periodo invernale, l'inviluppo giornaliero del benzene da cui è possibile evidenziare come il valore medio, delle singole ore, registrato a Torino – Piazza Baldissera sia molto prossimo a quanto si registra presso la stazione fissa della rete provinciale Torino – Rebaudengo.

**Figura 18: Benzene - andamento della concentrazione oraria nel corso della prima campagna di monitoraggio**



La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>; poiché 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 considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi e un fattore ricavato come descritto nella nota <sup>1</sup>

Applicando tale procedimento la media annuale stimata è pari a 1.9 µg/m<sup>3</sup>, (Figura 20) valore inferiore al limite e di poco inferiore alla stazione fissa di traffico urbano del capoluogo di provincia Torino – Rebaudengo.

*Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (invernale e primaverile), di tutte le stazioni della CMT in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'ultimo triennio si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle due campagne di Torino - Piazza Baldissera permette di ricavare la stima della media annuale rispetto al triennio 2016-2018:*

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

*m<sub>c</sub>* : media periodo campagne benzene Torino - Piazza Baldissera

*M<sub>c</sub>* : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, benzene Torino - Piazza Baldissera

*m<sub>p</sub>* : media periodo campagne benzene CMT

*M<sub>p</sub>* : media triennio 2016-18 benzene CMT

Figura 19: Benzene - andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

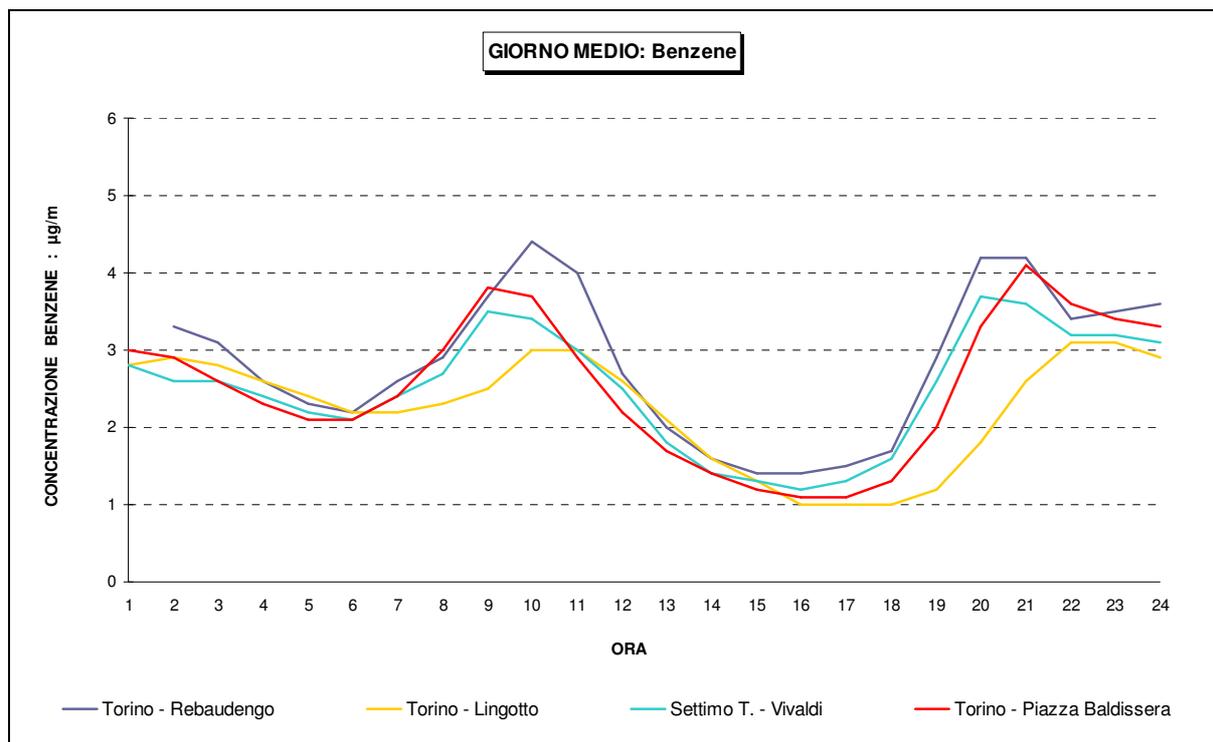
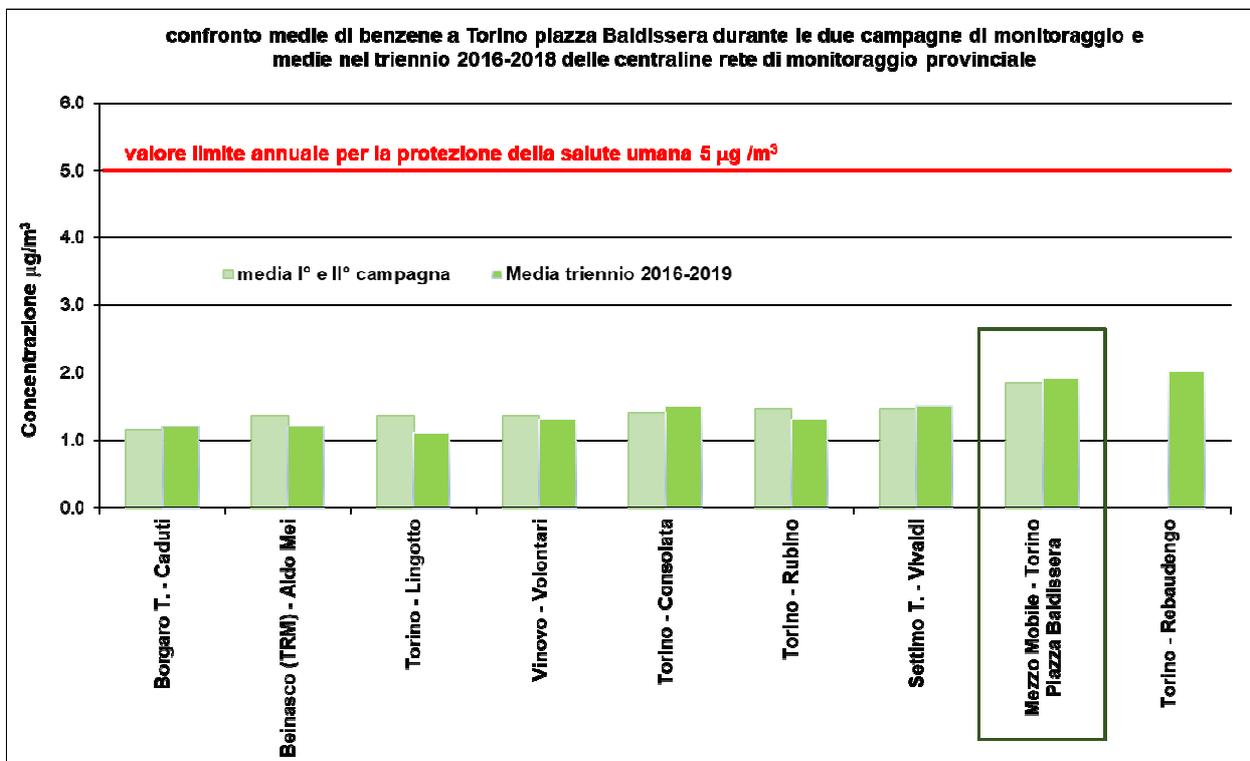


Figura 20: Benzene confronto media triennio 2016 - 2018 e media del periodo



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 µg/m³ 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.

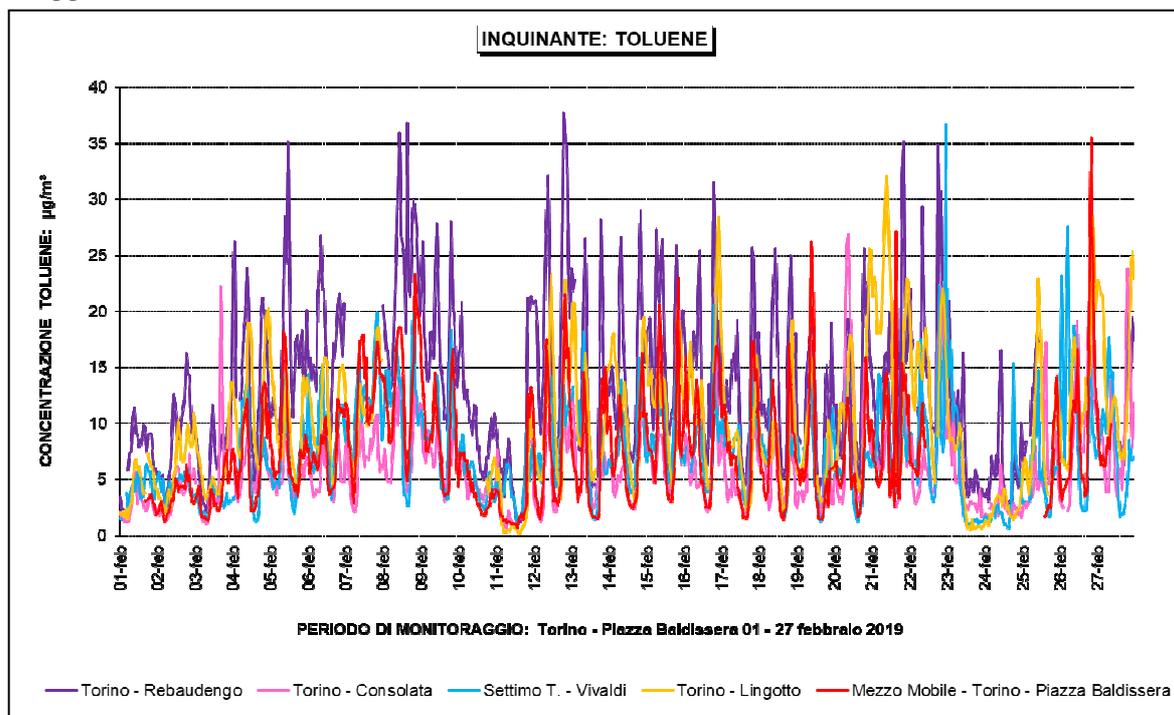
Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 2.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in estate e 7.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e la massima media oraria invernale è di 35.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 14), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

**Tabella 14: Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3.5	1.1
Massima media giornaliera	13.4	3.6
Media delle medie giornaliere (b):	7.6	2.5
Giorni validi	22	13
Percentuale giorni validi	81%	59%
Media dei valori orari	7.5	2.3
Massima media oraria	35.5	10.1
Ore valide	557	365
Percentuale ore valide	86%	69%

Dalla *Figura 21*, che riporta il profilo orario del Toluene misurato presso il sito di misura durante la prima campagna di misura (periodo più critico per questo inquinante) e messo a confronto con quanto registrato presso alcune stazioni della RRQA della provincia.

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



## 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 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 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  $\mu\text{m}$ , 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 a 2.5  $\mu\text{m}$ ) calcolati come media annuale pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

### Particolato PM10

Nella prima campagna di monitoraggio invernale la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi Tabella 15), con un valore massimo giornaliero di 106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 20 superamenti del valore giornaliero dei 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su 27 giorni di monitoraggio.

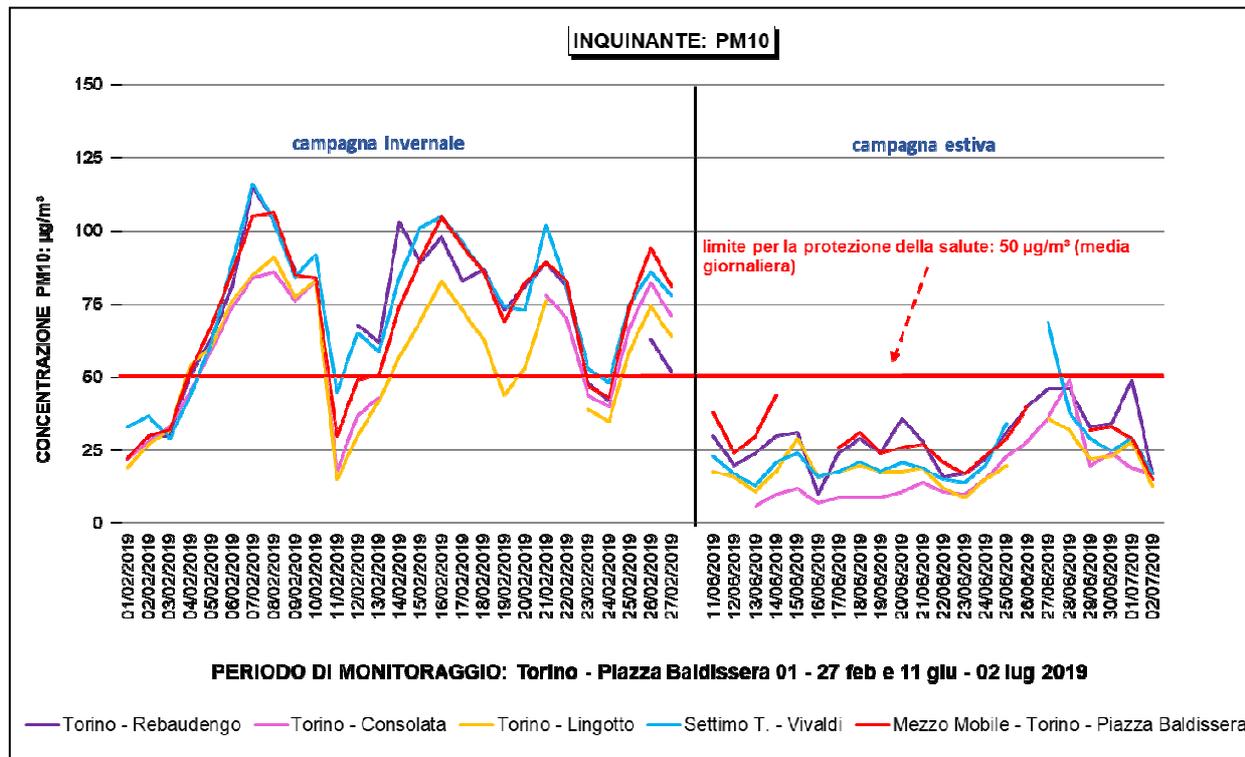
Durante la campagna estiva i valori misurati sono decisamente più contenuti, con un valore massimo registrato pari a 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e una media del periodo di 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La percentuale di dati validi nella seconda campagna è più bassa a causa di ripetute interruzioni elettriche

**Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

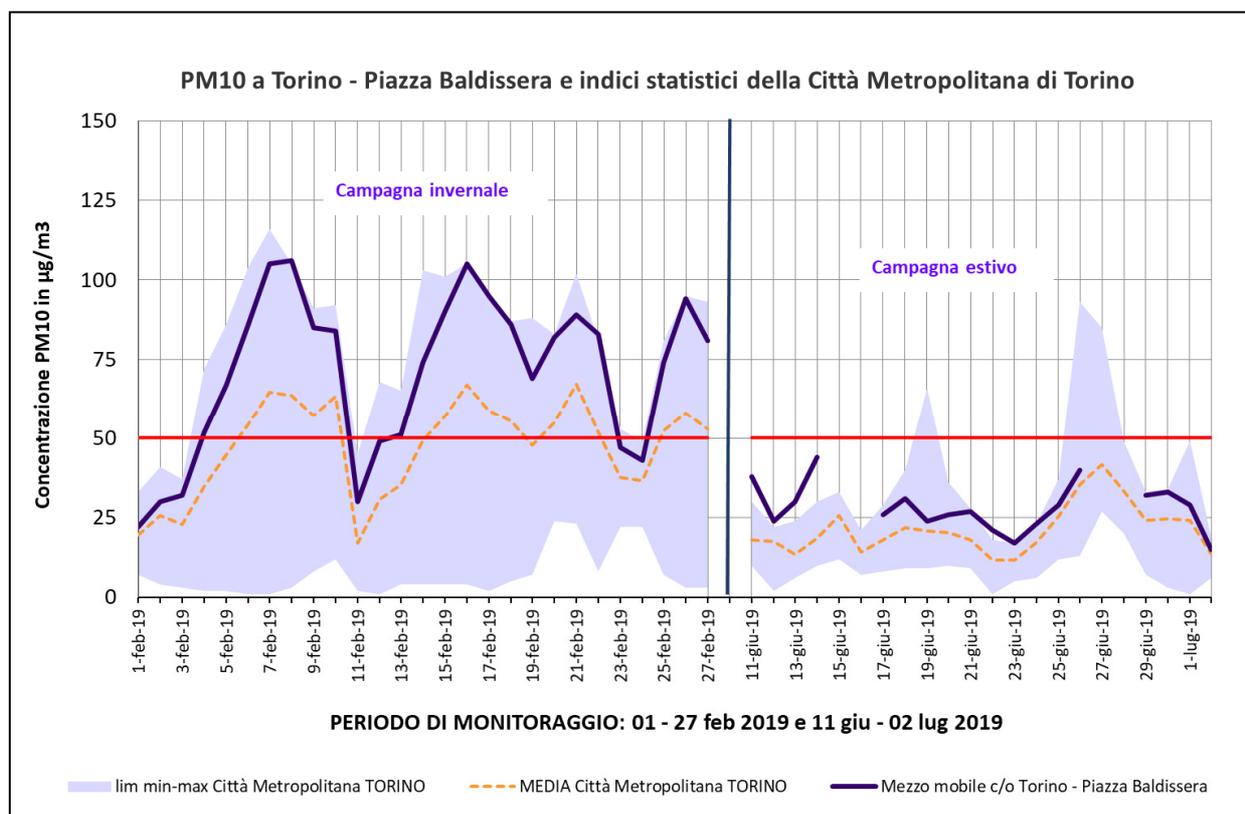
	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	22	15
Massima media giornaliera	106	44
Media delle medie giornaliere (b):	71	28
Giorni validi	27	18
Percentuale giorni validi	100%	82%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	20	0

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e i livelli misurati sono molto simili a quelli registrati presso le stazioni di traffico urbano, Settimo e Torino - Rebaudengo.

**Figura 22: Particolato sospeso PM10 - confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa**



**Figura 23: Particolato sospeso PM10 - confronto con la rete delle stazioni fisse della CMT**

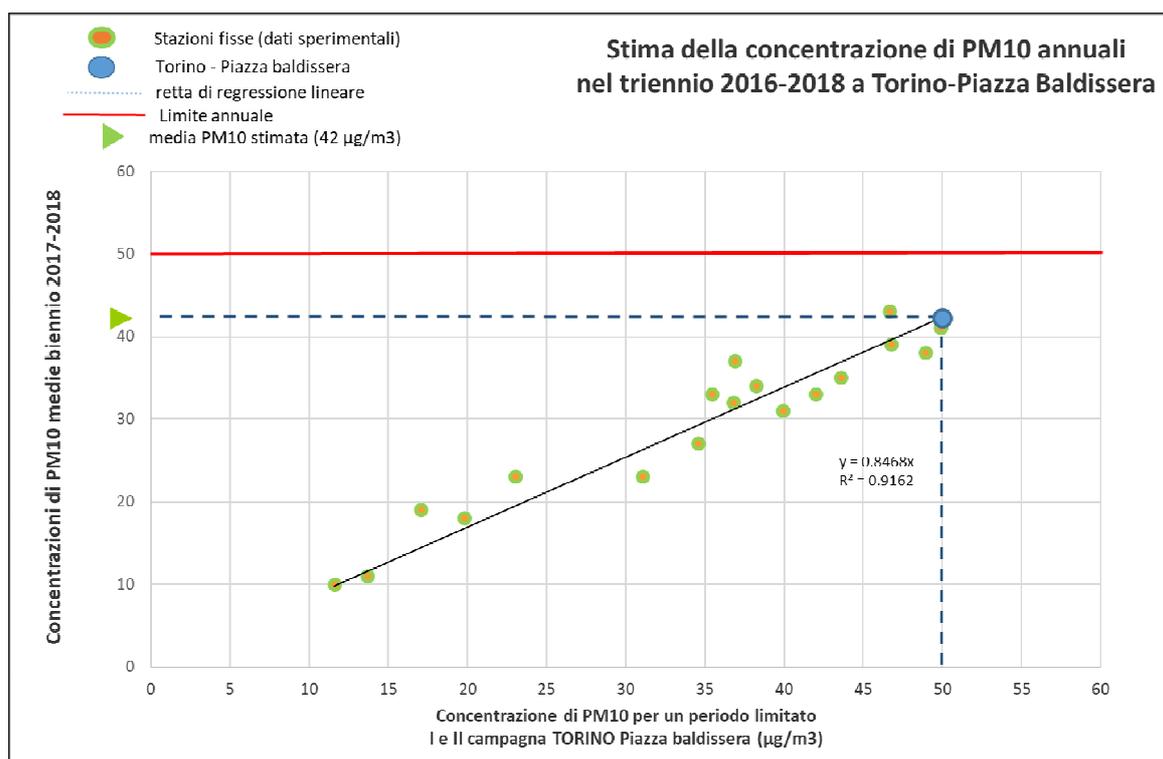


Il grafico di Figura 23 mette in evidenza i valori massimi, minimi e medi della città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: è evidente che l'andamento di Torino - Piazza Baldissera è al di sopra del valore medio provinciale durante il monitoraggio invernale.

Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup>. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l'NO<sub>2</sub>, per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM10 per il sito di Torino - Piazza Baldissera si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria della CMT.

Sono state prese in considerazione le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria presenti sul territorio della Città Metropolitana di Torino e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM10, come media del triennio 2016-2018, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione Figura 24.

**Figura 24: stime della concentrazione annuale di PM10 a Torino - Piazza Baldissera nel triennio 2016-2018**



Il coefficiente di determinazione R<sup>2</sup> trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Torino – Piazza Baldissera, riferita al triennio 2016-2018, pari a 42 µg/m<sup>3</sup>: valore superiore alla media CMT e al limite normativo (40 µg/m<sup>3</sup>) e confrontabile con quanto registrato presso la stazione Torino – Rebaudengo.

**Tabella 16: PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) confronto concentrazioni medie del periodo e triennio 2016-2018**

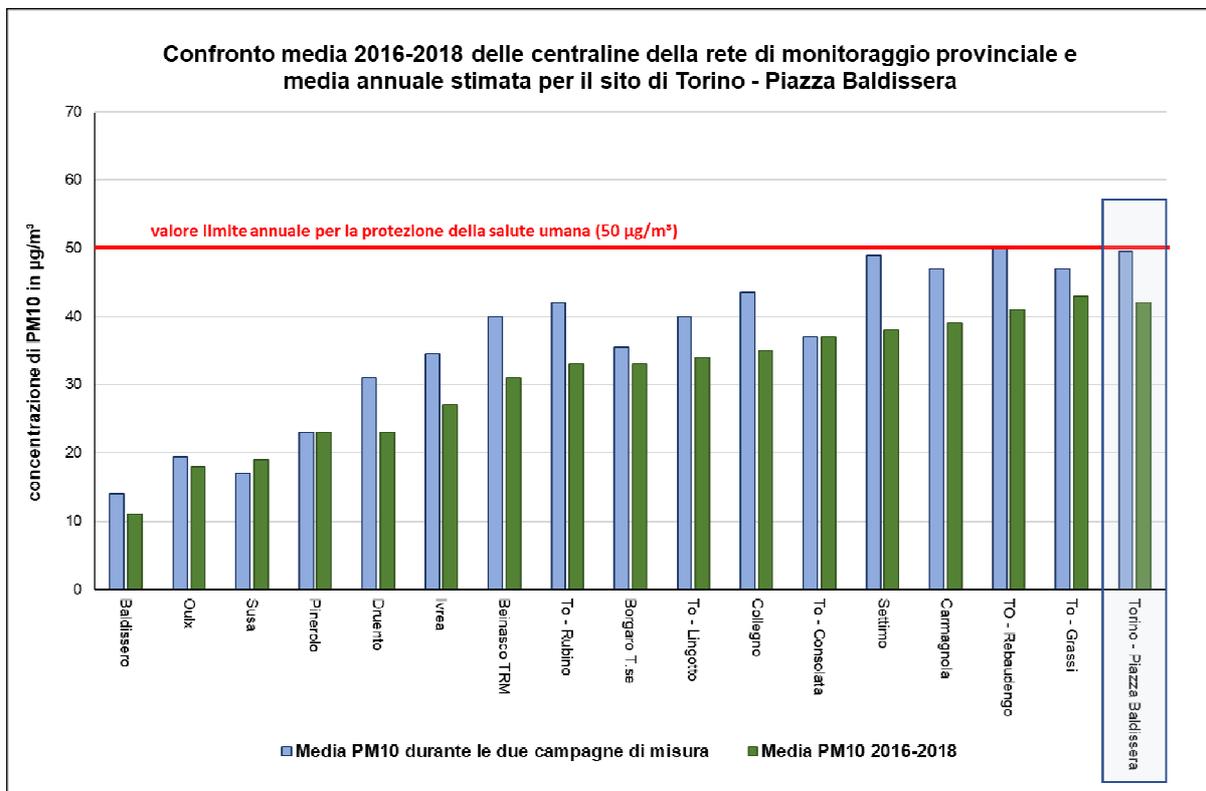
Stazioni di misura	Media PM10	Media PM10	Media PM10	Media PM10
	Campagna invernale	Campagna estiva	due campagna	Anni 2016 - 2018
	01 - 27 feb 2019	11 giu – 02 lug 2019	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		
Ceresole Reale	6	17	12	10
Baldissero	15	13	14	11
Oulx	17	22	20	18
Susa	15	19	17	19
Pinerolo	32	14	23	23
Druento	30	32	31	23
Ivrea	48	21	35	27
Beinasco TRM	58	22	40	31
Ieini	52	22	37	32
To - Rubino	61	23	42	33
Borgaro T.se	48	23	36	33
To - Lingotto	59	21	40	34
Collegno	64	23	44	35
To - Consolata	57	17	37	37
Settimo	74	24	49	38
Carmagnola	69	25	47	39
TO - Rebaudengo	71	29	50	41
To - Grassi	74	20	47	43
<b>Torino - Piazza Baldissera</b>	<b>71</b>	<b>28</b>	<b>50</b>	<b>42</b>
<i>Media solo Torino</i>	<i>66</i>	<i>24</i>	<i>45</i>	<i>38</i>
<b>Media CMT</b>	<b>51</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>31</b>

In Figura 25 si riporta il confronto della media del triennio 2016-2018 registrata presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e quella stimata presso il sito del laboratorio mobile, da cui si evince che in generale la situazione a Torino - Piazza Baldissera è molto simile alla stazione di traffico della città, Torino - Rebaudengo.

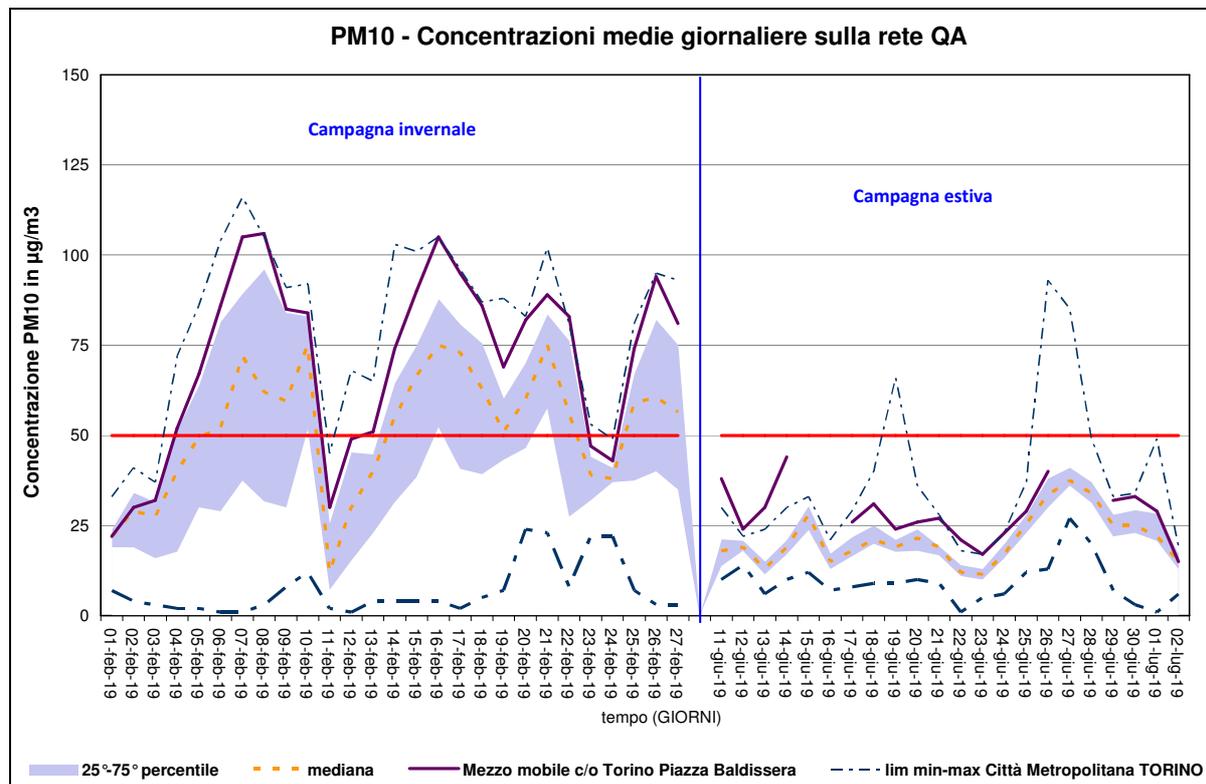
In Figura 26 riportano le medie giornaliere relative a Torino - Piazza Baldissera confrontandole con alcuni indici statistici calcolati sulle stazioni fisse della città metropolitana da cui si evince che, nel periodo più critico si collocano al di sopra del 75° percentile della RRQA. Durante il periodo estivo il profilo dei valori massimi è influenzato dai valori elevati che si registrano presso la stazione di Druento – La Mandria, tali picchi sono realisticamente ascrivibili alle pratiche agricole che si svolgono nella stagione estiva in prossimità della stazione di rilevamento.

Nella Figura 27 è stato confrontato l'andamento del PM10 con i millimetri di pioggia misurati durante le campagne di monitoraggio da cui è evidente come la pioggia influenzi il PM10 facendone calare le concentrazioni: nei giorni di pioggia è presente un certo rimescolamento dell'aria verticale; inoltre risulta inibito il fenomeno della risospensione di polveri dalle superfici bagnate.

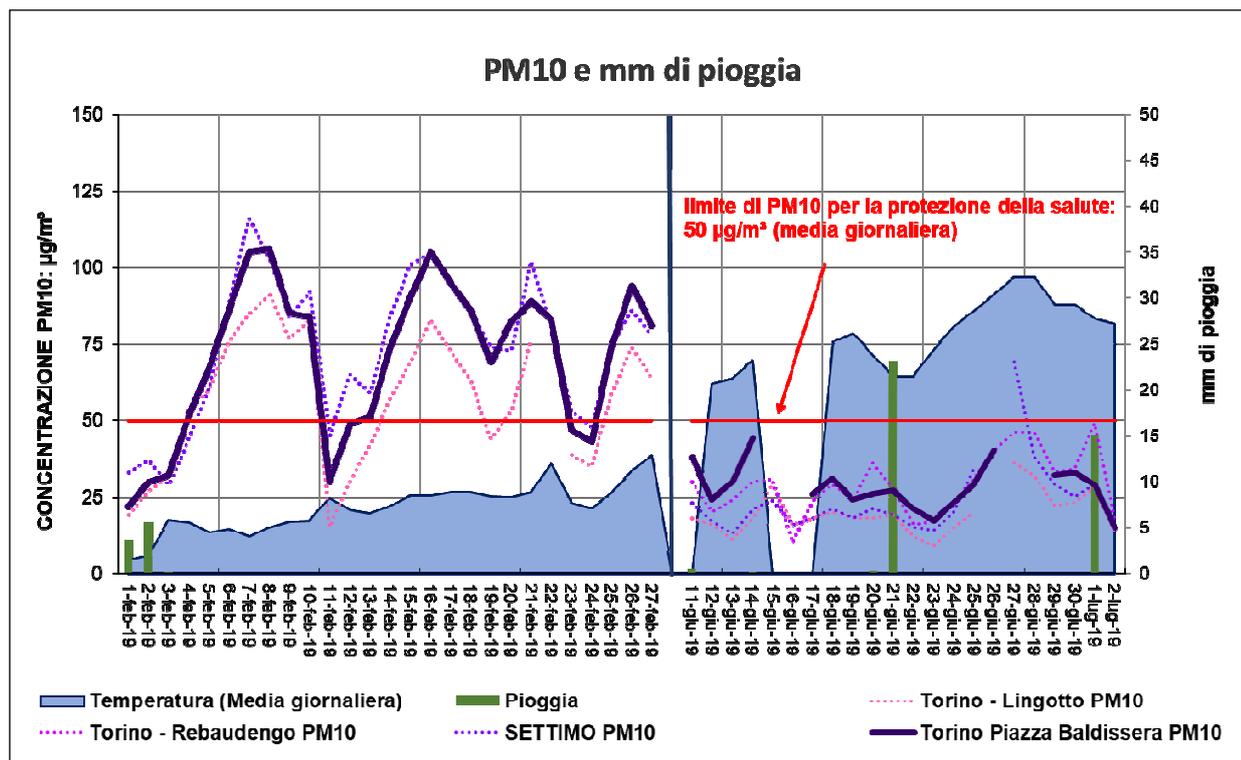
**Figura 25: Particolato sospeso PM10 confronto medie anno 2016-2018 e medie del periodo nella provincia di Torino**



**Figura 26: Particolato sospeso PM10 - concentrazioni medie giornaliere durante le due campagne di misura**



**Figura 27: Particolato sospeso PM10 e parametri meteorologici**



Meno ovvio è l'impatto che può avere la temperatura. Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera (PBL) che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso.

Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, da cui una diminuzione della loro concentrazione. Le basse temperature nelle notti serene, viceversa, causano una forte stabilità dell'aria fino a produrre il fenomeno dell'inversione termica, ovvero quando la temperatura dell'aria nei bassi strati è inferiore a quella degli strati superiori; l'inversione termica comporta l'intrappolamento degli inquinanti al suolo, favorendo così il loro accumulo e l'aumento della loro concentrazione. Tale fenomeno risulta più evidente se si osservano i dati relativi a due differenti periodi stagionali, inverno ed estate poiché le differenze meteorologiche tra estate e inverno sono tali da rendere molto visibili le variazioni di concentrazione degli inquinanti tra le due stagioni.

Rispetto al numero di superamenti un metodo per stimare i superamenti nel corso dell'anno consiste nel fare riferimento alle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero<sup>2</sup>. Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa 24,7 µg/m<sup>3</sup> a livello piemontese. La media annuale stimata per Torino - Piazza Baldissera (42 µg/m<sup>3</sup>) è superiore a tale valore, a conferma che il valore limite giornaliero presumibilmente non sarebbe rispettato.

<sup>2</sup> Tali elaborazioni – la cui sintesi è contenuta negli Atti del VII Convegno nazionale sul particolato atmosferico - si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM10 – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo".

### Particolato PM2.5

Il parametro PM2.5 segue lo stesso andamento temporale del PM10; in Figura 28 si riporta il profilo giornaliero del PM10 e PM2.5 rilevato presso il sito di Torino - Piazza Baldissera nelle due campagne di misura; la parte della frazione PM2,5 che costituisce il particolato atmosferico è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento).

Il valore medio della campagna invernale è pari a 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che corrisponde a circa il 61% della media del PM10, una percentuale in linea con il periodo indagato (Tabella 17). Durante il monitoraggio estiva la concentrazione di PM2.5 è molto bassa, pari a 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quasi la metà (in percentuale) del valore del PM10.

**Tabella 17: Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	16	9
Massima media giornaliera	71	24
Media delle medie giornaliere (b):	43	16
Giorni validi	27	13
Percentuale giorni validi	100%	59%

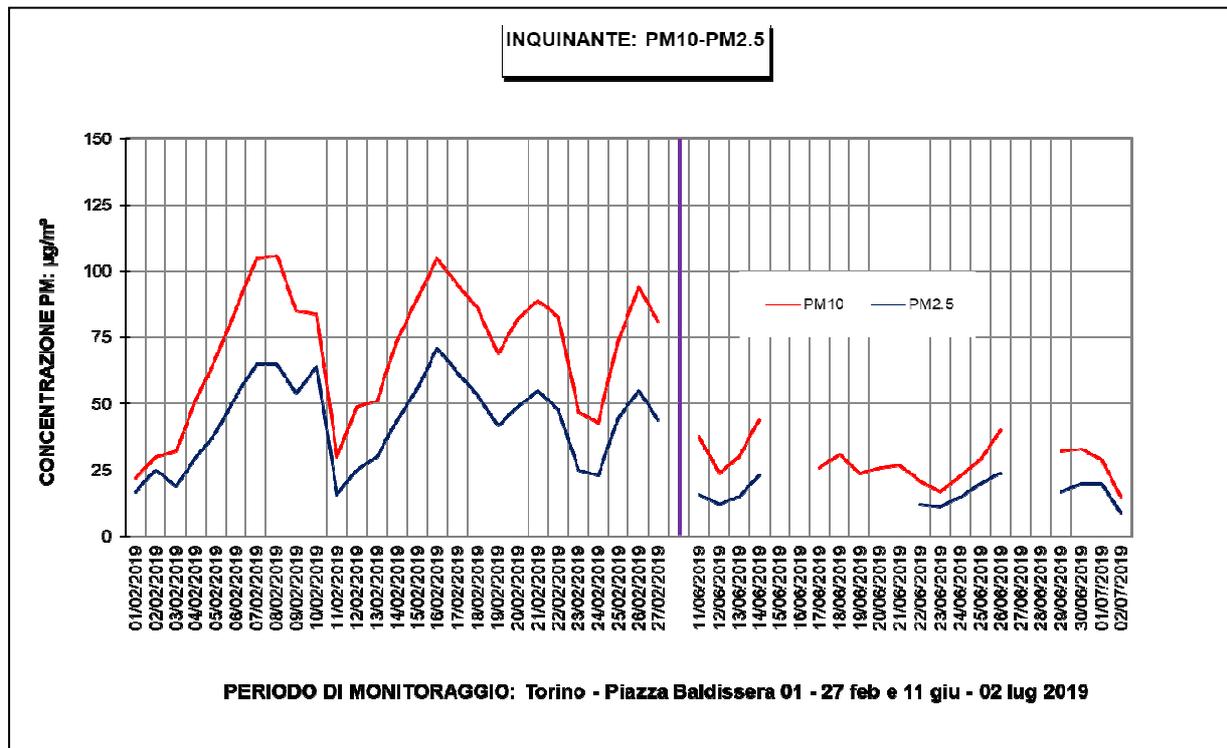
La normativa italiana prevede per il PM2.5 solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche in questo caso per stimare un dato di concentrazione annuale di PM2.5 per il sito di Torino - Piazza Baldissera si può fare riferimento ai dati delle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino.

Per le 9 stazioni provinciali della Rete Regionale sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM2.5 come media del triennio 2016 - 2018 alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 29), il cui coefficiente di determinazione R2 evidenzia una buona correlazione tra i dati.

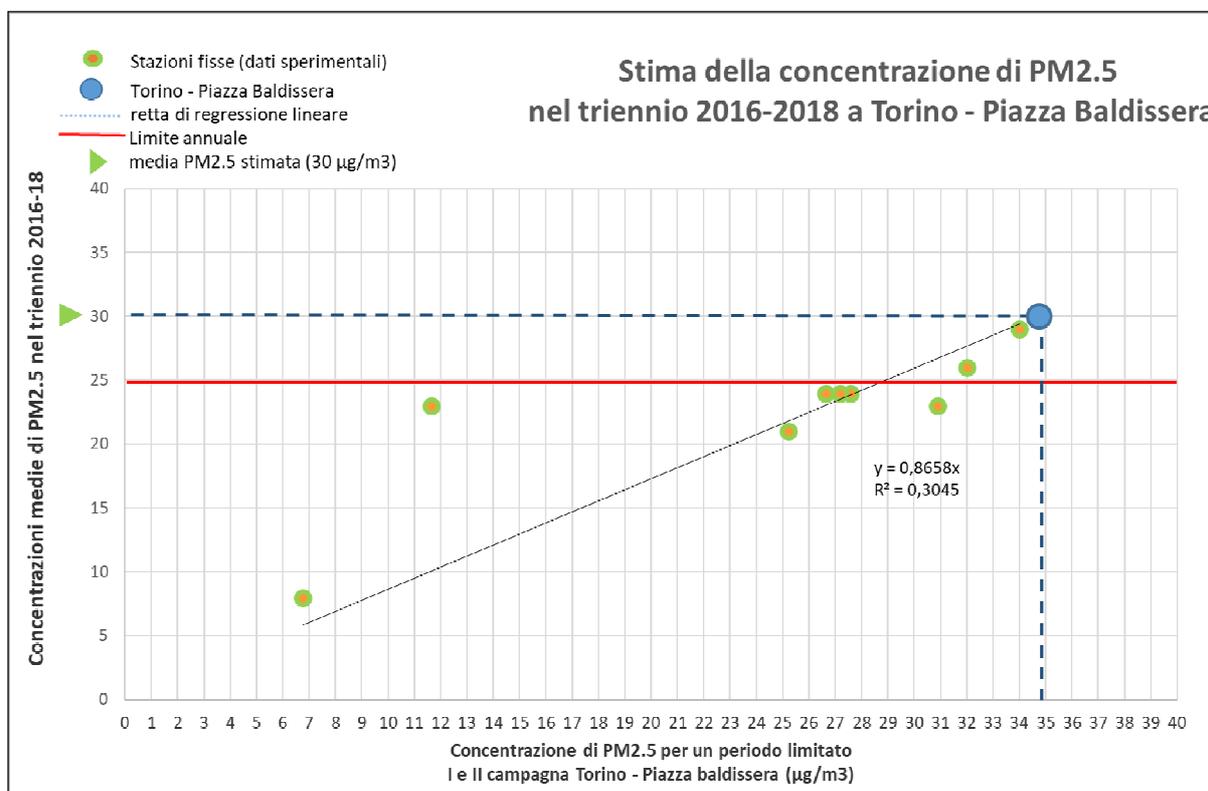
In base all'equazione della retta per il triennio 2016-2018 a Torino - Piazza Baldissera è stata stimata una concentrazione media annua di PM2.5 di 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore superiore sia alla media della Città Metropolitana sia al limite normativo (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La stima annuale ottenuta, pari a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , è riportata in tabella 18 ed in Figura 31 confrontandola con quelle calcolate presso le altre stazioni della rete di monitoraggio fissa da cui si evince la buona correlazione con quanto si registra presso la stazione di Torino – Rebaudengo.

**Figura 28: Particolato sospeso PM10 e PM 2.5 a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura**



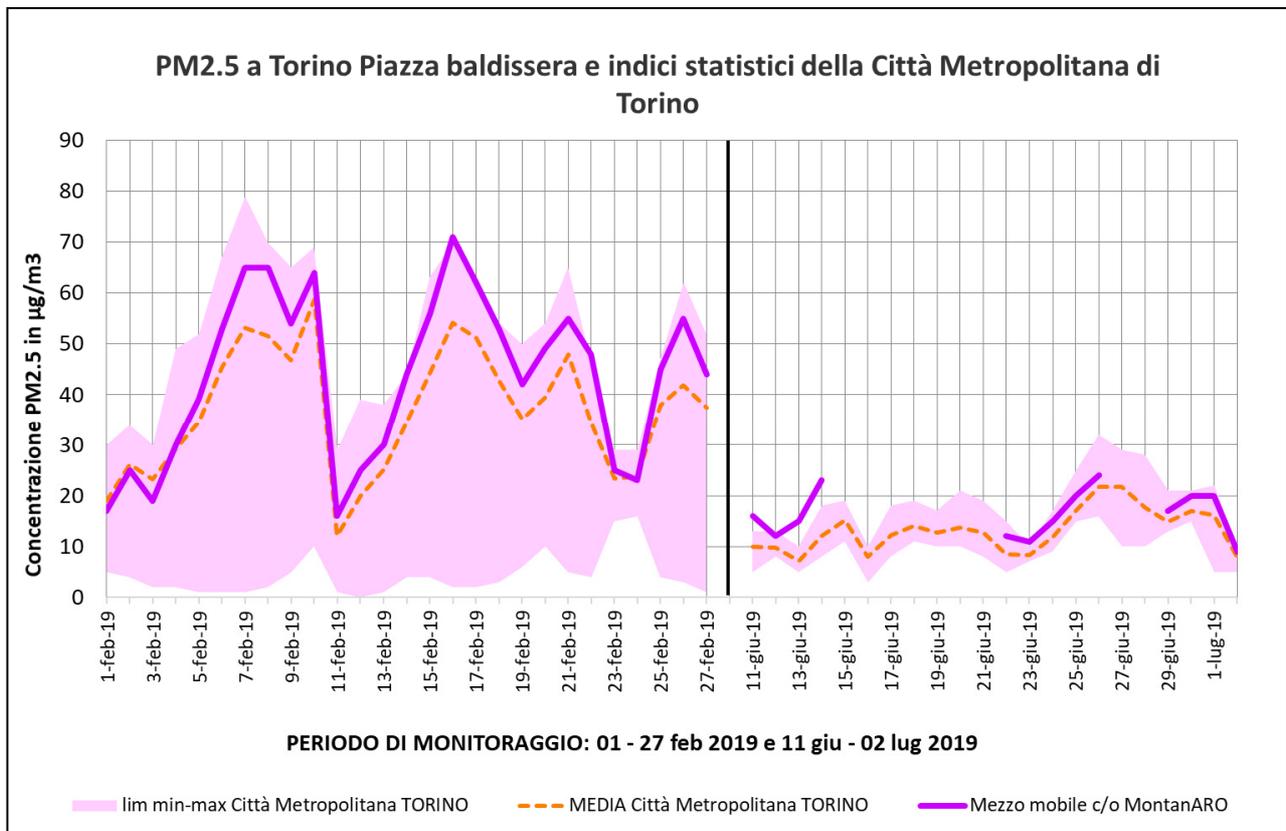
**Figura 29: stima della concentrazione annuale di PM2.5 a Torino - Piazza Baldissera nel triennio 2016-2018**



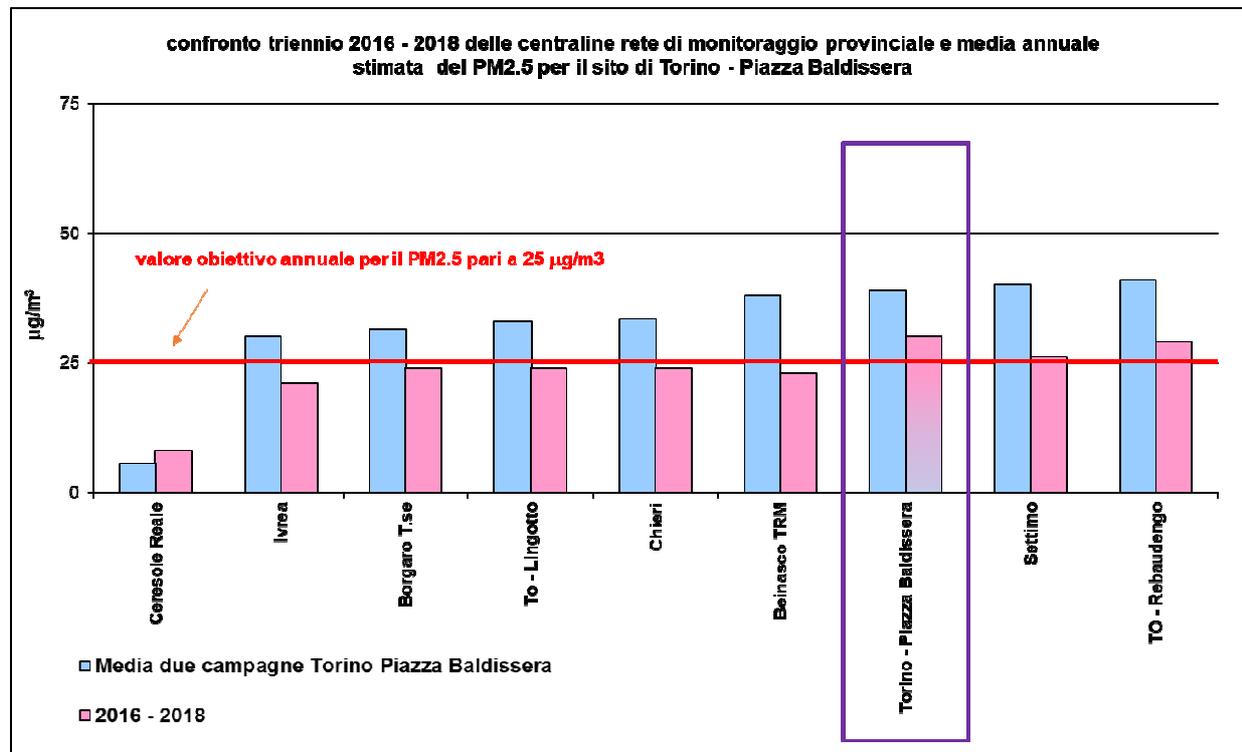
**Tabella 18: PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>), confronto concentrazioni medie del periodo di misura e del triennio 2016 - 2018**

Stazioni di misura	Media PM <sub>2.5</sub> Campagna invernale 01 - 27 feb 2019 [µg/m <sup>3</sup> ]	Media PM <sub>2.5</sub> Campagna estiva 11 giu - 02 lug 2019 [µg/m <sup>3</sup> ]	Media PM <sub>2.5</sub> due campagne [µg/m <sup>3</sup> ]	Media PM <sub>2.5</sub> 2016 - 2018
	Ceresole Reale	4	7	6
Ivrea	35	25	30	21
Borgaro T.se	36	27	32	24
To - Lingotto	39	27	33	24
Chieri	39	28	34	24
Beinasco TRM	45	31	38	23
<b>Torino - Piazza Baldissera</b>	<b>43</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>30</b>
Settimo	48	32	40	26
TO - Rebaudengo	48	34	41	29
<b>media Città METROPOLITANA DI TORINO</b>	<b>42</b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>25</b>

**Figura 30: Particolato sospeso PM<sub>2.5</sub> - concentrazioni medie giornaliere durante le due campagne di misura**



**Figura 31: Particolato sospeso PM2.5 confronto medie del triennio 2016-2019 e medie del periodo nella CM di Torino**



### 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>3</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>4</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.

<sup>3</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper, pag 8

<sup>4</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

In particolare, il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene, anche abbreviato BaP), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. 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'immunosensibilità, 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.

**Tabella 19: 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>

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>5</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.

Analogamente agli altri inquinanti, per cui è previsto un limite di legge annuale, visto che la durata del monitoraggio del sito di Torino - Piazza Baldissera è pari a due mesi distribuiti in due stagioni diverse, la media dei due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Possiamo, però, considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici da cui emerge che presso il sito di Torino - Piazza Baldissera la media di BaP stimata è pari a 0.9 ng/m<sup>3</sup>, inferiore al limite normativo.

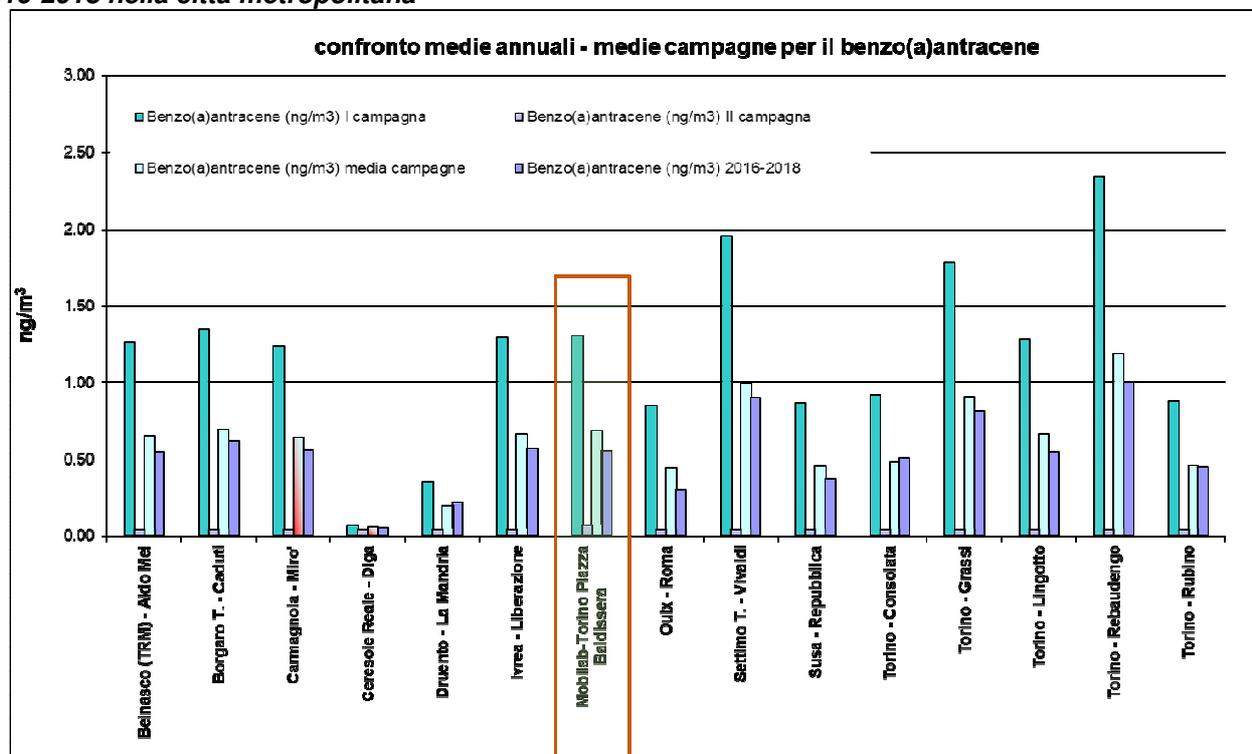
Dall'analisi dei dati notiamo che il benzo(a)pirene e gli altri IPA monitorati presentano concentrazioni analoghe ai siti di fondo della rete di monitoraggio provinciale ([Figura 33](#) ÷ [Figura 36](#)); il valore medio di benzo(a)pirene risulta inferiore a quello registrato presso la stazione di Torino – Rebaudengo nell'ultimo triennio.

<sup>5</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

**Tabella 20: Laboratorio mobile ARPA presso Torino Piazza Baldissera - IPA rilevati nel monitoraggio**

Laboratorio mobile ARPA presso Torino - Piazza Baldissera- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio		
	Inverno	Estate
Benzo(a)antracene (ng/m <sup>3</sup> )	1.30	0.07
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )	3.42	0.07
Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	1.76	0.07
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	1.86	0.07

**Figura 32: benzo(a)antracene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Nota**

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM10 dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, utilizzando come riferimento la stazione di Torino - Rebaudengo. Dal rapporto con la media del triennio 2016 - 2018 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Torino - Piazza Baldissera, permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

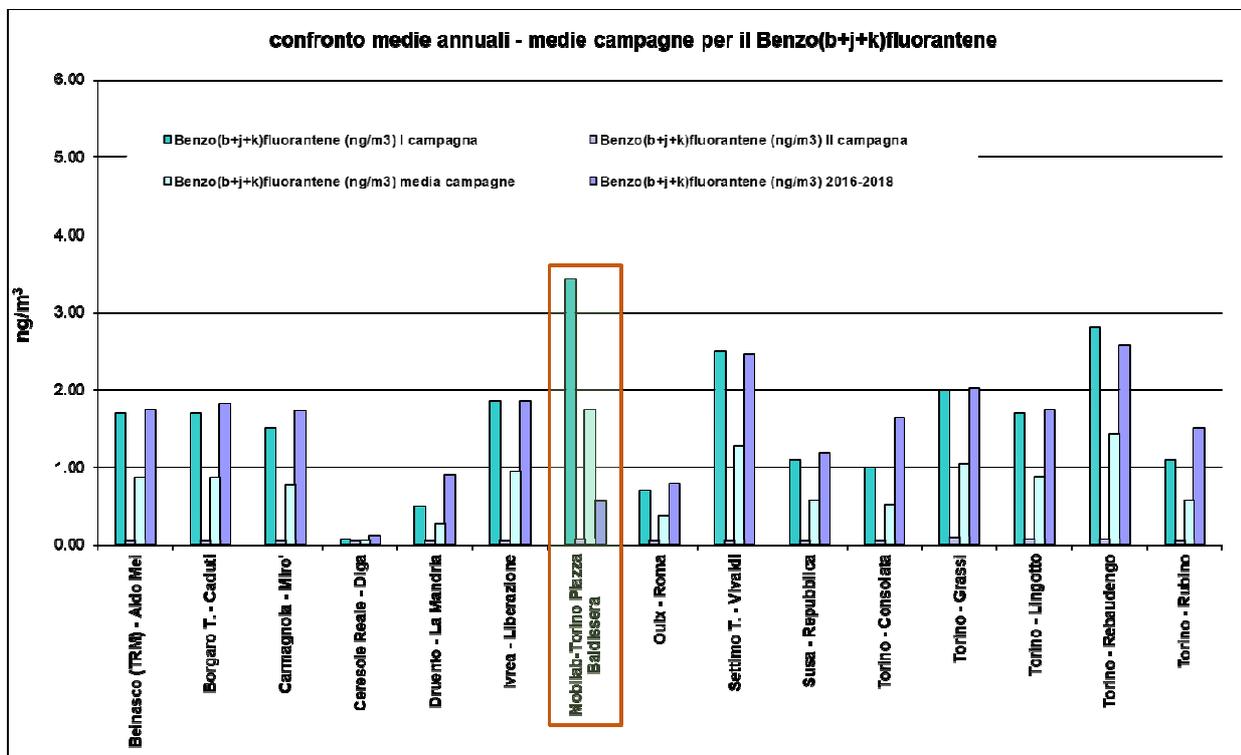
$m_c$ : media periodo campagne per ogni parametro IPA Torino - Piazza Baldissera

$M_c$ : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, per ogni parametro IPA Torino - Piazza Baldissera

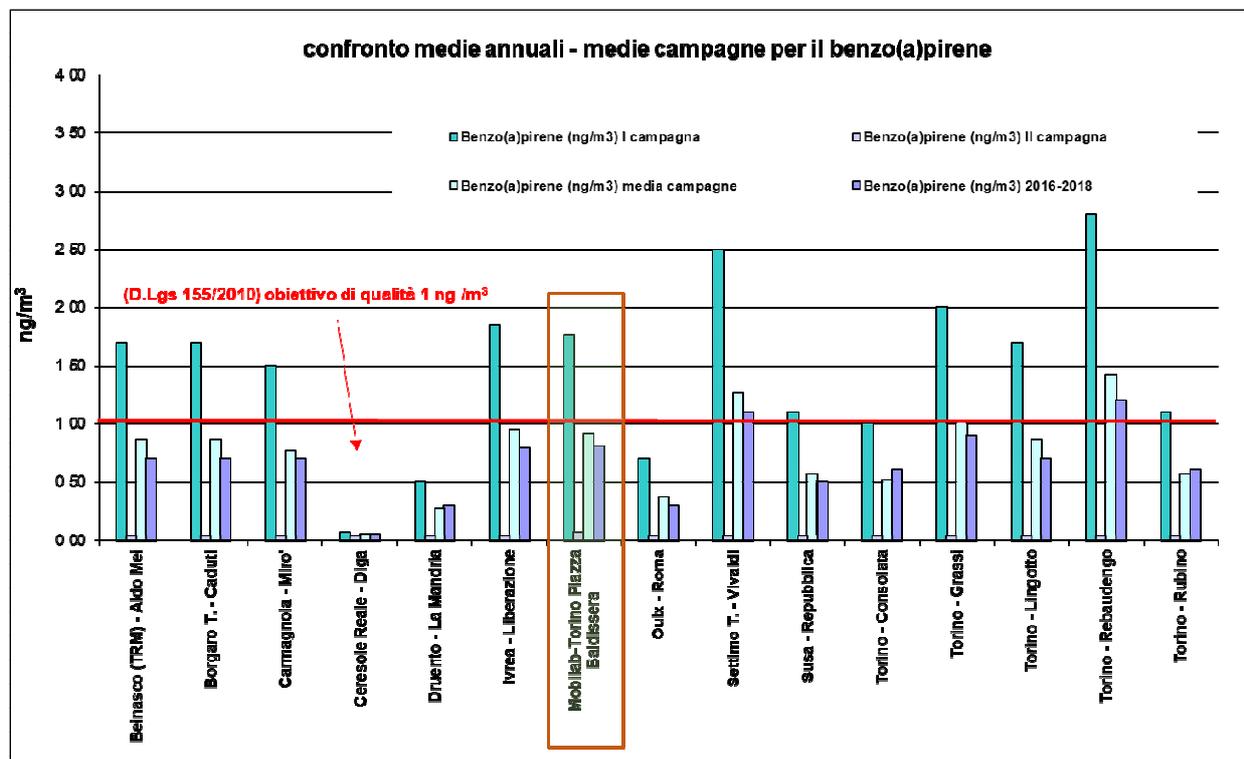
$m_p$ : media periodo campagne per ogni parametro IPA CMT

$M_p$ : media triennio 2016-18 per ogni parametro IPA CMT

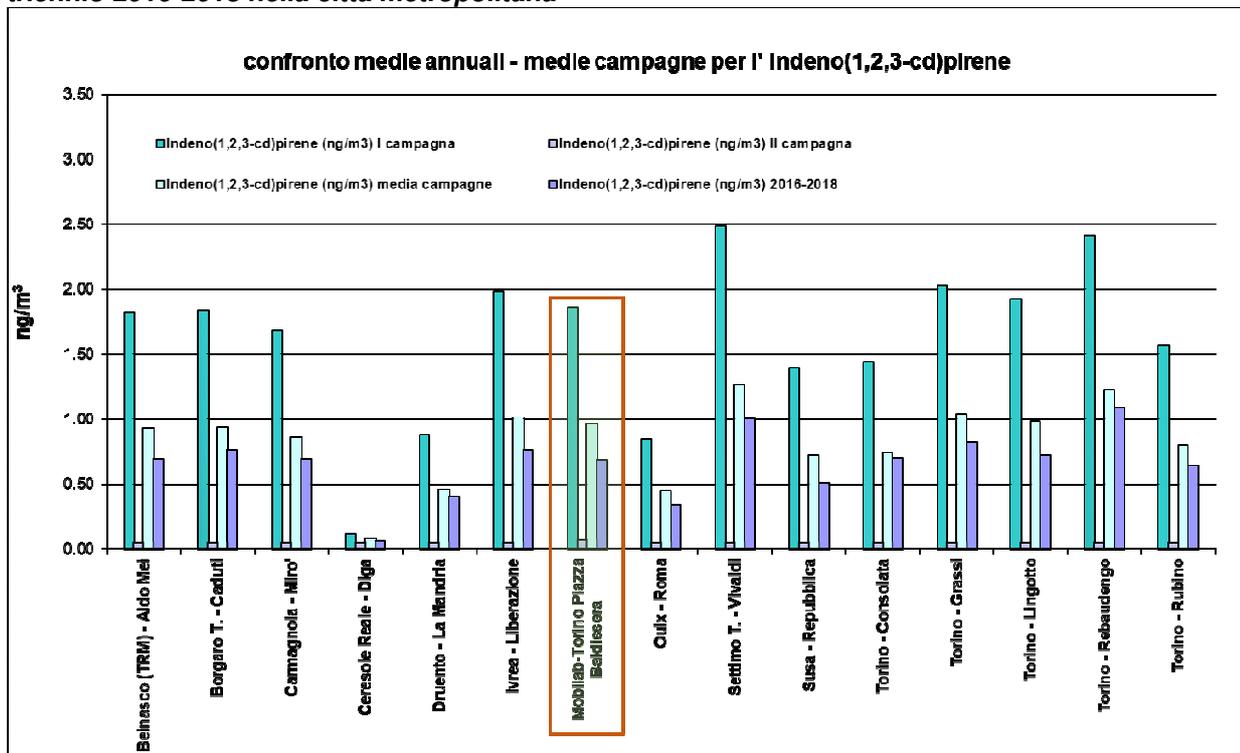
**Figura 33: benzo(b+j+k)fluorantene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Figura 34: benzo(a)pirene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Figura 35: indeno(1, 2, 3-cd)pirene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



## 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 arsenico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni) e piombo (Pb), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, cadmio, cromo e arsenico provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; il rame dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; il nichel dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; cobalto e zinco 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.

**Tabella 21: 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

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 µg/m<sup>3</sup> per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

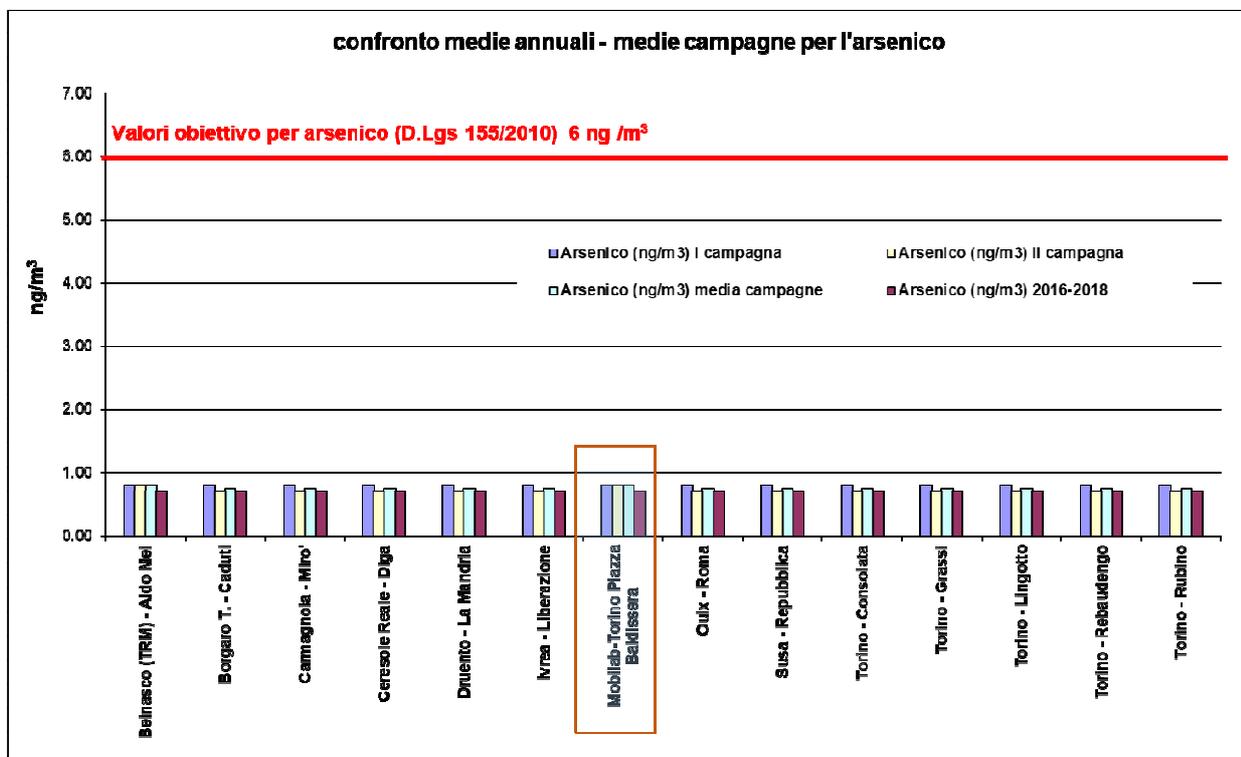
Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Torino - Piazza Baldissera oggetto della relazione è pari a circa due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli. Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino.

**Tabella 22: Laboratorio mobile ARPA presso Torino Piazza Baldissera - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio**

Laboratorio mobile ARPA presso Torino – Piazza Baldissera: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio		
	Inverno	Estate
Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8
Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )	0.25	0.14
Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	7.7	4.32
Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	0.02	0.004

**Figura 36: Arsenico - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Nota**

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM10 di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Torino - Rebaudengo

Dal rapporto con la media del triennio 2016 - 2018 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Torino - Piazza Baldissera permette di ricavare la stima annuale nel PM10:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

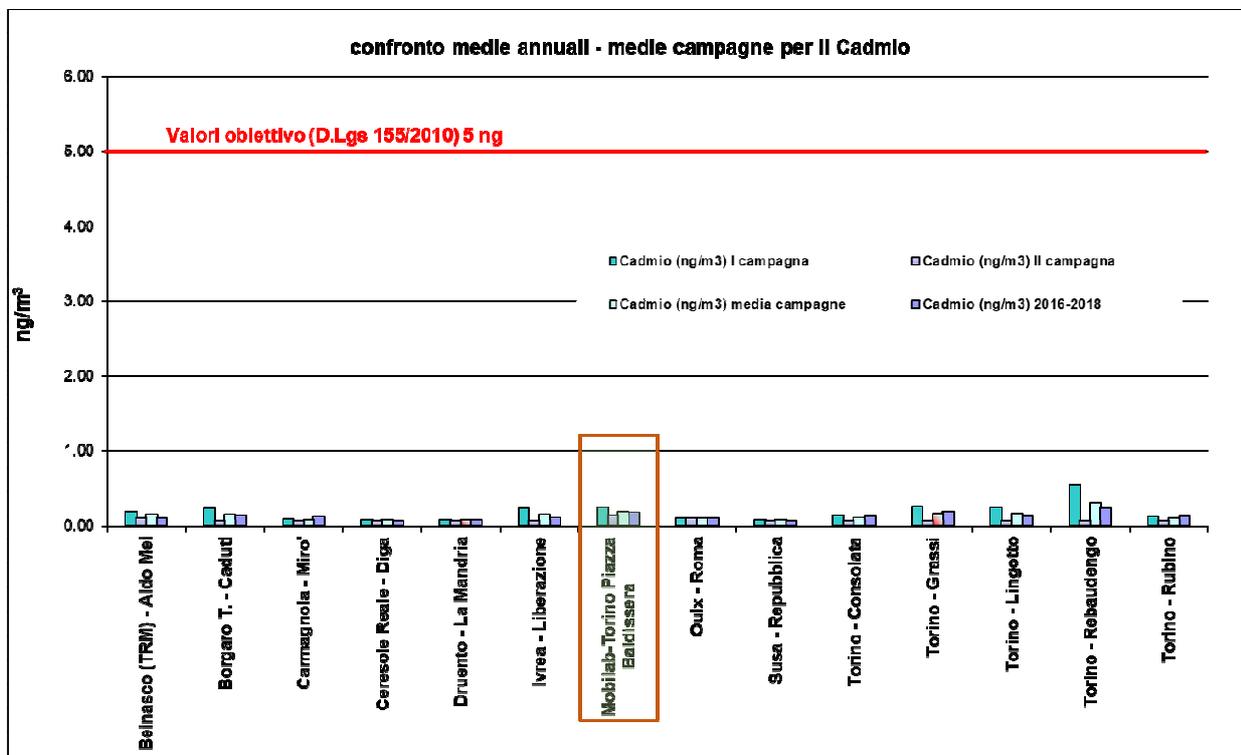
$m_c$  : media periodo campagne per ogni metallo Torino - Piazza Baldissera

$M_c$  : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, per ogni metallo Torino - Piazza Baldissera

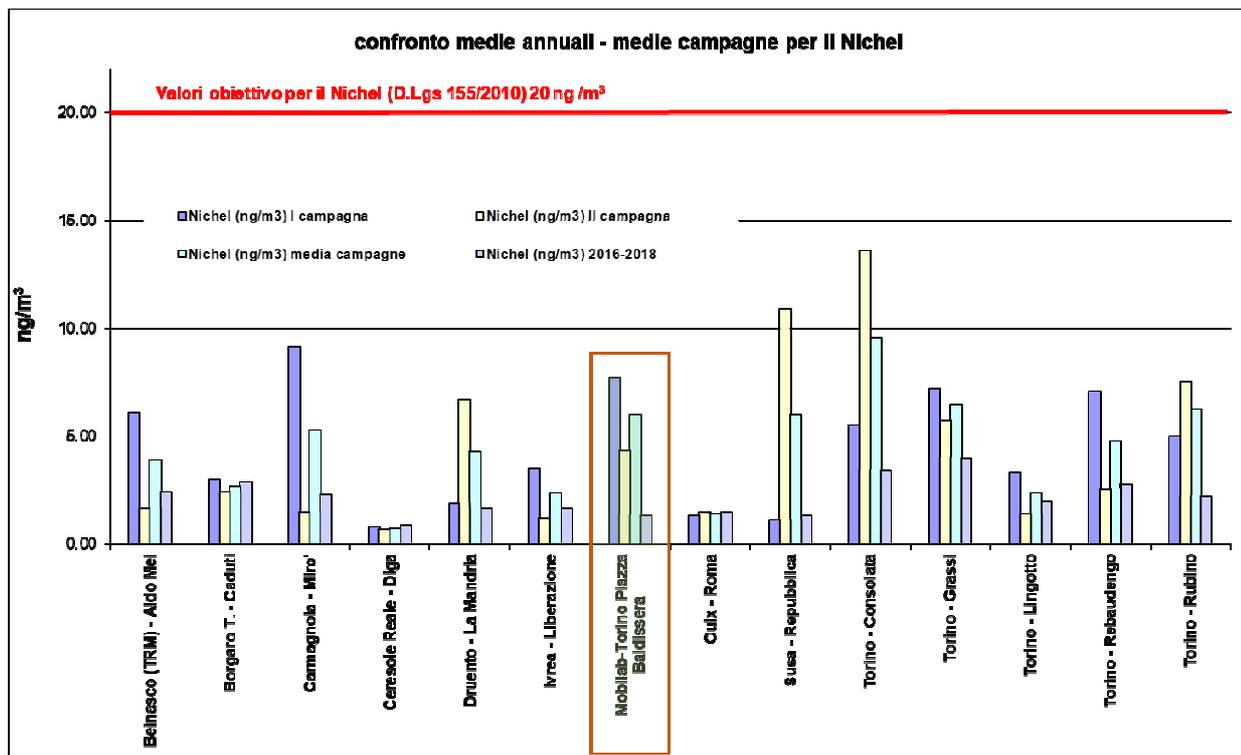
$m_p$  : media periodo campagne per ogni metallo Torino - Rebaudengo

$M_p$  : media triennio 2016-18 per ogni metallo Torino - Rebaudengo

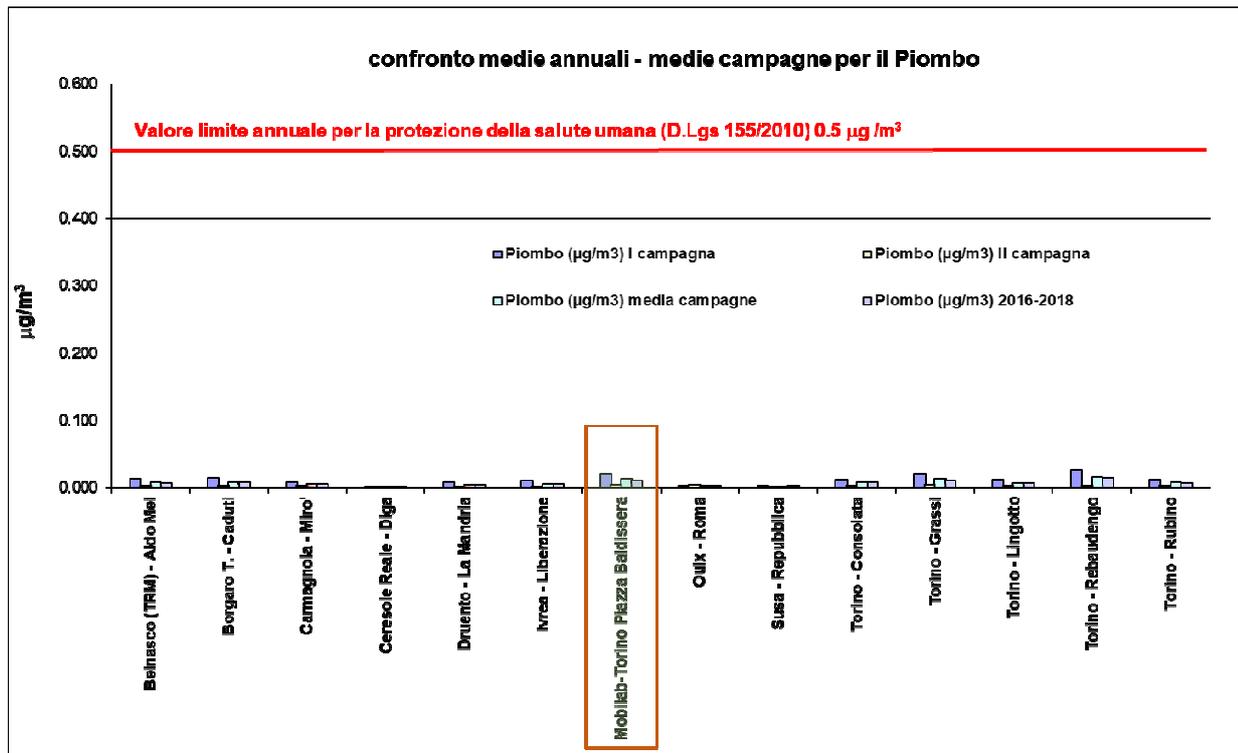
**Figura 37: Cadmio - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Figura 38: Nichel - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana**



**Figura 39: Piombo - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana**

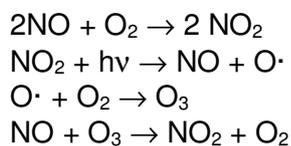


## Ozono

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 (NOx) 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).

**Tabella 23: Dati relativi all'ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)**

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4	49
Massima media giornaliera	35	111
Media delle medie giornaliere (b):	15	83
Giorni validi	21	14
Percentuale giorni validi	78%	64%
Media dei valori orari	15	84
Massima media oraria	72	190
Ore valide	517	373
Percentuale ore valide	80%	71%
Minimo medie 8 ore	2	18
Media delle medie 8 ore	15	84
Massimo medie 8 ore	63	174
Percentuale medie 8 ore valide	79%	68%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	67
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	0	8
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	5
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	2
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Al fine di proteggere la salute umana, la normativa prevede per l'ozono un valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media di 8 ore, da non superare per più di 25 giorni all'anno (come media su tre anni), durante la campagna estiva si sono registrati 9 superamenti di tale livello normativo e nessun superamento del livello informazione; il valore medio del periodo è pari a 67 µg/m<sup>3</sup> con un valore massimo di 158 µg/m<sup>3</sup>, vedi Tabella 24.

In inverno i valori sono più contenuti dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 15 µg/m<sup>3</sup>, con una massima media oraria di 35 µg/m<sup>3</sup> e nessun superamento. In estate invece la media è pari a 83 µg/m<sup>3</sup> con un valore massimo giornaliero di 111 µg/m<sup>3</sup>. Nel periodo estivo si sono registrati 8 superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e 2 superamenti del livello di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>).

Nella Figura 40 si riporta il profilo della media mobile sulle 8 ore da cui si evincono i superamenti registrati in entrambi i periodi.

Dal grafico in Figura 41 in cui si riporta il profilo orario registrato a Torino - Piazza Baldissera e quello relativo ad alcune stazioni di fondo della rete di monitoraggio provinciale si evince che le concentrazioni misurate a Torino - Piazza Baldissera sono risultate complessivamente in linea, sia negli andamenti sia nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della RRQA considerate per il confronto.

Figura 40: O<sub>3</sub> - confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

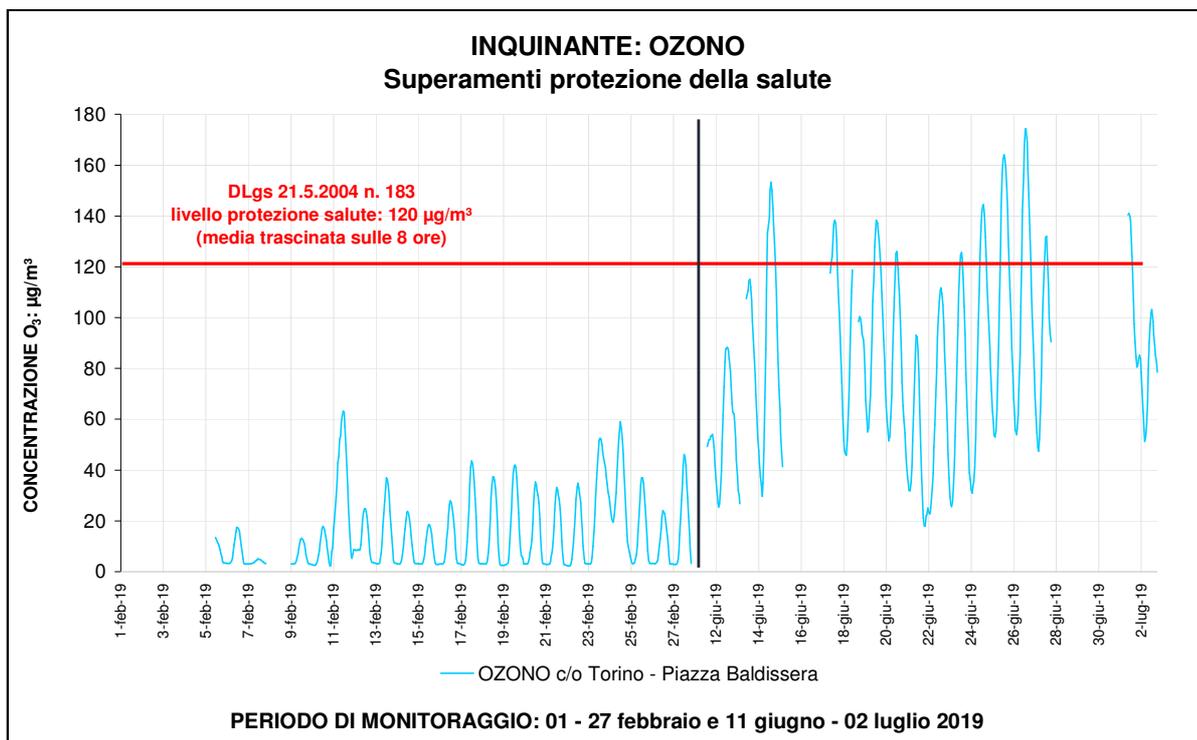
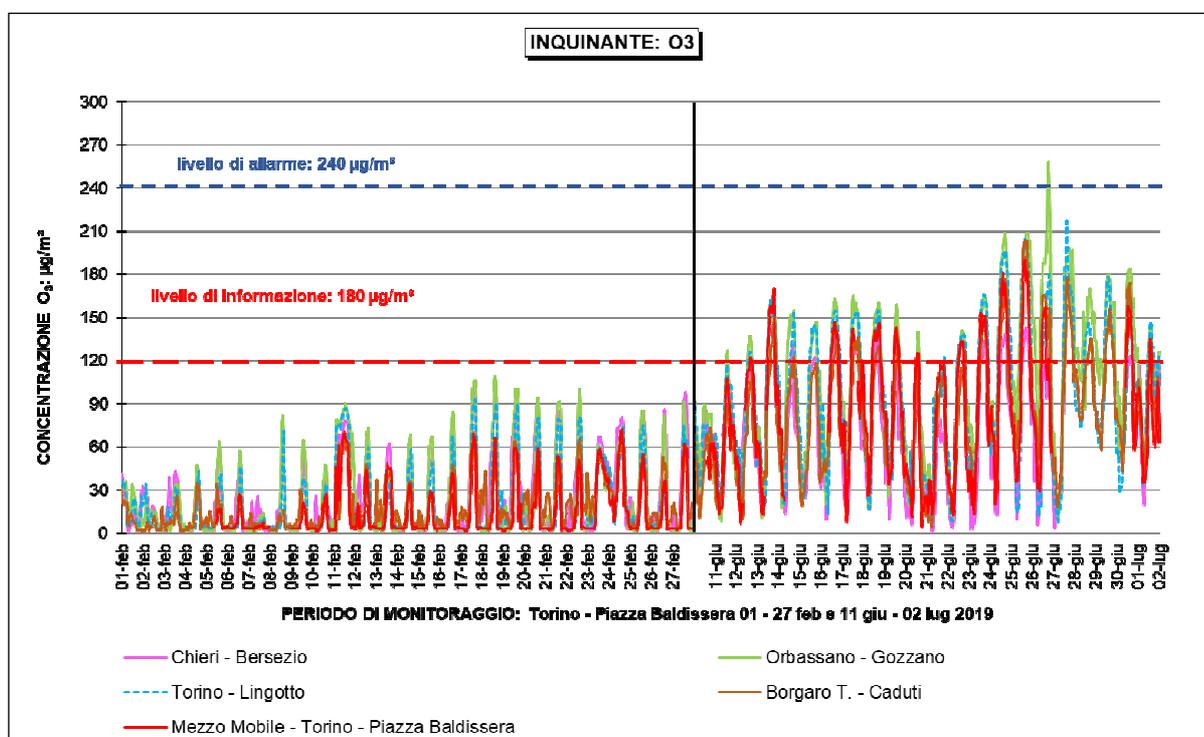
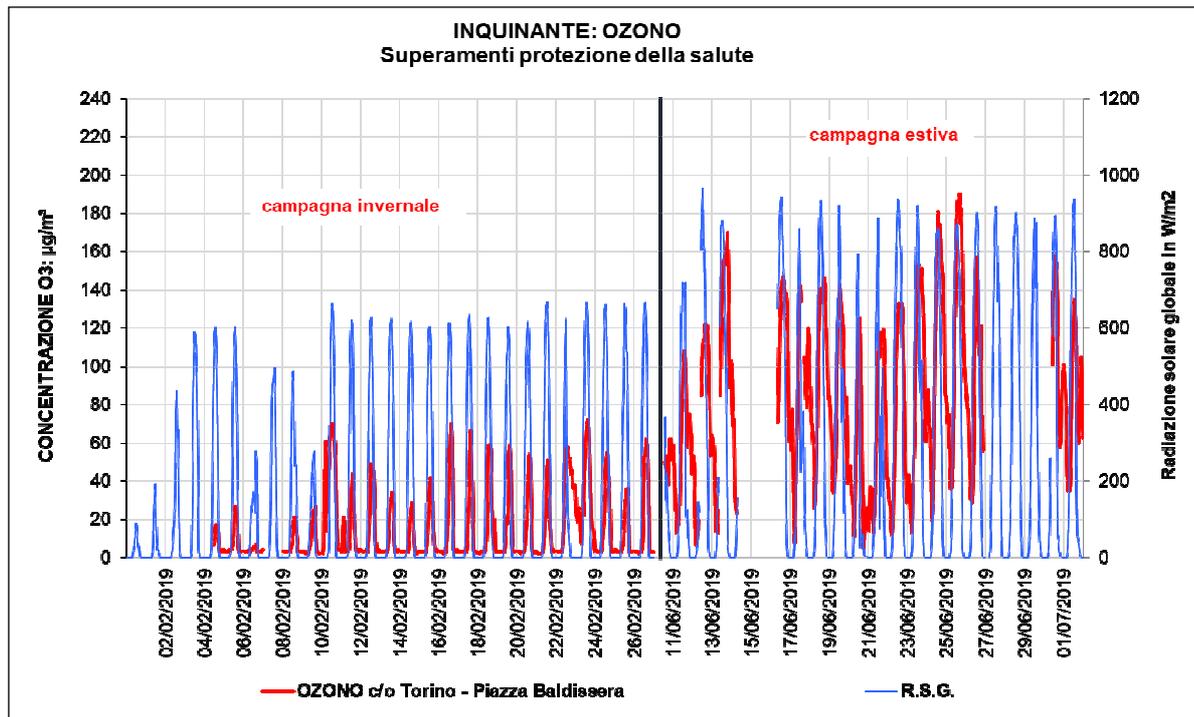


Figura 41: O<sub>3</sub> - andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo invernale



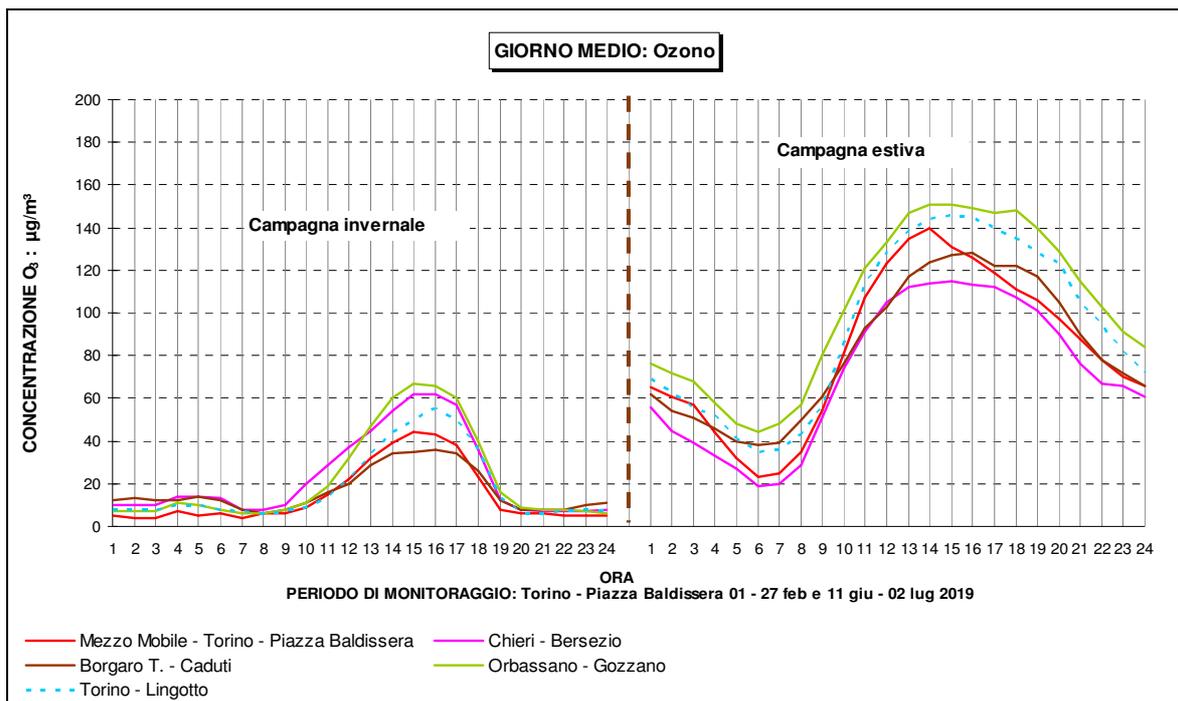
Nella Figura 42 si riporta la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare durante le due campagne di monitoraggio da cui è possibile notare la correlazione che c'è tra i livelli di ozono che si registrano e l'irraggiamento solare.

**Figura 42: O3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale**



I valori più alti di ozono sono tipici dei periodi caldi dell'anno, l'ozono è infatti un inquinante secondario che viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti (principalmente NOx e composti organici volatili VOC) a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per questo motivo i valori più elevati delle concentrazioni medie orarie si hanno nei giorni con intensa insolazione e in assenza di coperture nuvolose. Ciò è evidente anche confrontando il profilo del giorno medio a Torino - Piazza Baldissera e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa nello stesso periodo (in Figura 43).

**Figura 43: O3 - confronto del profilo del giorno medio registrato durante le due campagne di misura**



## CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalle campagne di monitoraggio in Piazza Baldissera nella città di Torino è in linea con quanto viene misurato in siti di traffico dell'area metropolitana torinese.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; è stato rispettato il valore limite per la protezione della salute umana su base oraria dal monossido di carbonio. Per gli altri inquinanti, per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, sono stati invece registrati dei superamenti. Infatti, per il PM<sub>10</sub> nella campagna invernale si sono verificati 20 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> su 27 giorni validi; il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile. Per il biossido di azoto si sono registrati 2 superamenti del livello orario per la protezione della salute umana durante il periodo invernale.

Per il PM<sub>10</sub>, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati dalle centraline della rete fissa di monitoraggio Arpa nel triennio precedente, ottenendo una media stimata pari a 42 µg/m<sup>3</sup>, superiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>.

Il confronto delle concentrazioni misurate in Piazza Baldissera con i valori rilevati presso le altre stazioni provinciali, nel periodo in cui è stato condotto il monitoraggio, mostra come i livelli rilevati siano tipici di una stazione di traffico urbano. Dal momento che le stazioni fisse, di traffico urbano, che hanno mostrato negli stessi periodi di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame hanno presentato su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite sia superato anche nel sito oggetto del monitoraggio.

La scelta di utilizzare l'ultimo triennio per stimare la media annuale nel sito di piazza Baldissera emerge dal fatto che non sono ancora disponibili tutti i dati del 2019, anno in cui sono state condotte entrambe le campagne di misura. Questa scelta potrebbe determinare una stima in eccesso dei livelli considerando che il 2017 è stato un anno piuttosto critico; ciò che è importante è comunque evidenziare l'analogia del sito con quello di Torino - Rebaudengo che di fatto presenta la stessa tipologia di stazione.

Per quanto riguarda il PM<sub>2.5</sub> la stima del valore medio annuale, pari a 30 µg/m<sup>3</sup>, superiore al valore limite di 25 µg/m<sup>3</sup> previsto dal D.Lgs 155/2010.

La stima del valore annuale del benzene è pari a 1,9 µg/m<sup>3</sup> e del benzo(a)pirene è pari a 0.9 ng/m<sup>3</sup> entrambe ben al di sotto dell'indicatore normativo.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore.

Durante le campagne di misura sono stati registrati superamenti dei limiti normativi per quanto riguarda l'ozono, in maniera analoga a quanto avvenuto in altre stazioni di fondo della rete fissa.

L'ozono ha registrato valori complessivamente in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete. Non è stata in ogni caso evidenziata nessuna criticità prettamente locale legata a tale inquinante che è di fatto ubiquitario.

In conclusione, la valutazione congiunta di tutti gli inquinanti monitorati, per l'area rappresentata dal sito di monitoraggio, ha evidenziato le stesse problematiche, già note, della stazione fissa di Torino – Rebaudengo, tra quelle più critiche a livello provinciale, e delle altre stazioni di traffico torinesi e dell'area metropolitana interessate da fonti emissive dovute ad attività antropiche, quali traffico veicolare e riscaldamento domestico, presenti nella RRQA.

## **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 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE 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>