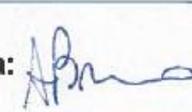
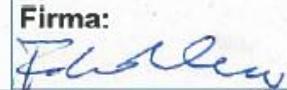


DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura semplice "Attività di Produzione"

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE
 RELAZIONE IV CAMPAGNA (26 febbraio – 18 marzo 2016)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Annalisa Bruno	Data: 30.12.16	Firma: 
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 30.12.16	Firma: 



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto Tematismo Aria" del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, d.ssa Elisa Calderaro, sig.ra. Maria Leogrande, d.ssa Laura Milizia, d.ssa Marilena Maringo, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, d.ssa. Claudia Strumia, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale dott. Francesco Lollobrigida

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

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>6</i>
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	<i>8</i>
<i>Il quadro normativo</i>	<i>8</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	11
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	<i>12</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>16</i>
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	22
Biossido di zolfo	23
Ossidi d'azoto.....	26
Monossido di carbonio.....	31
Benzene e toluene	34
Particolato sospeso (PM ₁₀ e PM _{2.5}).....	37
Ozono	42
CONCLUSIONI	45
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	46





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^3) al microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo 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 alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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 ZOLFO					
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 di monitoraggio della qualità dell'aria.

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

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico 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 biossido di zolfo (SO₂), 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 biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM10, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 20 µg/m³ 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.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014".

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/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 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM10)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/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
	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

La IV campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Rivarolo C.se da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata per rilevare la qualità dell'aria nel territorio comunale anche in relazione al contributo emissivo della centrale a biomasse (cippato di legno) della ditta SIPEA, ubicata in Rivarolo via Montenero, a poche centinaia di metri dal centro cittadino.

Nel comune di Rivarolo Arpa Piemonte ha già svolto 3 campagne di misura con il laboratorio mobile per il rilevamento della qualità dell'aria. Durante le prime due campagne, effettuate nel 2014, il mezzo mobile è stato collocato lungo l'arteria principale del paese, nei pressi della rotonda tra corso Indipendenza e corso Italia. Trattandosi di un sito di traffico i risultati hanno fornito la descrizione dello stato di qualità dell'aria che sussiste nelle immediate adiacenze di corsi ad elevato flusso veicolare, ma non necessariamente rappresentativo della situazione di fondo nel contesto urbano.

In occasione della terza campagna di monitoraggio – inverno 2015 - è stato quindi deciso, in accordo con l'Amministrazione Comunale (protocollo Arpa n° 1143 del 09/01/2014), di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria di un'area a carattere residenziale abitativo, esente dagli apporti immediati del traffico e rappresentativa di una situazione d'inquinamento "di fondo" del territorio comunale. Il sito individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile è risultato il cortile dell'ex scuola elementare (non più in uso dal settembre 2015), situata in via Roma, 1.

L'amministrazione ha fatto quindi richiesta di svolgere ulteriori due campagne di misura nel nuovo sito di monitoraggio: una nuova campagna invernale - la quarta, oggetto della presente relazione e una campagna estiva che verrà effettuata successivamente.

Lo schema delle campagne svolte e previste nel comune di Rivarolo Canavese è riassunto nella Tabella 5.

Tabella 5 – Specifiche del nuovo sito di misura di Rivarolo Canavese

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
			EST:	NORD:
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	<ul style="list-style-type: none"> • I CAMPAGNA 28 gen – 4 mar 2014 • II CAMPAGNA 6 ago – 16 set 2014 	Corso indipendenza angolo corso Italia Rivarolo Canavese	EST: 399893	NORD: 5020791
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	<ul style="list-style-type: none"> • III CAMPAGNA 15 gen – 15 feb 2015 • IV CAMPAGNA 26 feb– 18 mar 2016 • V CAMPAGNA <i>periodo estivo futuro</i> 	Scuola Elementare Via Roma 1 Rivarolo Canavese	EST: 399771	NORD: 5020468

La VI campagna, come accennato, si è svolta nuovamente nel periodo invernale e precisamente **dal 26 febbraio al 18 marzo 2016**. Si rammenta tuttavia che nelle elaborazioni svolte non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del mezzo, perché in fase di studio è necessario considerare solo i giorni di campionamento completi, escludendo quelli di installazione e disinstallazione. Il periodo effettivo di studio va quindi dal 27 febbraio al 17 marzo.

Nelle Figure 1 e 2 è riportata sulle cartografie del Comune di Rivarolo l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle quattro campagne di monitoraggio. Nella Figura 2 è stato evidenziato il particolare cartografico del sito della IV campagna di misura. La Figura 3 e la Figura 4 rappresentano due foto del laboratorio mobile nel punto di misura in via Roma, 1 nel cortile dell'ex scuola elementare.

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

Analogamente nel caso in esame non è possibile un confronto con lo stato della qualità dell'aria nel periodo precedente l'avvio dell'impianto poiché non sono state effettuate campagne ante operam in quanto l'Amministrazione Comunale non aveva avanzato richiesta in tal senso.

Va sottolineato inoltre che i dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale 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 e s.m.i.), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno variabile 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). Il rispetto formale di tale vincolo, dato il numero di richieste che pervengono dal territorio di competenza del Dipartimento, non permetterebbe di evadere le richieste stesse in tempi ragionevoli.

I dati presentati forniscono quindi un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; come già accennato il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo finalizzate ad inquadrare lo stato della qualità dell'aria nel sito considerato nel contesto della Città Metropolitana di Torino.

Figura 3 – Foto del sito di campionamento della IV campagna.



Figura 4 – Foto del sito di campionamento della IV campagna.



Elaborazione dei dati meteorologici

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

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

Gli indici statistici dei parametri meteo sono riassunti nella Tabella 6. Si fa notare tuttavia che per quanto riguarda la radiazione solare e la pioggia si ha a disposizione un periodo di monitoraggio inferiore a quello complessivo della campagna. Per problemi tecnici infatti il sensore per la misura della radiazione solare e il pluviometro hanno cominciato a fornire valori corretti solo il 2 marzo 2016, quindi il periodo di dati validi va dal 2 al 17 marzo 2016.

Tabella 6: - *Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio*

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITÀ RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITÀ VENTO
U.M.	W/m ²	°C	%	hPa	m/s
Minima media giornaliera	3.9	2.6	36	963	0.34
Massima media giornaliera	132	11	93	990	1.1
Media delle medie giornaliere	78	6.8	64	974	0.5
Giorni validi	15	20	20	19	19
Percentuale giorni validi	75%	100%	100%	95%	95%
Media dei valori orari	80	6.8	64	974	0.5
Massima media oraria	542	17	100.0	992	2.4
Ore valide	373	480	480	456	441
Percentuale ore valide	78%	100%	100%	95%	92%

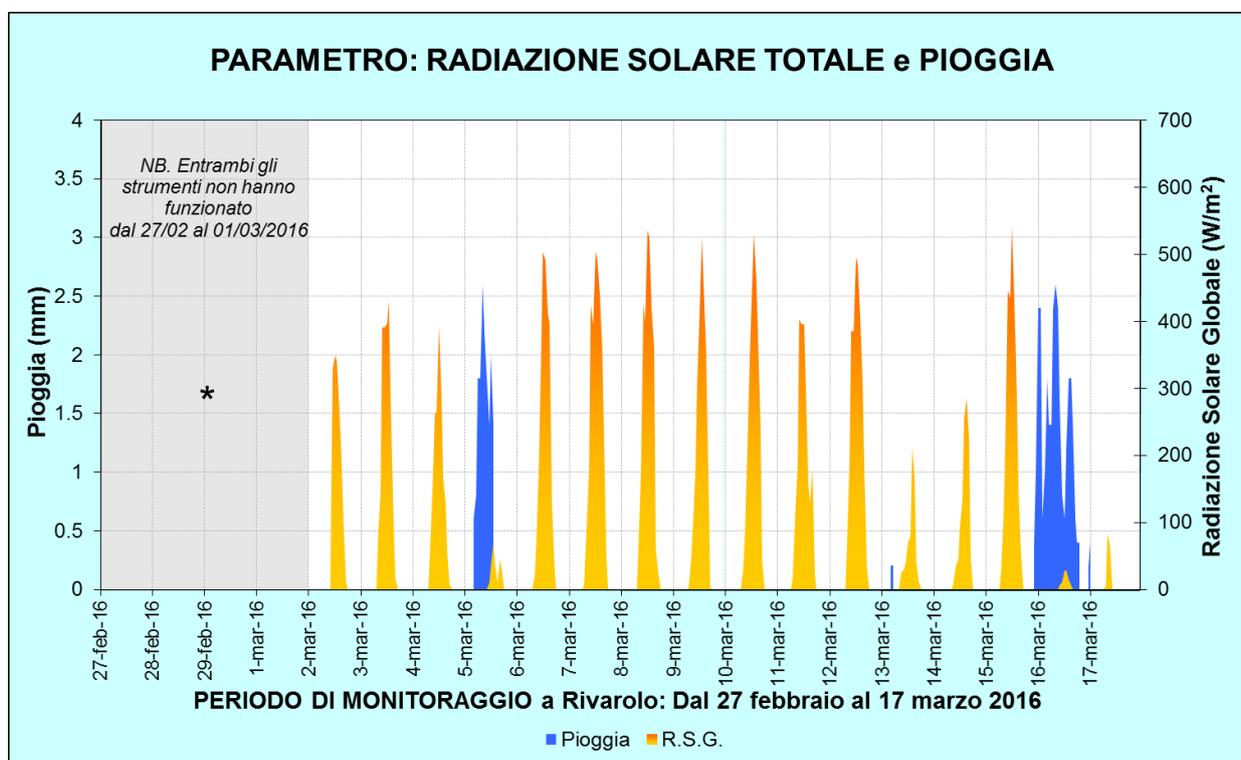
La Figura 5 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso della campagna di monitoraggio. Si fa notare che per tali parametri si ha a disposizione un periodo di monitoraggio inferiore a quello complessivo della campagna, in quanto per problemi tecnici il sensore per la misura della radiazione solare e il pluviometro hanno cominciato a fornire dati corretti dal 2 marzo 2016.

La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici del periodo invernale, con massimi orari di circa 500 W/m² nelle ore più calde della giornata. I valori medi e massimi sono inferiori a quelli di Caselle Torinese, stazione della rete meteo idrografica di Arpa Piemonte a una ventina di chilometri di distanza da Rivarolo. La differenza nei valori di radiazione dipende con ogni probabilità dal fatto che il sito individuato per la campagna di monitoraggio non permette di rispettare pienamente i criteri ottimali per il posizionamento di una stazione meteorologica: spazi aperti e nessuno o pochissimi ostacoli all'intorno. Come si vede dalla Figura 4 il mezzo mobile è stato installato nel cortile della ex scuola elementare, su un lato del quale sono presenti diversi alberi in grado di proiettare la propria ombra fino allo strumento di misura.

Nell'ambito delle campagne di valutazione della qualità dell'aria, d'altronde, la scelta del sito di monitoraggio deve tenere conto di molti fattori: la volontà del committente di indagare una determinata area, la presenza di un preesistente allaccio elettrico per la strumentazione, l'assenza di ostacoli importanti come palazzi a più piani che potrebbero ostacolare il passaggio delle masse d'aria; così non sempre è possibile evitare effetti quali l'ombra dei rami degli alberi che diminuiscono artificialmente la quantità di radiazione che arriva al sensore.

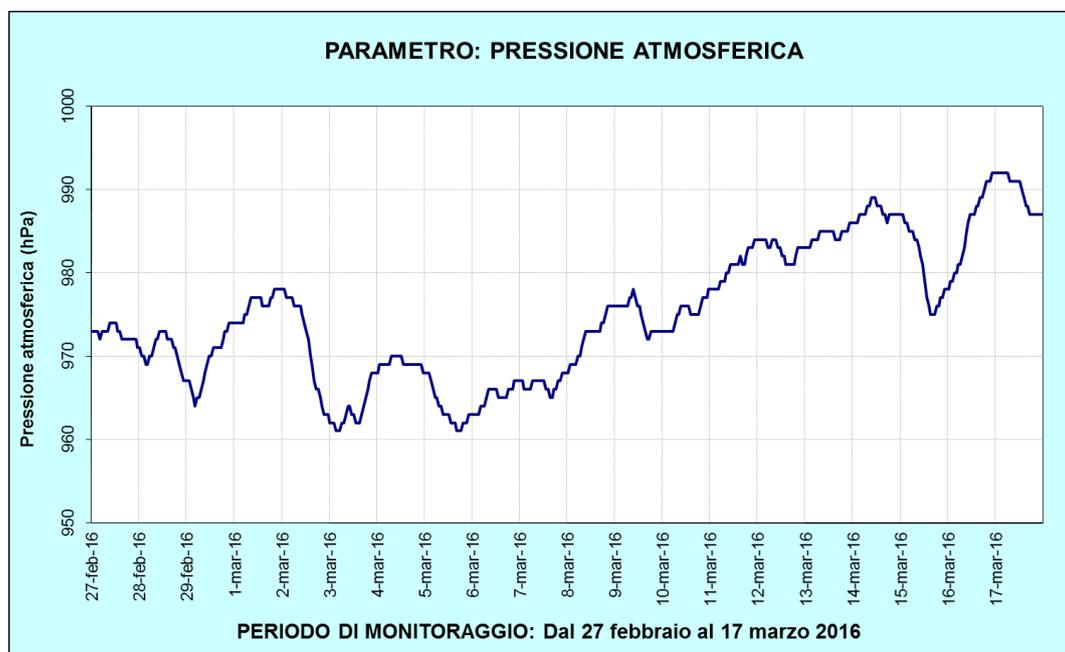
Durante la campagna di misura - che, ricordiamo, per la pioggia è limitata al periodo 2-17 marzo - sono caduti nell'insieme 50 mm di pioggia, concentrati prevalentemente il 5 marzo (17 mm) e il 16 marzo (29 mm). La media è di 3.1 mm di pioggia al giorno, lo stesso valore riscontrato durante la precedente campagna invernale (gennaio - febbraio 2015). Il dato è comparabile con quello della stazione di Caselle Torinese dove, nello stesso periodo si sono registrati 48 mm di pioggia. Sono stati invece molto piovosi i primi giorni della campagna, dal 27 al 29 febbraio la stazione di Torino Caselle ha registrato quasi 80 mm di pioggia in soli tre giorni. Purtroppo all'inizio della campagna il pluviometro del laboratorio mobile non ha ben funzionato e quindi non si hanno a disposizione valori validi di precipitazioni per questi giorni di misura. Occorrerà comunque tenerne conto durante l'analisi degli andamenti degli inquinanti chimici.

Figura 5 – Andamento di radiazione solare e pioggia nel sito di misura



Il campo pressorio si è attestato in media sui 974 hPa. La pressione è stata più bassa nella parte centrale della campagna di misura quando maggiore è stata la stabilità atmosferica e si sono verificate alcune giornate nebbiose (6-7 marzo).

Figura 6 – Andamento della pressione atmosferica nel sito di misura.



La temperatura media durante il periodo di misura è stata di 6.8 °C, il valore minimo di -2°C è stato registrato il 7 marzo 2016; la temperatura massima è stata raggiunta il 1 marzo con 17°C. Complessivamente i valori di temperatura sono comparabili con quelli di altre stazioni della rete meteo idrografica di Arpa Piemonte.

Durante la campagna di misura l'umidità relativa media si è attestata intorno al 64%. 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, come si è verificato a Rivarolo all'inizio della campagna di misura e nei giorni 5 e 16 marzo 2016 (Figura 7). Il grafico infine ben evidenzia i tipici andamenti inversi di umidità relativa e temperatura, indici di una notevole stabilità atmosferica durante la campagna di misura.

Lo scarso rimescolamento delle masse d'aria d'altronde è evidenziato anche dall'anemologia rilevata (Figura 8. Figura 9). La velocità oraria media del vento è di 0.5 m/s, valore che corrisponde per convenzione alla soglia di velocità oraria al di sotto della quale si identificano le calme di vento. La massima velocità oraria supera raramente i 2 m/s e nel complesso le calme di vento raggiungono quasi il 50% del totale, più frequenti di giorno (50.6%) che di notte (44%).

La direzione del vento esprime come in molti altri siti dell'area provinciale il classico andamento di brezze diurne e notturne: di giorno il vento spira in prevalenza da sud-sudovest, di notte da direzioni settentrionali, comprese tra nord-nordovest e nordest. I dati sono comparabili con quelli registrati durante la campagna invernale precedente, vanno tuttavia considerati con prudenza dato che la presenza degli edifici intorno al laboratorio mobile non rende, come già detto, il sito di misura prescelto una stazione meteorologica ideale.

Secondo il quadro anemologico evidenziato appare chiaro che il periodo del giorno in cui le emissioni della centrale a biomasse SIPEA possono maggiormente influenzare la qualità dell'aria di Rivarolo è

quello notturno, quando la ditta si trova in genere sopravento rispetto al concentrico cittadino. Durante le ore diurne, infatti, i venti maggiori spirano verso nord est, portando le eventuali emissioni verso l'area periferica del comune, oltre il campo sportivo e il letto del fiume Orco (vedi Figura 10 e Figura 11).

Figura 7 – Andamento di temperatura e umidità relativa nel sito di misura

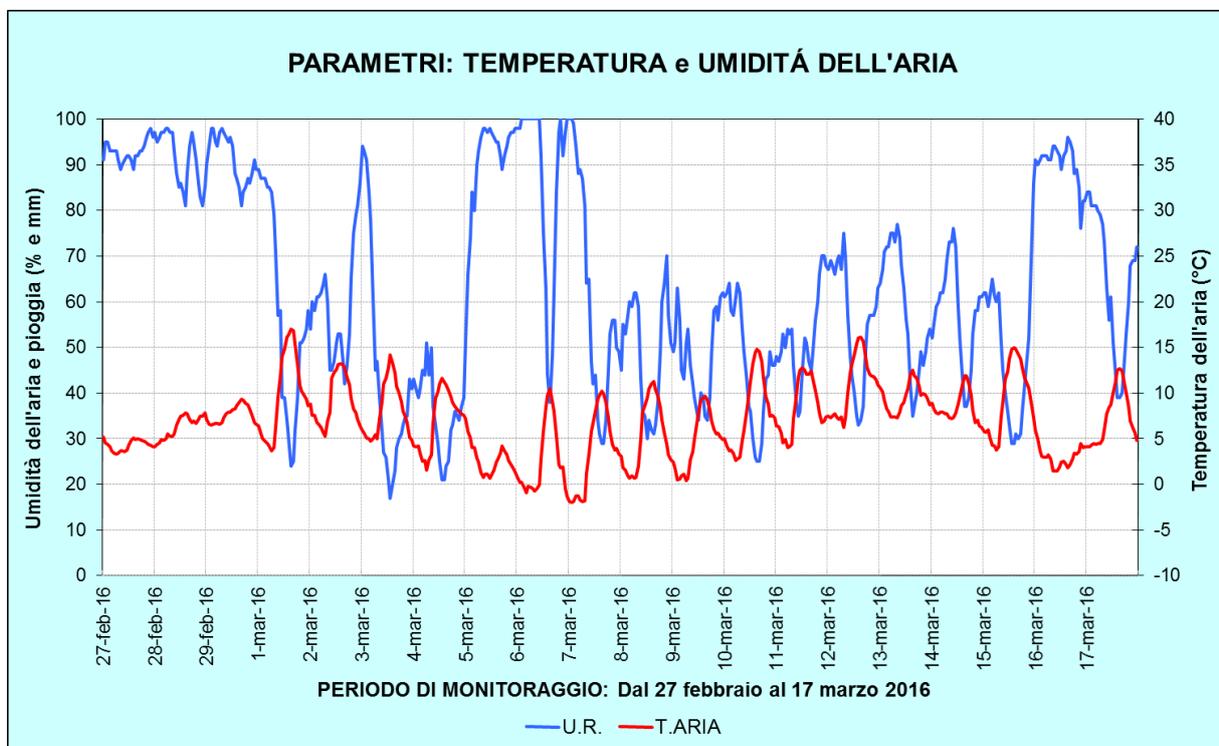


Figura 8 – Andamento di della velocità del vento nel sito di misura

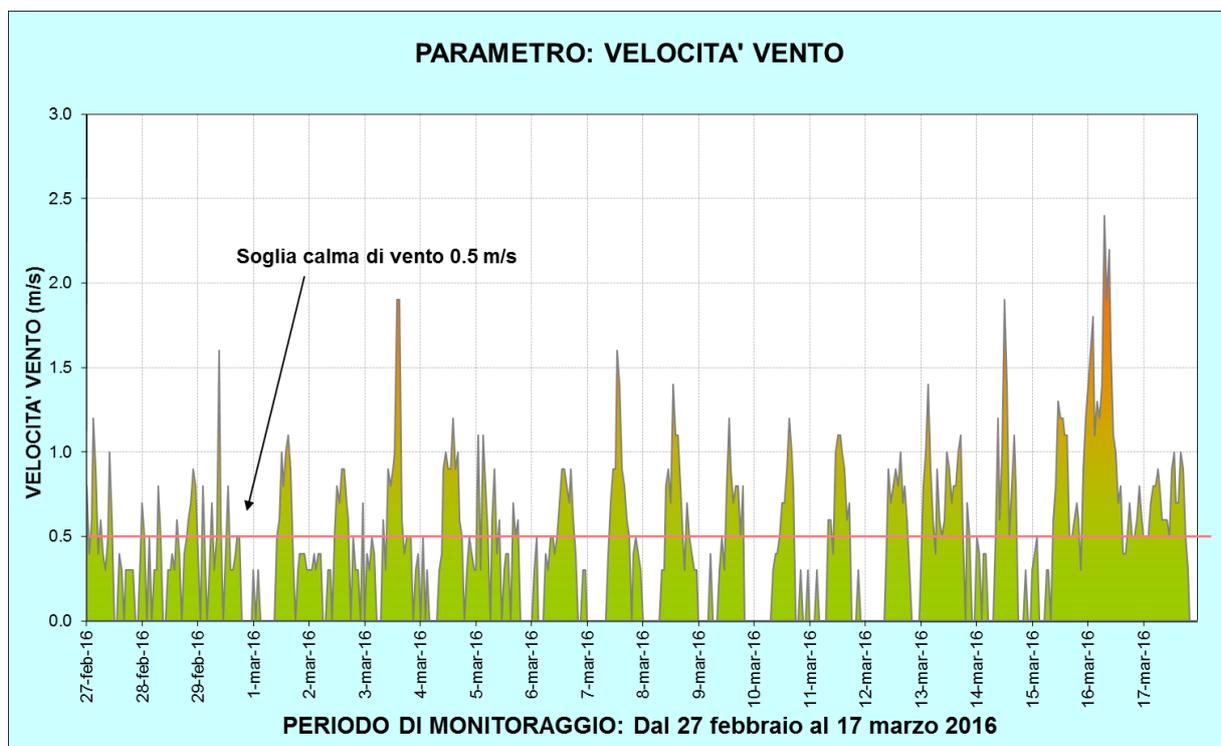


Figura 9 – Rose dei venti diurna, notturna e totale durante la IV campagna di misura a Rivarolo.

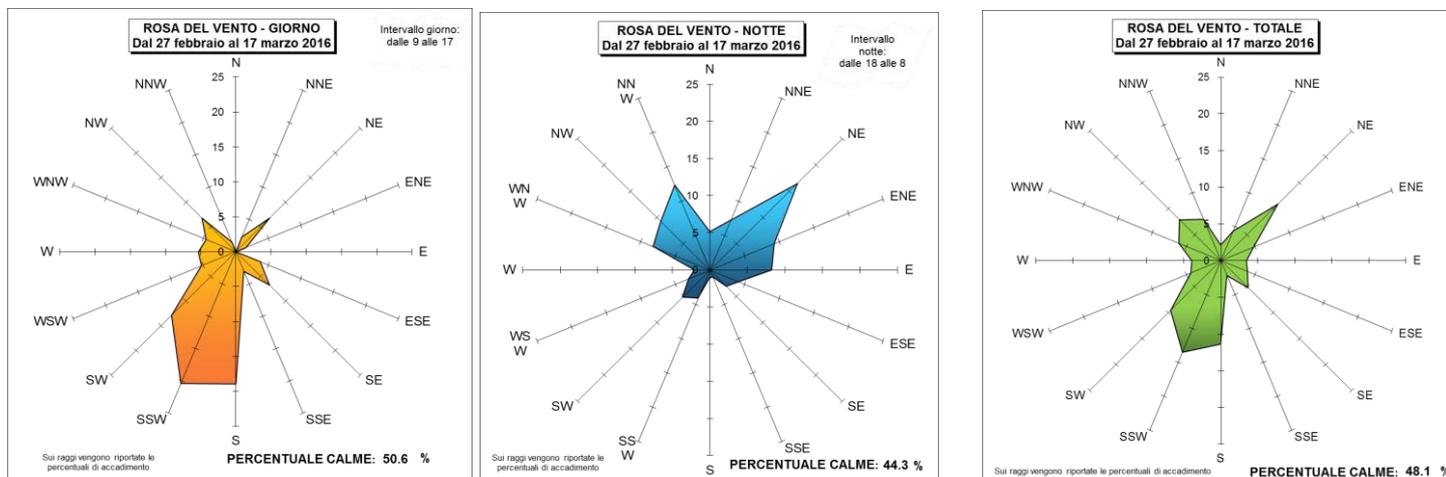


Figura 10 – Rivarolo C.se IV campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne

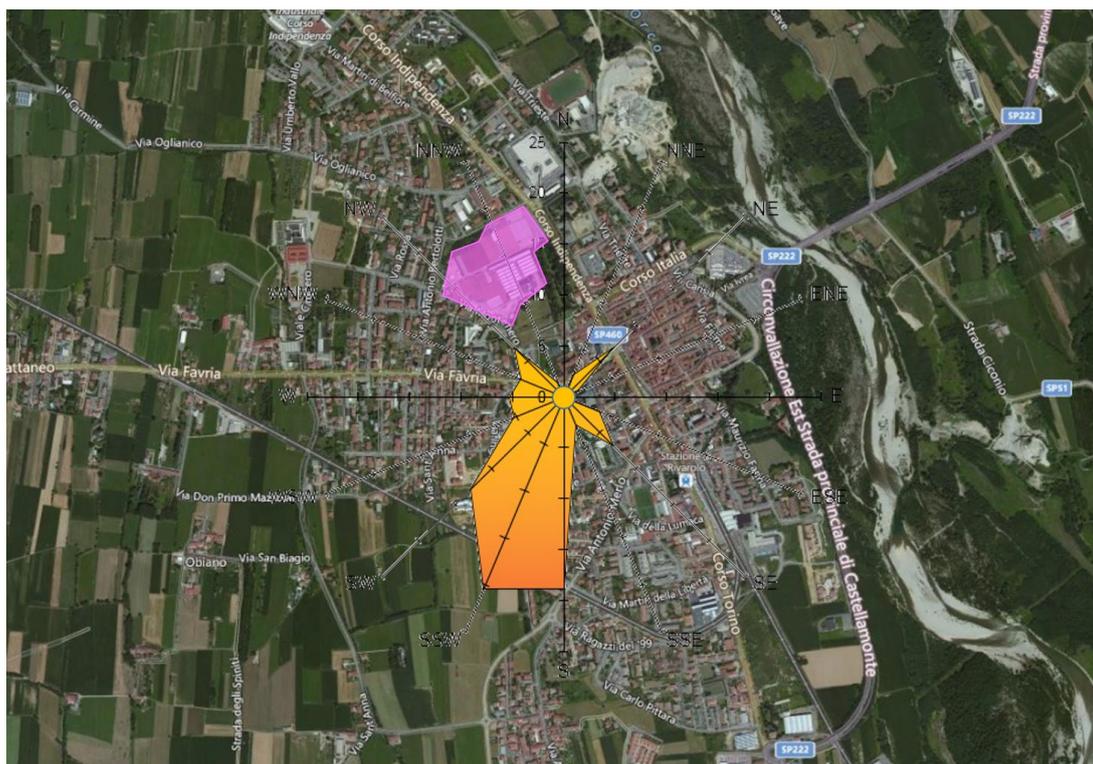
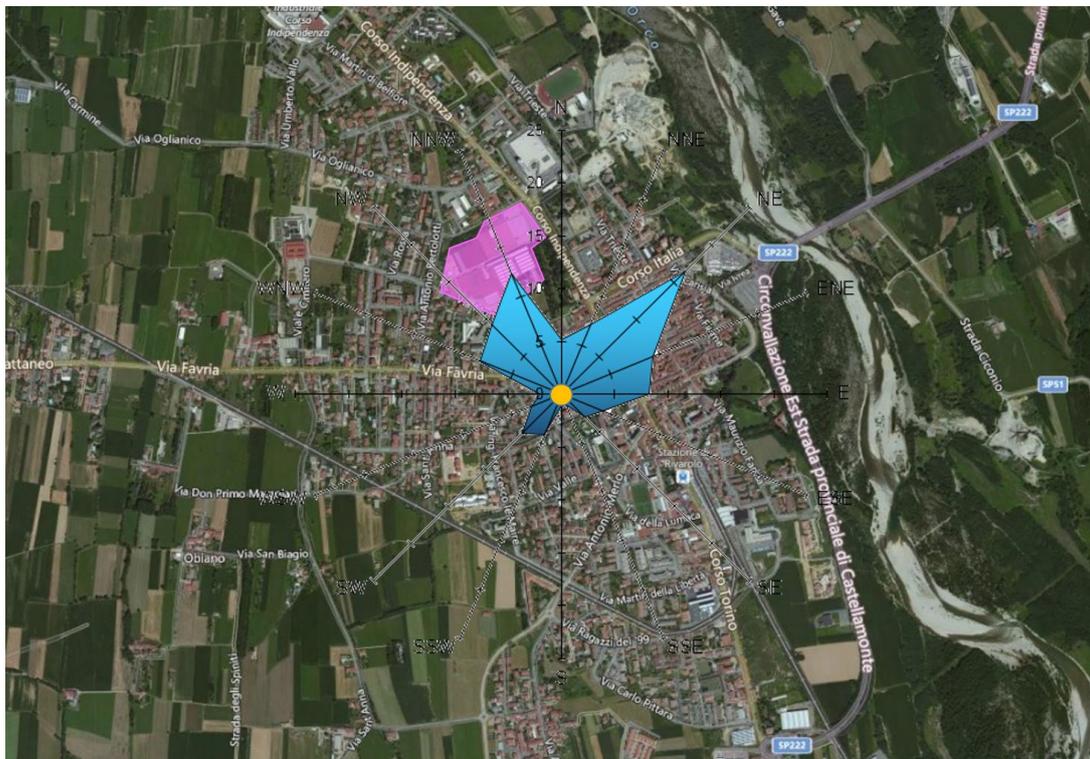


Figura 11 - Rivarolo C.se IV campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore notturne



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 7** si riportano gli inquinanti e le loro le formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

Tabella 7 – Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C ₆ H ₆	µg/m ³
Bossido di azoto	NO ₂	µg/m ³
Biossido di zolfo	SO ₂	µg/m ³
Monossido di azoto	NO	µg/m ³
Monossido di carbonio	CO	mg/m ³
Ozono	O ₃	µg/m ³
Particolato sospeso PM ₁₀	PM ₁₀	µg/m ³
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	µg/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.

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità. Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

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

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Rivarolo Canavese con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (Tabella 8, Figura 12 e Figura 13). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 6 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 7 µg/m³, viene quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal d.Lgs. 155/2010.

A titolo indicativo nella Figura 13 è stato messo a confronto l'andamento di Rivarolo con quello delle stazioni della rete fissa di Torino-Rebaudengo e Torino-Consolata, le uniche nella Città Metropolitana in cui si effettua la misura di questo inquinante. Si nota che in genere i valori di SO₂ a Rivarolo sono più bassi delle due stazioni di traffico considerate, soprattutto nella seconda parte della campagna. Anche il grafico del giorno medio (Figura 14) mostra per Rivarolo valori più bassi delle altre stazioni di traffico; sono inoltre meno evidenti rispetto a quest'ultime i picchi di concentrazione mattutino e serale.

Tabella 8: - *Dati relativi al biossido di zolfo nel corso della campagna di monitoraggio*

Biossido di zolfo (µg/m ³)	Inverno 2016
Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	6
Media delle medie giornaliere:	4
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	3
Massima media oraria	7
Ore valide	453
Percentuale ore valide	94%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 12 - SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

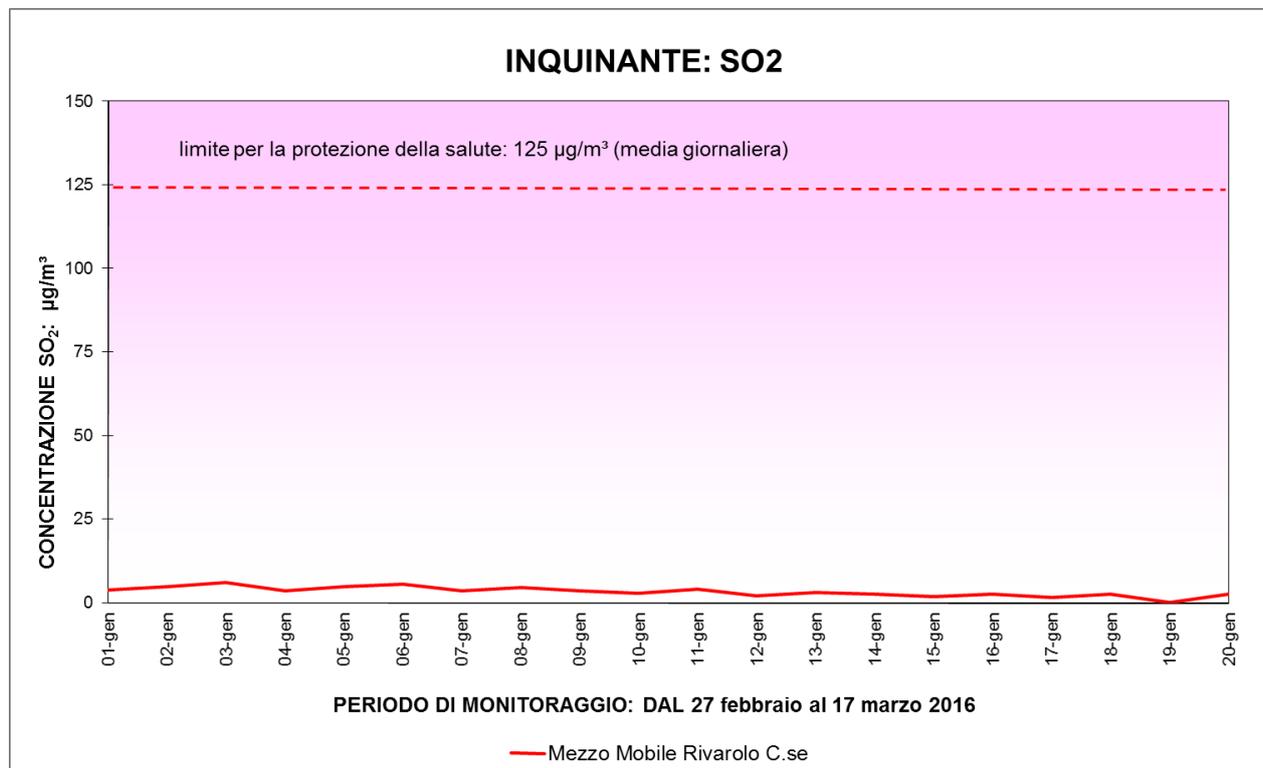


Figura 13 - SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

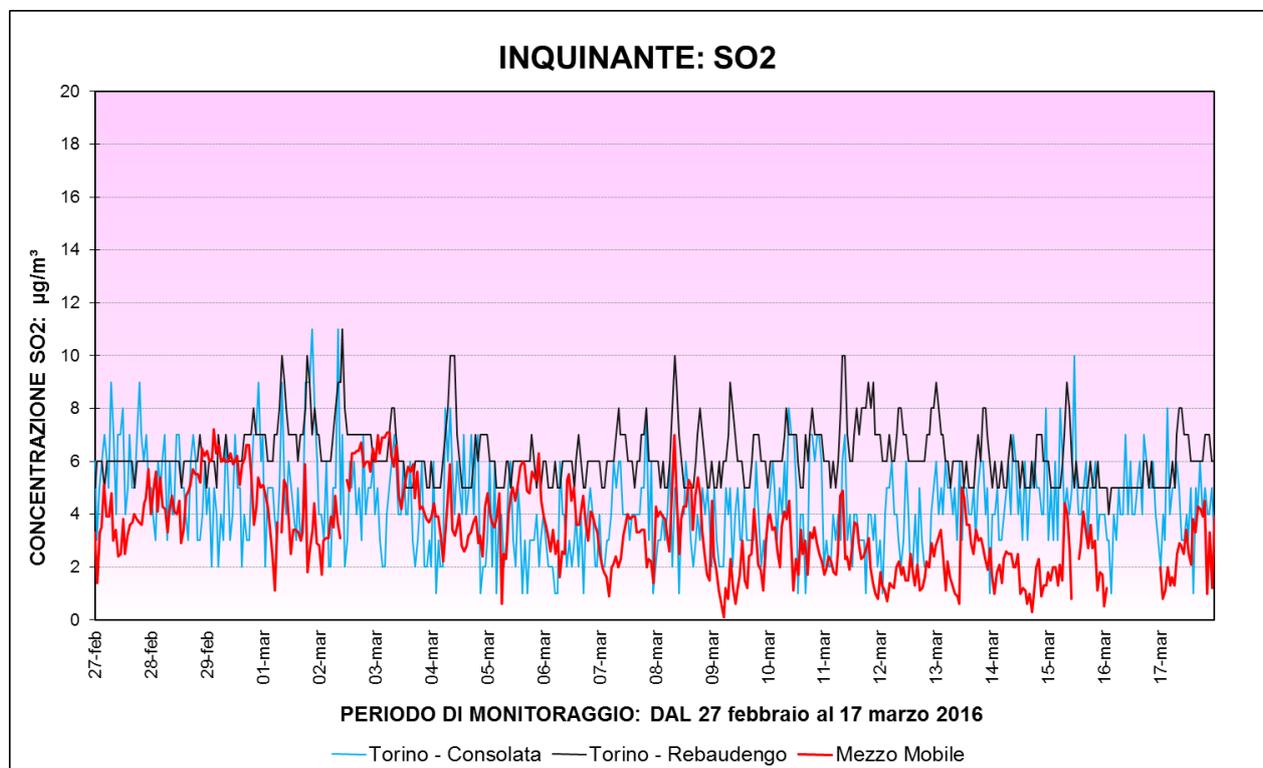
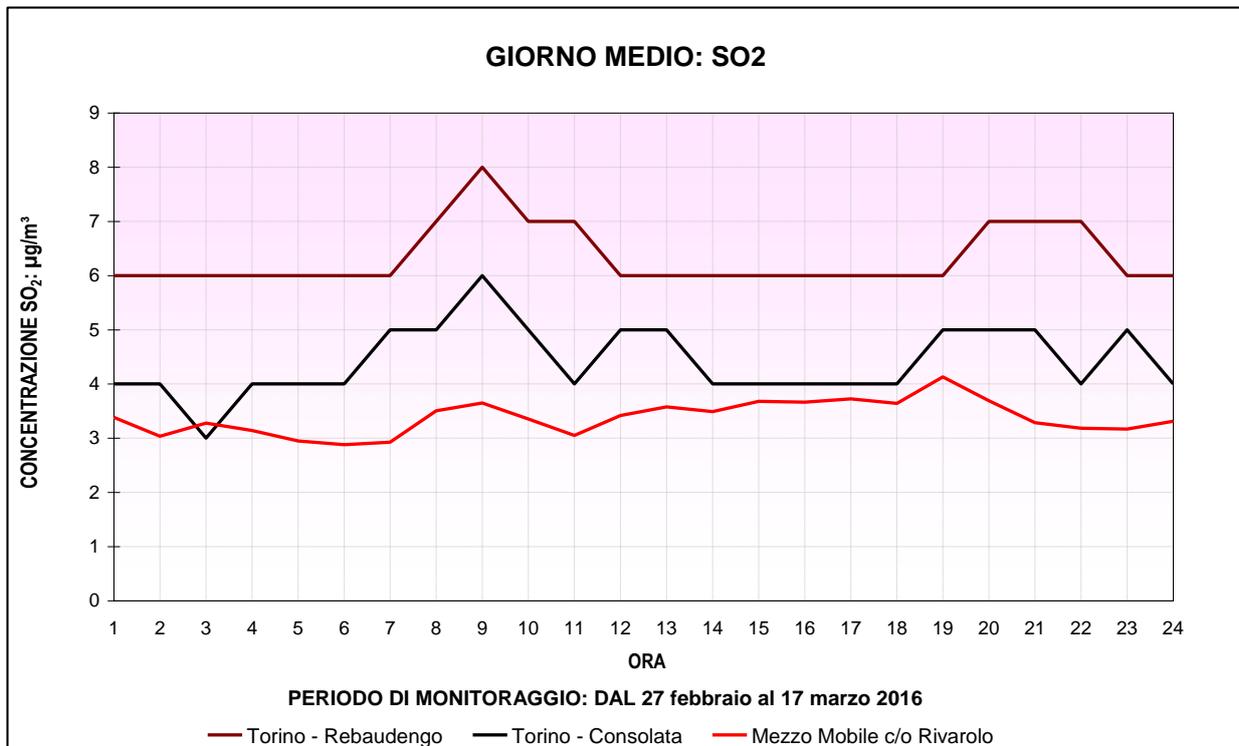


Figura 14 - SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto, in relazione alla sua bassa tossicità, non è preso in considerazione dalla normativa in termini di valori di riferimento per la protezione della salute, ma viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

Occorre sottolineare che le emissioni dirette di ossidi di azoto dei veicoli sono principalmente costituite da monossido di azoto ma, come già accennato, quest'ultimo in aria ambiente si trasforma parzialmente per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo è maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta.

Nel sito di rilevamento con il laboratorio mobile i valori di NO sono piuttosto bassi e comparabili a quelli di altre stazioni di fondo suburbano come Borgaro, in verde nel grafico di Figura 15. Il massimo valore di monossido di azoto registrato nel sito del laboratorio mobile (media oraria) è pari a 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media giornaliera è di 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il valore medio della campagna invernale è di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche l'andamento del giorno medio (Figura 16) ricalca quello della stazione suburbana di fondo di Borgaro e mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri in corrispondenza dei picchi di traffico veicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 21 nel pomeriggio).

Tabella 9 - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	18
Media delle medie giornaliere (b):	10
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	10
Massima media oraria	119
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%

Figura 15 - NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

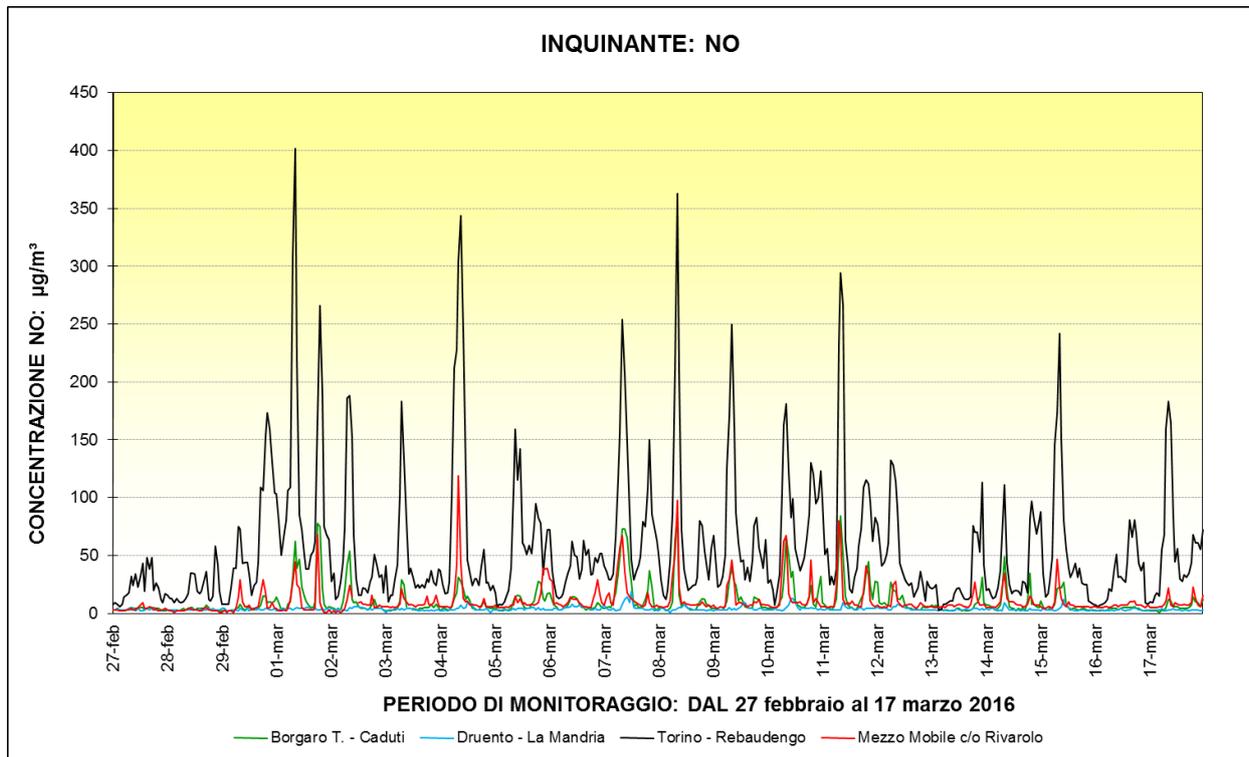
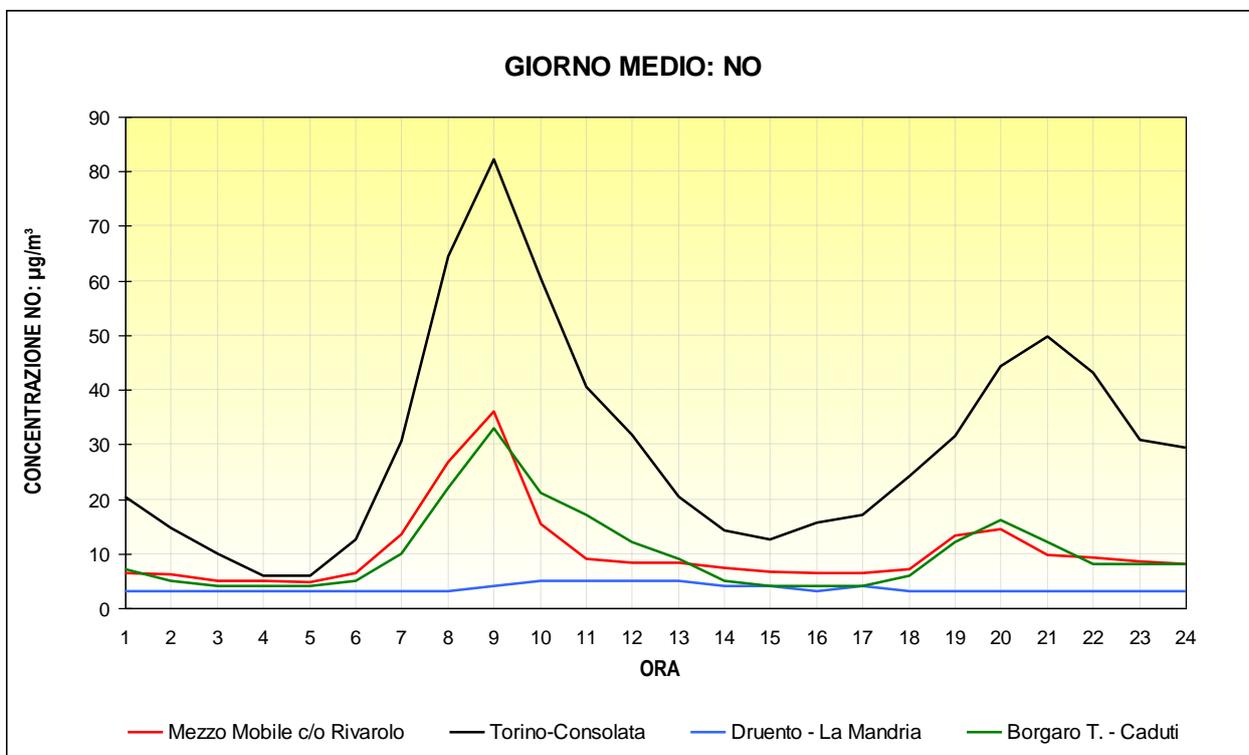


Figura 16 - NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa. Infatti, oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante fonte secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. A titolo di esempio da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, ("Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000", APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x (vale a dire la somma di monossido e biossido di azoto) su percorso urbano stimato per le autovetture ammontava a 1,1 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,3 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO₂ (**Tabella 10**), durante la campagna di monitoraggio nel sito di Rivarolo non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio di 94 µg/m³.

Tabella 10 - Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

Biossido di azoto	Inverno
Minima media giornaliera	14
Massima media giornaliera	40
Media delle medie giornaliere (b):	28
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	28
Massima media oraria	94
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

La **Figura 17** e la **Figura 18** permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio. Dal confronto è evidente che le medie orarie di Rivarolo C.se presentano concentrazioni comparabili ai valori delle centraline di fondo suburbano residenziale. In particolare il confronto del giorno medio mostra che i valori di Rivarolo sono leggermente inferiori a quelli di Borgaro (stazione di fondo suburbano), superiori a Druento- La Mandria (stazione di fondo rurale) e decisamente inferiori alla stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo.

Figura 17 - NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse

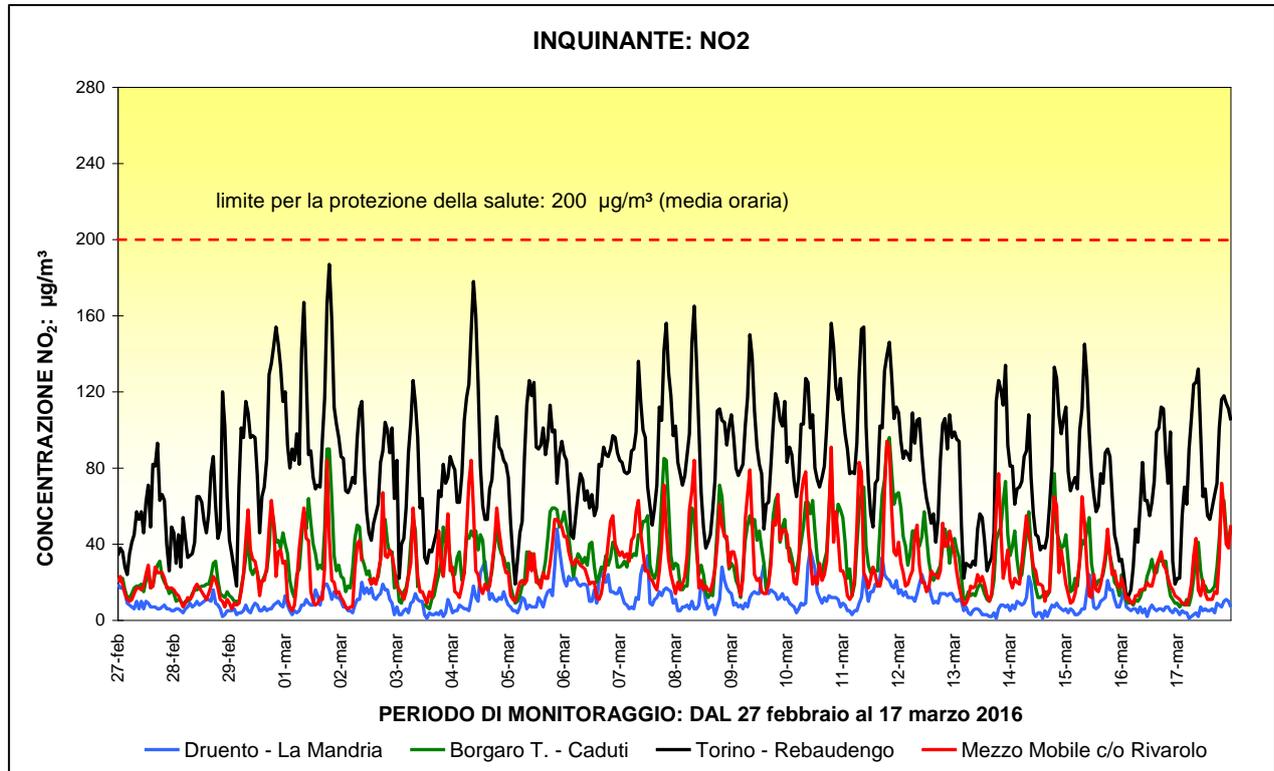
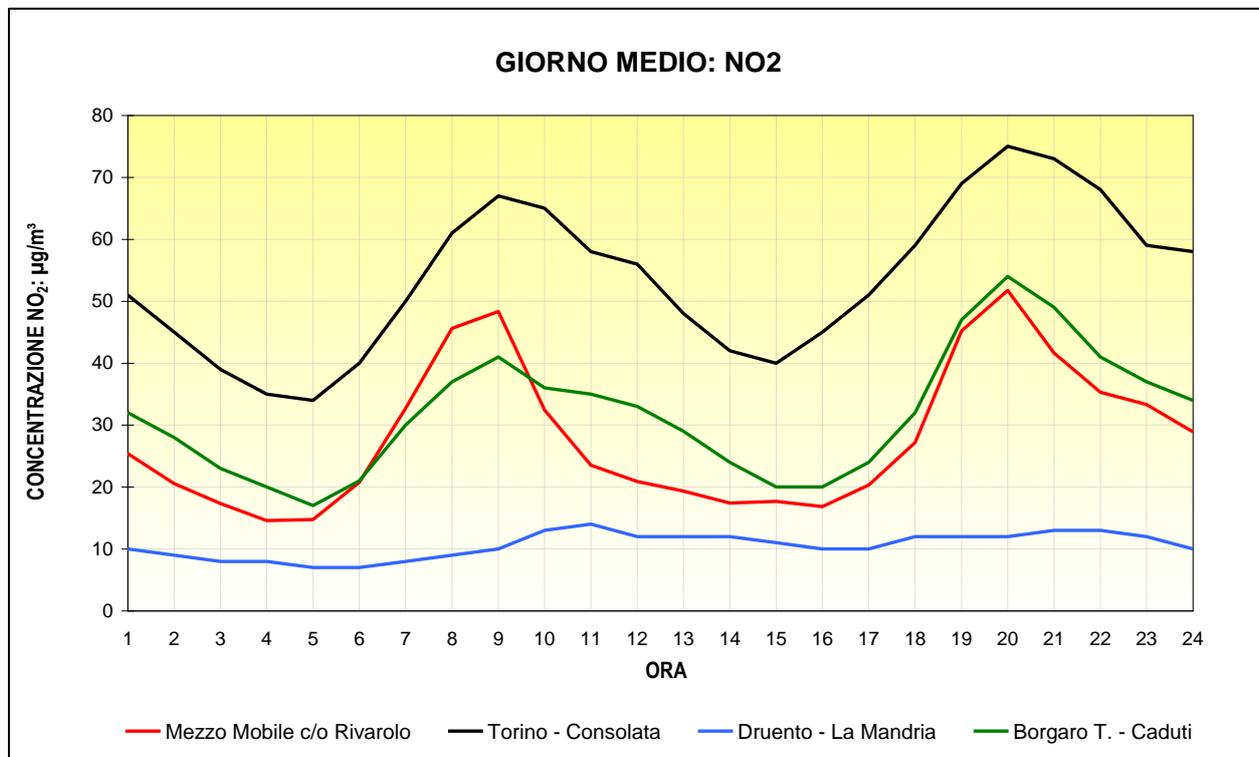


Figura 18 - NO₂: andamento del giorno medio



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 semplice formula matematica 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. Rimandiamo tali considerazioni sul biossido di azoto alla fine della campagna estiva che si svolgerà nei prossimi anni.

Nella **Tabella 11** sono stati messi a confronto i valori medi delle campagne invernali svolte a Rivarolo C.se negli ultimi 3 anni con le concentrazioni medie calcolate negli stessi periodi nelle stazioni della rete fissa di monitoraggio. Si vede come nel caso della campagna del 2014 il valore medio misurato a Rivarolo è molto più alto della media della Città Metropolitana di Torino; il mezzo mobile, infatti, era stato posizionato in un sito di traffico e i valori registrati sono comparabili a quelli delle stazioni urbane di fondo di Torino. La qualità dell'aria in un sito di fondo del comune di Rivarolo, scelto per il monitoraggio delle ultime due campagne di misura invernali – 2015 e 2016 - rientra invece nella media dei valori della città metropolitana. La concentrazione media del biossido di azoto è più alta nel 2015 perché complessivamente il periodo è stato peggiore per tutto il territorio con valori molto alti nelle stazioni di traffico urbano.

Tabella 11: NO₂ confronto delle medie del periodo nelle ultime tre campagne di misura invernali

Stazioni di misura	Media NO2 seconda campagna 28 gen – 4 mar 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media NO2 terza campagna 15 gen_15 feb 2015 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media NO2 quarta campagna 27 feb_17 mar 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ceresole Reale	4	7	5
Baldissero	17	26	7
Druento	18	26	10
Susa	30	31	19
Oulx	31	32	19
Ivrea	33	43	23
Chieri	36	39	24
Rivarolo - Mobilab	56	37	28
Leinì	44	48	31
Borgaro	36	44	32
Orbassano	43	51	36
Vinovo	44	56	38
Collegno	-	53	40
Carmagnola	-	52	43
Settimo	42	72	45
Media Città MET senza TO	32	41	27
Torino - Rubino	53	58	36
Torino - Lingotto	59	53	43
Torino - Consolata	70	71	54
Torino - Rebaudengo	67	100	82
Media città Metropolitana	39	48	33

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 dai 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.

I dati misurati durante la campagna di Rivarolo **Tabella 12** confermano l'andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $1.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (**Figura 19**) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $1.3 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Tabella 12 - Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

Monossido di carbonio (mg/m^3)	Inverno
Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	0.7
Media delle medie giornaliere (b):	0.5
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.5
Massima media oraria	1.3
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.3
Media delle medie 8 ore	0.5
Massimo medie 8 ore	1.0
Percentuale medie 8 ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

La **Figura 21** mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa indica che il sito di Rivarolo presenta andamenti di CO decisamente inferiori alle stazioni di Torino ed in linea con la centralina di Oulx.

Figura 19 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

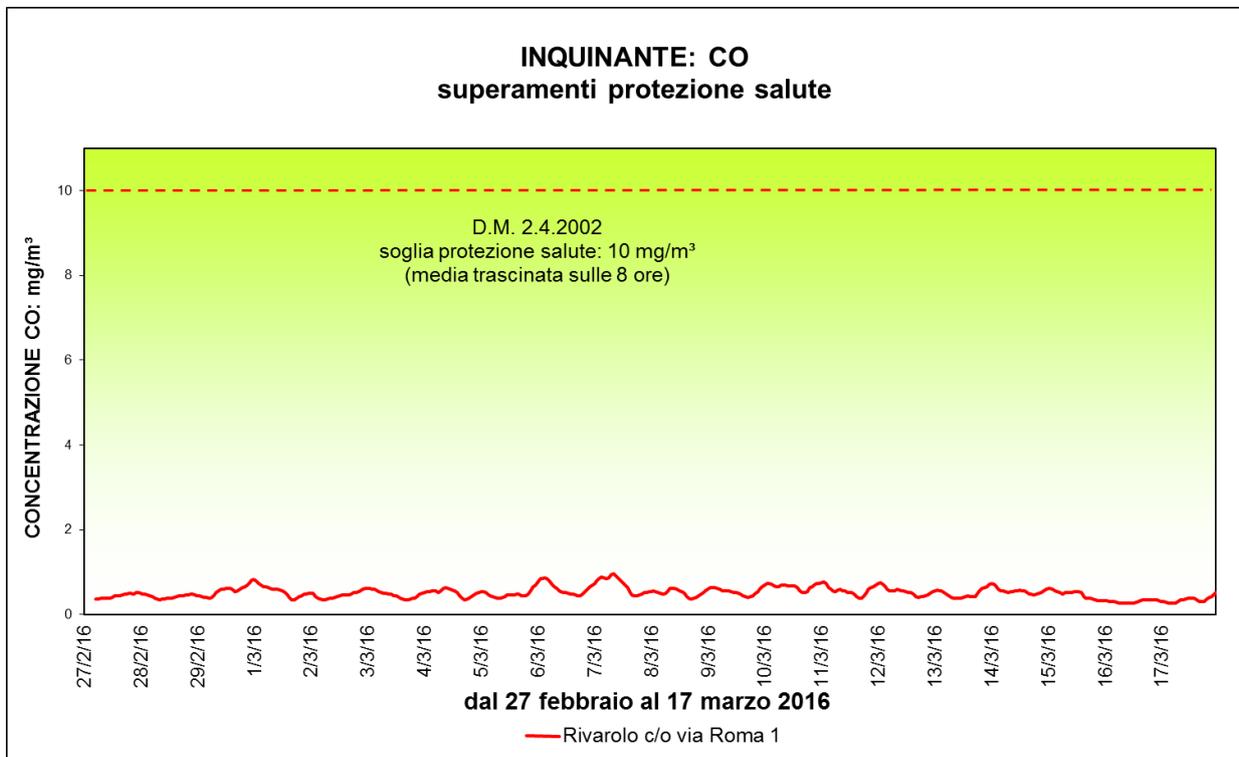


Figura 20 - CO andamento medie orarie

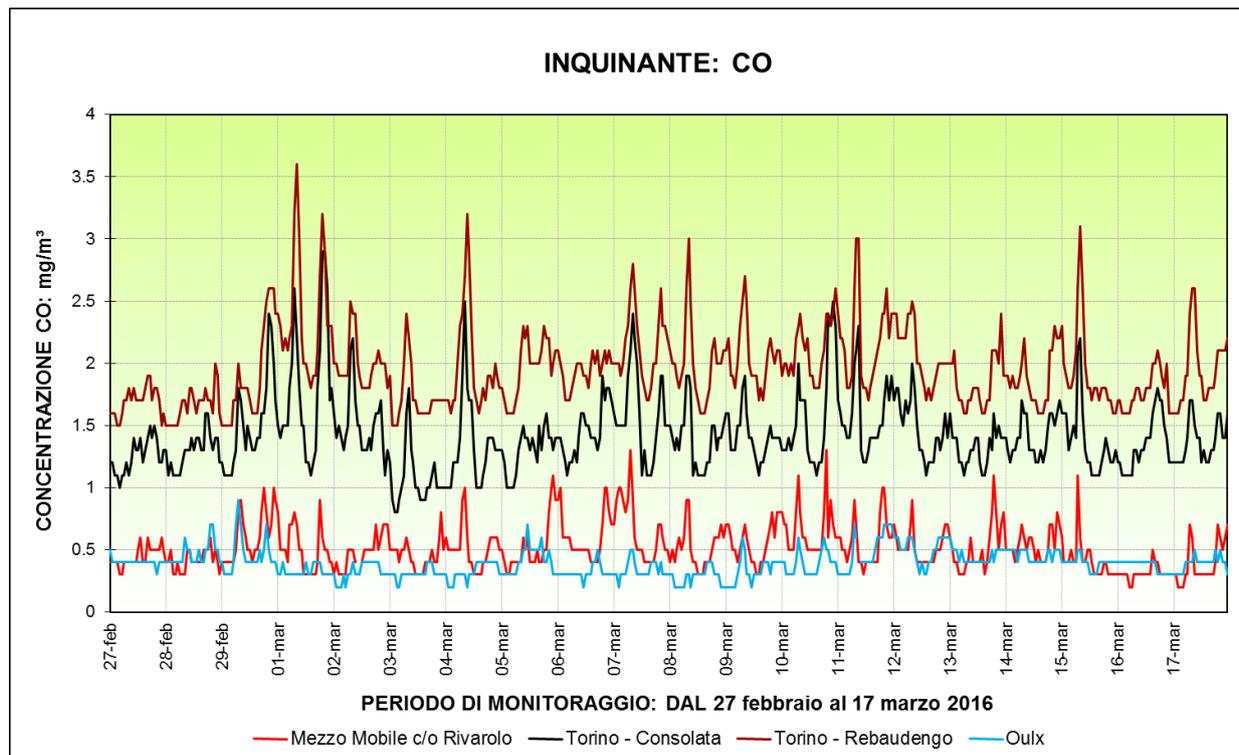
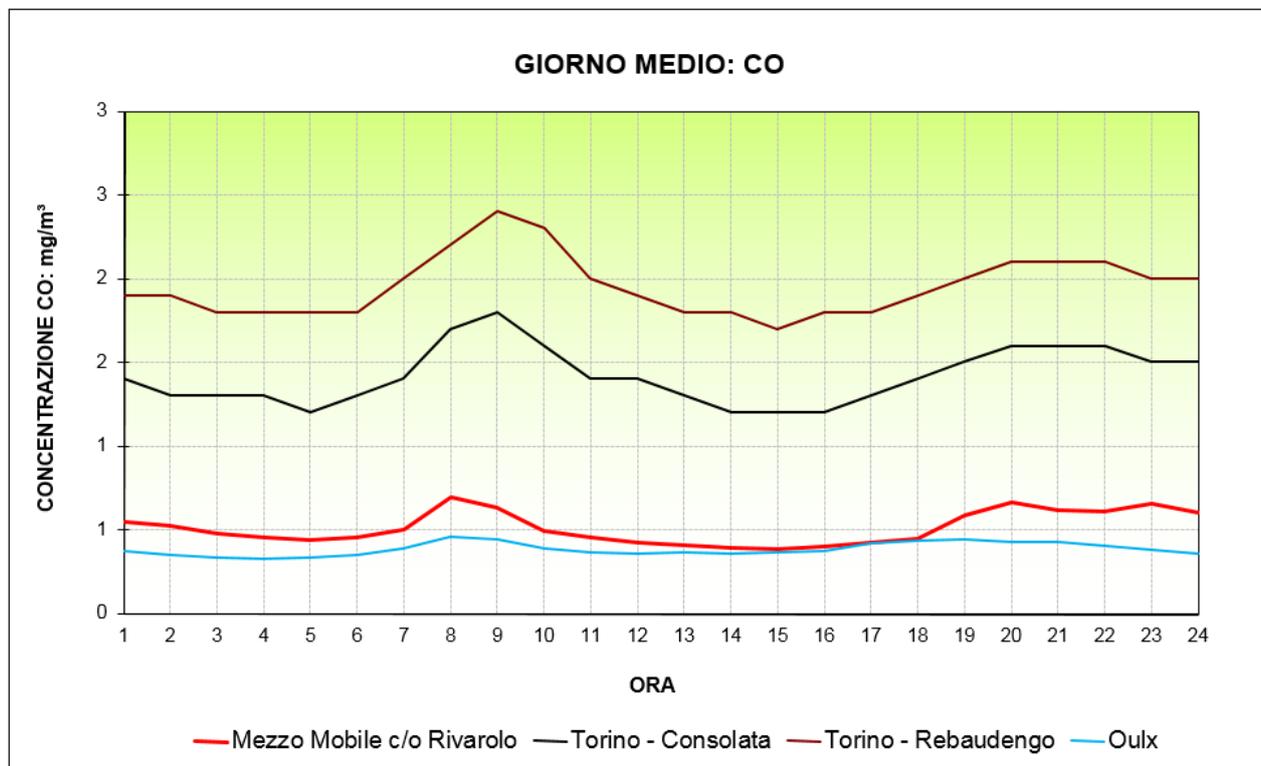


Figura 21 - CO: andamento del giorno medio



Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per il miglioramento dei motori degli autoveicoli, l'introduzione delle marmitte catalitiche e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di CO sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

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.

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

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

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Rivarolo è stata determinata una concentrazione media di benzene pari a $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in **Tabella 13**. Occorre tuttavia evidenziare che lo strumento non ha ben funzionato durante la campagna di misura e il suo rendimento non è formalmente sufficiente per svolgere una valutazione corretta dell'andamento di questo inquinante. I giorni di misura validi, infatti, sono solo 9 su 20 e la percentuale di dati validi è inferiore al 50%.

A titolo puramente informativo è comunque stato confrontato l'andamento orario e la media oraria del benzene con quello di altre stazioni della rete (**Figura 22**). Nei giorni in cui il campionatore ha funzionato i valori di benzene di Rivarolo sono simili a quelli delle altre stazioni considerate. Spesso durante il giorno i valori sono più bassi di quelli della stazione di traffico di Torino-Consolata, mentre nelle ore serali (quando è in atto il secondo picco di traffico giornaliero) i massimi di concentrazione a volte superano quelli della stazione di traffico urbano di Torino. Il dato è maggiormente evidenziato dal grafico del giorno medio (**Figura 23**). Si rimandano ulteriori considerazioni sul benzene alla fine della prossima campagna di misura.

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

Rivarolo C.se	Benzene
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minima media giornaliera	0.8
Massima media giornaliera	2.5
Media delle medie giornaliere (b):	1.5
Giorni validi	9
Percentuale giorni validi	45%
Media dei valori orari	1.6
Massima media oraria	5.0
Ore valide	258
Percentuale ore valide	54%

Figura 22_ Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni fisse

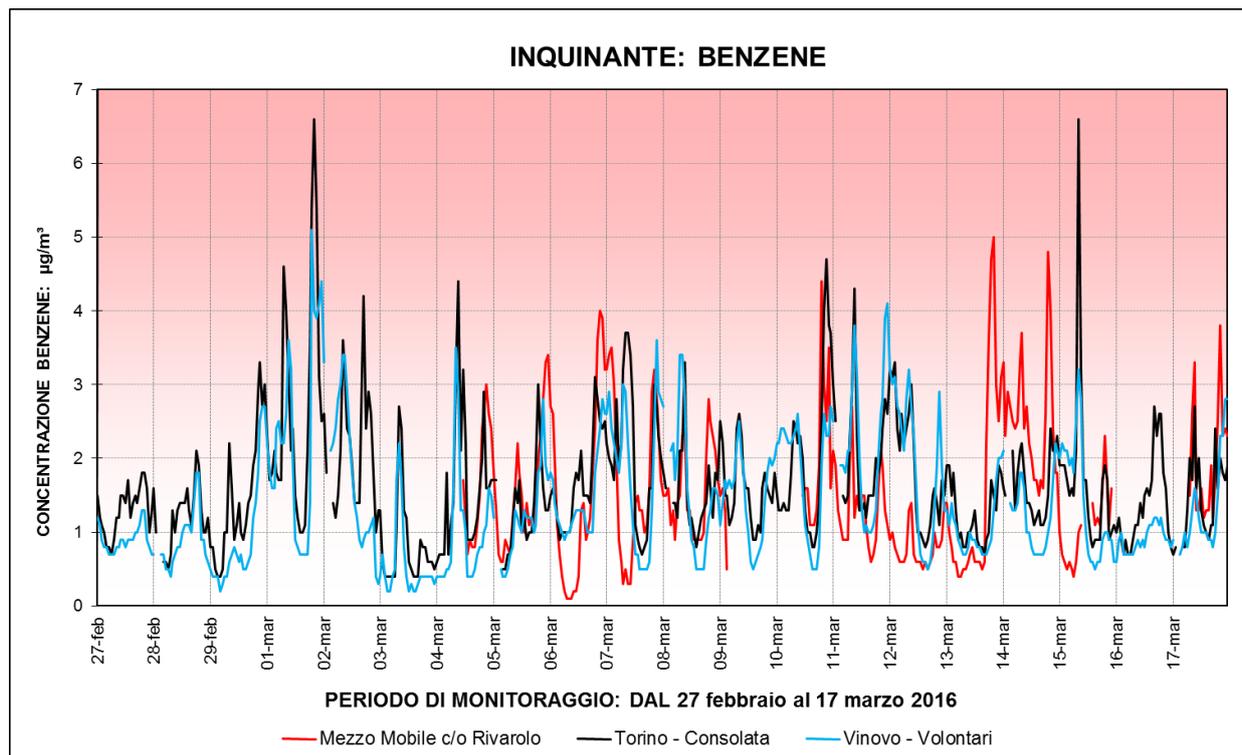
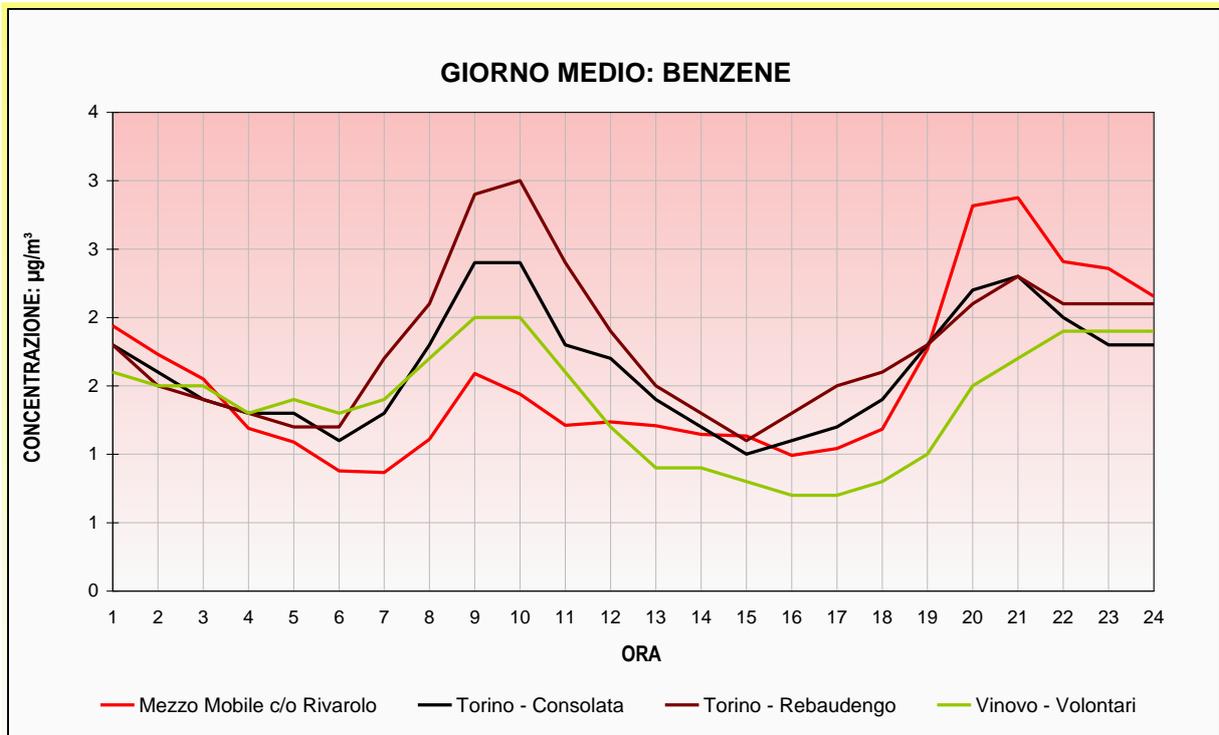


Figura 23 - Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni fisse



Purtroppo per la campagna di Rivarolo non è stato possibile effettuare le consuete elaborazioni per il toluene. Lo strumento di misura, infatti, ha registrato molteplici malfunzionamenti ed il numero di giorni validi era davvero troppo basso per potere presentare una accettabile valutazione dei dati di misura. Nella relazione finale, al termine della prossima campagna di misura estiva si esprimerà una valutazione complessiva sulla concentrazione di toluene, facendo riferimento, se necessario, alle campagne svolte negli anni passati sul territorio.

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. Un contributo significativo alle concentrazioni di particolato è inoltre dato da fenomeni secondari di trasformazione in particelle di inquinanti 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 concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10 cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il DLgs 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il PM_{2.5} (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm).

PM10

Nei 20 giorni di monitoraggio, il PM10 non ha mai superato il valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel comune di Rivarolo C.se (**Tabella 14**) Il dato è in linea con quello di altre stazioni della rete fissa; infatti nello stesso periodo di misura non ci sono stati superamenti del limite giornaliero nemmeno per la stazione di traffico urbano di Torino-Consolata, come si vede dal grafico di **Figura 24**.

Le concentrazioni registrate nel sito di misura sono in ogni caso più basse non solo della stazione di Torino-Consolata ma anche della stazione suburbana di Borgaro T.se.

Il grafico di **Figura 24** mostra infine l'influenza della meteorologia sulle concentrazioni di PM10: quando la velocità del vento è maggiore (superiore alla soglia di calma di vento, per convenzione pari a 0.5 m/s) e le precipitazioni più abbondanti, i valori delle polveri sottili si abbassano.

Nella **Tabella 15** sono stati riassunti i valori medi di PM10 nei periodi relativi alle ultime tre campagne invernali (2014, 2015, 2016) per la stazione di Rivarolo e per le altre stazioni della rete fissa della Città Metropolitana di Torino. Sebbene si sia cercato di considerare ogni anno sempre lo stesso periodo di misura – mediamente tra fine gennaio e i primi di marzo - le concentrazioni variano tra un anno e l'altro per tutte le stazioni; i valori più alti sono stati registrati nel 2015, i più bassi nel 2016, caratterizzato probabilmente da una meteorologia più favorevole alla dispersione degli inquinanti. Rispetto alle due campagne invernali precedenti, quando le concentrazioni medie di Rivarolo erano leggermente superiori alla media della Città Metropolitana di Torino, nel 2016 i valori registrati dal mezzo mobile sono perfettamente in linea con quelli di altre stazioni di simile tipologia e la media del periodo non supera quella della città Metropolitana di Torino.,

Anche per il PM10, come per l'NO₂, la normativa ha previsto un limite annuale: la concentrazione mediata nell'anno solare non deve superare i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La durata complessiva della sola campagna invernale non permette di stimare formalmente un valore di PM10 annuale per la stazione di Rivarolo. Ma alla fine della

campagna di misura estiva, si avranno dati sufficienti per applicare una semplice formula matematica che permetterà di stimare il dato annuale di PM10 anche per Rivarolo, sulla base delle due campagne svolte. Si rimanda alla relazione finale, successiva alla campagna estiva prossima, la trattazione di tale argomento.

Tabella 14 - Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	26
Media delle medie giornaliere (b):	16
Giorni validi	18
Percentuale giorni validi	90%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

Figura 24 - Particolato sospeso PM10: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

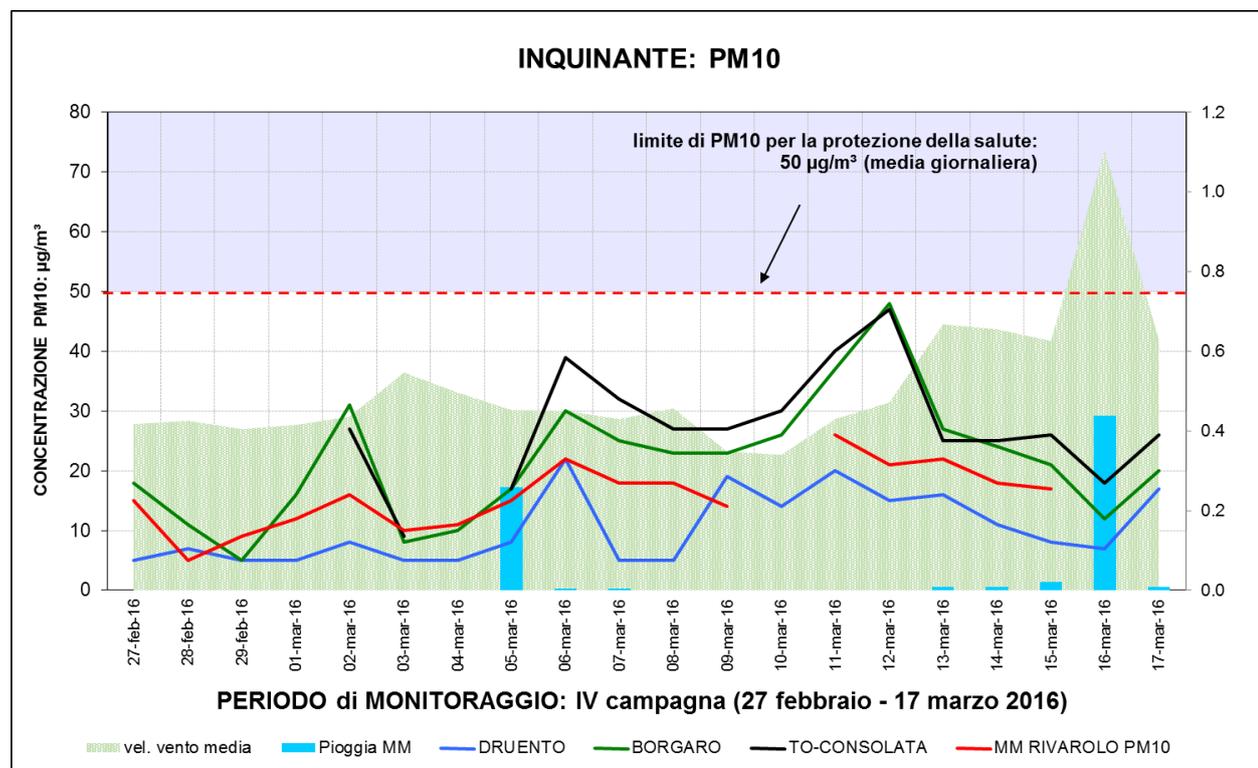


Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazioni di misura	Media PM10 seconda campagna 28 gen – 4 mar 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 terza campagna 15 gen_ 15 feb 2015 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 quarta campagna 27 feb_ 17 mar 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ceresole Reale	3	3	6
Baldissero	11	20	8
Druento	17	26	10
Susa	16	20	10
Oulx	16	14	11
Pinerolo		21	13
Ivrea	23	39	15
RIVAROLO - Mobilab	33	40	16
Collegno	31	42	17
Leinì	26	47	22
Borgaro T.se	33	46	22
Settimo	40	61	26
Carmagnola	45	54	27
Media Città Met. Senza TO	22	33	15
To - Rubino	32	46	19
To - Lingotto	32	48	23
To - Consolata	37	51	28
TO - Rebaudengo	45	58	28
To - Grassi	49	55	34
Media città Metropolitana	29	38	19

PM2.5

Il parametro PM2.5 segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il PM10 (vedi **Figura 25**). Il valore medio della campagna è molto basso, pari a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde al 75% della media del PM10, una percentuale in linea con il periodo invernale indagato.

Dai grafici di **Figura 26** notiamo che, in termini relativi, i valori di PM2.5 nel sito di Rivarolo C.se sono risultati mediamente comparabili a quelli delle altre stazioni della Città Metropolitana in cui si svolge tale misura.

Tabella 16 - Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	22
Media delle medie giornaliere (b):	12
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%

La **Tabella 17** mette a confronto i valori di PM2.5 per Rivarolo e le stazioni della rete fissa nei periodi relativi alle ultime 3 campagne di misura invernali. Si nota che nel 2016 i valori di PM2.5 di Rivarolo sono in linea con quelli di altre stazioni della Città Metropolitana di Torino, come ad esempio Ivrea, una stazione

suburbana di fondo di simili caratteristiche e che nell'ultima campagna il valore di registrato nel sito di misura è inferiore alla media della Città Metropolitana.

La normativa italiana ed europea prevede per il PM_{2.5} solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 µg/m³. Anche in questo caso alla fine della seconda campagna di misura verranno svolte le elaborazioni necessarie alla stima del valore medio annuale di PM_{2.5} per il sito di fondo di Rivarolo in via Roma 1. Dati i valori bassi della campagna invernale si può fin da ora prevedere che tale limite, per il comune di Rivarolo verrà rispettato.

Figura 25 - Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto

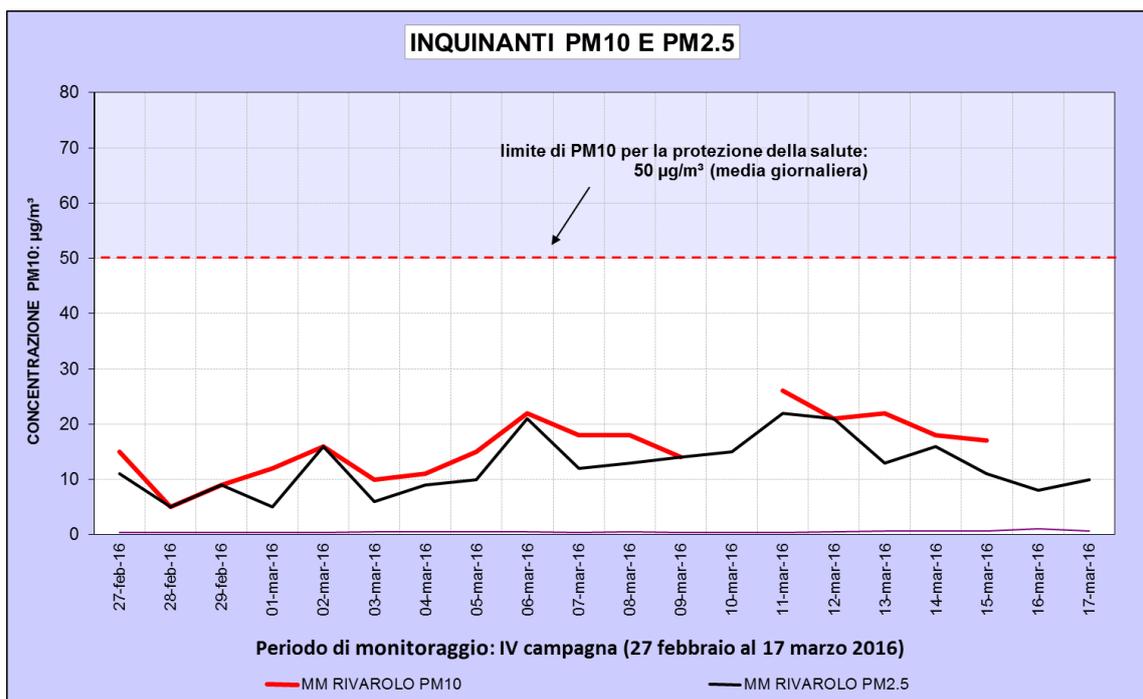
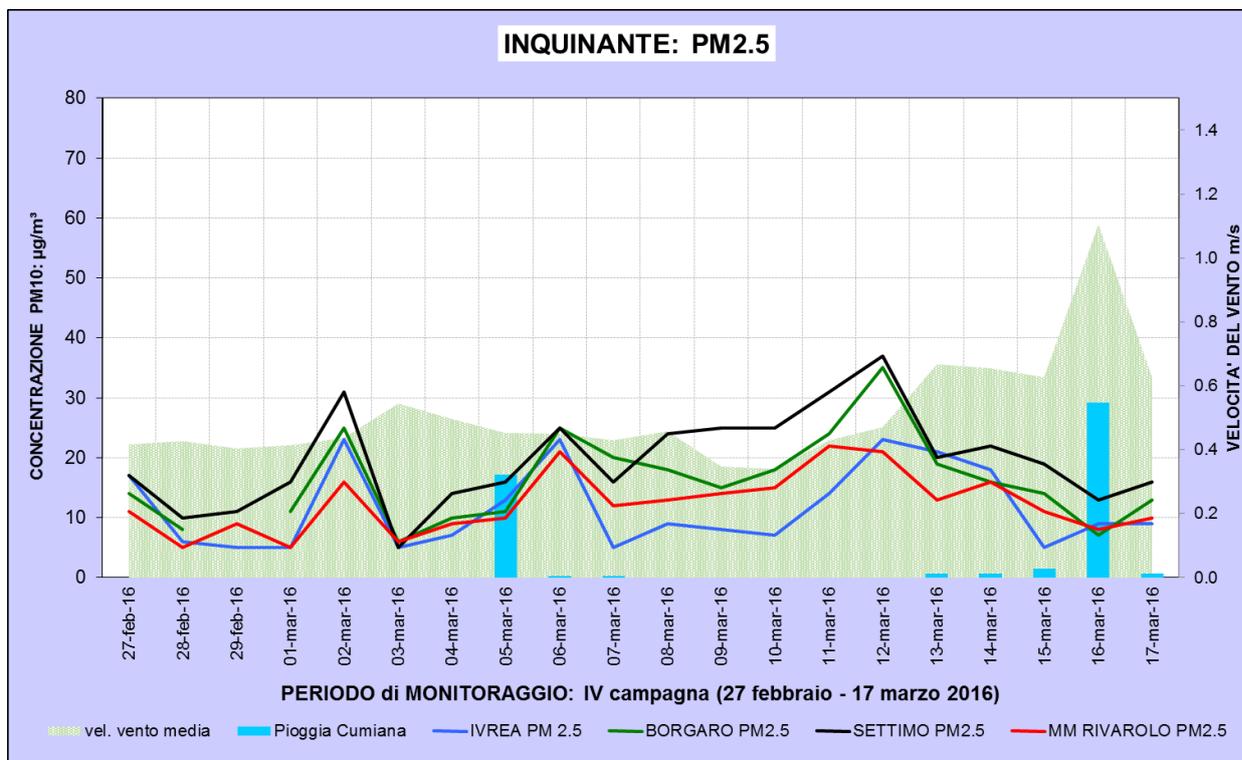


Tabella 17 - valori medi PM_{2.5} per Rivarolo e le stazioni della rete fissa nelle ultime tre campagne invernali

Stazioni di misura	Media PM _{2.5} seconda campagna 28 gen – 4 mar 2014 [µg/m ³]	Media PM _{2.5} terza campagna 15 gen_15 feb 2015 [µg/m ³]	Media PM _{2.5} quarta campagna 27 feb_17 mar 2016 [µg/m ³]
Ceresole Reale	2	3	5
Ivrea	22	33	12
RIVAROLO - Mobilab	25	34	12
Chieri	29	35	17
Leinì	25	39	18
Borgaro T.se	29	35	16
Settimo	32	49	20
To - Lingotto	27	35	15
TO - Rebaudengo	27	46	18
media Città METROPOLITANA DI TORINO	24	34	15

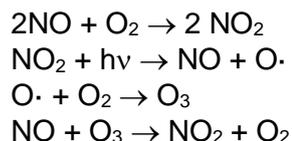
Figura 26 - Particolato sospeso $PM_{2.5}$: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa



Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, così si possono riassumere le reazioni coinvolte nella formazione di O₃:



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

Durante le campagne invernali l'inquinante meno critico è in genere l'ozono, a causa del minore irraggiamento solare, da cui dipende in gran parte la sua formazione. Nel sito in oggetto è stato rispettato il livello di allarme, non si sono registrati superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della soglia di informazione (vedi **Tabella 18**, **Figura 27** e **Figura 28**).

Tabella 18 - Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/ m³)

O ₃ (µg/m ³)	Inverno
Minima media giornaliera	5.2
Massima media giornaliera	36
Media delle medie giornaliere	12
Giorni validi	29
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	12
Massima media oraria	70
Ore valide	696
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	3.9
Media delle medie 8 ore	12
Massimo medie 8 ore	54
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0
<u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h ></u>	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

L'andamento del giorno medio indica la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura, presentando i valori massimi nel pomeriggio, tra le 13 e le 17. I minimi si verificano nelle ore di maggiore traffico veicolare del mattino, che corrispondono a condizioni di irraggiamento solare relativamente basso e di elevata presenza di monossido di azoto, uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono (vedi **Figura 29** e **Figura 30**).

Figura 27 - O₃: confronto con i limiti di legge

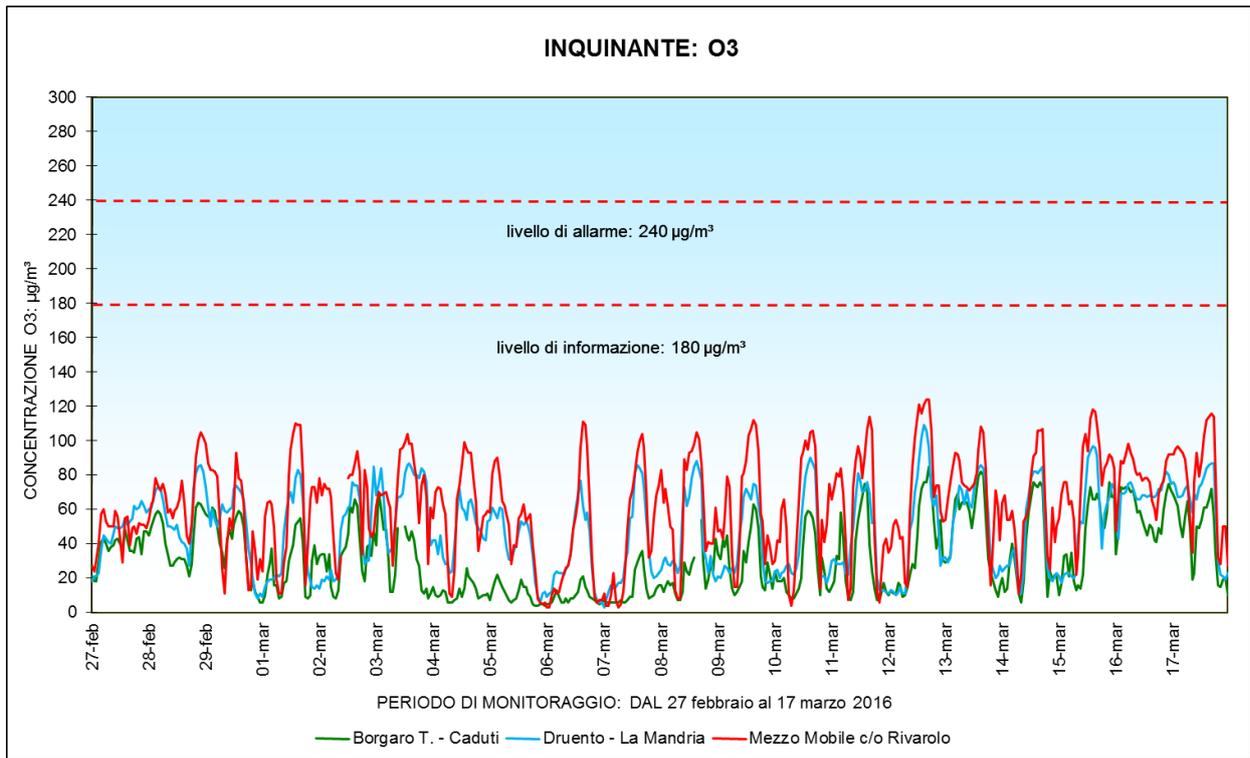


Figura 28 - O₃ superamenti protezione della salute umana

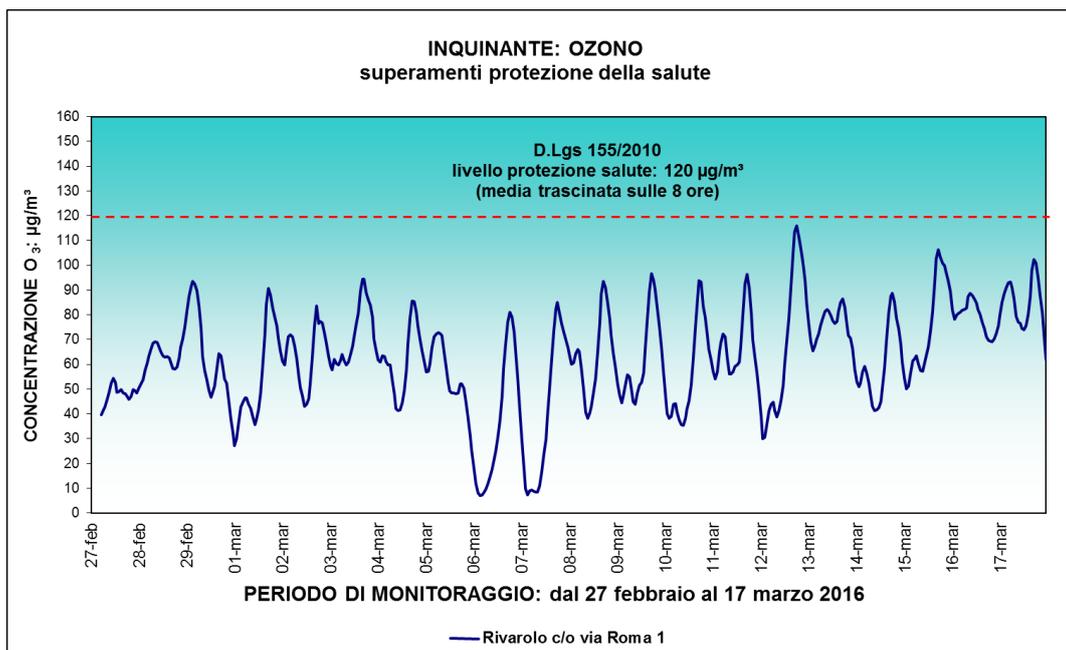


Figura 29 - Ozono giorno medio

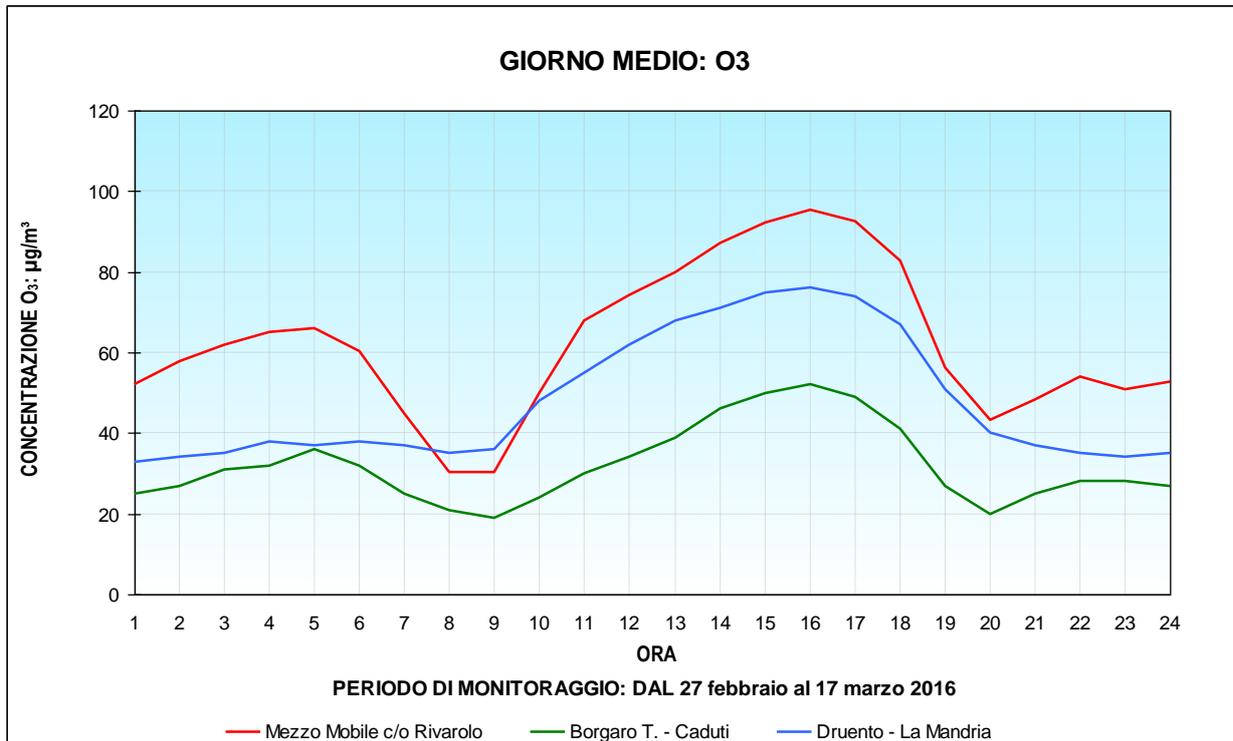
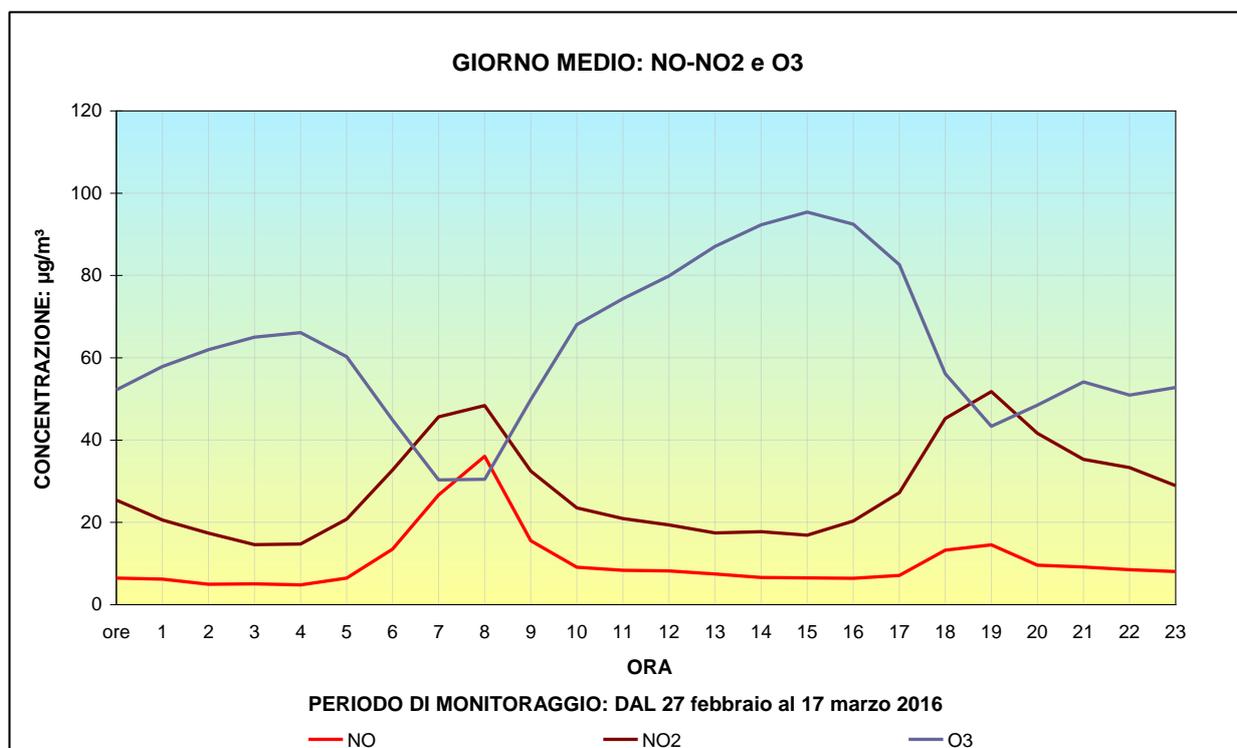


Figura 30 - Ozono, NO, NO2 confronto giorno medio



Conclusioni

I valori rilevati nel corso della campagna di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Via Roma a Rivarolo C.se sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili – vale a dire ubicati in zona residenziale urbana e suburbana - della Città Metropolitana di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per i due inquinanti con massimi invernali (biossido di zolfo e biossido di azoto) per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre rispettati i valori limite di breve periodo per la protezione della salute umana per biossido d'azoto, biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Nemmeno il PM10 ha presentato superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ nei 20 giorni di monitoraggio invernale. Dal momento che nessuna stazione della rete fissa della Città Metropolitana ha presentato superamenti del limite giornaliero si può affermare che il periodo considerato – dal 27 febbraio al 17 marzo 2016- sia stato su tutto il territorio particolarmente favorevole alla dispersione degli inquinanti. Alla fine della campagna di monitoraggio estiva verrà valutato anche il rispetto del limite annuale per il PM10, che è di 40 µg/m³, ma noti i dati del periodo invernale si può dire fin da ora che con ogni probabilità il valore annuale di PM10 rispetterà il limite di legge.

Alla fine della campagna estiva si faranno le opportune valutazioni per i valori di lungo periodo anche per Benzene, biossido di azoto e PM2.5.

Nel complesso le condizioni di qualità dell'aria rilevate nel sito di Via Roma sono risultate significativamente meno critiche di quelle riscontrate nell'inverno del 2014 nel sito di C.so Indipendenza, e anche di quelle dell'inverno 2015 misurate nello stesso sito di misura, in via Roma 1, complice una meteorologia più favorevole.

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 SO₂ nell'aria ambiente.

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

- **Ossidi di azoto** **API 200**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.4 ppb.

- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ 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** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo CEN secondo la norma EN12341.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

- **Particolato sospeso PM2.5** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo CEN secondo la norma EN14907.
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/m³
 - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³
 - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³