


**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		Firmato digitalmente da: Carlo Paolo Bussi Motivo: Responsabile S.S. F06.02 Luogo: Torino Data: 20/01/2020 11:16:48
	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.

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

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 è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

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_x), 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 ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO ₂)	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 ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO _x)	--	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 ₃) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	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 ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
OZONO (O ₃) (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 ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri ⁽³⁾	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

(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/m³ e il valore di 80 µg/m³, 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 ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 ng/m ³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ 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 alla 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 periodo 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

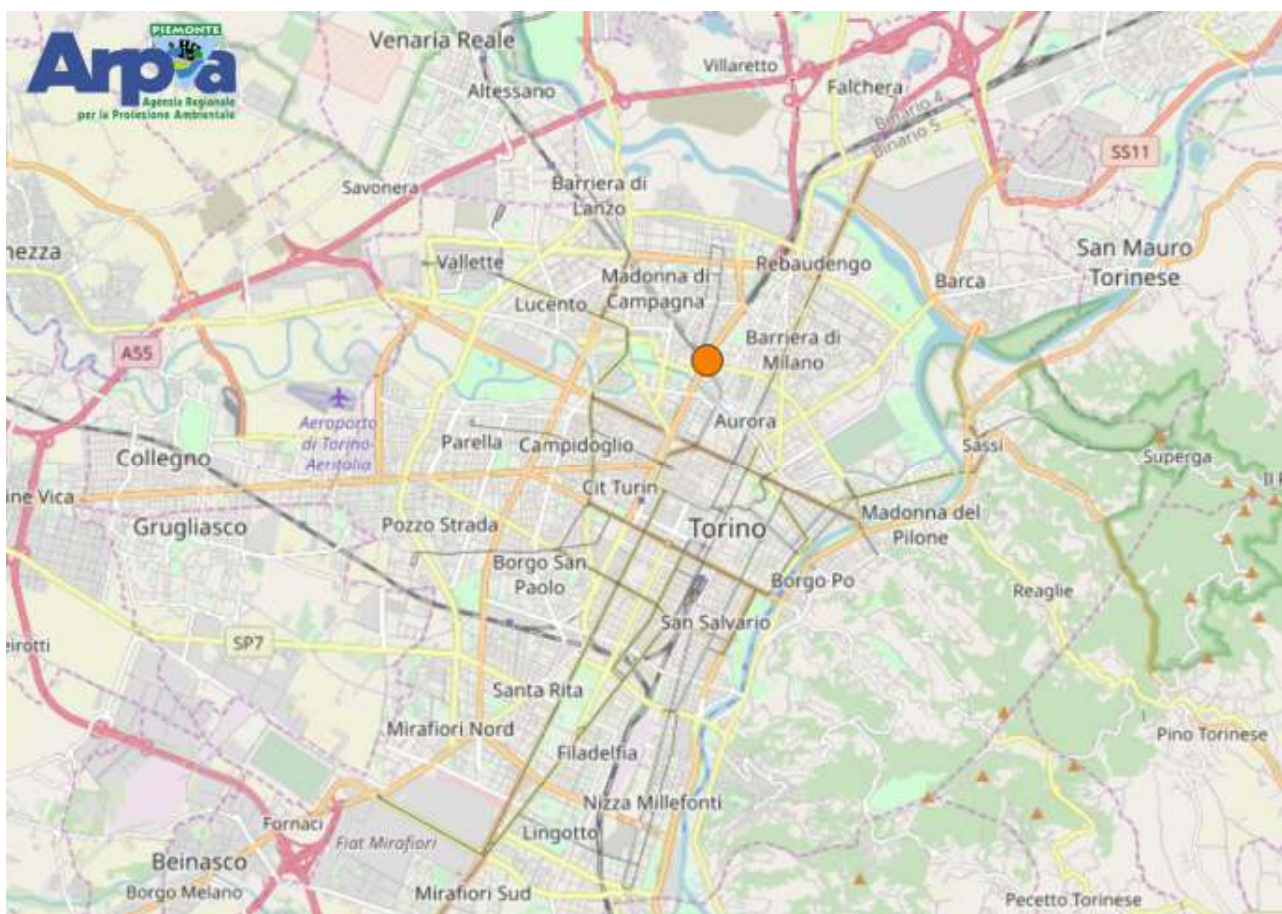


Figura 2: Ubicazione del Laboratorio Mobile della qualità dell'aria nel comune di Torino – piazza Baldissera (particolare)



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"> • I CAMPAGNA 31 gennaio ÷ 28 febbraio 2019 • II CAMPAGNA 10 giugno ÷ 03 luglio 2019 	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 ²
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 ²	°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

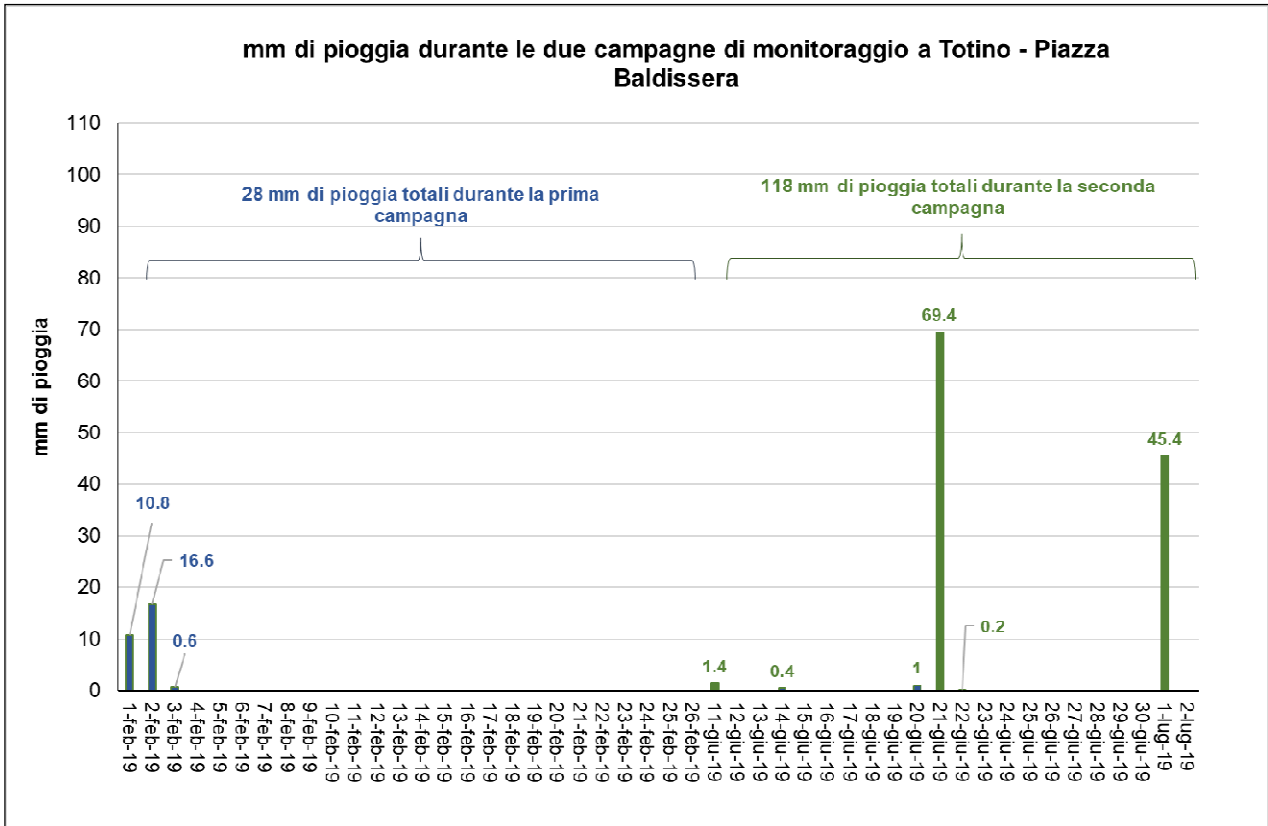


Figura 5: Andamento della velocità del vento a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura

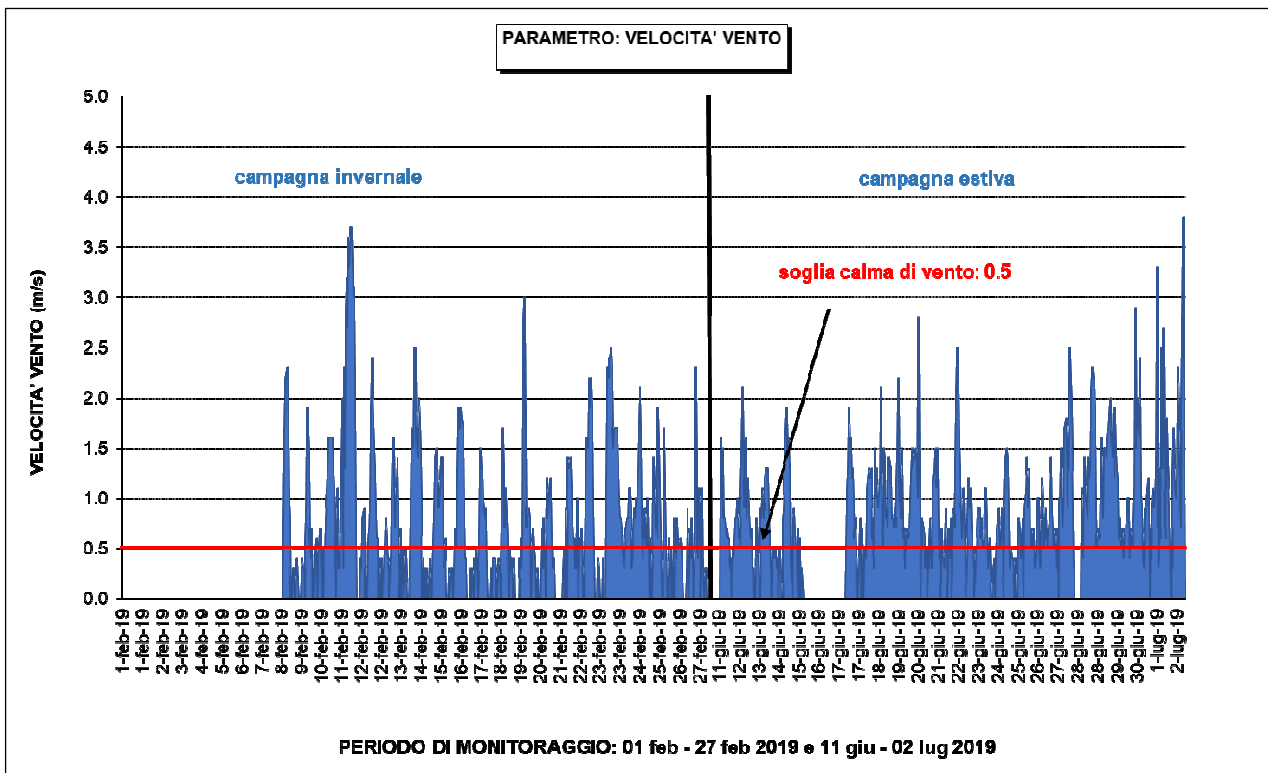


Figura 6: Andamento della radiazione solare a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura

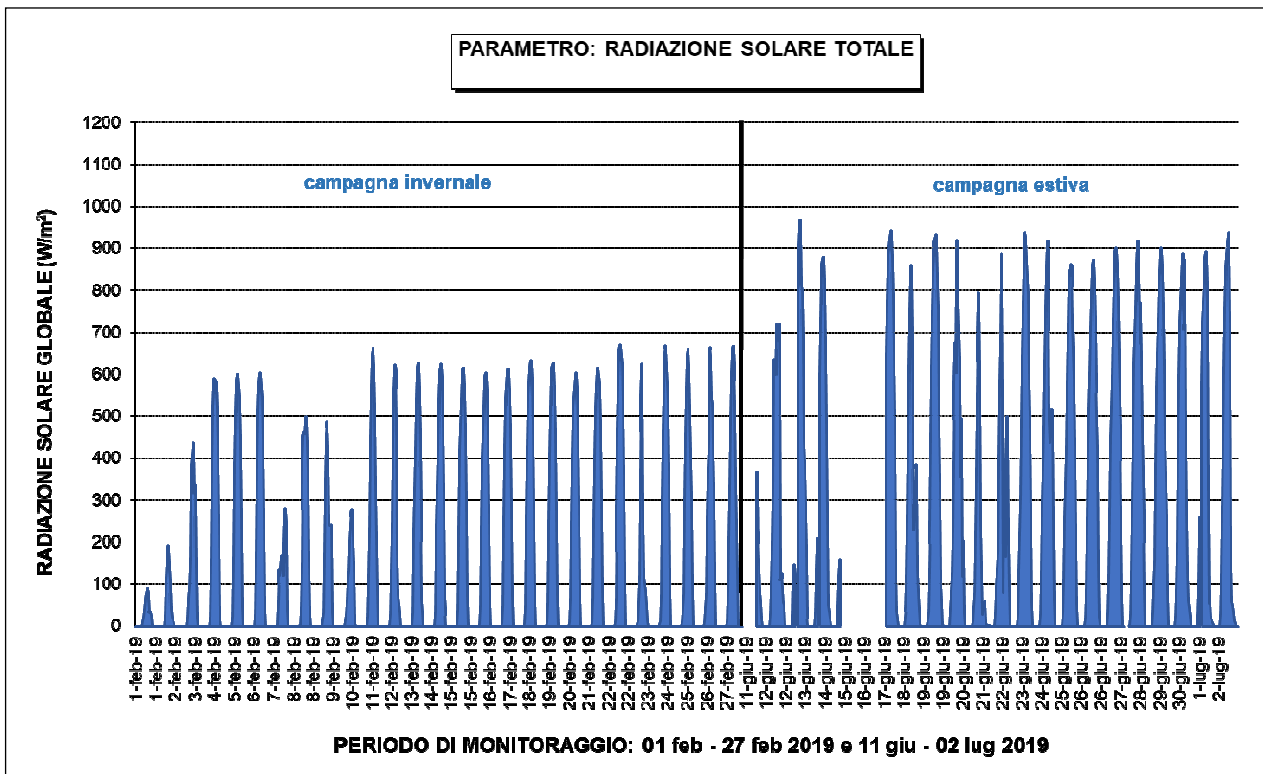


Figura 7: Andamento della pressione atmosferica a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne

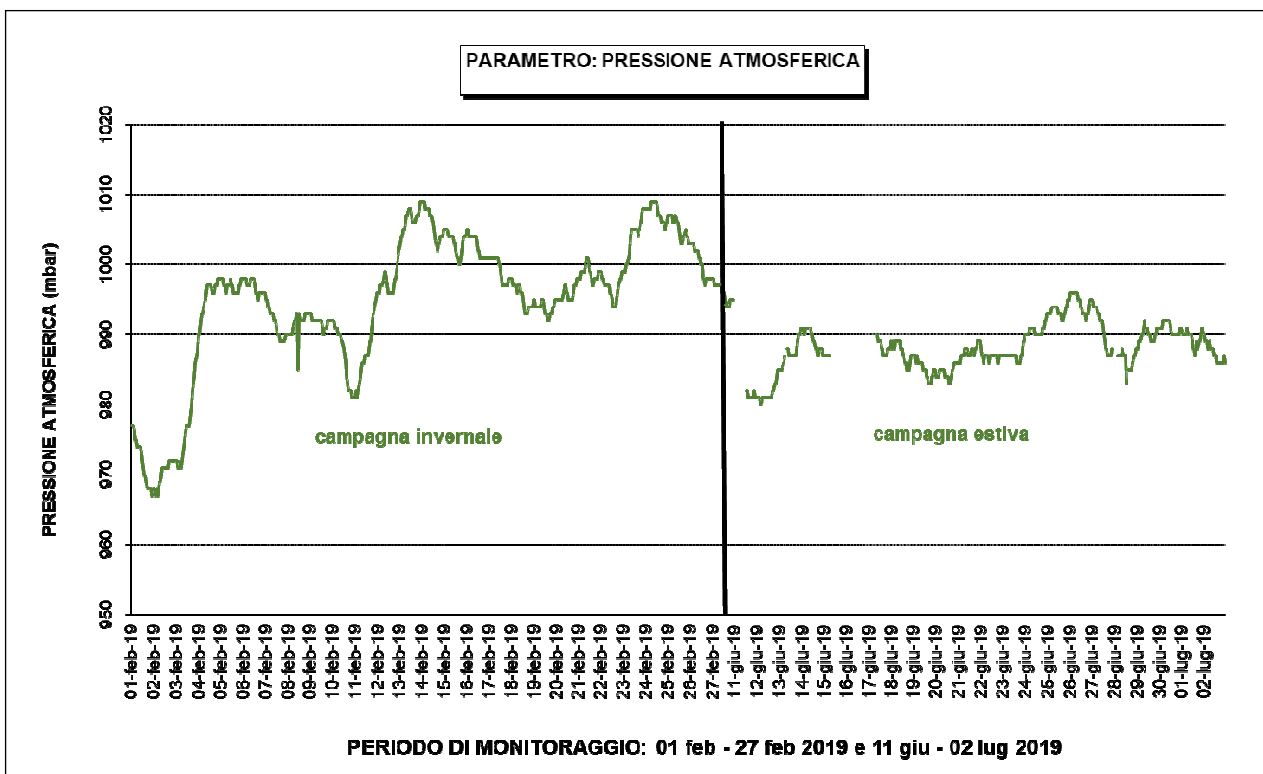


Figura 8: Andamento di temperatura a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura

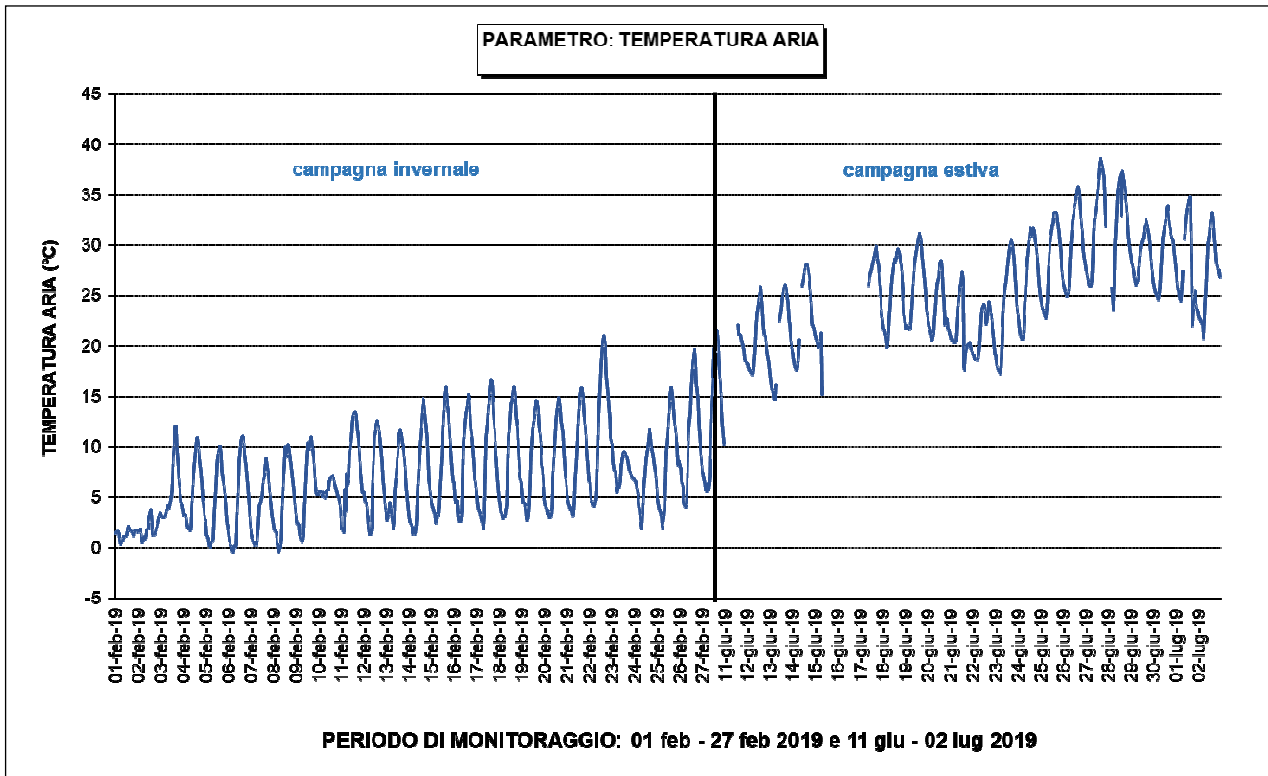
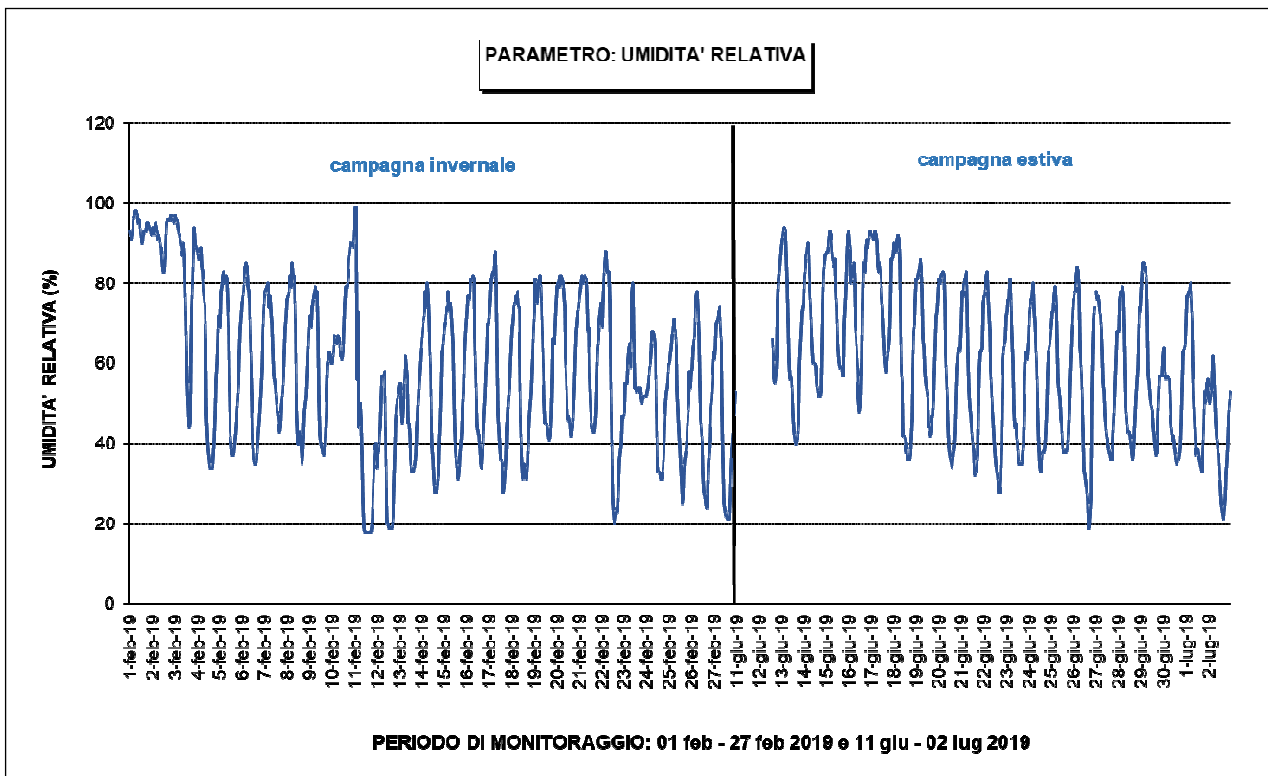


Figura 9: Andamento della umidità relativa a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura



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.

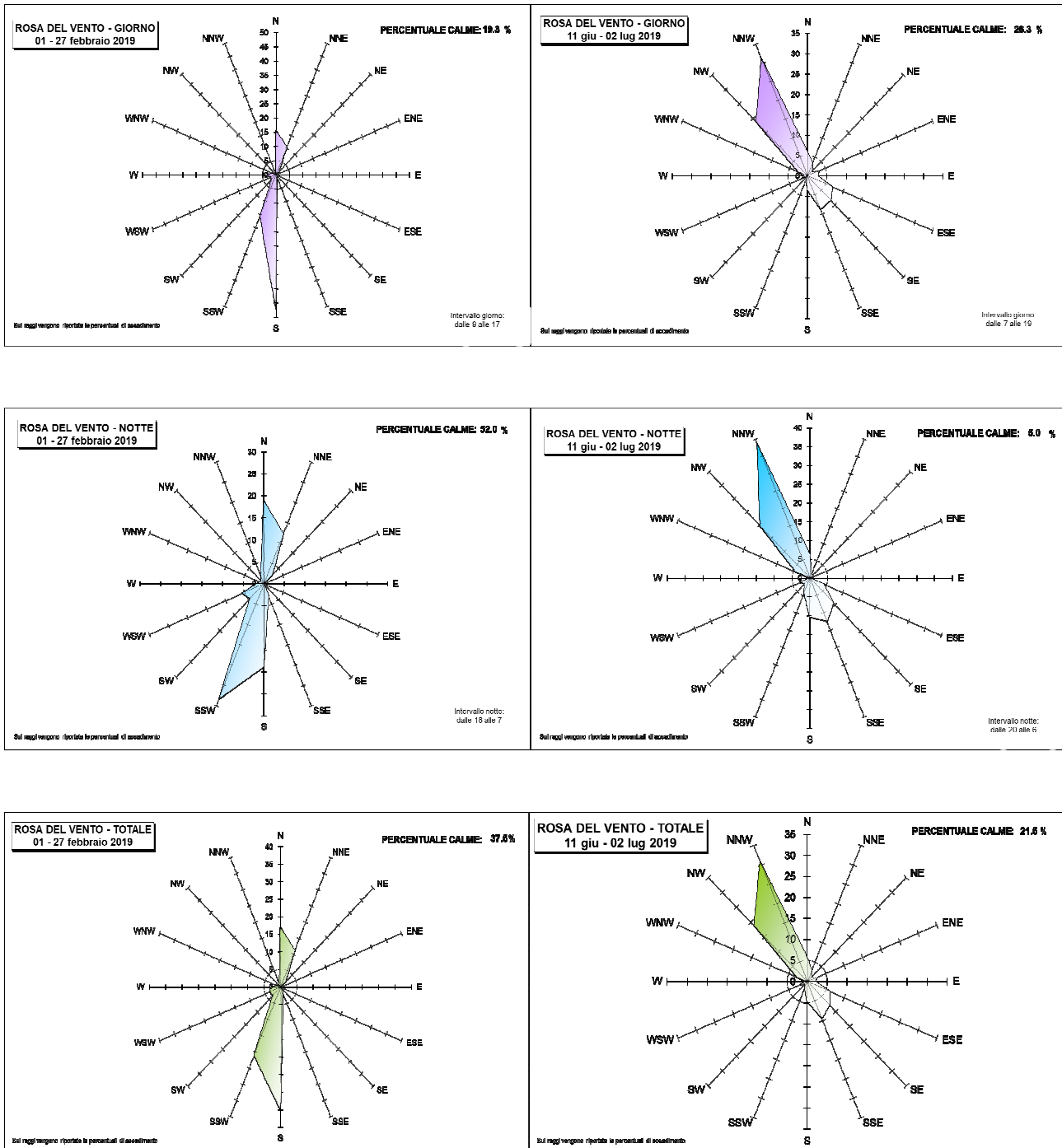
Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 60 mm medi ed un deficit di 36.1 mm (pari al 38%); giugno 2019 si pone al 13° posto tra i corrispondenti mesi più secchi degli ultimi 62 anni.

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 (mg/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 carbossemoglobina, 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 (mg/m^3), della campagna di monitoraggio

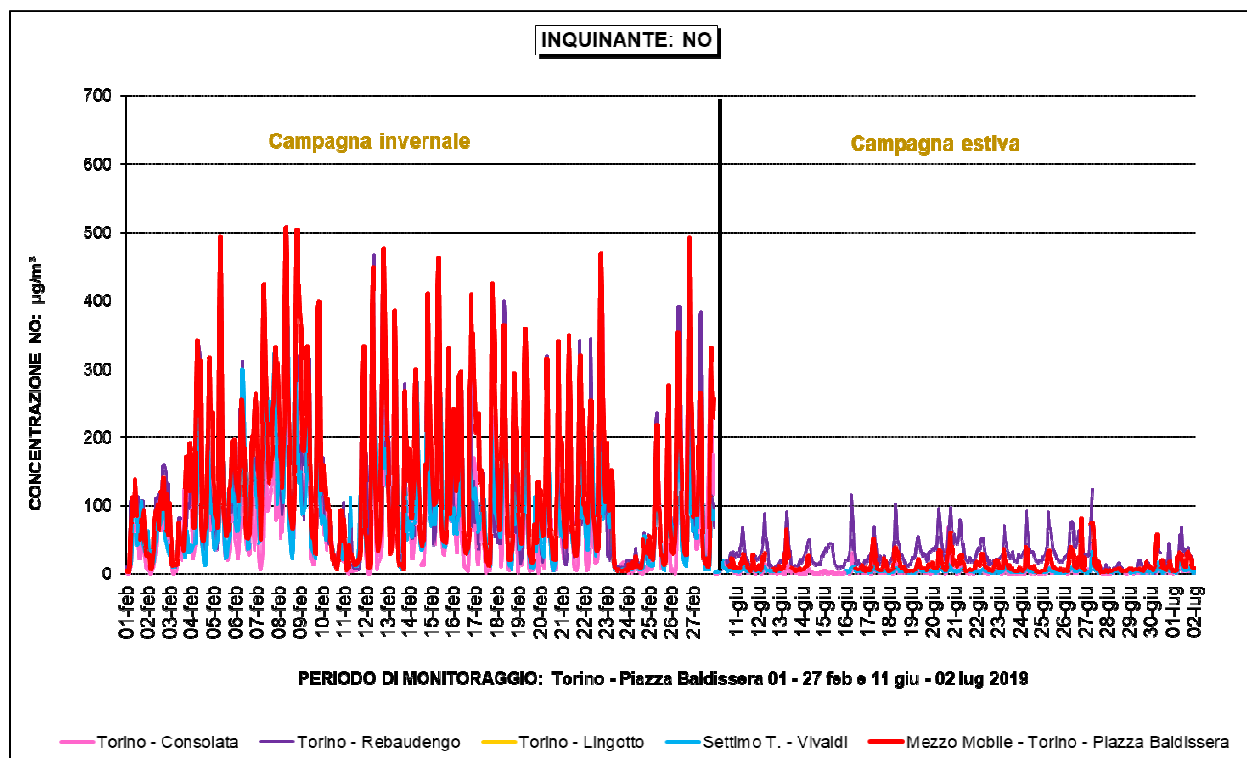
Monossido di carbonio (mg/m^3)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.4	0.3
Massima media giornaliera	1.6	0.5
Media delle medie giornaliere	1	0.4
Giorni validi	26	16
Percentuale giorni validi	93%	73%
Media dei valori orari	1	0.4
Massima media oraria	2.4	0.8
Ore valide	643	397
Percentuale ore valide	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 > 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) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

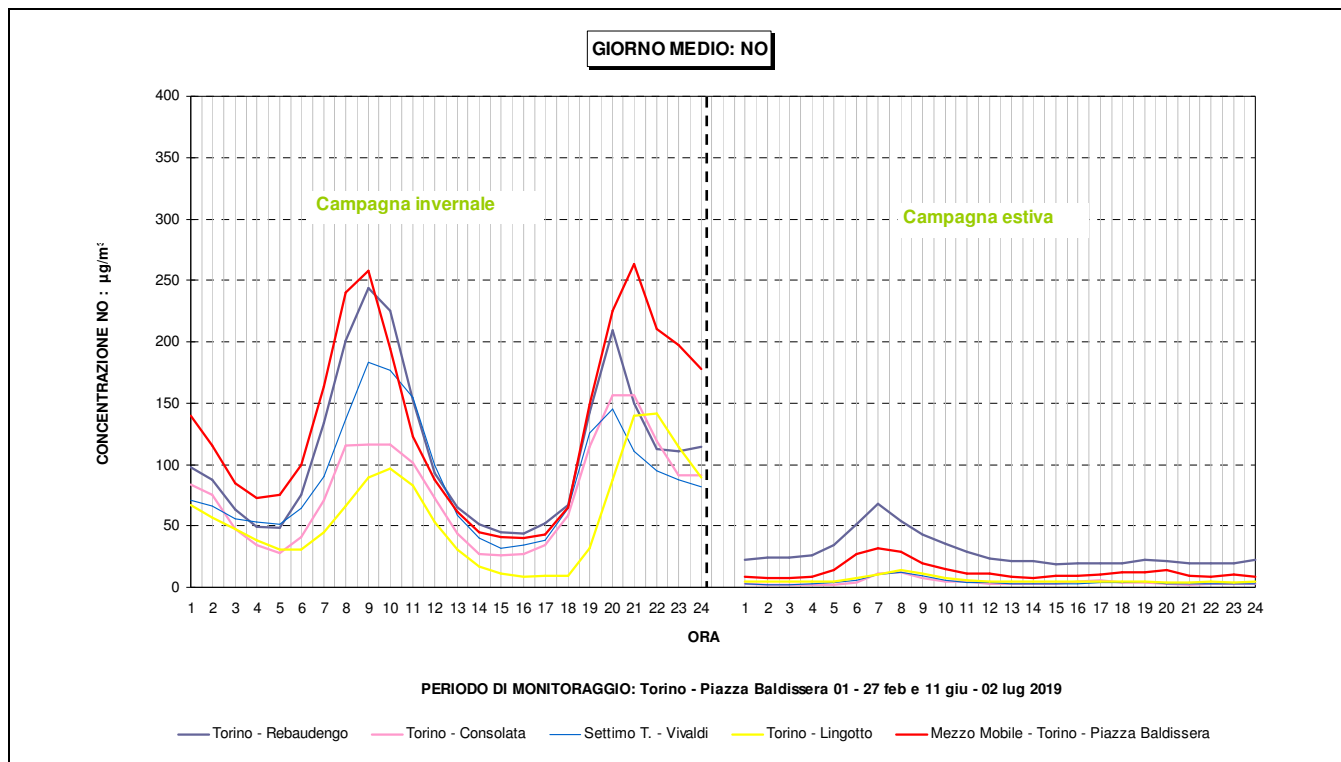
Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Torino – Piazza Baldissera	Torino - Rebaudengo	Torino – Piazza Baldissera	Torino - Rebaudengo
	Inverno		Estate	
Minima media giornaliera	19	24	5	7
Massima media giornaliera	265	210	20	49
Media delle medie giornaliere (b):	132	110	13	28
Giorni validi	27	26	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 (NO₂) (µg/m³)

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: NO₂ - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

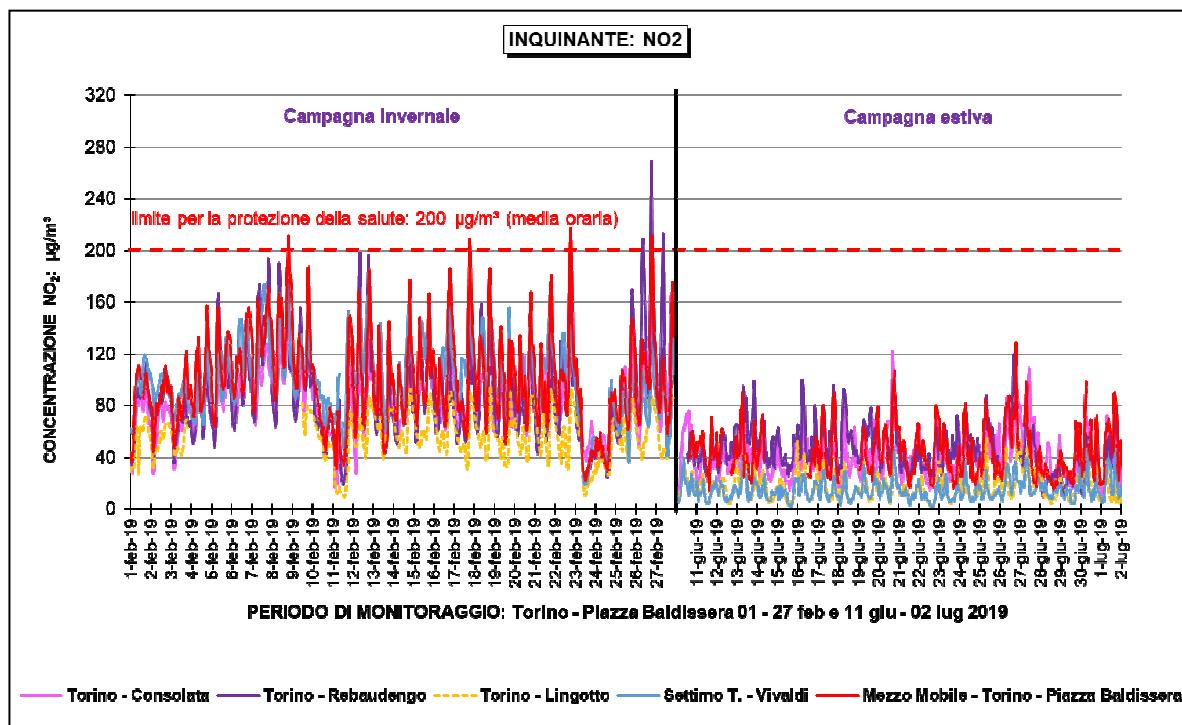
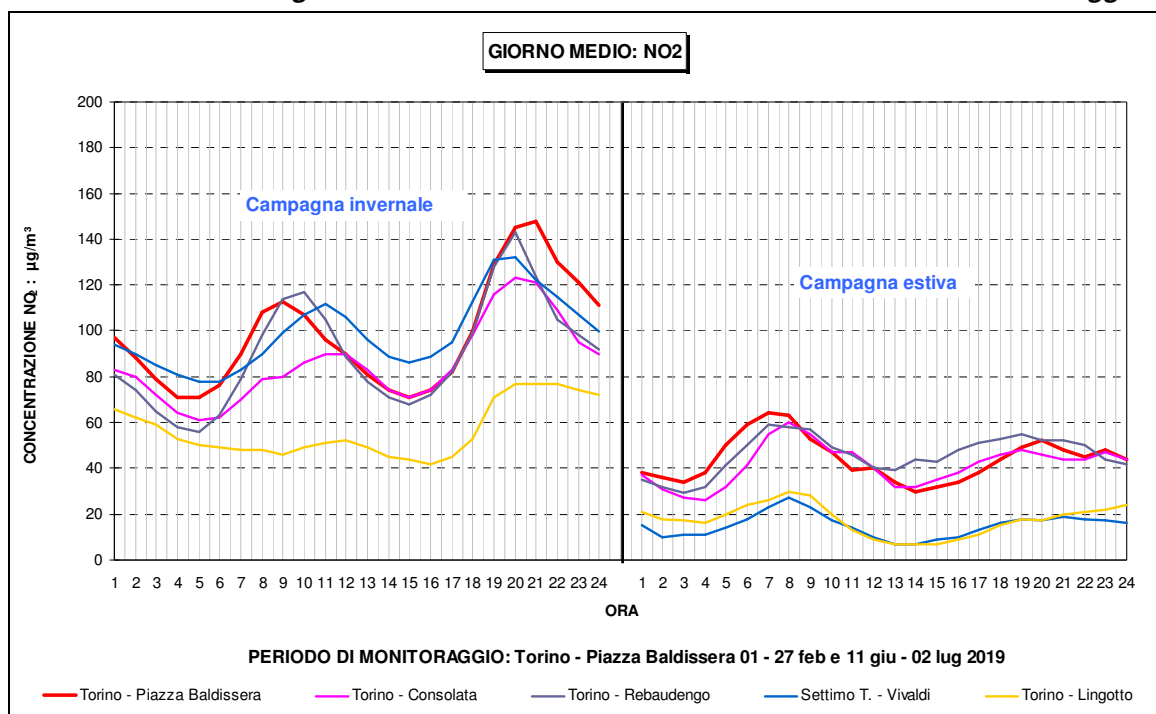


Figura 15: NO₂ - andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



La formazione di NO₂ 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'NO₂ registra un valore medio di 44 µg/m³, con un picco di 129 µg/m³, 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' 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: NO_2 - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie del triennio 2016-2018 nella Città Metropolitana di Torino

Stazioni di misura	Media NO_2 PRIMA campagna	Media NO_2 SECONDA campagna	Media NO_2	Media 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
Mobilab - Torino Piazza Baldissera	98	45	72	62
Media CMT senza TO	53	18	36	30
Torino - Lingotto	56	18	37	38
Torino - Rubino	64	20	42	34
Torino - Consolata	86	42	64	54
Torino - Rebaudengo	90	46	68	69
Media CMT	58	21	39	32

Rapportando poi il valore della concentrazione media del triennio 2016 - 2018 di 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_2 - stime della concentrazione annuale di NO_2 a Torino - Piazza Baldissera rispetto alla media registrata nel triennio 2016 – 2018

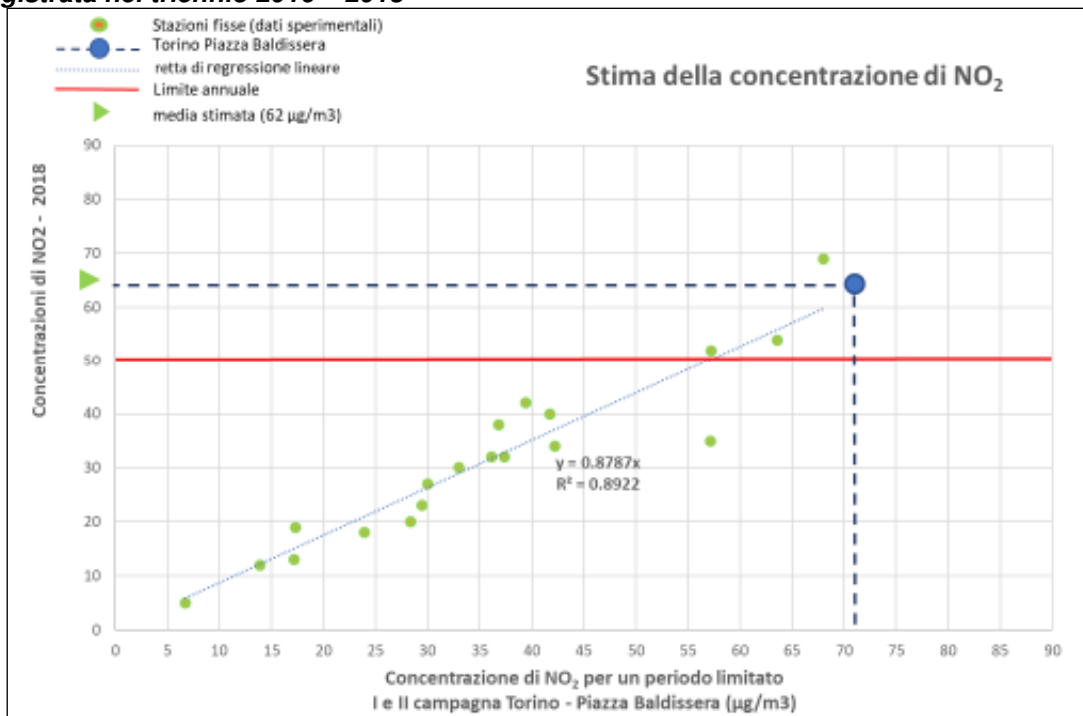
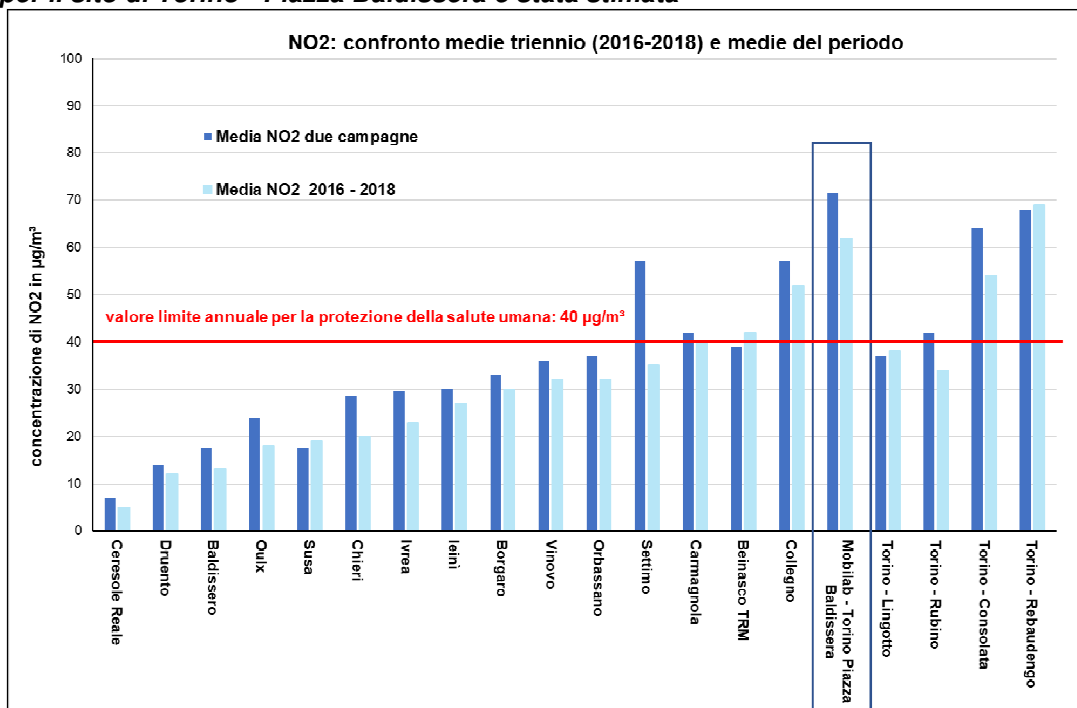


Figura 17: NO_2 - confronto medie triennio e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Torino - Piazza Baldissera è stata stimata



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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

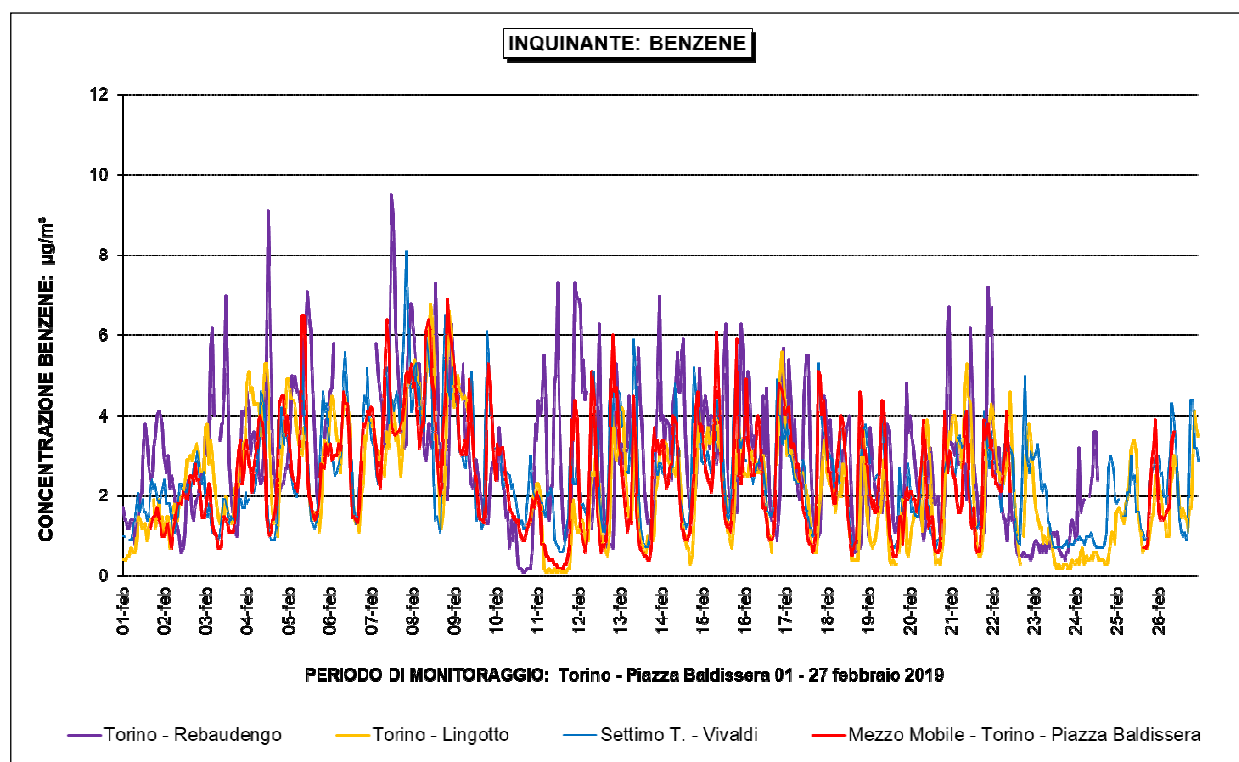
	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.2	0.3
Massima media giornaliera	4.4	1.6
Media delle medie giornaliere (b):	2.6	1.2
Giorni validi	22	13
Percentuale giorni validi	81%	59%
Media dei valori orari	2.5	1.1
Massima media oraria	7.8	2.3
Ore valide	555	362
Percentuale ore valide	86%	69%

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/m³; 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 ¹

Applicando tale procedimento la media annuale stimata è pari a 1.9 µg/m³, (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_c : media periodo campagne benzene Torino - Piazza Baldissera

M_c : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, benzene Torino - Piazza Baldissera

m_p : media periodo campagne benzene CMT

M_p : media triennio 2016-18 benzene CMT

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

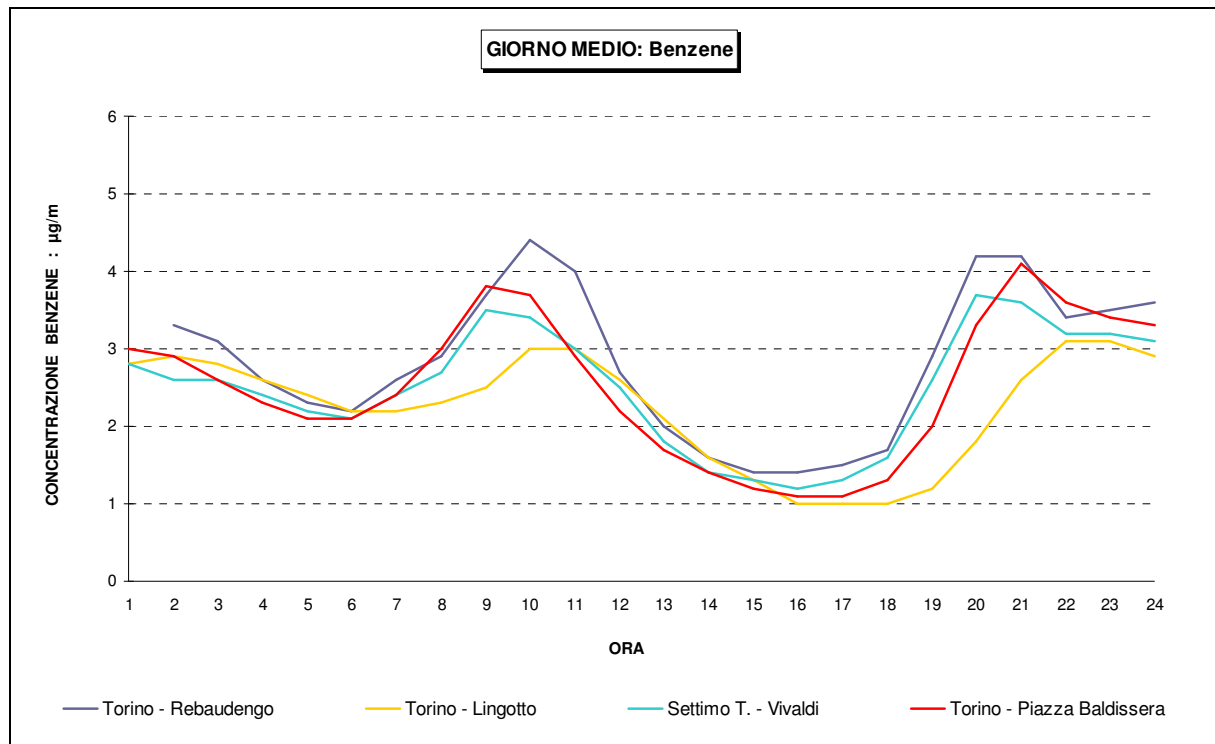
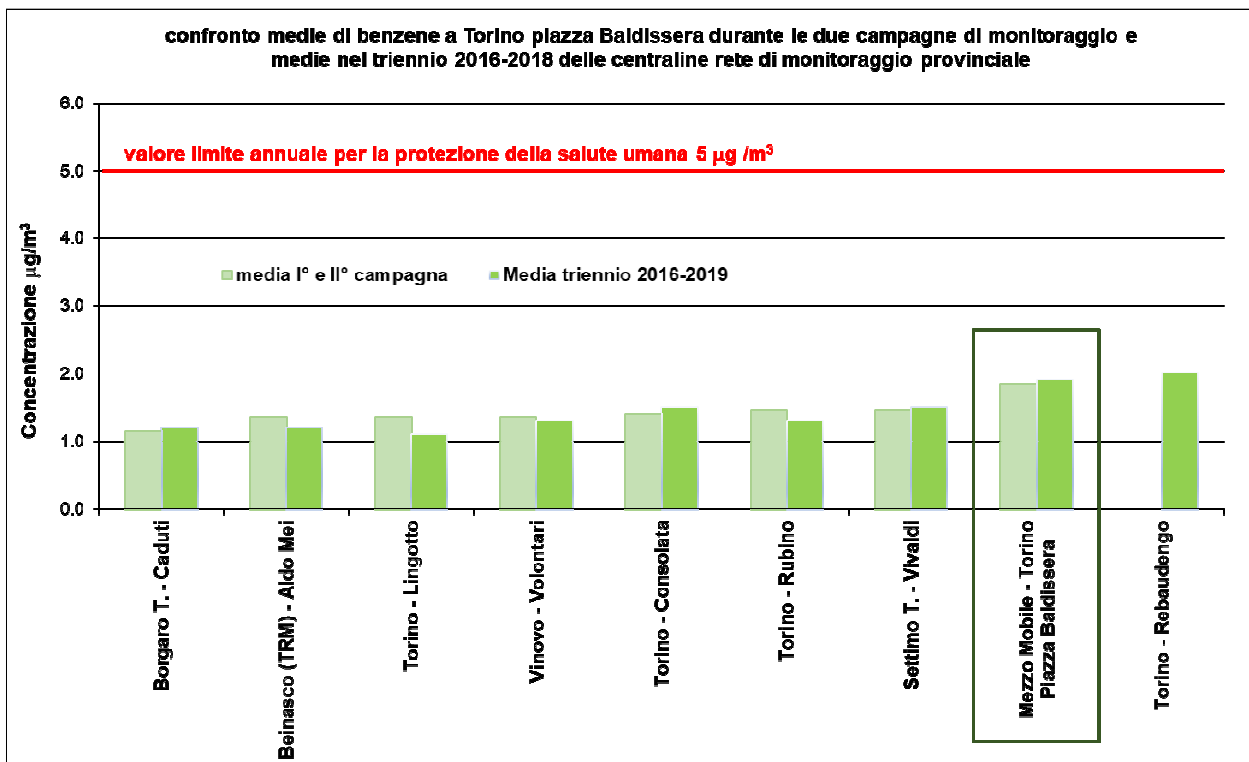


Figura 20: Benzene confronto media triennio 2016 - 2018 e media del periodo



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

