

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 finale I° e II° CAMPAGNA (28 Gennaio – 4 Marzo e 6 agosto – 16 settembre 2014)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data: 7.01.2015	
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 7.01.2015	

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 Laura Milizia, sig. Giacomo Castrogiovanni, d.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, 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.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>6</i>
IL LABORATORIO MOBILE	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
<i>Traffico veicolare</i>	<i>18</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>25</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo C.se</i>	<i>29</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge</i>	<i>30</i>
<i>Giorno medio.....</i>	<i>30</i>
<i>Biossido di zolfo</i>	<i>31</i>
<i>Ossidi di Azoto.....</i>	<i>34</i>
<i>Monossido d'azoto.....</i>	<i>34</i>
<i>Biossido d'azoto</i>	<i>37</i>
<i>Monossido di Carbonio</i>	<i>41</i>
<i>Benzene e Toluene.....</i>	<i>44</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5})</i>	<i>47</i>
<i>PM₁₀.....</i>	<i>48</i>
<i>PM_{2.5}</i>	<i>50</i>

Ozono.....	56
Idrocarburi policiclici aromatici.....	61
IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM₁₀.....	62
IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM_{2,5}.....	65
Metalli.....	67
Conclusioni.....	71
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI.....	73

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.

Oggigiorno 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 gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2012", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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 principali
■ = fonti secondarie

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

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

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Arpa 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 PM_{2,5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria prevede limiti per gli inquinanti quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007. Detti limiti possono essere classificati in tre tipologie:

- **Valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, 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.

Per quanto riguarda il parametro ozono con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti all'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

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 recente D.Lgs 155/2010 ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2,5} 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 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;

La nuova normativa prevede inoltre per il $PM_{2.5}$ 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. 155/2011).

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 2012".

Tabella 2: Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Ozono espresso come 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 QUALITA'	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 3: valori limite per alcuni inquinanti atmosferici (D.Lgs. 13/08/2010 n. 155)

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)			
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	—	—
	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 (PM ₁₀)	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
PARTICELLE (PM _{2.5})	Obbligo di concentrazione dell'esposizione	anno civile	25 µg/m ³		1-gen-2015
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

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

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ^{(1) (2) (3)}
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 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.

(2): La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.

(3): Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Rivarolo C.se da Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, 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) ditta SIPEA, ubicata in Rivarolo via Montenero, a poche centinaia di metri dal centro cittadino.

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 contributi delle sorgenti 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 la richiesta in oggetto è la prima pervenuta dal Vs. Comune e non sono quindi state effettuate campagne ante operam.

In accordo con l'Amministrazione Comunale (nostro protocollo n° 1143 del 09/01/2014 inviata con posta certificata all'indirizzo rivarolocanavese@pec.it) si è deciso di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un'area adiacente ai siti sensibili del contesto urbano.

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito: *corso Indipendenza angolo corso Italia*

Nelle Figura 1 e Figura 2 è riportata sulle cartografie del Comune di Rivarolo l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

Dal punto di vista della classificazione prevista dalle norme tecniche europee si tratta di un sito da traffico, vale a dire di un "hot spot" con una rappresentatività spaziale limitata.

A rigore un sito con quello esaminato non potrebbe ospitare una stazione fissa per il rilevamento dei limiti di legge sulla qualità dell'aria, in quanto la normativa prescrive una distanza di almeno 25 m dai grandi incroci e di 4 metri dalla corsia di traffico più vicina. Come per molte campagne della stazione mobile si è trattato di trovare un compromesso tra le esigenze normative e quelle logistiche.

Va sottolineato 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. La prassi operativa scelta, in accordo con la competente Struttura di coordinamento dell'Agenzia, è di effettuare in ogni sito due campagne della durata di 20-30 giorni ciascuna in due

periodi caratterizzati da diverse condizioni meteorologiche, in modo da assicurare una adeguata rappresentatività della base dati raccolta.

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 provinciale

Il monitoraggio, oggetto della presente relazione è stata condotto tra il **28 gennaio** e il **4 marzo 2014** e tra il **6 agosto** e il **16 settembre 2014** (36 giorni la I° campagna e 42 giorni la II° per un totale di 78 giorni).

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Dalle considerazioni esposte nella I° relazione i valori elevati di ossidi di azoto risultavano presumibilmente correlati con il traffico veicolare; si è quindi deciso in accordo con l'Amministrazione comunale di valutare quantitativamente i flussi veicolari nel corso della seconda campagna.. A tal fine sono stati posizionati due conta traffico adiacenti al sito di campionamento con il laboratorio mobile, uno in corso Indipendenza e uno in corso Italia come indicato nelle **Figura 1** e **Figura 2**.

Il flusso veicolare monitorato quindi tiene conto sia dei veicoli che dal centro cittadino vanno in direzione di Ceresole Reale e della tangenziale e viceversa, sia dei veicoli che dalla tangenziale vanno in direzione di Ceresole reale e centro cittadino ..

I risultati delle misure di traffico veicolare sono riportate nel capitolo seguente



DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO - Struttura semplice " Attività di Produzione "

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO - Struttura semplice - Attività di Produzione

Figura 2: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile dettaglio



○ = siti di rilevamento flussi di traffico veicolare

I rilievi di traffico veicolare effettuati nella seconda campagna (estiva) hanno confermato e avvalorato le considerazioni esposte nella relazione sulla prima campagna di monitoraggio; di seguito vengono esposti i dati dei rilievi eseguiti nel corso della seconda campagna di monitoraggio. Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto di conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti sui due assi stradali (corso Indipendenza e corso Italia) che maggiormente possono influenzare i dati rilevati dalla stazione mobile di monitoraggio.

Il conta traffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta Gmbh modello Viacount II è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale; il sensore radar misura i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. In particolare lo strumento determina la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari in corso Indipendenza è pari ad **15359** veicoli / giorno 8164 dal centro verso Ceresole e tangenziale e 7195 nel senso inverso mentre in corso Italia è di **9749** veicoli / giorno, 4761 dalla tangenziale verso Ceresole e centro cittadino e 4988 nel senso inverso ; come termine di confronto in Torino in corso Vittorio Emanuele II° - una arteria stradale con tre corsie per senso di marcia- all'altezza di C.so Inghillterra i passaggi giornalieri medi rilevati nel corso di una campagna invernale sono stati pari a **16070** veicoli / giorno

Dall'analisi dei dati di traffico nel corso della campagna di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) malgrado il periodo estivo, si sono rilevati su entrambi gli assi flussi veicolari quantitativamente significativi;
- 2) il traffico veicolare in corso Indipendenza è un traffico non veloce e continuo in cui i veicoli rallentano essendo presente la rotonda all'incrocio di corso Indipendenza con corso Italia; infatti il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro è di 10,27 secondi mentre la percentuale della circolazione in colonna è del 41,39 %; la velocità media dei veicoli è di 27,3 Km/h.
- 3) in corso Italia circola un numero inferiore di veicoli e quindi il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro è più elevato di corso indipendenza (14,97 secondi), mentre la percentuale della circolazione in colonna è del 28,97 % (quindi minore che in corso Indipendenza) ; la velocità media dei veicoli è di 21,55 Km/h
- 4) la percentuale di veicoli pesanti che transitano in corso Italia è maggiore in termini percentuali di corso Indipendenza (vedi Figura 11 e Figura 6). Anche la percentuale di veicoli di trasporto commerciale (transporter , che di norma hanno motori diesel) è significativa in entrambi i siti

- 5) L'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali in corso Indipendenza e anche in corso Italia, mostra un andamento analogo e sovrapponibile a quello delle concentrazioni di ossidi di azoto misurate dal laboratorio mobile vedi Figura 7 e Figura 12. In particolare si osserva in entrambi i casi che il picco serale di ossidi di azoto coincide esattamente con quello del traffico veicolare, mentre il picco del mattino anticipa di circa due ore quello del traffico. Tale fenomeno è originato dal fatto che il picco mattutino di traffico si situa nelle ore calde della giornata in cui le condizioni di maggiore dispersione atmosferica compensano in parte la maggiore quantità di inquinante immessa in aria
- 6) La combustione dei motori dei veicoli genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂) ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta, specialmente nei mesi caldi in cui il maggiore irraggiamento solare favorisce la conversione del monossido di azoto in biossido. L'emissione di ossidi di azoto e particolato è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel, per cui la presenza di una percentuale relativamente elevata di veicoli pesanti e da trasporto commerciale come nel caso in questione ha un effetto significativo sull'inquinamento atmosferico. A titolo di esempio¹ si consideri che gli autoveicoli per il trasporto passeggeri con alimentazione diesel (quella più critica in termini di emissioni sia di particolato che di ossidi di azoto) di categoria da Euro 2 a Euro 4 hanno fattori di emissione che vanno da 0.6 a 0.9 g/km per gli ossidi di azoto e da 0.03 a 0.06 g/km per il particolato, mentre per i mezzi pesanti di analoga categoria (da Euro II a Euro IV) i fattori di emissione vanno rispettivamente da 2 a 7 g/km e da 0.01 (solo per gli Euro IV minori di 7.5 t) a 7.5 g/km. Va inoltre considerato che il biossido di azoto, oltre a costituire di per sé un inquinante atmosferico, è uno dei principali precursori del particolato di origine secondaria.

¹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009 1.A.3.b Road transport GB2009 update May 2012 Tabelle 3.16-3-17-3.20 e 3.21

Figura 3 : andamento orario traffico veicolare in corso Indipendenza

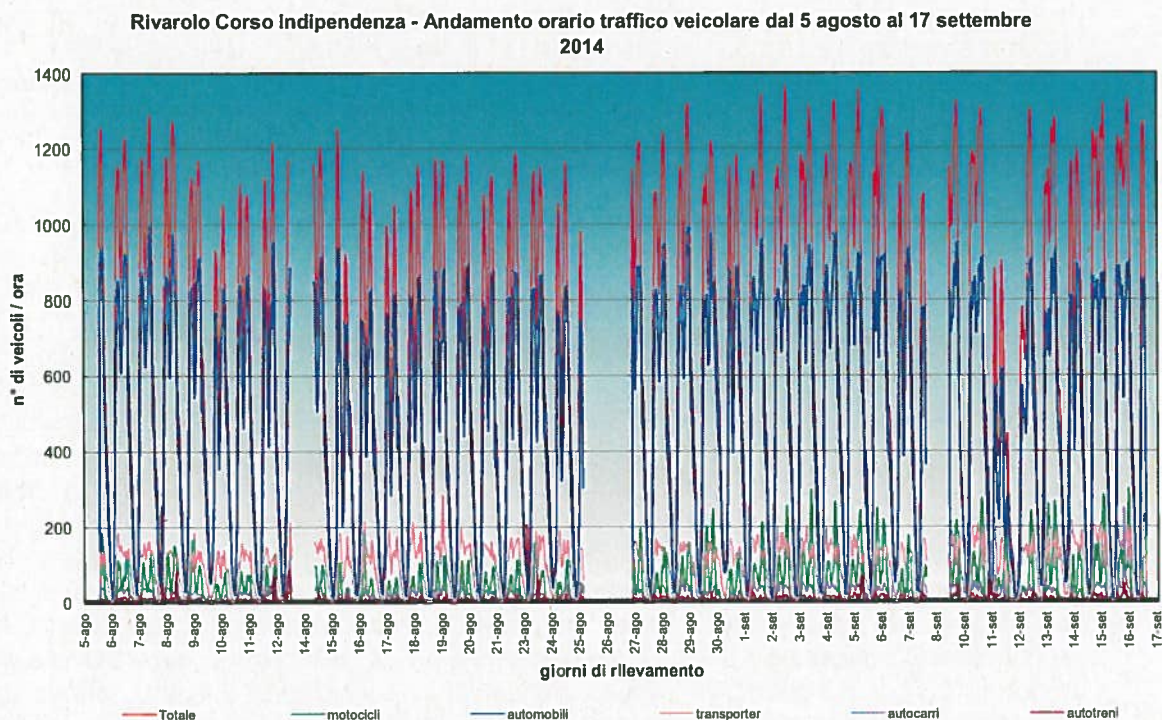


Figura 4:andamento giornaliero in corso Indipendenza (solo giorni completi)

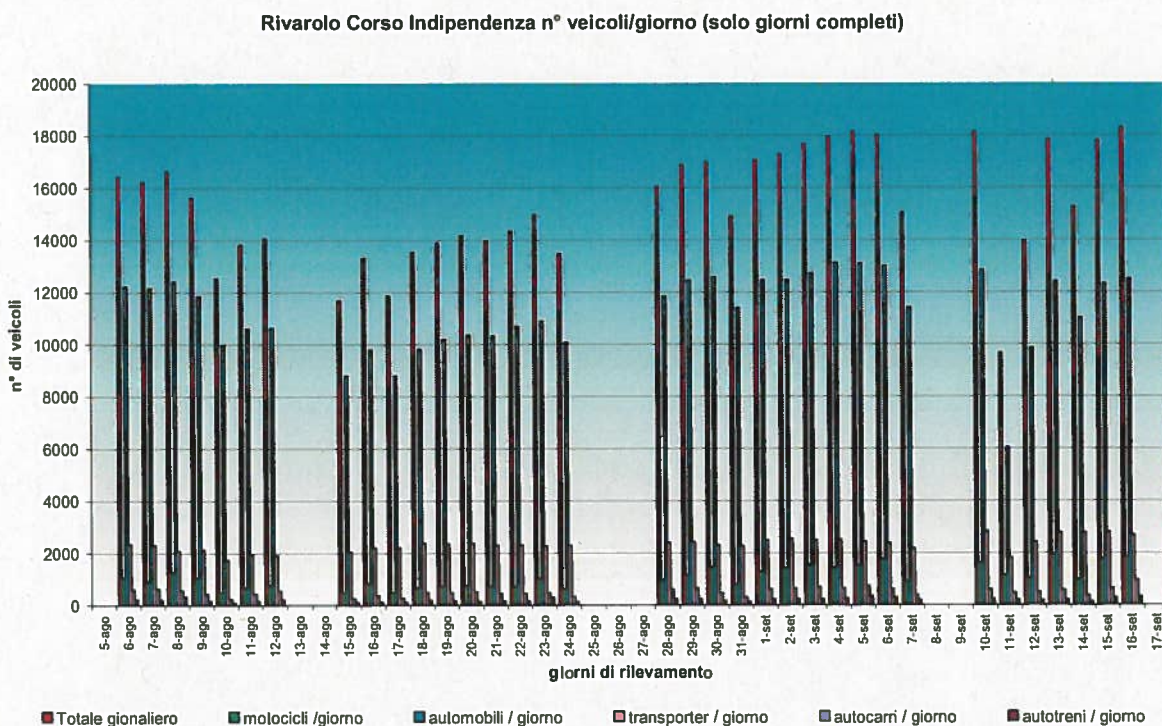


Figura 5: traffico veicolare grafico settimanale in corso Indipendenza (solo giorni completi)

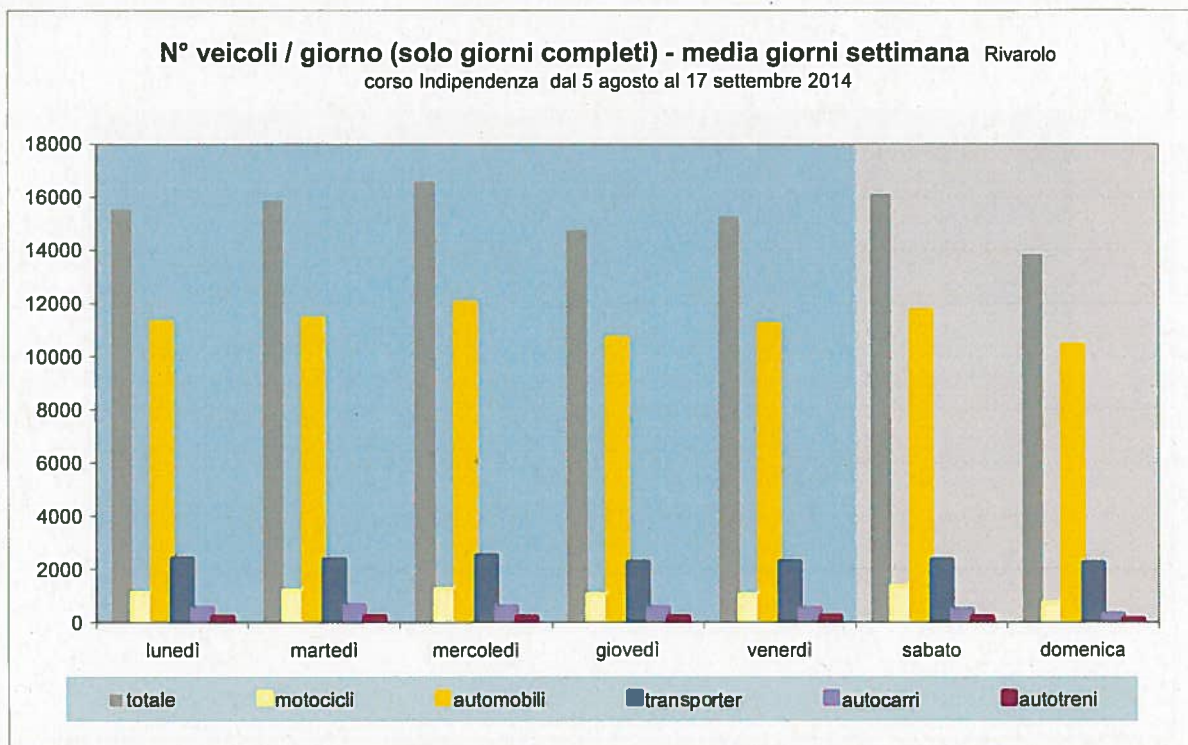


Figura 6 :traffico veicolare in corso Indipendenza valutazione di frequenza

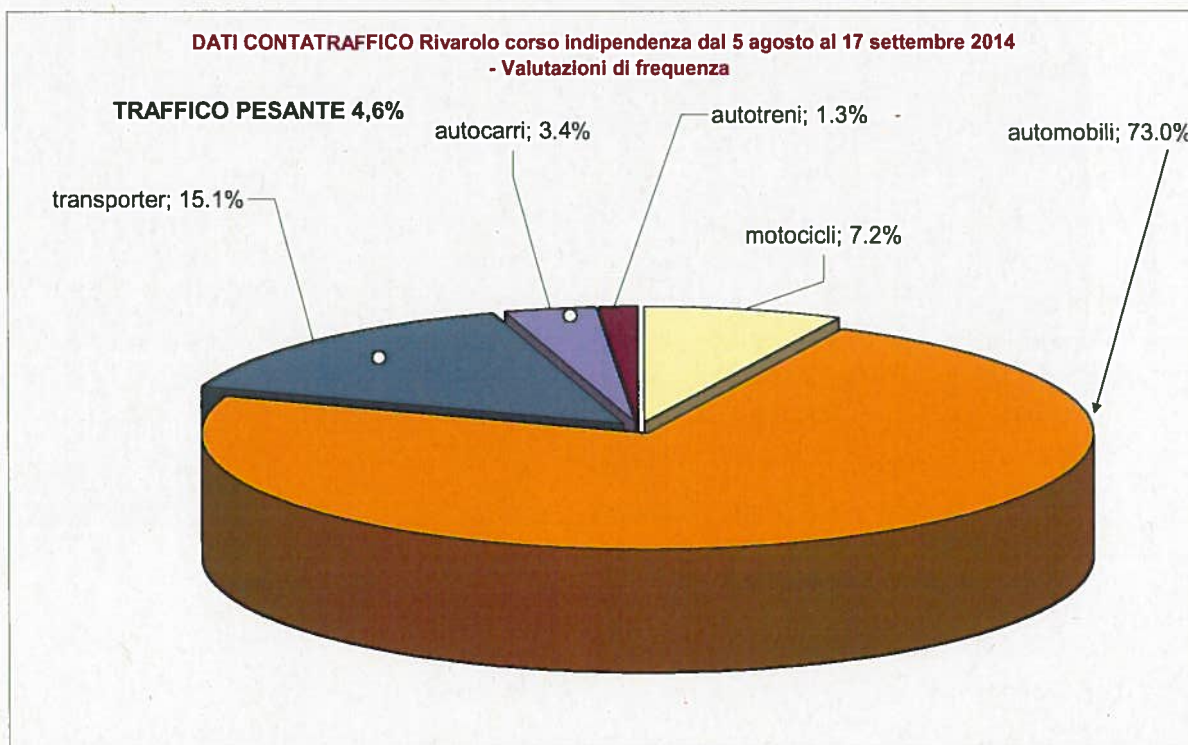


Figura 7 :confronto giorno medio veicoli totali in corso Indipendenza con giorno medio ossidi di azoto

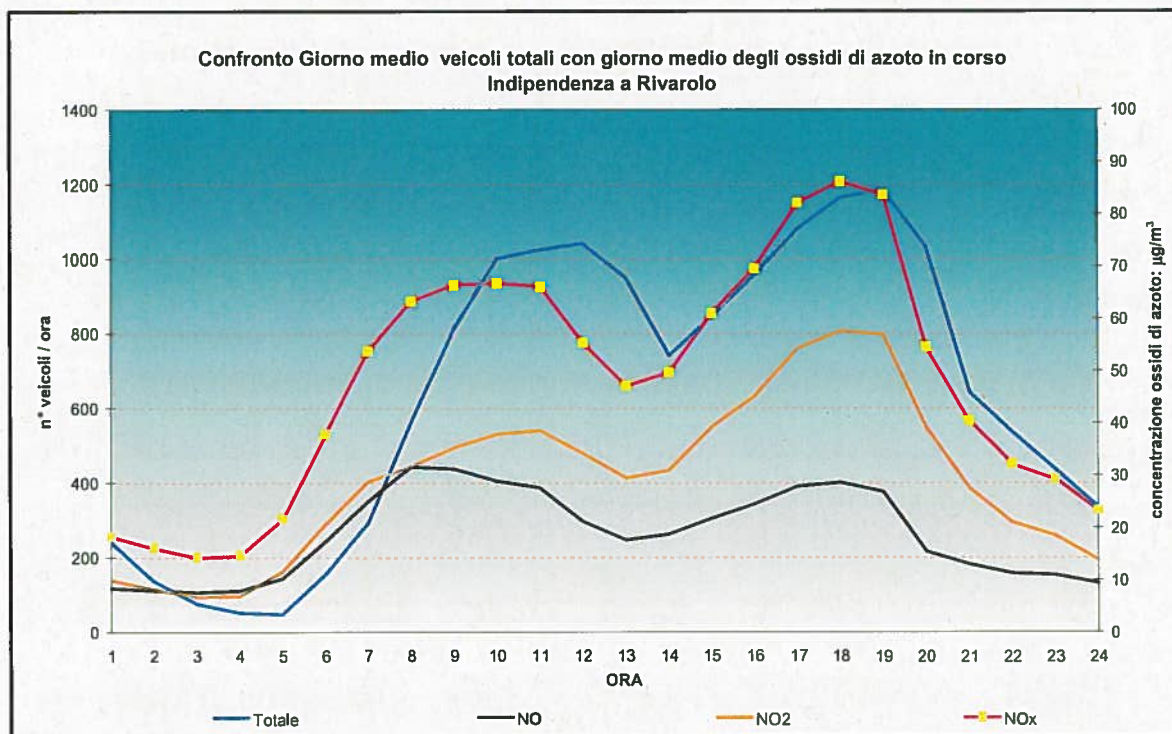


Figura 8: andamento orario traffico veicolare in corso Italia

Rivarolo Corso Italia - Andamento orario traffico veicolare dal 5 agosto al 17 settembre 2014

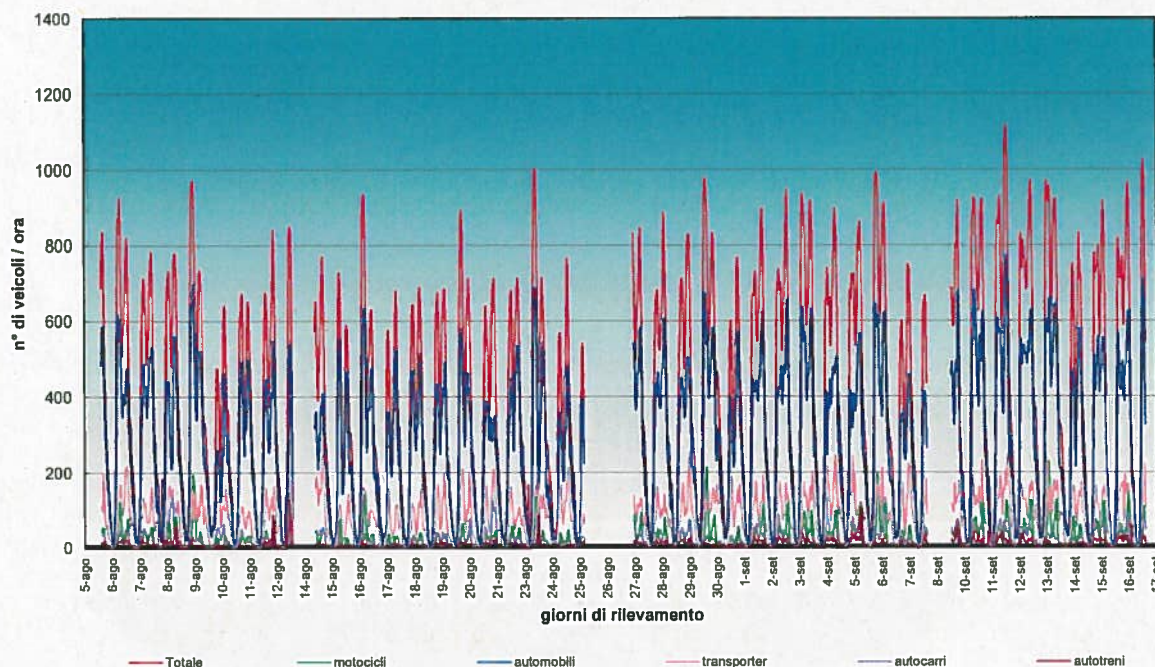


Figura 9: andamento giornaliero in corso Italia (solo giorni completi)

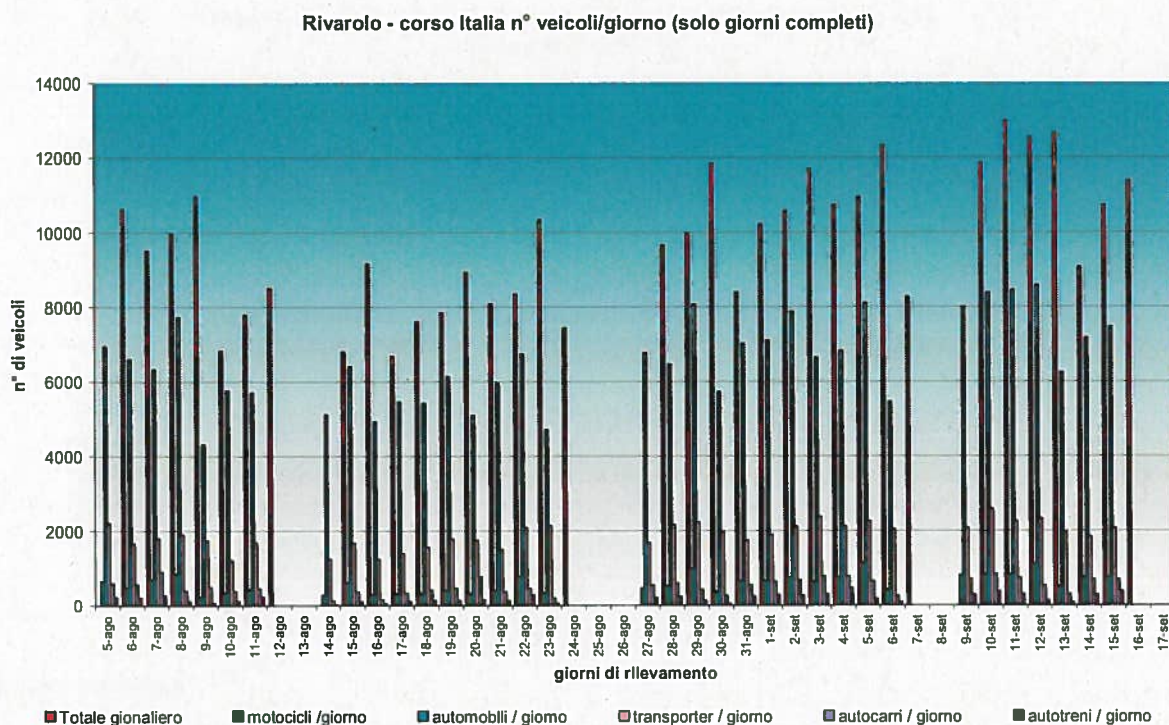


Figura 10: traffico veicolare grafico settimanale in corso Italia (solo giorni completi)

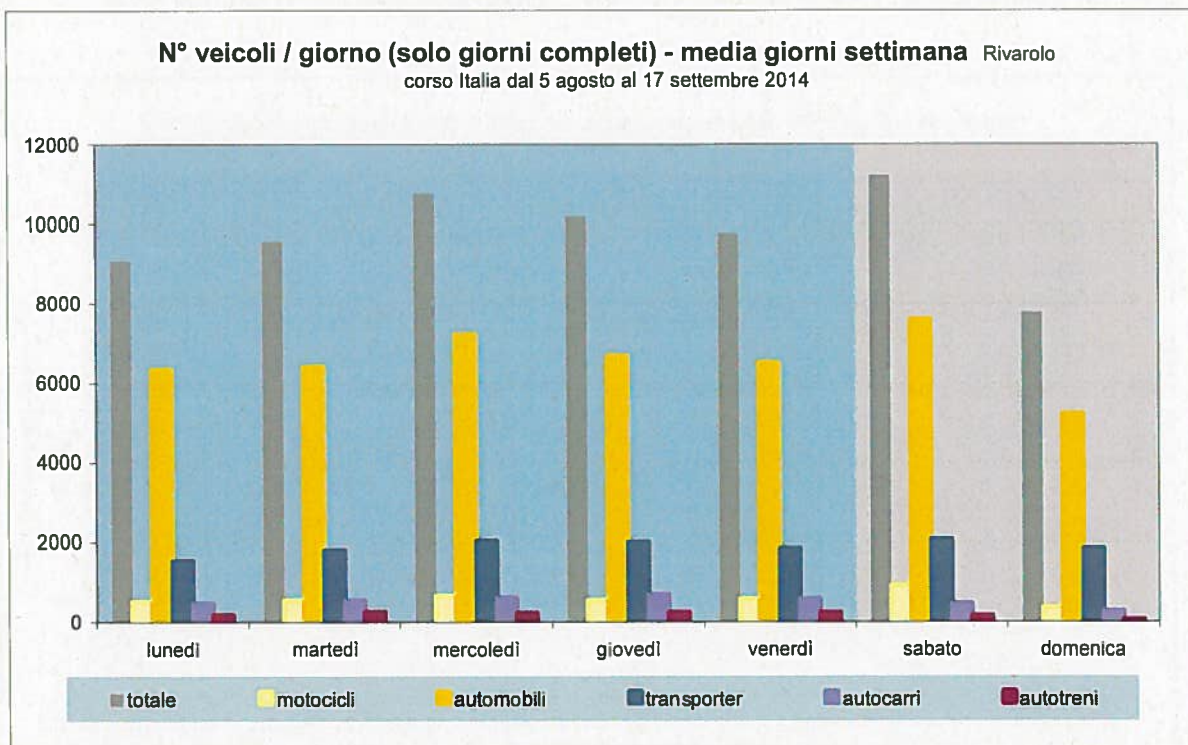


Figura 11: traffico veicolare in corso Italia valutazione di frequenza

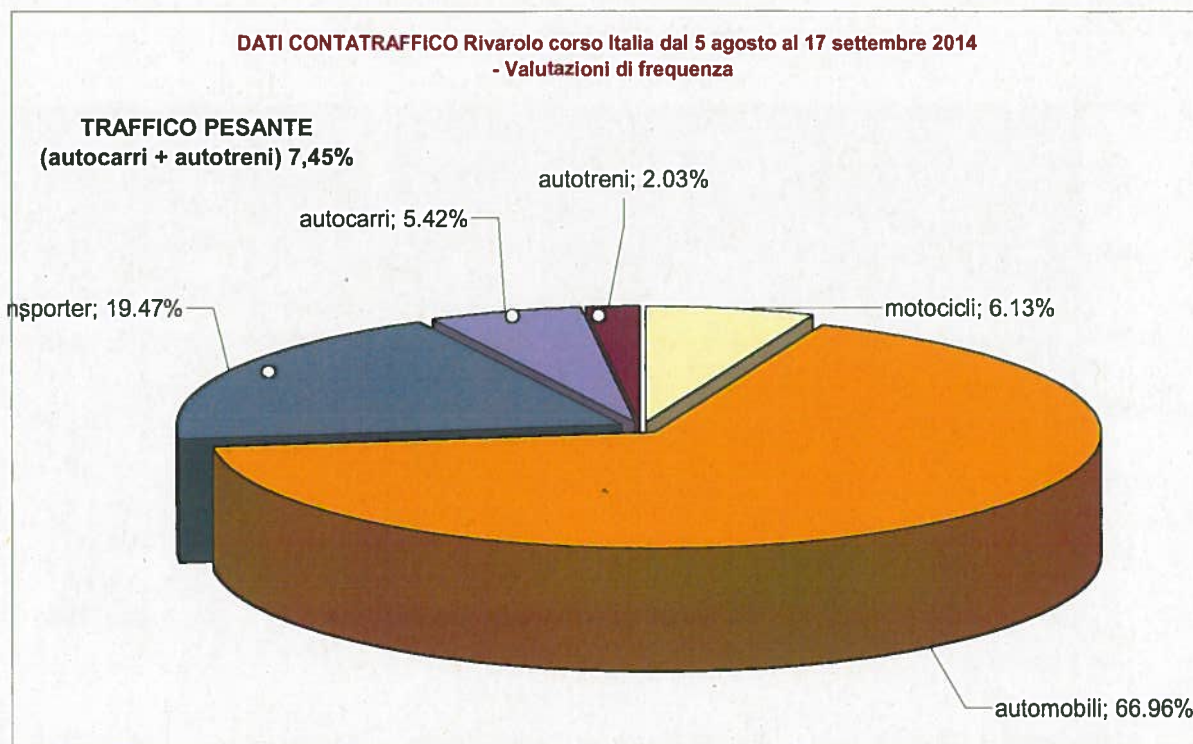
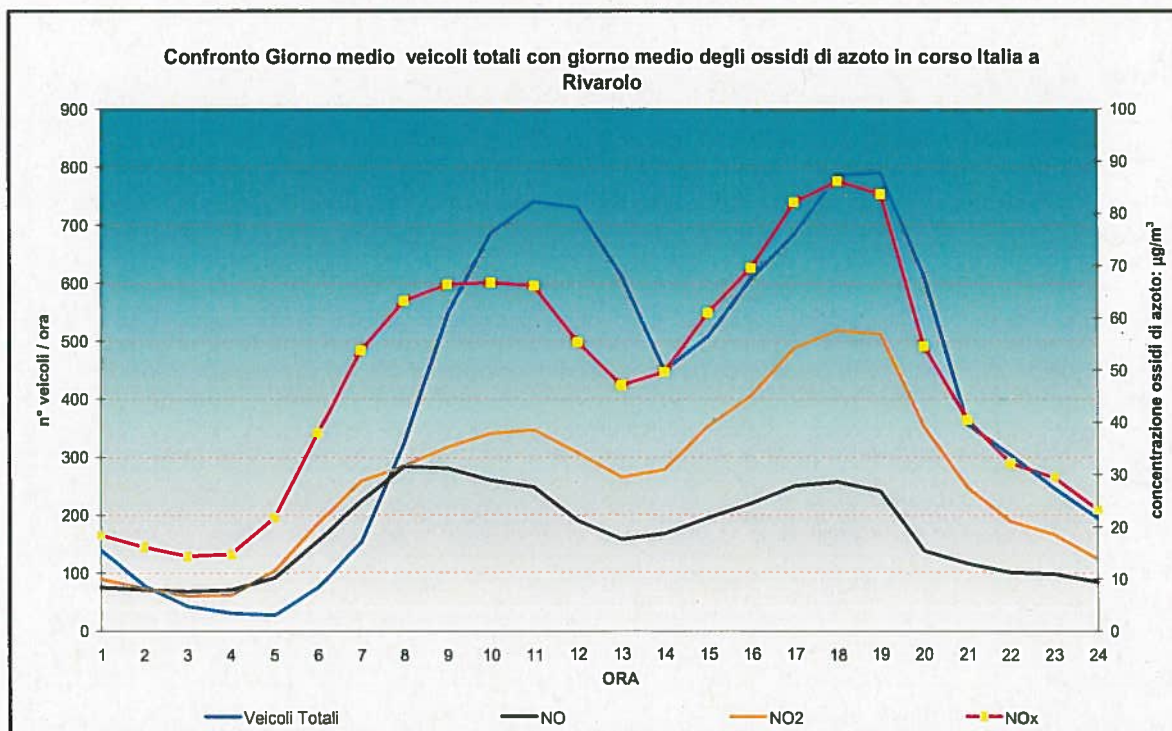


Figura 12: confronto giorno medio veicoli totali in corso Italia con giorno medio ossidi di azoto



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

Per motivi logistici il laboratorio mobile è stato posizionato in un'area dove non è stato possibile alzare il palo meteorologico sino ai 10 metri previsti dalle norme tecniche internazionali; inoltre le case adiacenti al sito di monitoraggio sono alte più di dieci metri, ostacolando quindi la libera circolazione dell'aria. Di conseguenza le misure di velocità e direzione del vento non sono attendibili e sono state omesse nella trattazione che segue.

La Figura 13 mostra l'andamento della radiazione solare globale e della pioggia nel corso della campagna di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici del periodo considerato, con valori massimi nelle ore centrali della giornata (450 - 550 W/m² ca.). I giorni dal 30 gennaio al 6 febbraio, il 17 e il 19 febbraio e dal 26 febbraio al 3 marzo sono stati caratterizzati da instabilità atmosferica con elevate precipitazioni e intensa copertura nuvolosa. Le Figure 14 e 15 confermano le situazioni di instabilità atmosferica con diminuzioni della pressione e della temperatura e aumento della umidità relativa nei giorni con intense precipitazioni, sia nel periodo invernale che in quello estivo.

Nel periodo estivo le foglie degli alberi hanno schermato la radiazione solare, quindi i valori misurati di RSG non sono attendibili.

Nel complesso il periodo di monitoraggio è stato particolarmente piovoso: in totale sono caduti 202 mm di pioggia nei 36 giorni invernali mentre nel periodo estivo ne sono caduti 129,8 in 42 giorni di campionamento, contribuendo quindi ad un abbassamento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

La temperatura media del periodo invernale è stata di 5,8 °C. Il valore minimo orario si è raggiunto il 28 e il 29 gennaio (-0,5 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato il 27 febbraio con 15,1 °C. Nel corso della campagna estiva il valore medio della temperatura è stato di 20,5 °C, il valore minimo di 13,3 °C è stato misurato il 13 settembre e il valore più elevato di 28 °C è stato misurato l'11 agosto e il 28 agosto.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta un andamento opposto a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata. (Figura 15).

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO
	W/m²		°C		%		hPa		
	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	
Minima media giornaliera	0.0	0.8	0.9	17.9	7	53	962	972	
Massima media giornaliera	106	47	8.8	23.7	99	99	986	982	
Media delle medie giornaliere	43	23	5.8	20.5	81	83	975	978	
Giorni validi	36	38	36	42	36	42	36	42	
Percentuale giorni validi	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Media dei valori orari	43	23	5.8	20.5	81	83	975	978	
Massima media oraria	570	493	15.1	28.0	99	99	988	984	
Ore valide	864	912	864	1008	859	1008	864	1008	
Percentuale ore valide	100%	90%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	

Figura 13: Radiazione solare e Pioggia

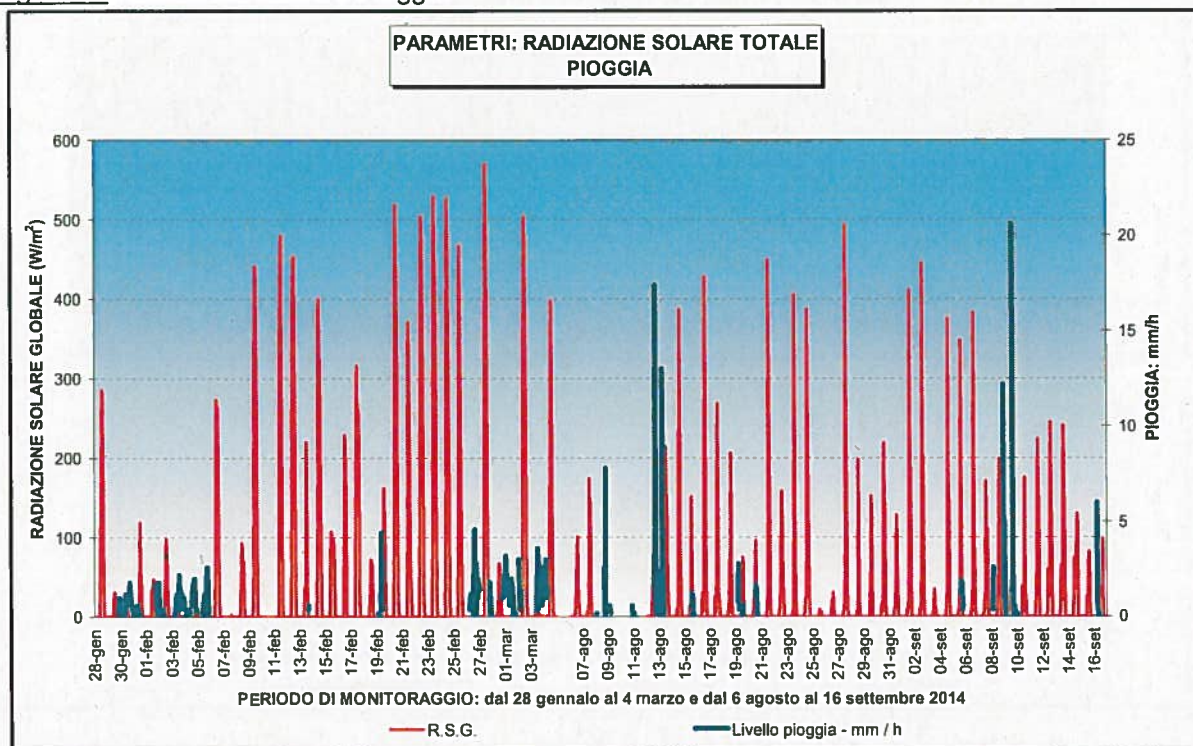


Figura 14: Pressione Atmosferica e Pioggia

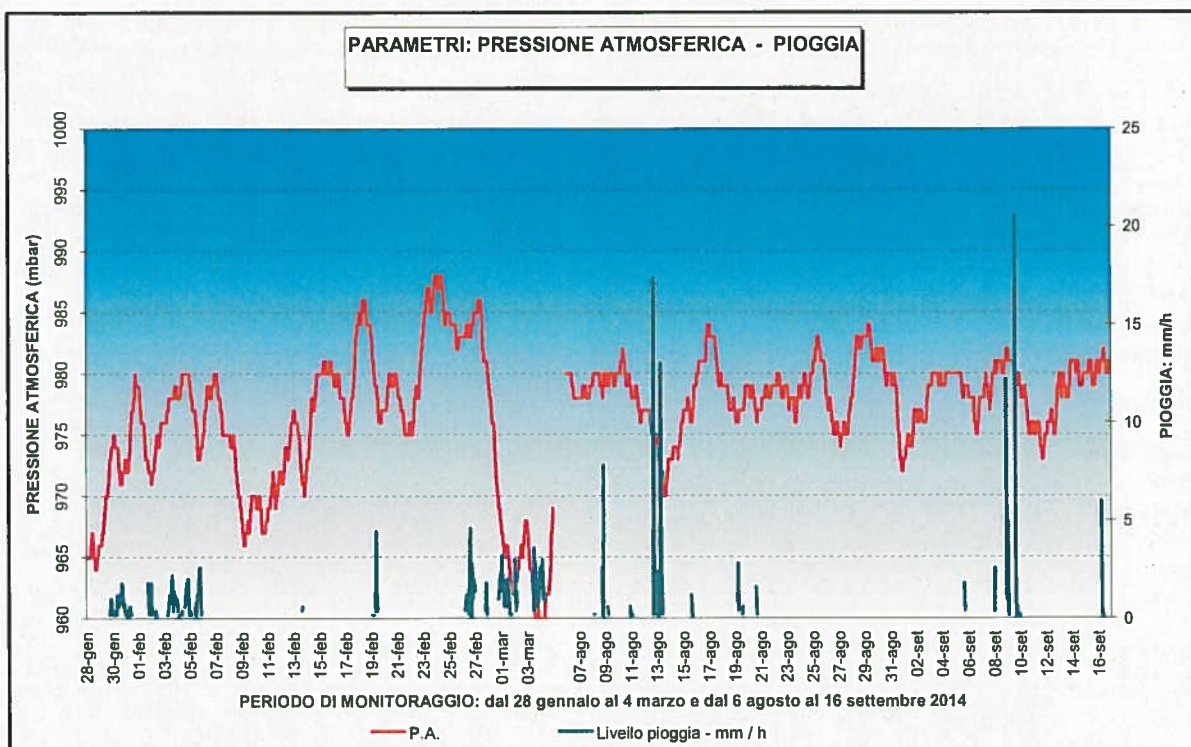
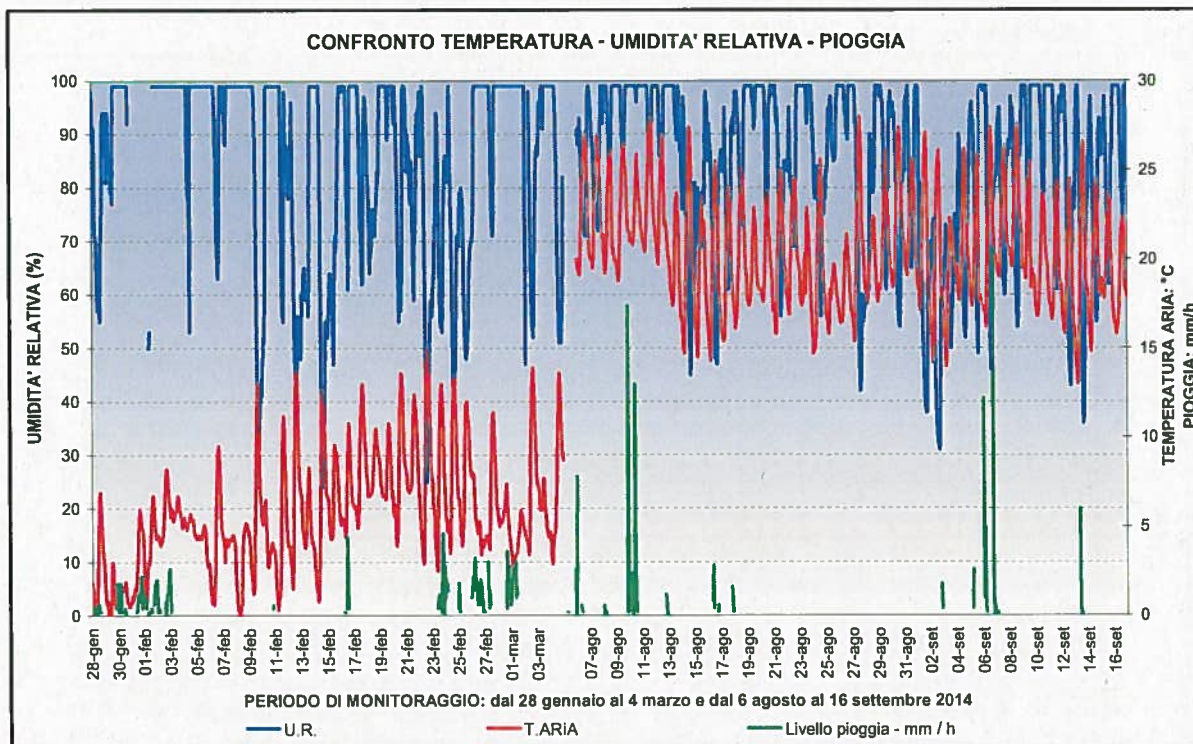


Figura 15: Umidità Relativa Temperatura



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo C.se

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

SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (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, previa registrazione dell'utente, per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

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.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato 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 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. 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 SO_2 derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

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

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

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Rivarolo, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 6 e Figura 16). Il massimo valore giornaliero è pari a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Inverno e a $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La massima media oraria è pari a $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in inverno e a $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs 155/2010 in $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dalla Figura 18 notiamo che i valori medi del giorno medio per l' SO_2 del sito di Rivarolo sono simili ai valori delle altre centraline messe a confronto.

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 SO_2 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.

Tabella 6: Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/ m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	8.5	3.4
Massima media giornaliera	13.	8.5
Media delle medie giornaliere	10.	6
Giorni validi	36	36
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	10.4	5.6
Massima media oraria	31	12
Ore valide	860	876
Percentuale ore valide	100%	87%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

Figura 16: SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

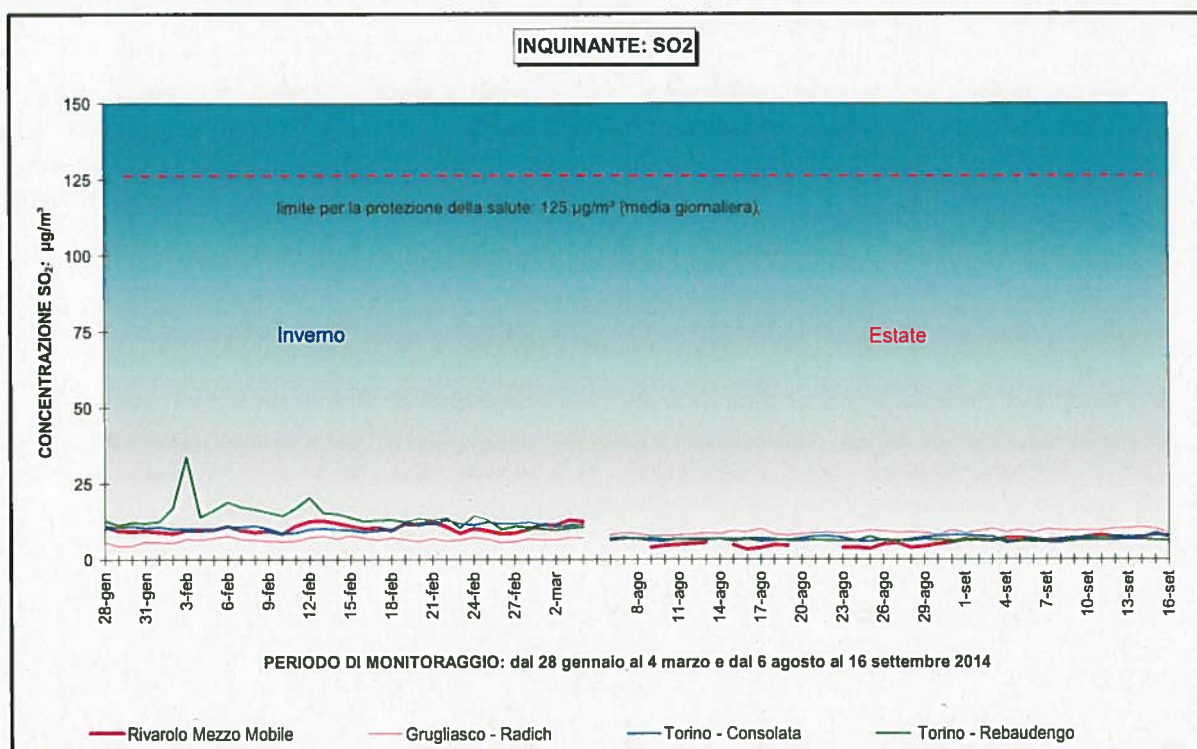


Figura 17: SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

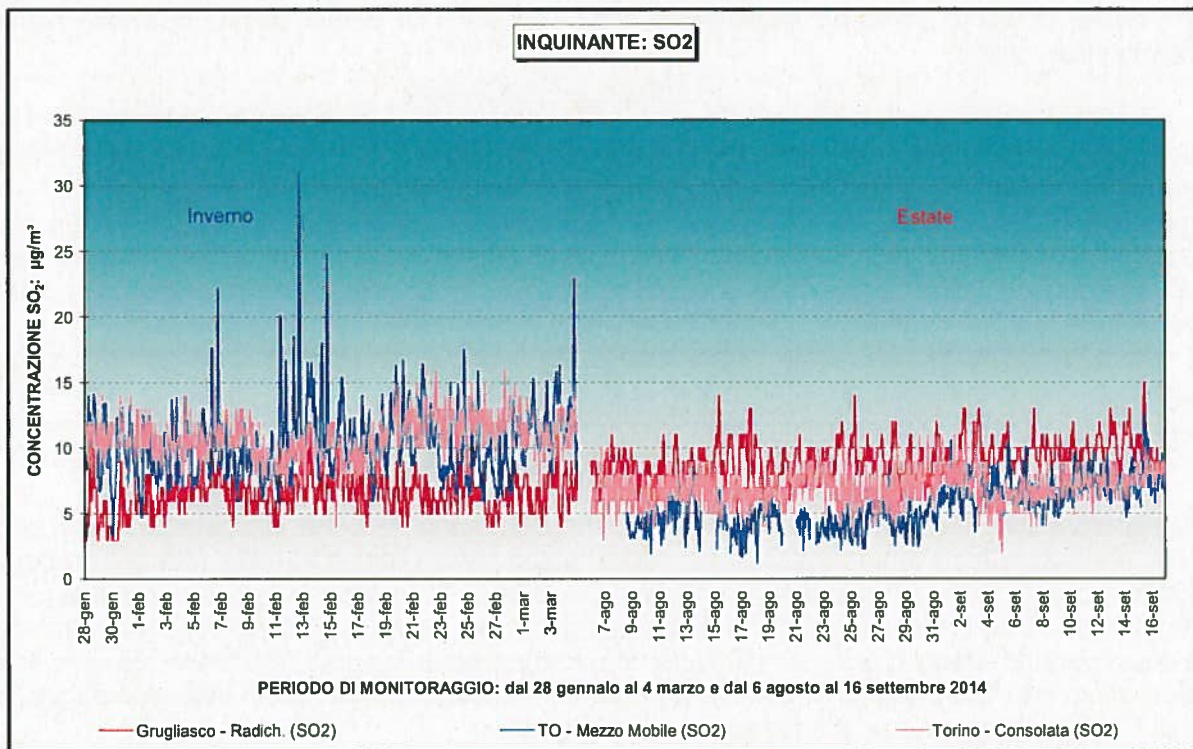
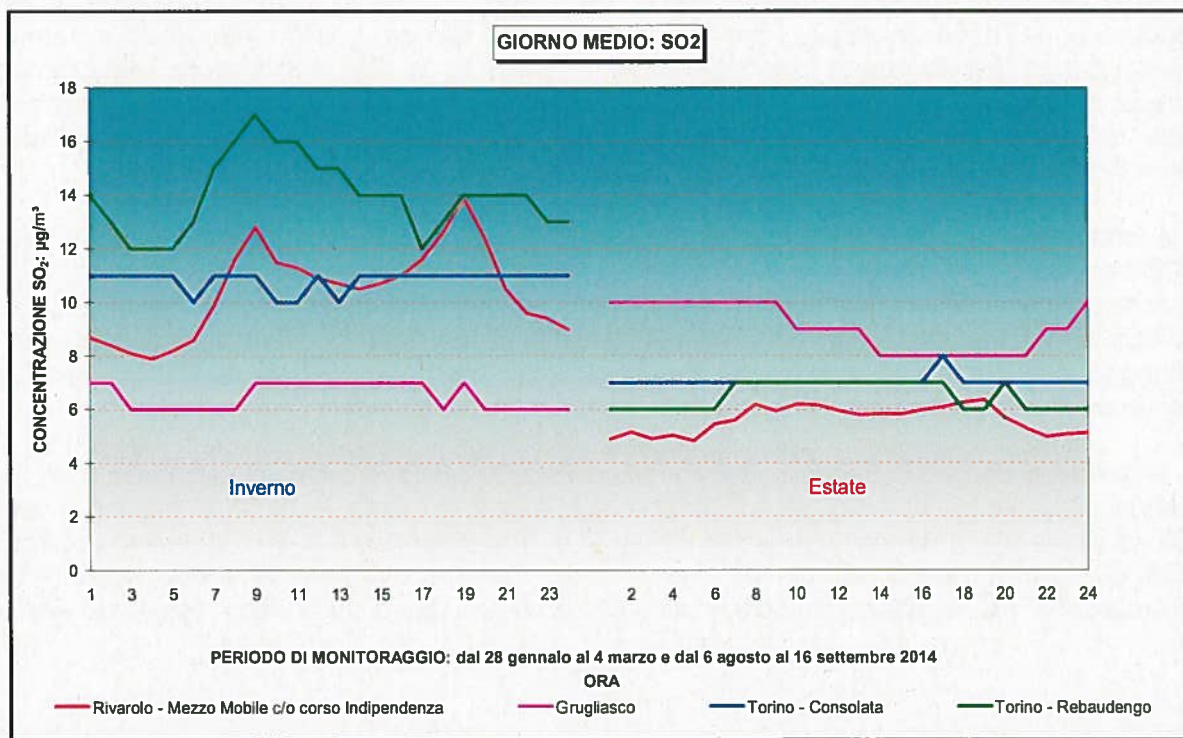


Figura 18: SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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. Si può osservare che nel Comune di Rivarolo nel periodo considerato si sono misurati valori di concentrazioni tra i più elevati della provincia. A tale proposito va rilevato che il sito monitorato è adiacente a due vie a intenso traffico veicolare.

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 in è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta,

Nel sito di rilevamento con il laboratorio mobile i valori sia di NO che, come esposto nel seguito, di NO₂ sono significativamente elevati e simili ai valori delle centraline della rete di monitoraggio da traffico urbano Torino Rebaudengo o Torino Consolata. Il massimo valore di monossido di azoto registrato nel sito del laboratorio mobile (media oraria) è pari a 578 µg/m³, in inverno mentre in estate (periodo meno critico per gli ossidi di azoto) si sono misurati 106 µg/m³, la massima media giornaliera è di 121 µg/m³ in inverno e 28 µg/m³, in estate, il valore medio della campagna invernale è di 65 µg/m³ mentre in estate la media è di 19 µg/m³,

Dalla Figura 21 notiamo come dal confronto del giorno medio misurato nel sito di monitoraggio con il laboratorio mobile con il giorno medio di alcune stazioni della rete fissa, i valori misurati nel sito in esame risultino significativamente elevati sia in inverno che in estate e superiori ai valori della centralina di Torino Consolata, che storicamente è il sito con i valori più elevati insieme a Torino Rebaudengo dell'intera rete fissa provinciale. In Figura 20 e Tabella 8 vengono messi a confronto le medie del periodo con le medie annuali 2013 di tutte le centraline della provincia. I valori del sito in esame sono tra le più elevati dell'intera provincia inferiore solo a Torino Rebaudengo, quest'ultima storicamente come già sottolineato tra i siti con valori più alti della provincia.

Va comunque ricordato che tale situazione è legata al fatto che, come ricordato nel capitolo "Obiettivi della campagna di monitoraggio", il sito di misura è stato scelto per ragioni logistiche in corrispondenza di un "hot spot", vale a dire di un punto di massimo con una rappresentatività spaziale limitata e che a rigore non potrebbe ospitare una stazione fissa per il rilevamento dei limiti di legge sulla qualità dell'aria (in quanto la normativa prescrive per i siti da traffico una distanza di almeno 25 m dai grandi incroci e di 4 metri dalla corsia più vicina).

L'andamento del giorno medio mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri, con i valori più elevati nelle ore in cui è maggiore il traffico autoveicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 20 nel pomeriggio), dai dati del giorno medio di traffico veicolare del periodo estivo confrontati con i dati del giorno medio sia di NO che di NO₂ sempre del periodo estivo risulta evidente la correlazione tra le concentrazioni ossidi di azoto e i flussi di traffico veicolare vedi Figura 7

Tabella 7: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	32	12
Massima media giornaliera	121	28
Media delle medie giornaliere	65	19
Giorni validi	36	42
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	65	19
Massima media oraria	578	106
Ore valide	857	1007
Percentuale ore valide	99%	100%

Figura 19: NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

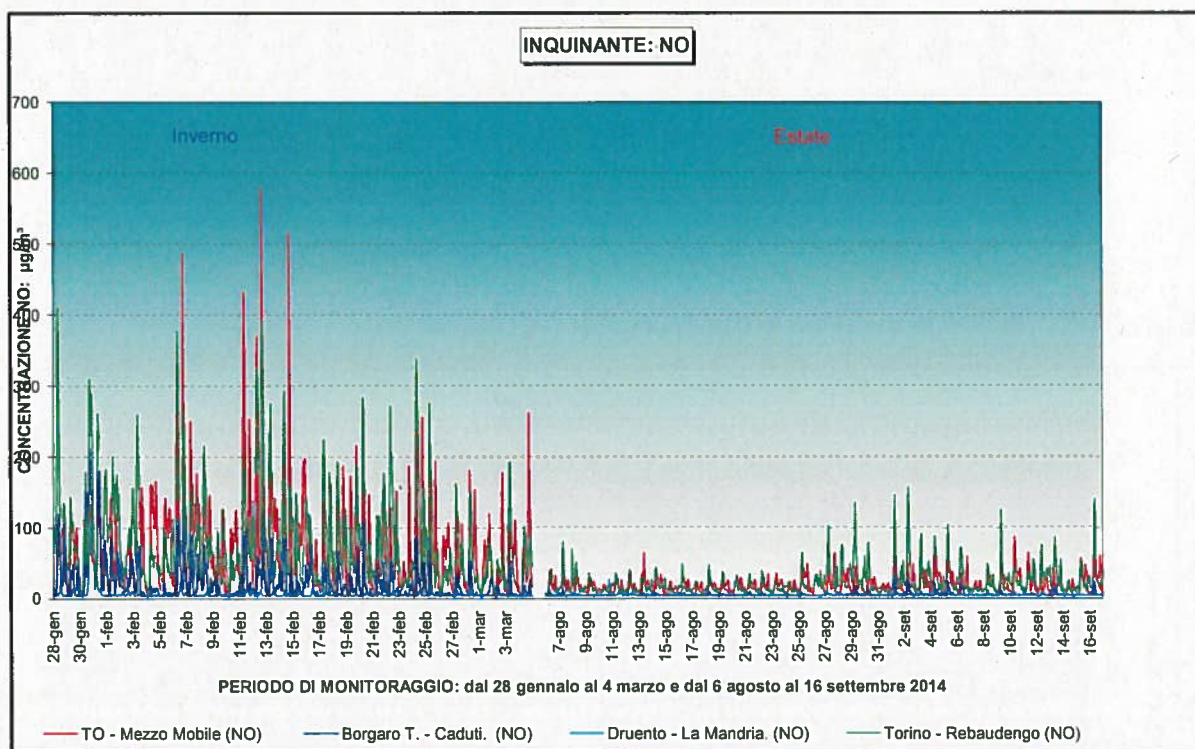


Figura 20: NO, confronto medie campagna invernale ed estiva con medie annuali 2013 nella provincia di Torino

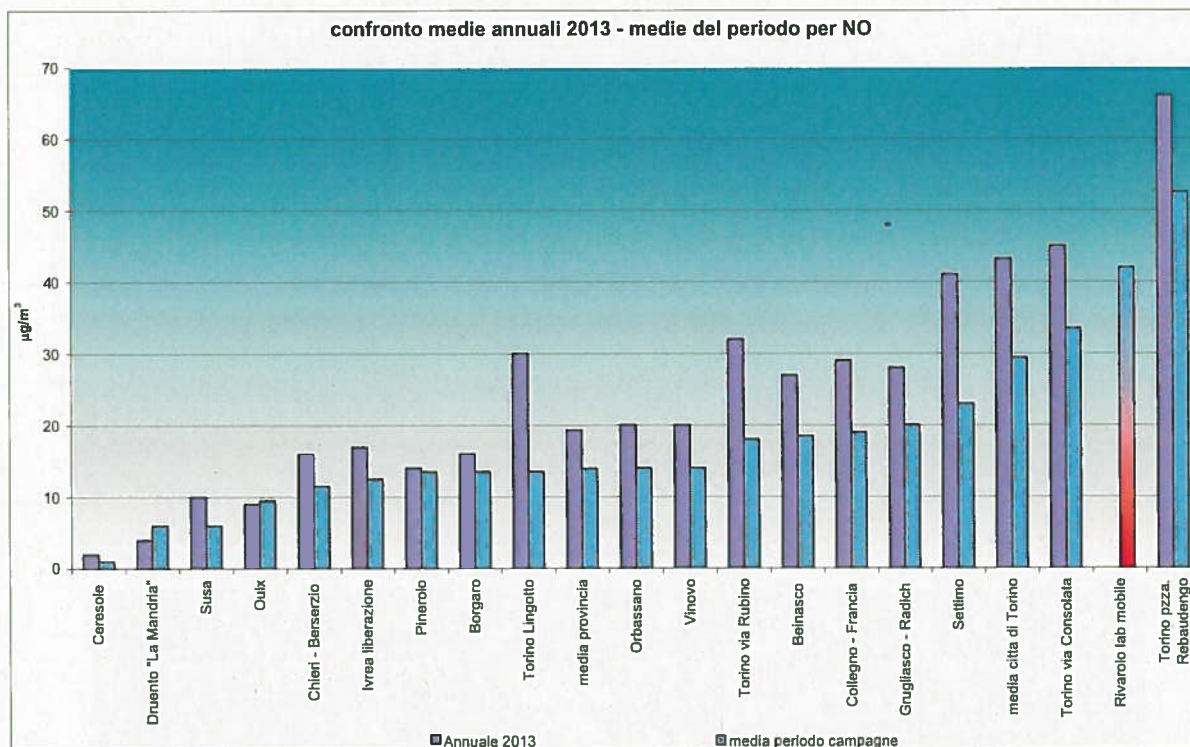
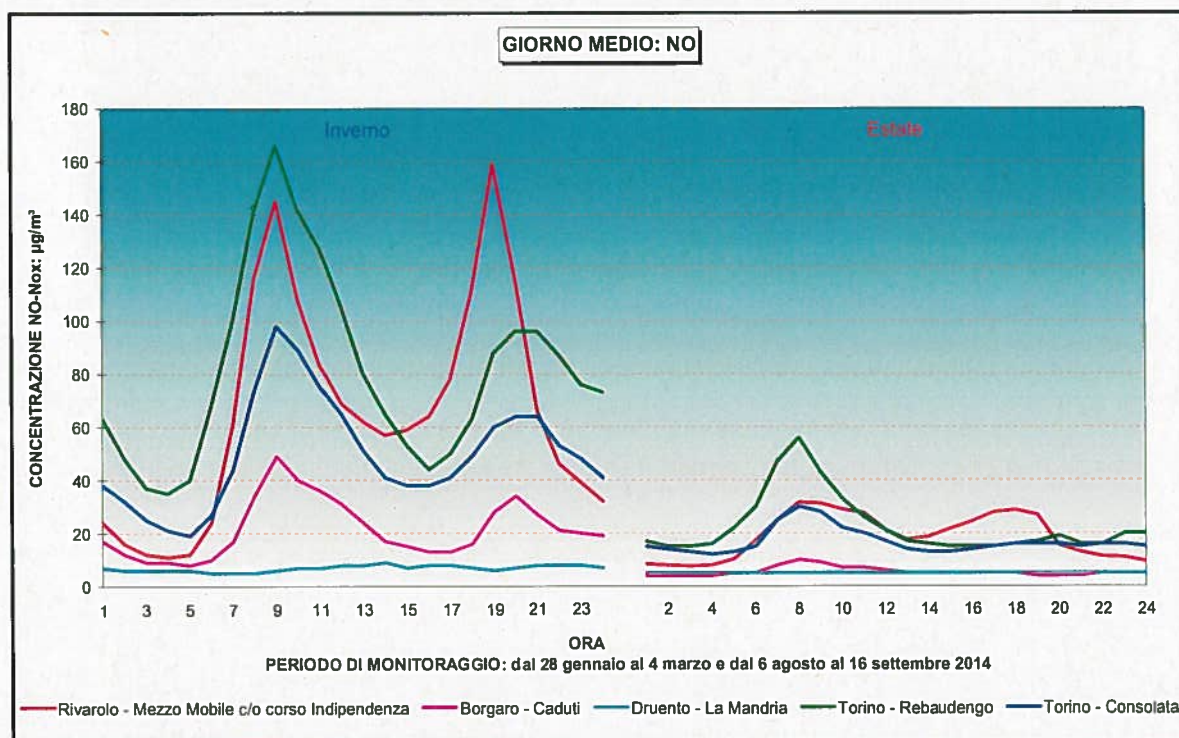


Figura 21: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 NO_2 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 origine 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 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO_2 (Tabella 9), durante la campagna di monitoraggio nel sito di Rivarolo non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ né tantomeno del livello di allarme di 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, essendo la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio di 172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate.

Le Figura 22 e Figura 23 permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: sia in inverno che in estate, dal confronto è evidente che le medie orarie di Rivarolo C.se presentano concentrazioni relativamente elevate. In particolare il confronto del giorno medio mostra che i valori di Rivarolo sono simili a quelli di Borgaro (stazione di fondo suburbano) e superiori a Druento- La Mandria (stazione di fondo rurale) e inferiori a Torino Consolata e Torino Rebaudengo quest'ultimi siti da intenso traffico veicolare; dalle ore 6 sino alle 10 le concentrazioni di NO_2 aumentano e alle ore 9 i valori di Rivarolo sono simili a quelli di Torino Consolata e Torino Rebaudengo. Nelle ore seguenti i valori di NO_2 a Rivarolo diminuiscono leggermente sino alle 16 per poi aumentare sino a superare i valori dei siti di Torino alle ore 19 e diminuire poi nuovamente nella tarda serata.

Anche in questo caso la correlazione di questi andamenti con i flussi veicolari è verificata nella seconda campagna. (Vedi il capitolo sul traffico veicolare).

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. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore al limite.

Sulla rappresentatività spaziale di tali valori rispetto all'insieme del territorio del Comune si rimanda alle considerazioni già espresse per il monossido di azoto.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con la media dell'anno 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Rivarolo permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO₂ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

M_c : media anno stimata NO₂ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 NO₂ Provincia di Torino

Data la pericolosità di questo inquinante, anche in qualità di precursore di altri inquinanti come l'ozono, si sottolinea che le politiche atte al controllo e alla limitazione delle concentrazioni di NO₂ nell'aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Tabella 8: NO₂, NO confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2013 nella provincia di Torino

	28/01/14 - 4/03/14		06/08/14 - 16/09/14		media periodo campagne		Annuale 2013	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole	1	4	1	4	1	4	2	6
Druento "La Mandria"	7	13	5	11	6	12	4	12
Susa	8	30	4	11	6	21	10	19
Oulx	14	31	5	12	10	22	9	21
Ivrea liberazione	20	32	5	14	13	23	17	25
Chieri - Berserzio	20	36	3	12	12	24	16	27
Borgaro	22	36	5	13	14	25	16	32
media provincia	22	38	5	16	14	27	19	30
Pinerolo	20	39	7	18	14	29	14	29
Orbassano	25	43	3	14	14	29	20	32
Settimo	35	42	11	17	23	30	41	42
Vinovo	23	44	5	17	14	31	20	31
Beinasco	32	45	5	16	19	31	27	35
Grugliasco - Radich	34	48	6	17	20	33	28	38
Torino via Rubino	29	53	7	21	18	37	32	42
Torino Lingotto	21	60	6	21	14	41	30	42
Rivarolo lab mobile (*)	65	56	19	29	42	43		48
Collegno - Francia	31	57	7	30	19	44	29	44
media città di Torino	46	63	13	33	29	48	43	52
Torino via Consolata	50	70	17	41	34	56	45	60
Torino pzza. Rebaudengo	82	67	23	49	53	58	66	65

(*)= media annuale (NO₂) stimata

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sito c/o c.so Indipendenza

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	40	17
Massima media giornaliera	86	40
Media delle medie giornaliere	56	29
Giorni validi	36	42
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	56	29
Massima media oraria	172	121
Ore valide	857	1007
Percentuale ore valide	99%	100%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0

Figura 22: NO_2 : confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Torino Rebaudengo, Borgaro, Druento "La Mandria" e Torino Consolata

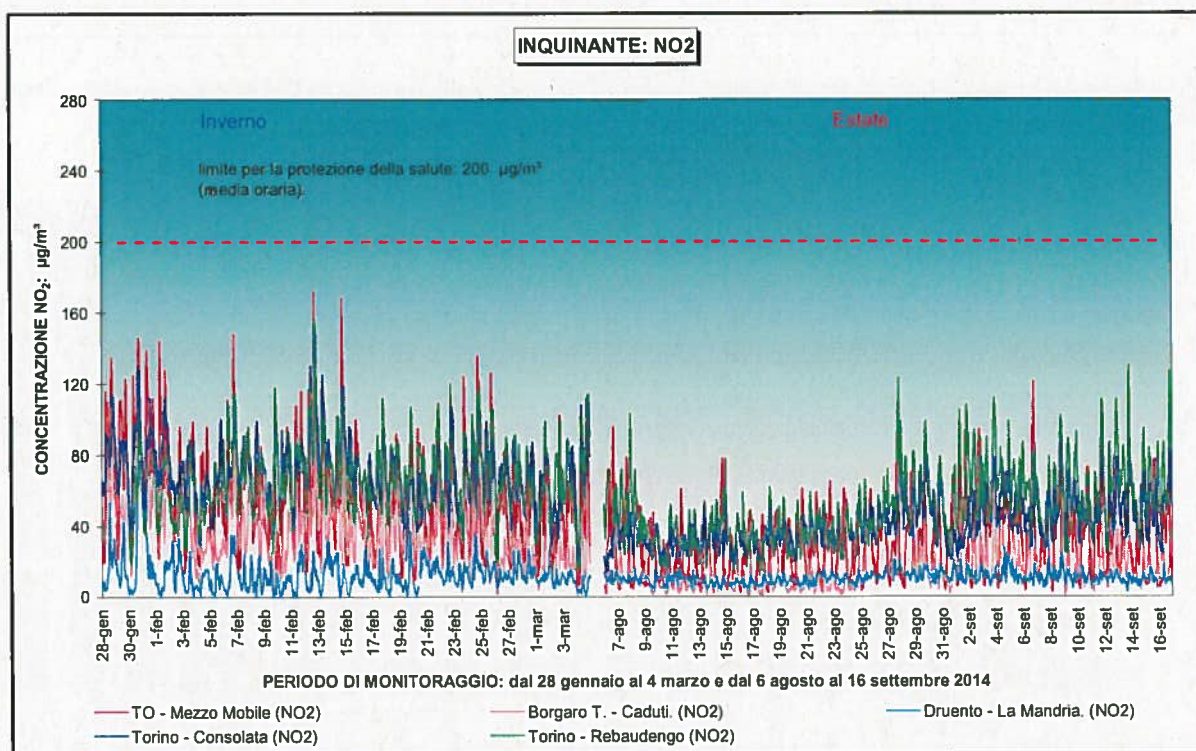


Figura 23: NO₂: andamento del giorno medio

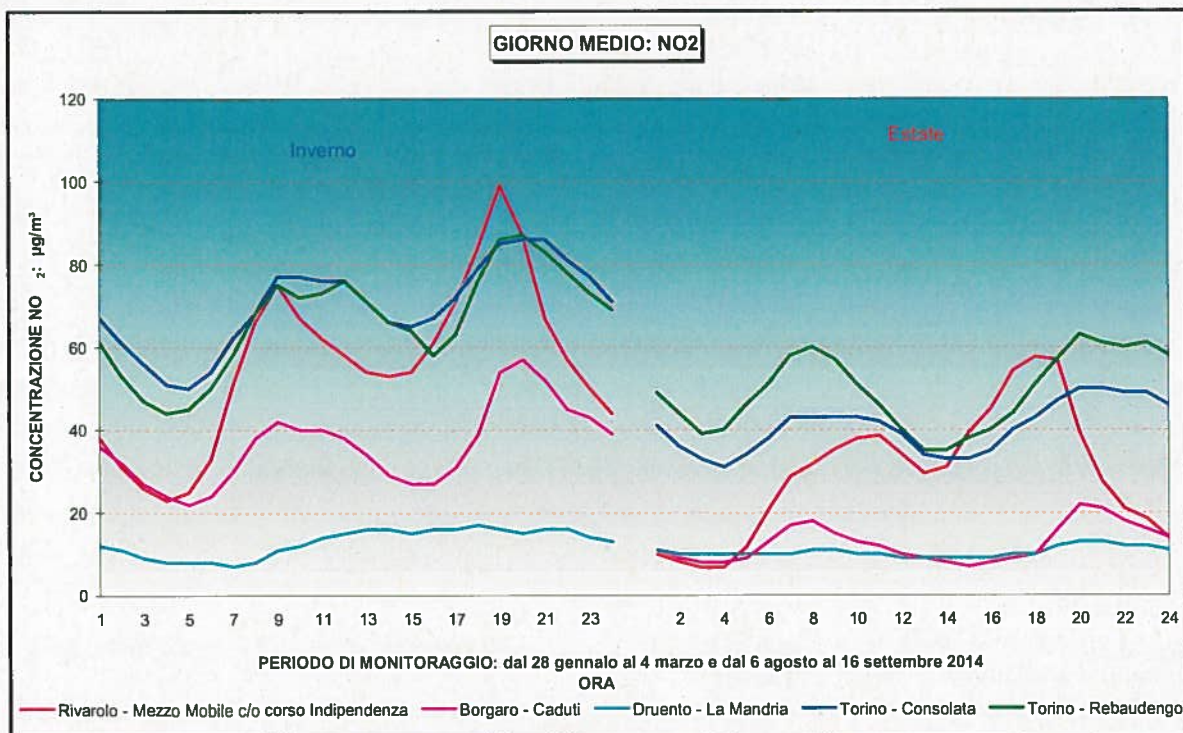
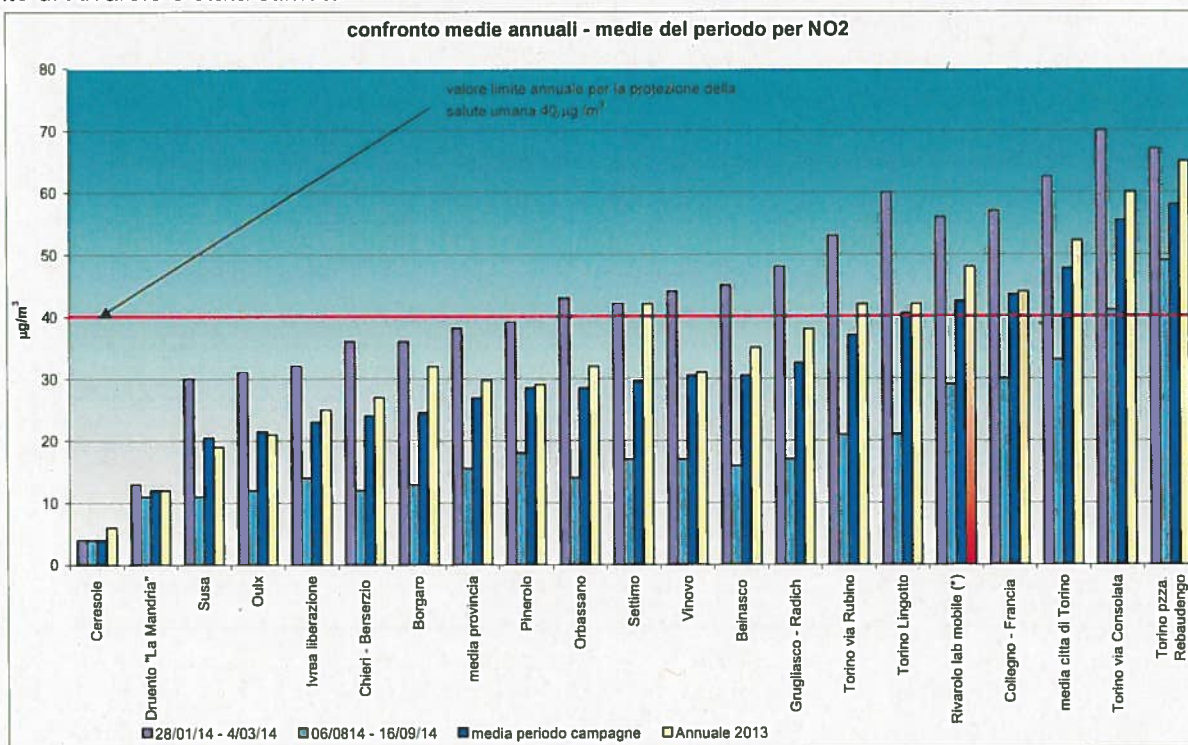


Figura 24: NO₂: confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino, la media annuale per il sito di Rivarolo è stata stimata



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 C.se Tabella 10: confermano tale 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 $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno mentre in estate il valore massimo su otto ore è di $0,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 25) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $2.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno e di $1,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ in estate).

La Figura 27 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata nei due periodi di campionamento. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale indica che il sito di Rivarolo c/o C.so Indipendenza presenta valori inferiori alle stazioni di Torino e simili alla centralina di Oulx.

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.

Tabella 10: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.9	0.3
Massima media giornaliera	1.4	0.6
Media delle medie giornaliere	1.0	0.5
Giorni validi	36	42
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	1.0	0.5
Massima media oraria	2.3	1.2
Ore valide	861	1007
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo delle medie 8 ore	0.7	0.3
Media delle medie 8 ore	1.0	0.5
Massimo delle medie 8 ore	1.7	0.8
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<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

Figura 25: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

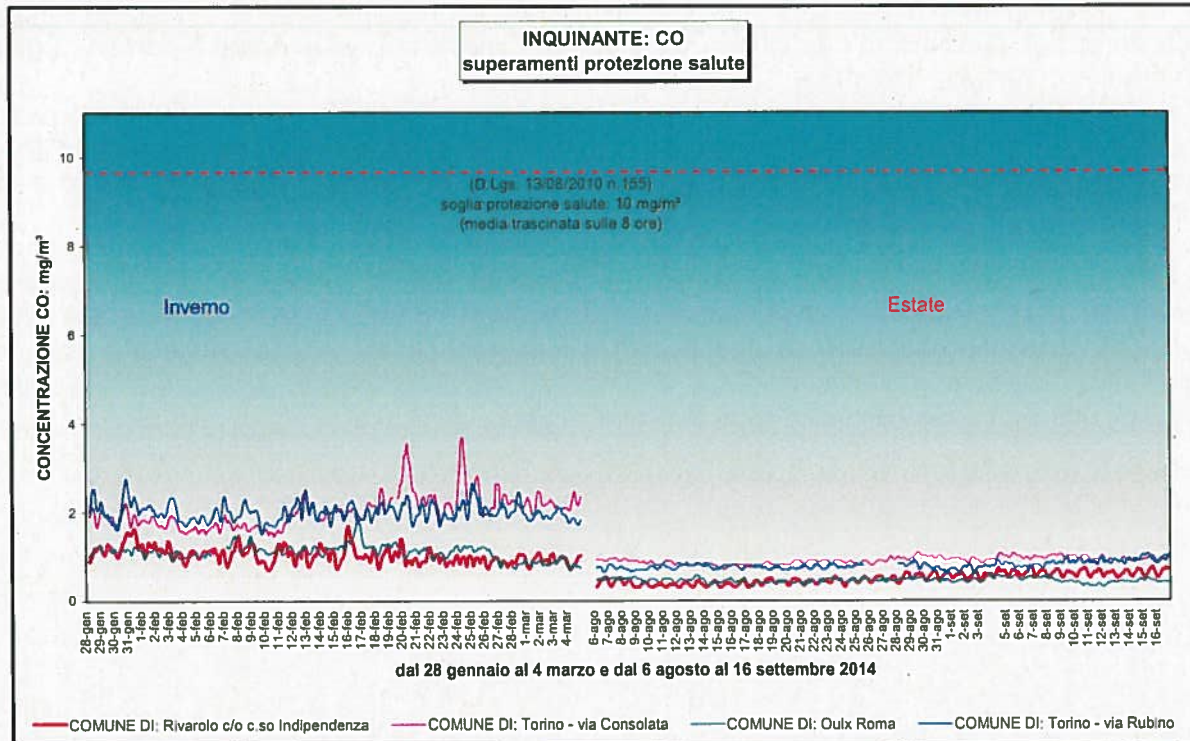


Figura 26: CO andamento medie orarie

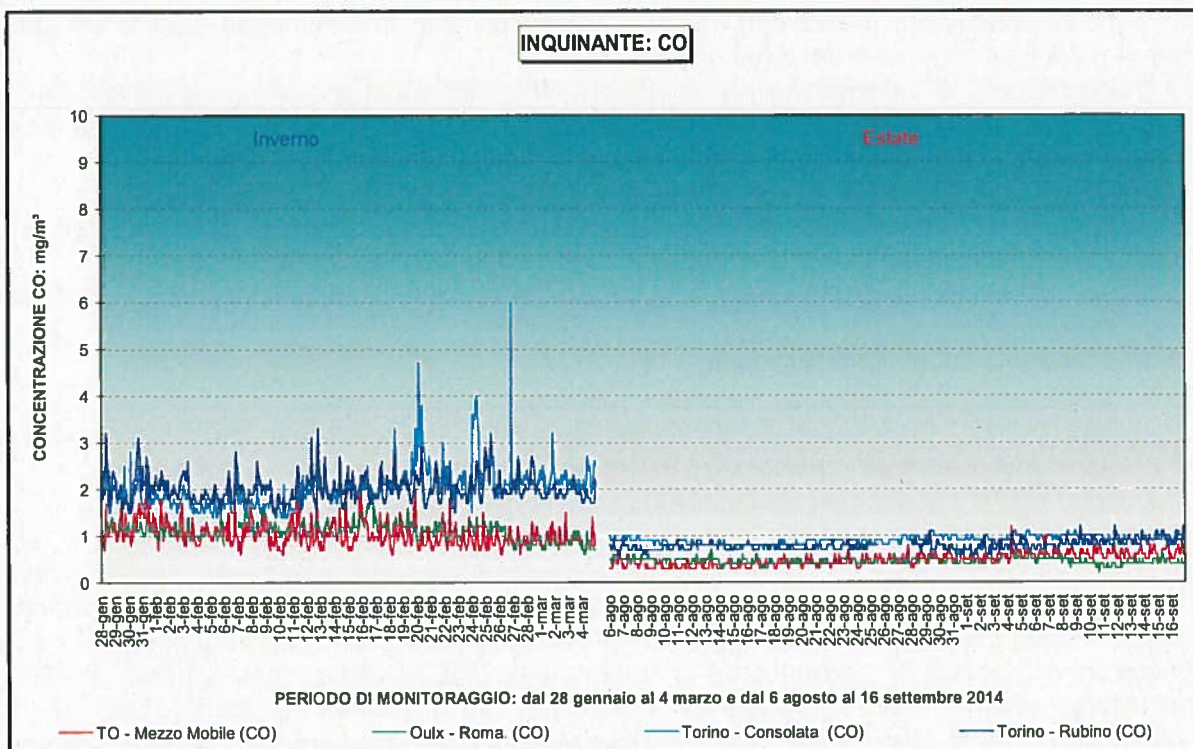
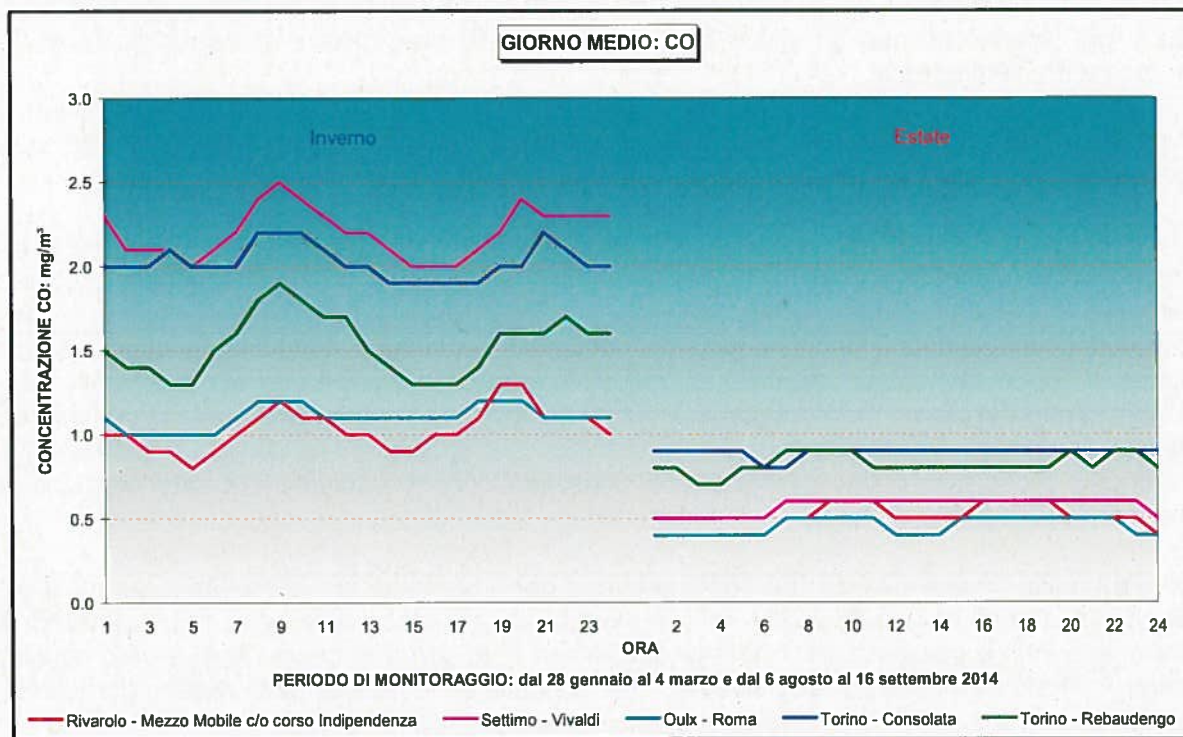


Figura 27: CO: andamento del giorno medio



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 pari a $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate con una media per i due periodi di $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in Tabella 11: dalla Figura 28 e dalla Figura 29 osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile hanno un andamento simile a Torino Consolata, inferiore a Torino Rebaudengo e superiore sia a Borgaro che Vinovo. L'andamento del giorno medio è simile a quello del monossido di carbonio avendo i due inquinanti la stessa sorgente. Trattandosi di un inquinante di origine prevalentemente autoveicolare, tale fenomeno è con tutta evidenza legato alle situazioni locali di traffico e alle caratteristiche del sito di monitoraggio (traffico urbano).

La normativa vigente (D.Lgs 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 pari a $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Figura 30) valore inferiore al limite.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (invernale e estivo), di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Rivarolo permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Rivarolo

M_c : media anno stimata benzene Rivarolo

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 benzene Provincia di Torino

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate (Tabella 12), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 11: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2.1	0.6
Massima media giornaliera	4.9	1.3
Media delle medie giornaliere	3.3	0.9
Giorni validi	26	42
Percentuale giorni validi	72%	100%
Media dei valori orari	3.3	0.9
Massima media oraria	12.0	3.6
Ore valide	634	1006
Percentuale ore valide	73%	100%

Tabella 12: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.7	1.5
Massima media giornaliera	5.6	3.6
Media delle medie giornaliere	3.2	2.3
Giorni validi	26	42
Percentuale giorni validi	72%	100%
Media dei valori orari	3.2	2.3
Massima media oraria	35.3	12.9
Ore valide	633	1006
Percentuale ore valide	73%	100%

Figura 28: Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Rebaudengo e Vinovo.

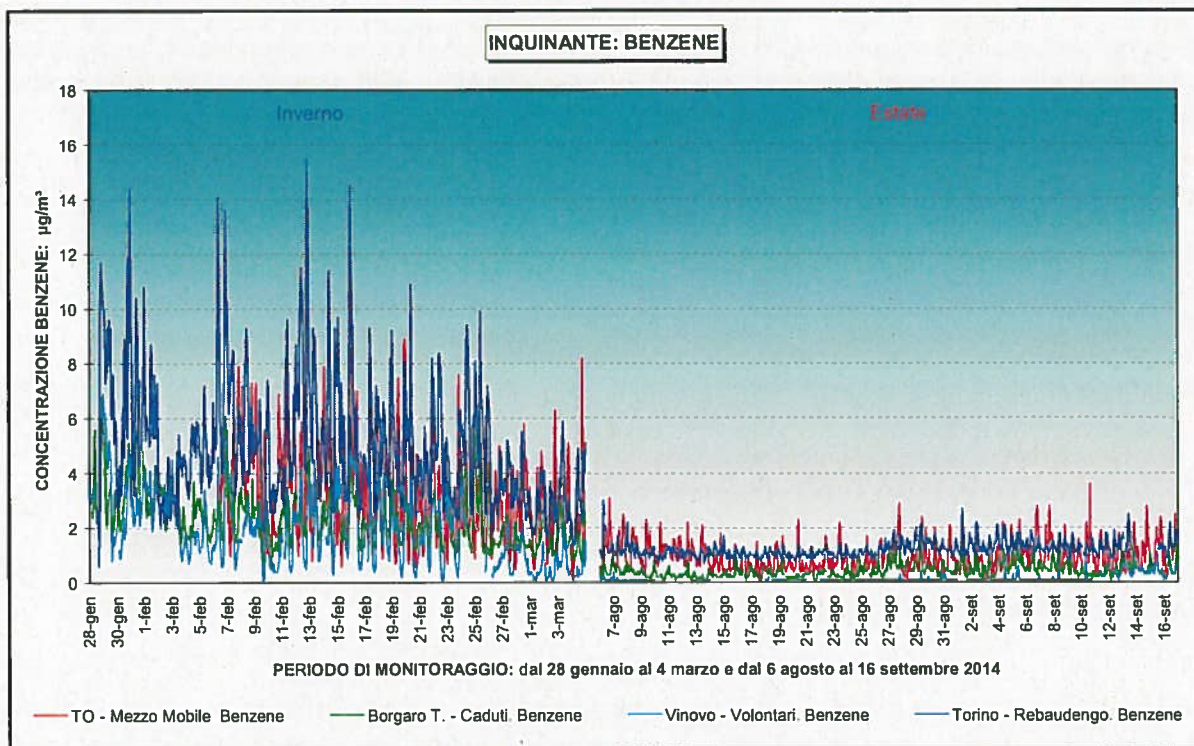


Figura 29: Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Torino – Consolata, Torino – Rebaudengo, Borgaro e Vinovo.

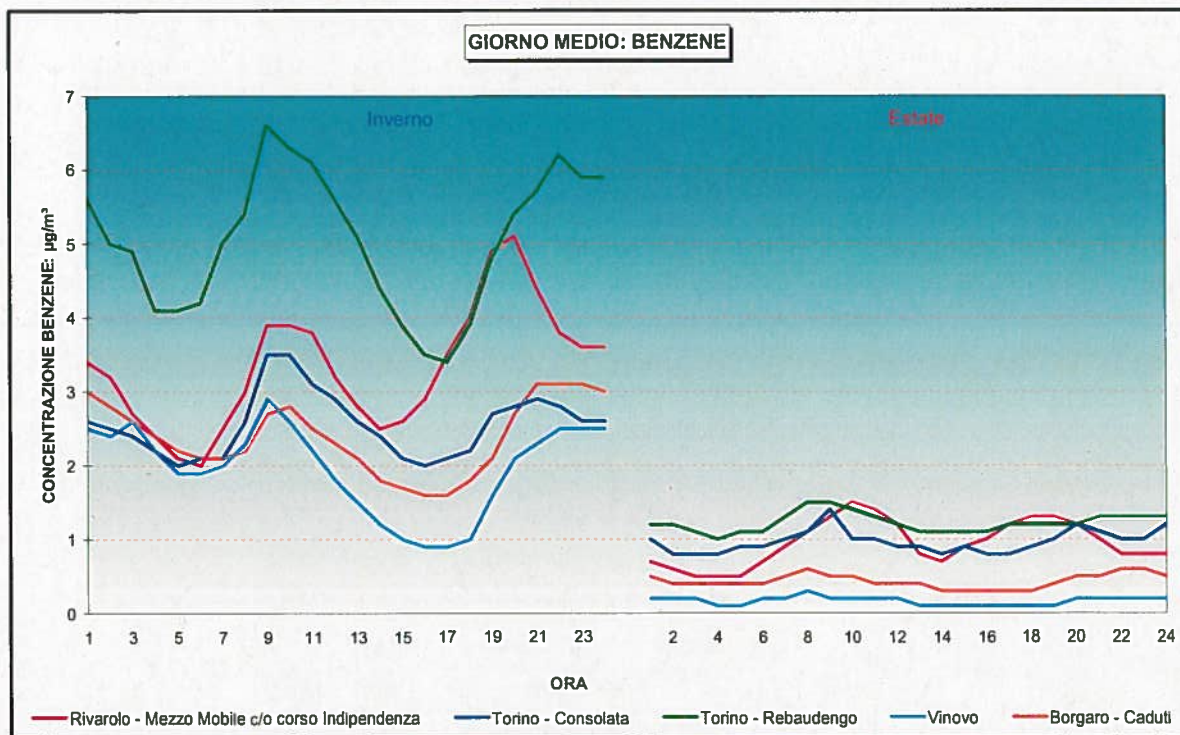
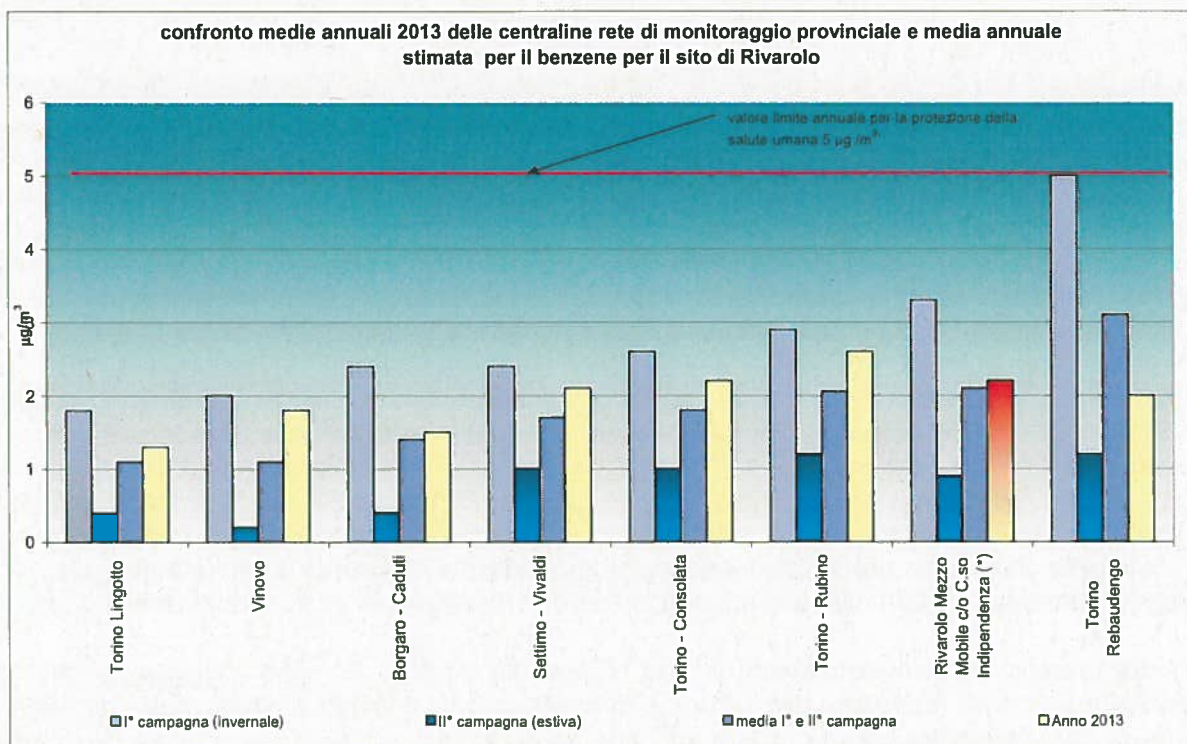


Figura 30: Benzene confronto media annuali 2013 e media del periodo.



Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($PM_{2.5}$)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il 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 PM_{10} , 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

Nel monitoraggio invernale eseguito nel comune di Rivarolo C.se vi sono stati per il particolato PM₁₀ 5 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ su 36 giorni, pari al 14 % dei giorni validi, mentre nel periodo estivo non vi sono stati superamenti del limite nei 42 giorni validi di campionamento come indicato in Tabella 13, in Figura 31 e Figura 36, dalla Tabella 15 notiamo che, come è tipico dei mesi invernali, nel periodo considerato si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della provincia a parte le stazioni non interessate da traffico veicolare come la stazione di Druento “La Mandria”, posizionata all'interno del omonimo parco regionale o Susa ed Oulx siti dove le caratteristiche anemologiche come le brezze di monte e di valle presenti nelle valli alpine favoriscono quotidianamente la dispersione degli inquinanti atmosferici. Nel periodo estivo non vi sono stati superamenti del limite giornaliero in nessuna delle centraline di monitoraggio provinciale neanche in quelle storicamente più critiche come Torino - Grassi e Torino – Consolata, In Figura 36 si osserva che, in termini percentuali, il numero di superamenti rilevati nel sito di Rivarolo C.se è compreso tra quello di siti di fondo urbano (Torino Lingotto e TO Rubino) e quello di siti da traffico (Collegno) dell'area urbana torinese. Va comunque sottolineato che anche nel periodo invernale le condizioni di instabilità atmosferica e le abbondanti piogge hanno contribuito alla diminuzione delle polveri aerodisperse su tutto il territorio provinciale.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Rivarolo è pari a 26 µg/m³ (Tabella 15 e Figura 34), In termini puramente numerici tale valore è inferiore al valore limite previsto dalla normativa per la protezione della salute umana (40 µg /m³) che però va calcolata su base annuale. 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 come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 34 µg/m³, (vedi Figura 34). Tale valore – trattandosi di una stima basata su una campagna caratterizzata da una meteorologia anomala per i due periodi di campionamento - non garantisce il rispetto del valore limite annuale in condizioni meteorologiche medie e richiederà un approfondimento .

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Rivarolo c/o c.so Indipendenza permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM₁₀ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

M_c : media anno stimata PM₁₀ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

m_p : media periodo campagne PM₁₀ Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 PM₁₀ Provincia di Torino

La

Figura 31 mostra come l'andamento e i livelli di PM₁₀ determinati per il sito di Rivarolo siano simili a stazioni di fondo urbano o suburbano come Torino Lingotto o Borgaro T.se ; si osserva inoltre che la diminuzione dei valori medi di particolato si ha, com'è prevedibile, in corrispondenza dei giorni nei quali si sono presentate precipitazioni atmosferiche o era presente vento con velocità sostenute.

PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il P (vedi [Figura 33](#)); in media costituisce il 76 % e il 65% del PM₁₀, rispettivamente in inverno e in estate.

Il valore medio del periodo invernale è 25 µg/m³ mentre nel periodo estivo è di 12 µg/m³. Dalla [Figura 32](#) e dalla [Figura 35](#) notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Rivarolo C.se sono risultati mediamente comparabili a quelle delle altre stazioni provinciali in cui viene misurato questo inquinante (ad eccezione di Ceresole Reale, stazione posta in un contesto remoto di quota). Tale fenomeno è dovuto al fatto che il PM_{2.5} è prevalentemente di origine secondaria: poiché i fenomeni di formazione secondaria del particolato avvengono a livello di area vasta le concentrazioni di questo inquinante presentano una maggiore omogeneità spaziale rispetto a quelle di PM₁₀.

In termini numerici la media dei due periodi di rilevamento misurata nel sito di Rivarolo C.se è pari a 18 µg /m³, inferiore al limite annuale di 25µg /m³ che però va calcolato su base annuale; si è quindi proceduto analogamente al PM₁₀ alla stima del valore medio annuale, che risulta essere anch'essa di 25 µg /m³ (vedi [Tabella 16](#) e [Figura 35](#)) valore identico al limite fissato dal DLgs 155/2010. Poiché il risultato è relativo a due campagne caratterizzate da elevata piovosità, è quindi presumibile che in condizioni meteorologiche medie il valore limite sia superato, come d'altra parte avviene di norma in tutto il territorio provinciale di pianura. circa

In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 13: Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	12	5
Massima media giornaliera	67	30
Media delle medie giornaliere (b):	33	18
Giorni validi	36	42
Percentuale giorni validi	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	5	0

Tabella 14: Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	10	5
Massima media giornaliera	53	25
Media delle medie giornaliere (b):	25	12
Giorni validi	36	34
Percentuale giorni validi	100%	81

Tabella 15: PM₁₀ (µg/m³) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2013

	periodo I° campagna (invernale)		II° campagna (estiva)		periodo I° e II° campagna		anno 2013	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2013 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Collegno - Francia. PM10	17	0	20	0	18	0	18	10
Borgaro T. - Caduti. PM10	16	0	22	0	19	0	18	6
Druento - La Mandria. PM10	23	1	16	0	19	1	27	52
Carmagnola - I Maggio. PM10	17	0	24	0	20	0	24	29
Susa - Repubblica. PM10	33	2	13	0	23	2	35	75
Ivrea - Liberazione. PM10	32	5	14	0	23	5	36	83
Oulx - Roma. PM10	32	4	15	0	24	4	36	87
Settimo T. - Vivaldi. PM10	33	4	18	0	25	4	38	89
Mezzo Mobile c/o Rivarolo. PM10 (*)	33	5	18	0	26	5	34	
Torino - Consolata. PM10	38	7	20	0	29	7	40	100
Torino - Grassi. PM10	40	11	24	0	32	11	39	88
Torino - Lingotto. PM10	46	14	21	0	33	14	42	109
Torino - Rubino. PM10	49	14	18	0	33	14	48	126

(*) = media annuale stimata

Tabella 16: : PM_{2.5} (µg/m³) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2013

	periodo I° campagna (invernale)	campagna estiva	media campagne	anno 2013
	media periodo [µg/m ³]	media periodo [µg/m ³]	media periodo [µg/m ³]	media periodo [µg/m ³]
Ivrea - Liberazione. PM2.5	22	11	17	24
Mezzo Mobile c/o Rivarolo (*) PM2.5	25	12	18	25
Borgaro T. - Caduti. PM2.5	29	12	21	28
Torino - Lingotto. PM2.5	28	14	21	29
Chieri - Bersezio. PM2.5	29	13	21	28
Settimo T. - Vivaldi. PM2.5	32	13	23	33

* = media annuale stimata

Figura 31: Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

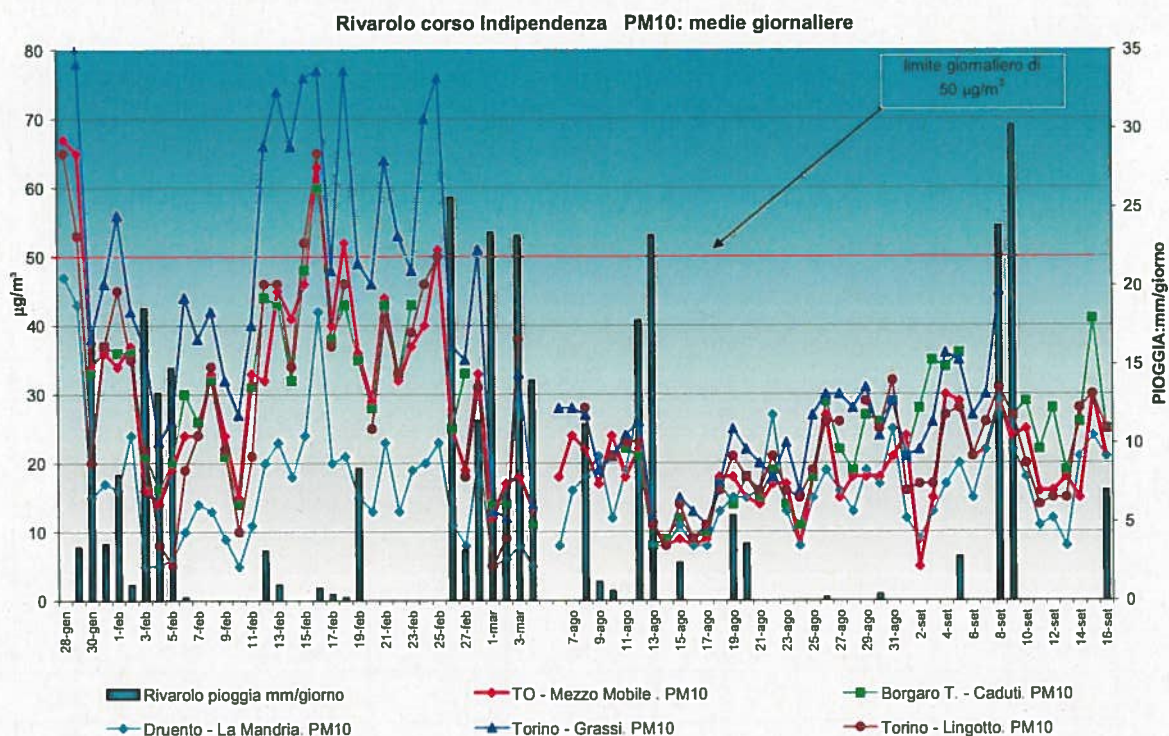


Figura 32: Particolato sospeso PM_{2.5}: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

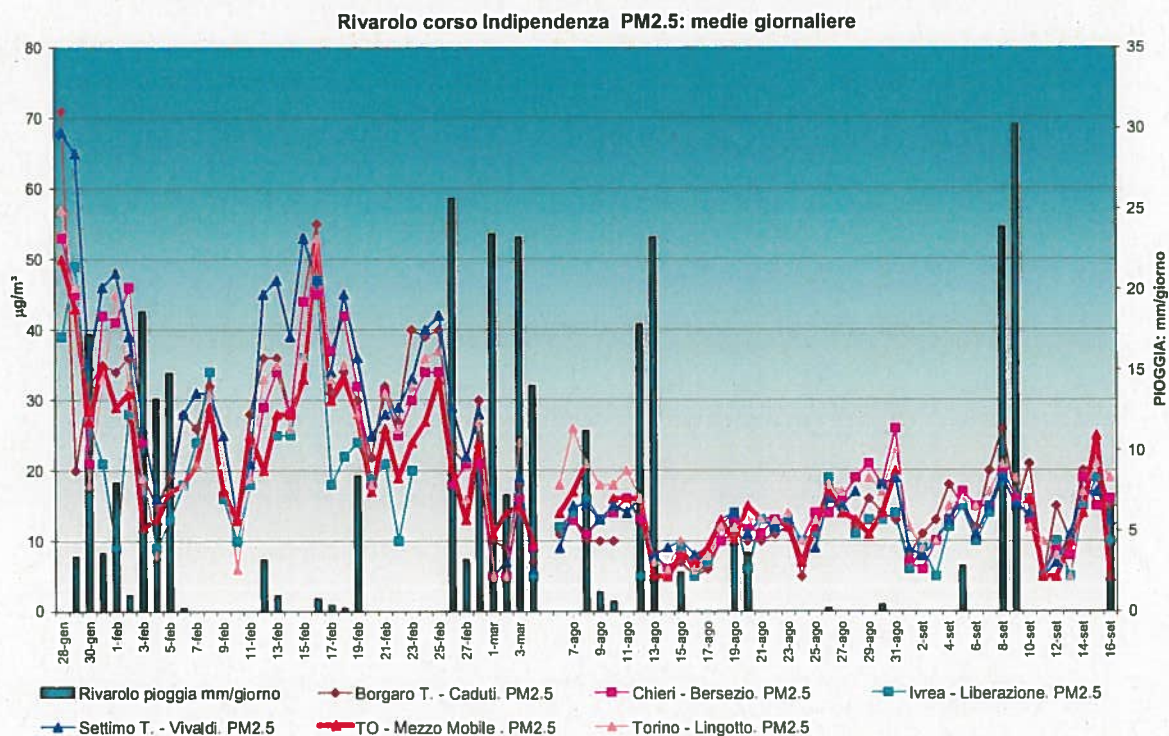


Figura 33: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto

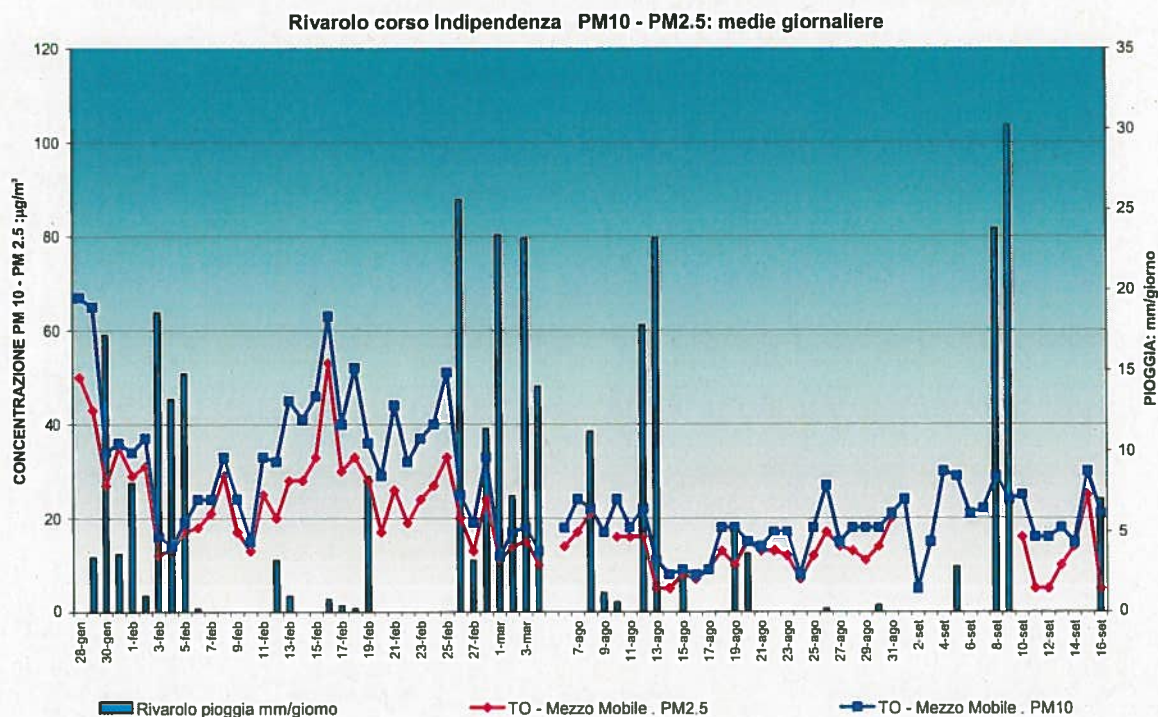


Figura 34: Particolato sospeso PM_{10} confronto medie anno 2013 e medie del periodo nella provincia di Torino

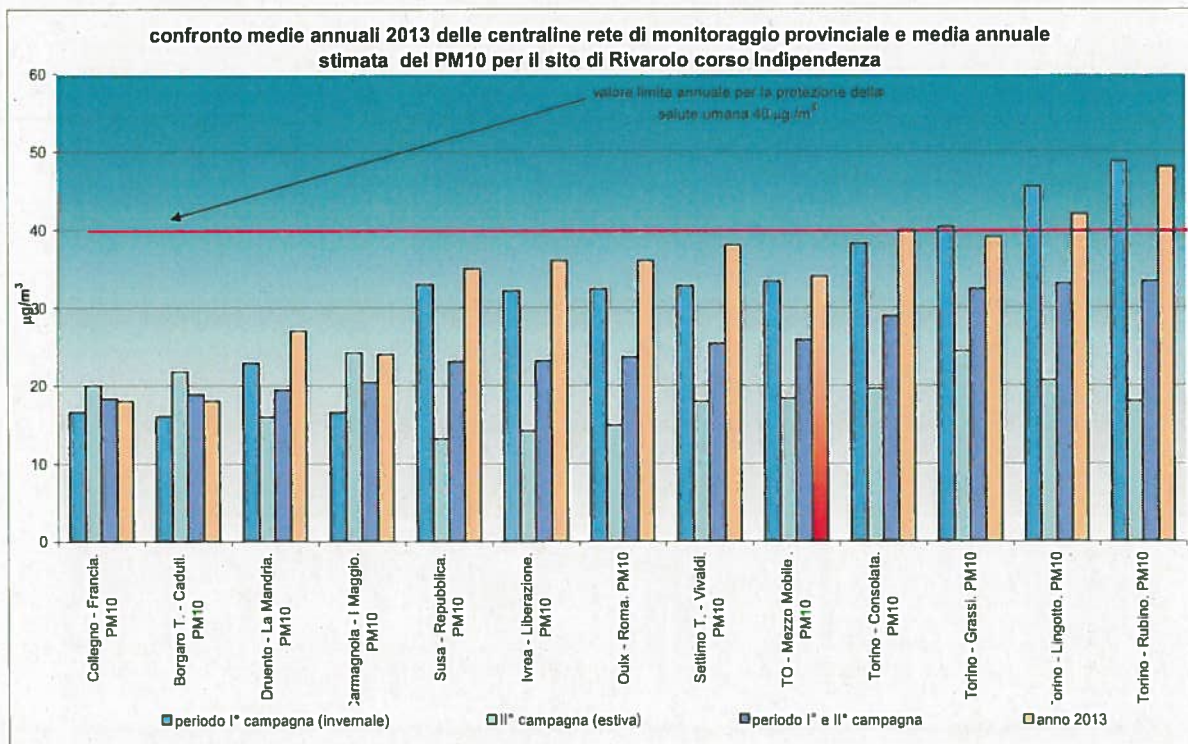


Figura 35: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ confronto medie anno 2013 e medie del periodo nella provincia di Torino

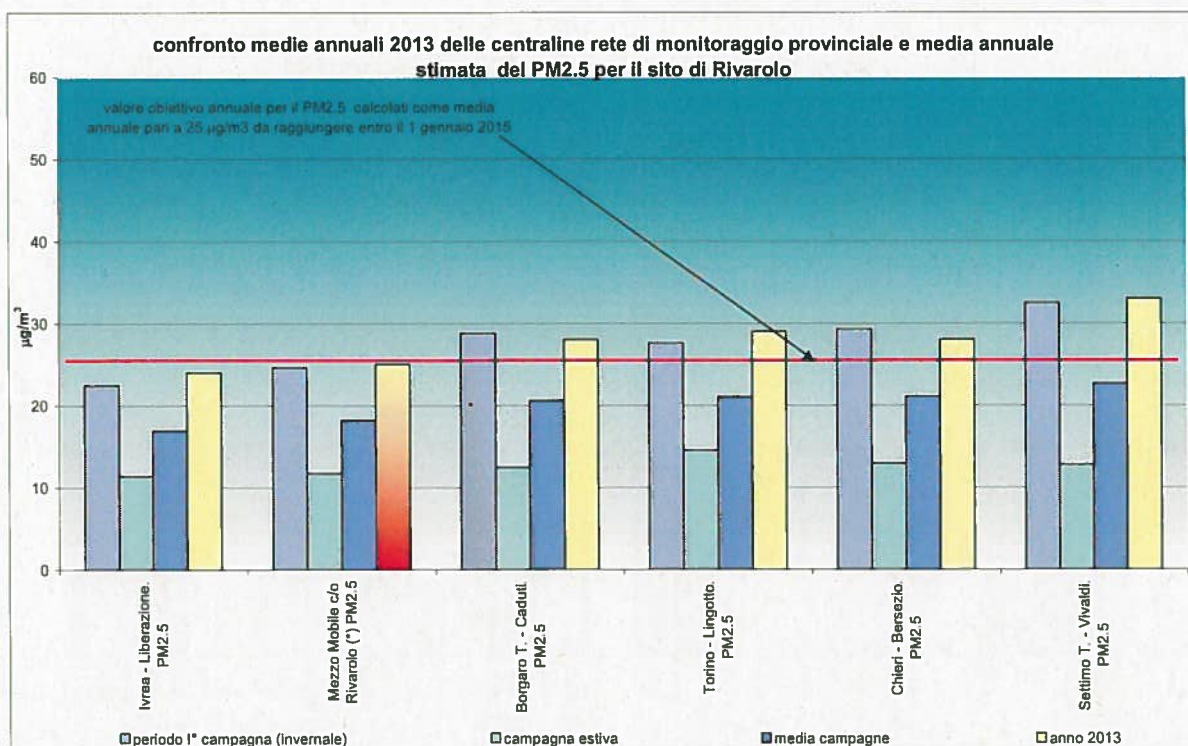
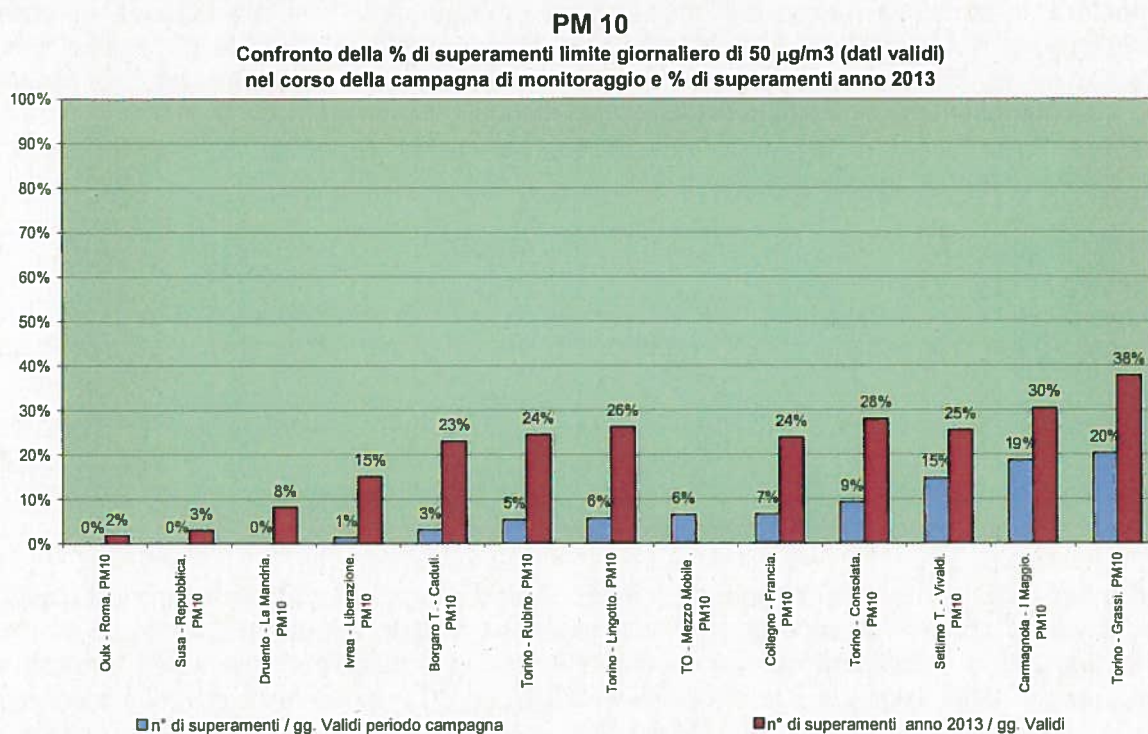
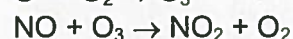
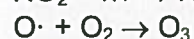
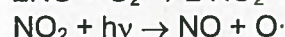
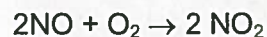


Figura 36: PM 10 Confronto della % di superamenti limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dati validi) nel corso delle due campagne di monitoraggio e % di superamenti anno 2013



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



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

Nel corso della campagna invernale, il meno critico per questo inquinante a causa del minore irraggiamento solare, nel sito oggetto della relazione 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 17, anche nel corso della campagna estiva non vi sono stati superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della soglia di informazione..

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 sono 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, che è uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono (vedi

Figura 39 e Figura 40.

Nel corso delle due campagne l'ozono non ha presentato superamenti dei limiti normativi anche nel periodo estivo il più critico per questo inquinante ma la meteorologia anomala registrata nei due periodi di rilevamento (piovosità elevata e instabilità atmosferica) ha contribuito ad abbassare i livelli di ozono.

Va in ogni caso sottolineato che il sito in questione non è ottimale per la misura dell'ozono, in quanto la vicinanza agli assi stradali porta in generale a una sottostima di questo inquinante. La reazione con il monossido di azoto (prodotto in quantità relativamente elevate dagli autoveicoli, in particolare sui tratti stradali in cui le velocità sono medio alte) è infatti uno dei principali meccanismi che portano alla distruzione dell'ozono²

² A tale proposito la normativa specifica che le stazioni fisse di monitoraggio dell'ozono devono essere posizionate a più di 10 metri dalla strada più vicina e tanto più lontano quanto maggiore è l'intensità del traffico

Tabella 17: Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/ m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	10	30
Massima media giornaliera	58	64
Media delle medie giornaliere	29	48
Giorni validi	36	42
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	29	48
Massima media oraria	93	105
Ore valide	860	1006
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo delle medie 8 ore	8	14
Media delle medie 8 ore	29	48
Massimo delle medie 8 ore	78	87
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 37: O₃: confronto con i limiti di legge

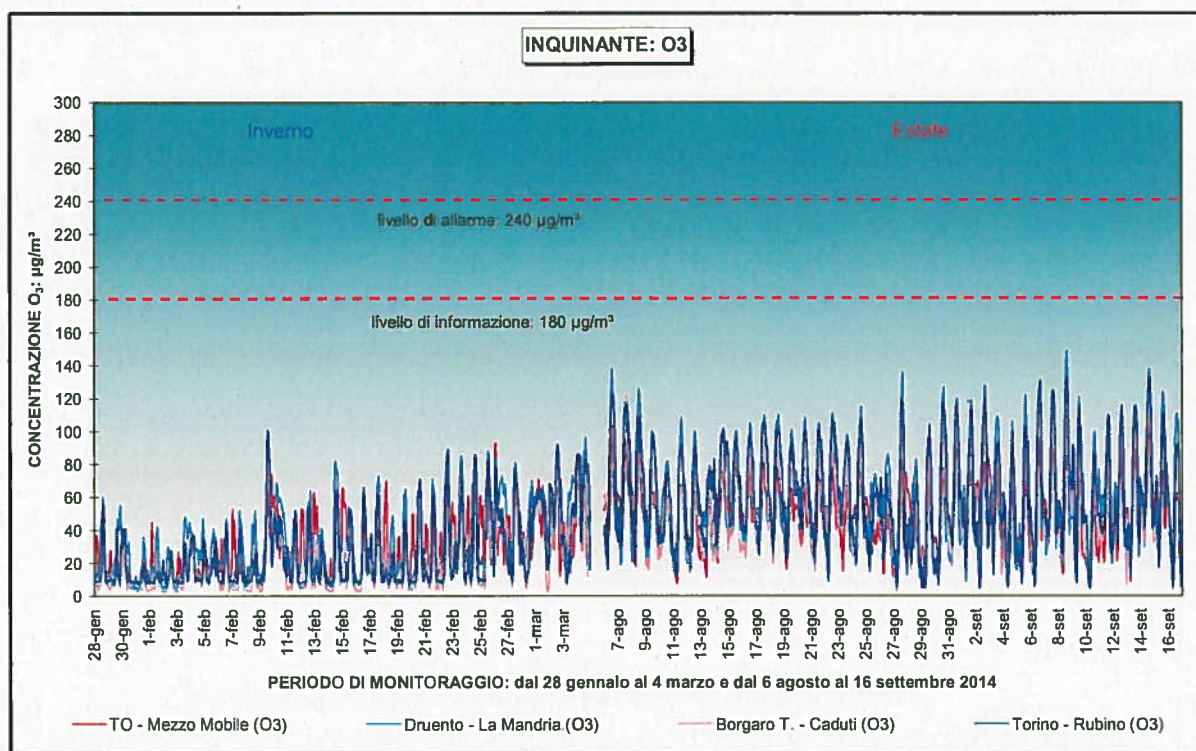


Figura 38: O₃ superamenti protezione della salute umana

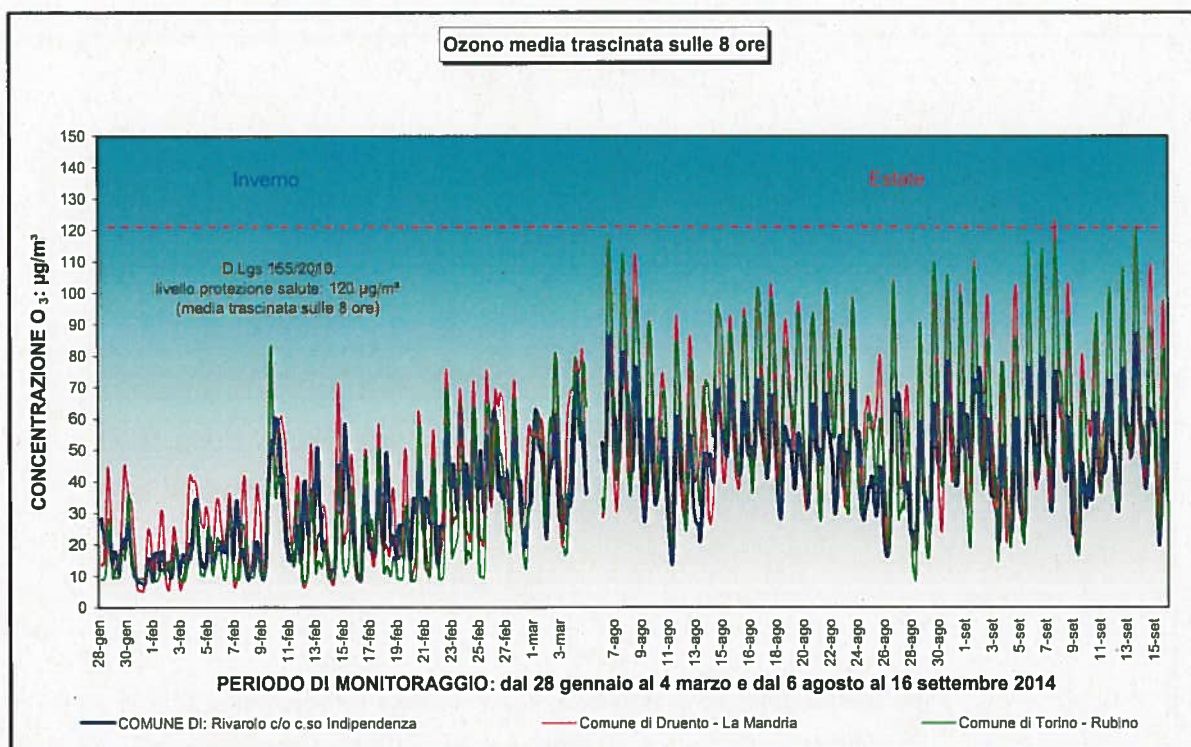


Figura 39: Ozono giorno medio

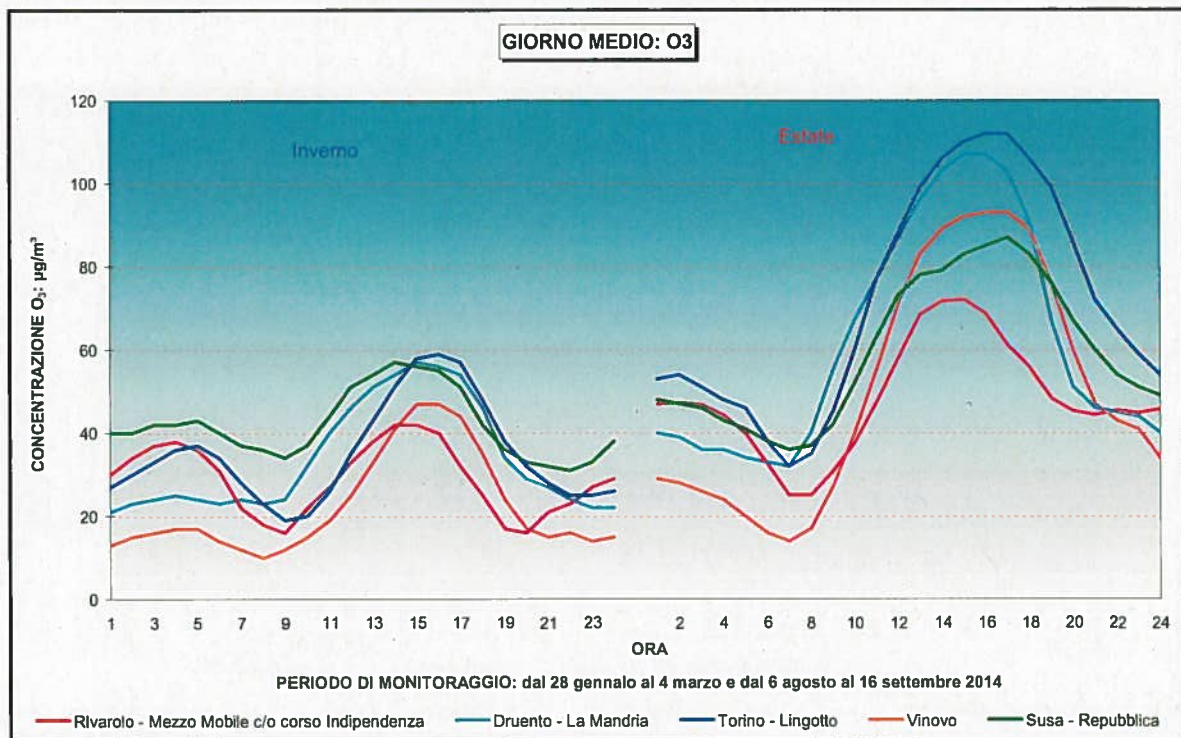
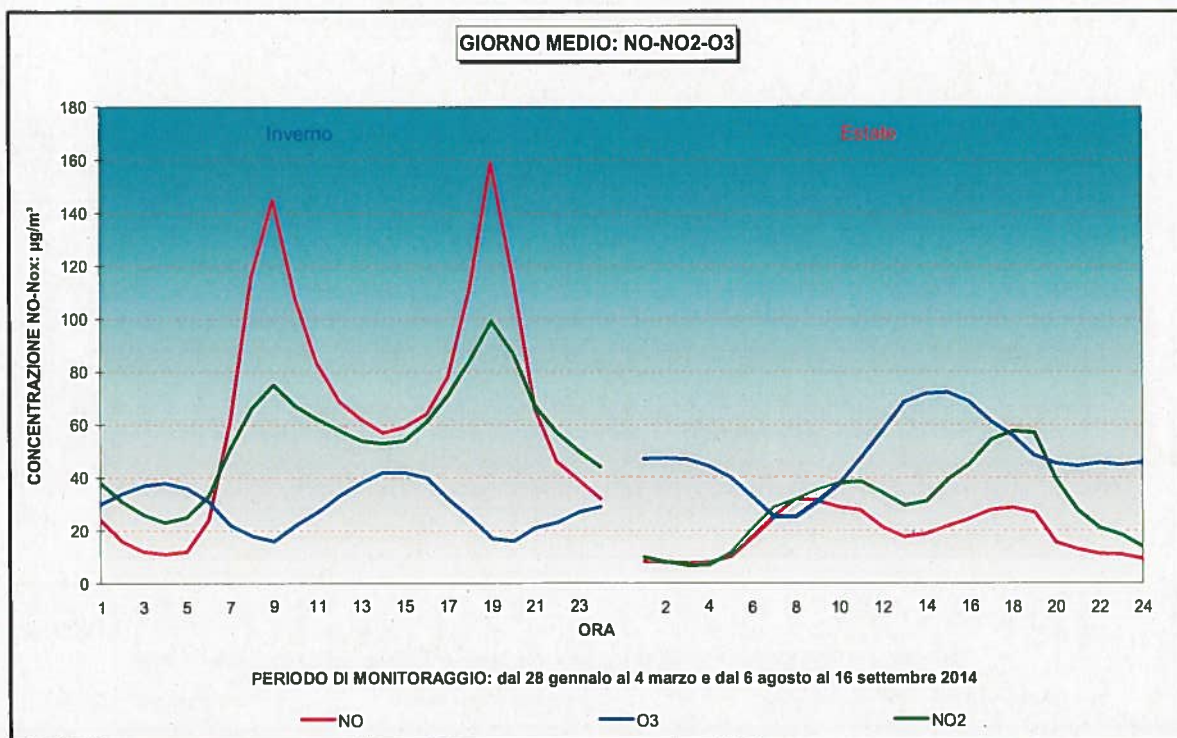


Figura 40: Ozono, NO, NO₂ confronto giorno medio



Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come I.P.A., sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli I.P.A. presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di I.P.A. dell'80-90%³. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di I.P.A. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di I.P.A. emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5 -10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)⁴.

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

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli I.P.A.. La normativa individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati sul PM₁₀ al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso

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

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁵ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

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

Tabella 18: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

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

³ European Commission Ambient air pollution by PAH -Position Paper , pag 8

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

⁵ International Agency for Research on Cancer (IARC) -Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A

IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM₁₀

I campioni di PM₁₀ raccolti nel corso delle due campagne effettuate con il laboratorio mobile sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la determinazione di Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene e Indeno(1, 2, 3-cd)pirene, con la stessa metodologia utilizzata da Arpa Piemonte su tutto il territorio regionale per le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Tale metodologia prevede al termine del mese solare il prelievo di una porzione definita da ognuno dei singoli filtri giornalieri, ottenendo un campione detto "medio composito" su cui si effettua la determinazione degli I.P.A., la cui concentrazione viene quindi espressa come media mensile, nel nostro caso i campioni compositi sono in entrambi i periodi di rilevamento maggiori del mese solare e precisamente nella campagna invernale dal 28 gennaio al 4 marzo e in quella estiva dal 6 agosto al 16 settembre 2014, i valori di IPA ottenuti sono stati confrontati con i valori medi del periodo delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui viene misurato il parametro IPA.

Le concentrazioni di IPA rilevati a Rivarolo sono simili e confrontabili con le concentrazioni di IPA misurati nelle centraline di monitoraggio della rete provinciale aventi caratteristiche d'inquinamento simili catalogate come Background urbano (e precisamente Borgaro – Caduti, Torino – Rubino e Torino – Lingotto).

Per il benzo(a)pirene analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un valore di riferimento annuale (ad esempio PM₁₀), poiché la durata del monitoraggio nel sito oggetto della relazione non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso, si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota sotto riportata. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determina il benzo(a)pirene

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzo(a)pirene per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Rivarolo c/o c.so Indipendenza permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzo(a)pirene Rivarolo c/o c.so Indipendenza

M_c : media anno stimata benzo(a)pirene Rivarolo c/o c.so Indipendenza

m_p : media periodo campagne benzo(a)pirene Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 benzo(a)pirene Provincia di Torino

Le concentrazioni annuali stimate nel sito di Rivarolo per il benzo(a)pirene sono inferiori al valore obiettivo fissato dal D.Lgs 155/2010 di 1 ng/m³ e simili ai valori rilevati nelle centraline catalogate come Background urbano in zone residenziali della città di Torino come Torino – Lingotto, Torino – Rubino o Borgaro - Caduti vedi [Tabella 19](#) e [Figura 41](#).

Tabella 19: concentrazioni di IPA confronto valori medi delle due campagne 2014 e media anno 2013

Tabella 19. Concentrazioni di IPA comuni ai valori medi delle due campagne 2014 (media anno 2013)		anno 2013									
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno 2013				
		media campagne					anno				

Figura 41: confronto medie periodo e anno 2013 per il Benzo(a)pirene

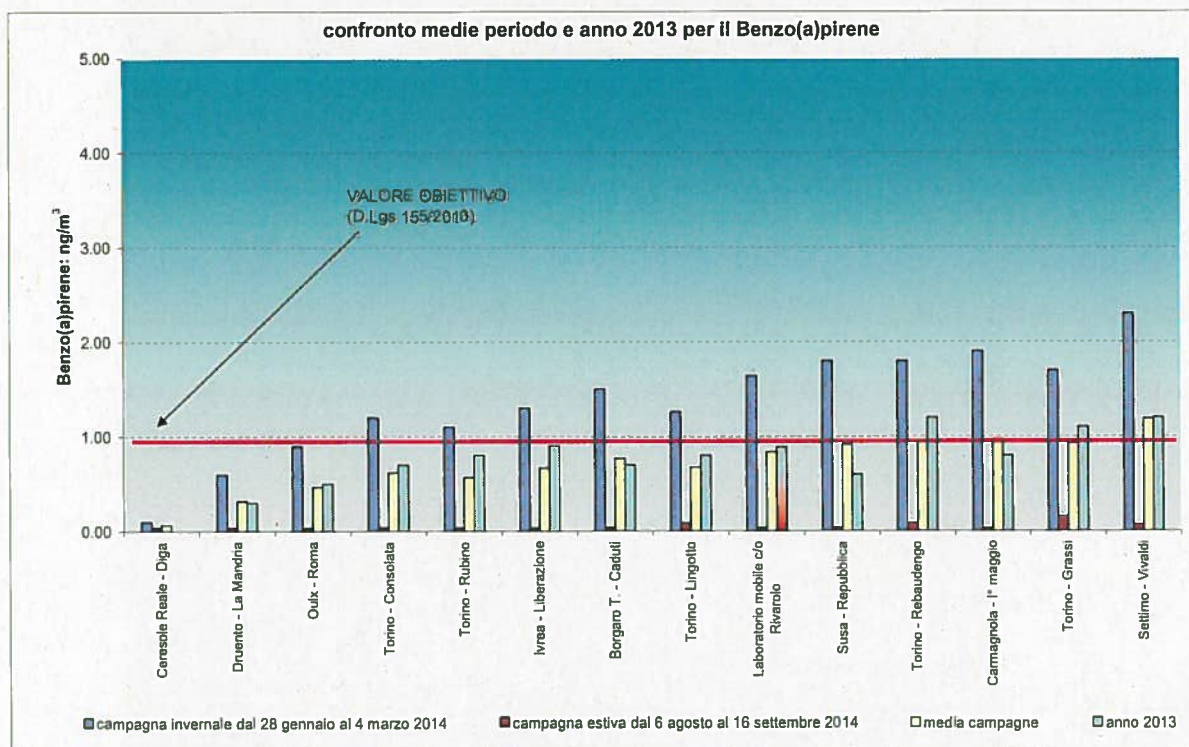
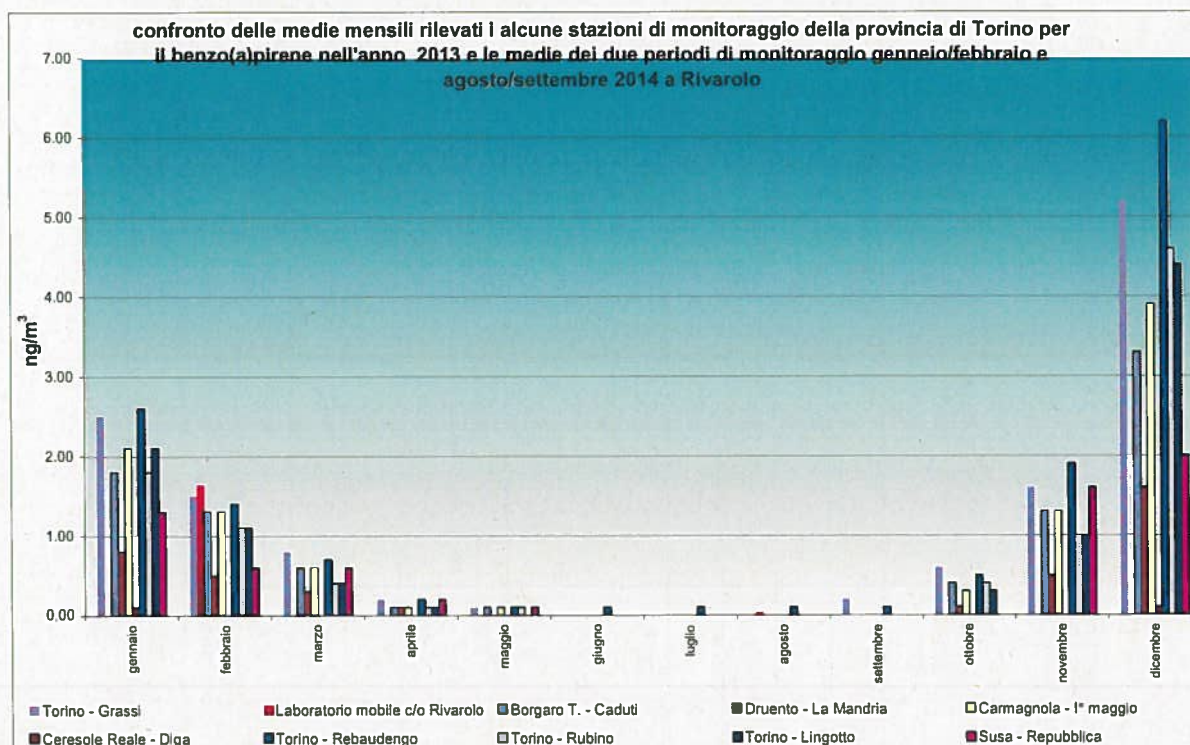


Figura 42: confronto delle medie mensili di benzo(a)pirene rilevati nell'anno 2013 in alcune stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino con le medie misurate nelle due campagne di monitoraggio nel gennaio/febbraio e agosto/settembre 2014 a Rivarolo



IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM_{2.5}

Analogamente alle determinazioni di IPA effettuati sulle polveri PM₁₀ sono stati determinati gli IPA adsorbiti al particolato PM_{2.5}, la legge (D.Lgs 155/2010) non fissa però nessun limite e nessun valore obiettivo per il benzo(a)pirene né per gli altri IPA determinati sul particolato atmosferico PM_{2.5} le considerazioni che seguono hanno quindi un valore di indagine conoscitiva su un fenomeno che però potrà avere ulteriori sviluppi legislativi visto che gli IPA sono presenti nella quasi totalità nella frazione PM_{2.5}, (confrontare a questo proposito Tabella 19 e Tabella 20) . In altre parole a parità di sito la loro percentuale in massa è maggiore se li si raffronta al PM_{2.5} (vedi Figura 44) invece che al PM₁₀ .

Le concentrazioni di IPA rilevate sulle polveri PM_{2.5} a Rivarolo sono state messe a confronto con quelle rilevate a Torino – Lingotto unica stazione in cui sono disponibili valori di IPA sulle polveri PM_{2.5} : anche in questo caso i valori trovati a Rivarolo sono confrontabili e simili a quelli misurati a Torino – Lingotto.

Tabella 20: concentrazioni di IPA rilevati sul PM_{2.5} confronto dei valori medi delle due campagne 2014 e media anno 2013

	campagna invernale dal 28 gennaio al 4 marzo 2014				campagna estiva dal 6 agosto al 16 settembre 2014				media campagne				anno 2013			
	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j) fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j) fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j) fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j) fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)
Laboratorio mobile c/o Rivarolo	0,9	3,4	1,6	1,3	0,03	0,2	0,03	0,1	0,5	1,8	0,8	0,7	0,7	1,9	0,9	0,7
Torino - Lingotto	0,7	3,0	1,3	1,3	0,04	0,2	0,1	0,1	0,3	1,6	0,7	0,7	0,5	1,7	0,8	0,8

Figura 43: confronto medie periodo e anno 2013 per il Benzo(a)pirene adsorbito sul PM_{2.5}

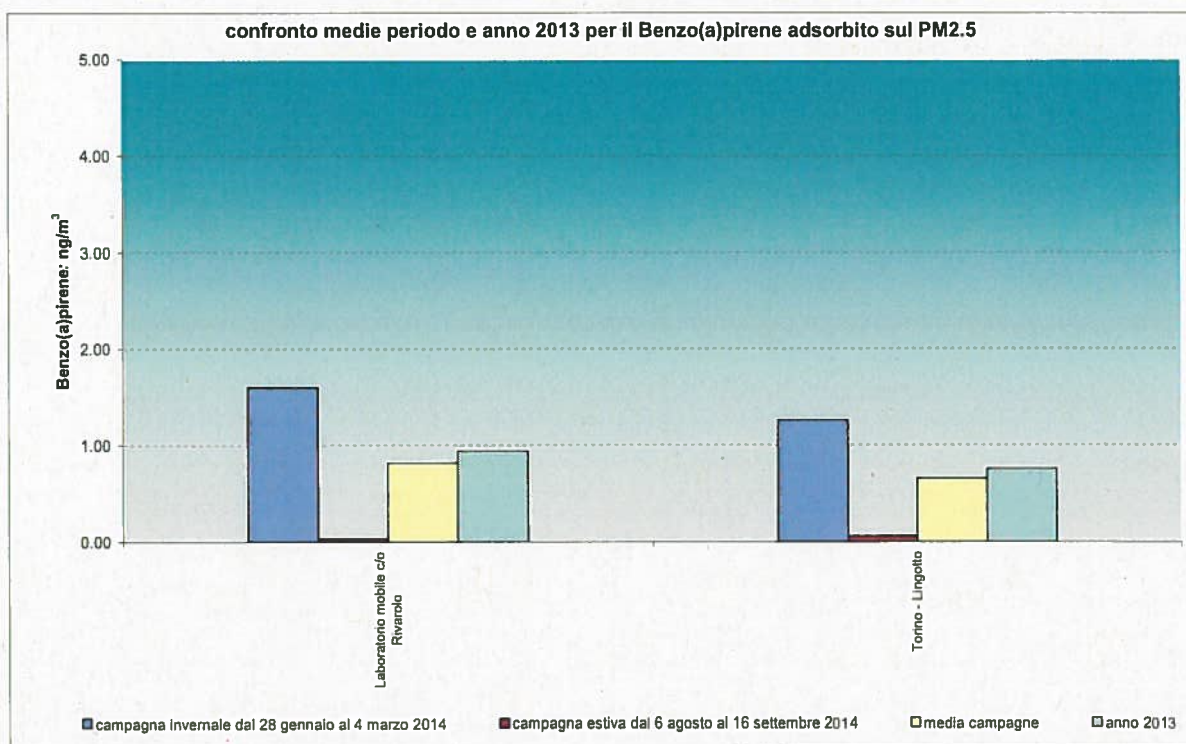
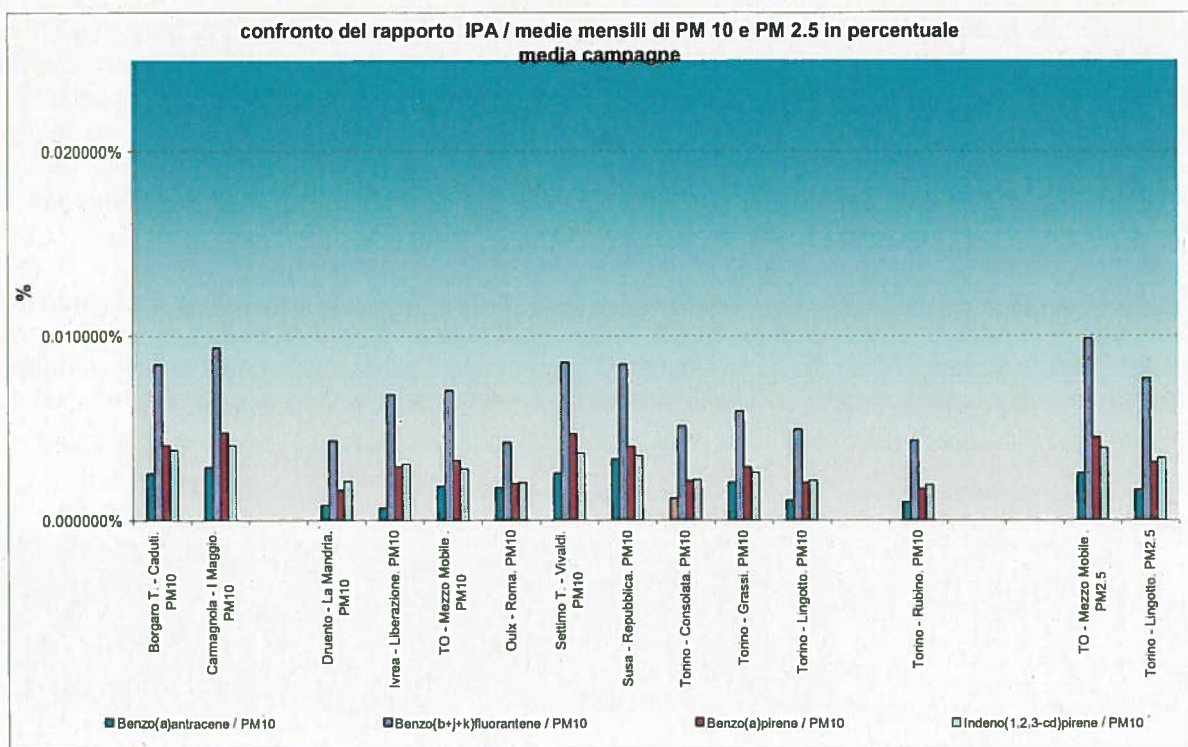


Figura 44: confronto del rapporto IPA / medie mensili di PM 10 e PM 2.5 in percentuale media campagne



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

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

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

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

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

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

Nella Tabella 21 sono riportati i valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e il valore limite per la protezione della salute umana per il piombo previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato

mediazione		
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

Tabella 21: valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb dai previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Anche per i quattro metalli analizzati, poiché la durata del campionamento è pari a circa due mesi e mezzo distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota sotto riportata. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli.

Nota

Si sono calcolate le medie di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As), e piombo (Pb) per il periodo della campagna, per la stazioni della rete provinciale in cui si determinano i metalli a parte la stazione di Ceresole perché esente da apporti di inquinanti di origine autoveicolare; dal rapporto con la media dell'anno 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne del sito oggetto del monitoraggio permette di ricavare la stima annuale di ogni singolo metallo analizzato;

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo di Rivarolo

M_c : media anno 2013 ogni metallo di di Rivarolo

m_p : media periodo campagne per ogni metallo della provincia di Torino

M_p : media anno 2013 per ogni metallo della provincia di Torino

Le concentrazioni rilevate in tutti i siti monitorati sono abbondantemente inferiori ai limiti in vigore e rispecchiano la situazione tipica della provincia di Torino vedi [Figura 45](#), [Figura 46](#), [Figura 47](#) e [Figura 48](#).

Figura 45: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2013 per l'arsenico, la media annuale del sito di Rivarolo è stata stimata

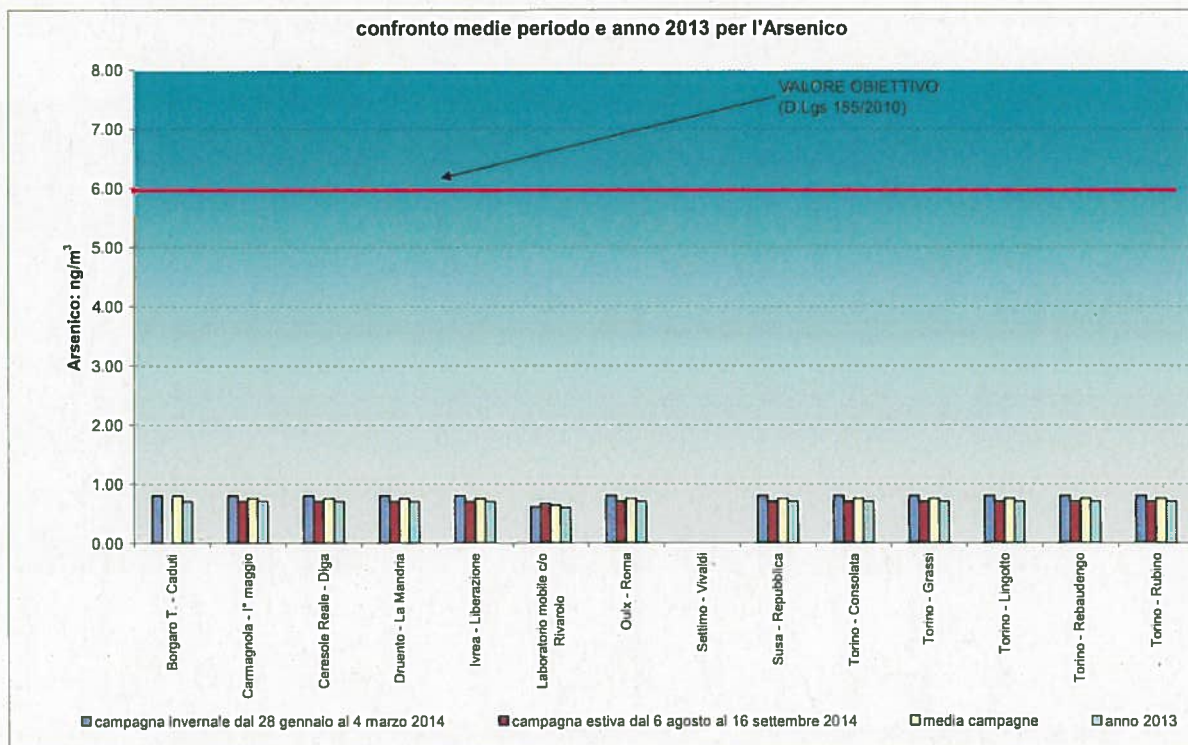


Figura 46: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2013 per il cadmio, la media annuale del sito di Rivarolo è stata stimata

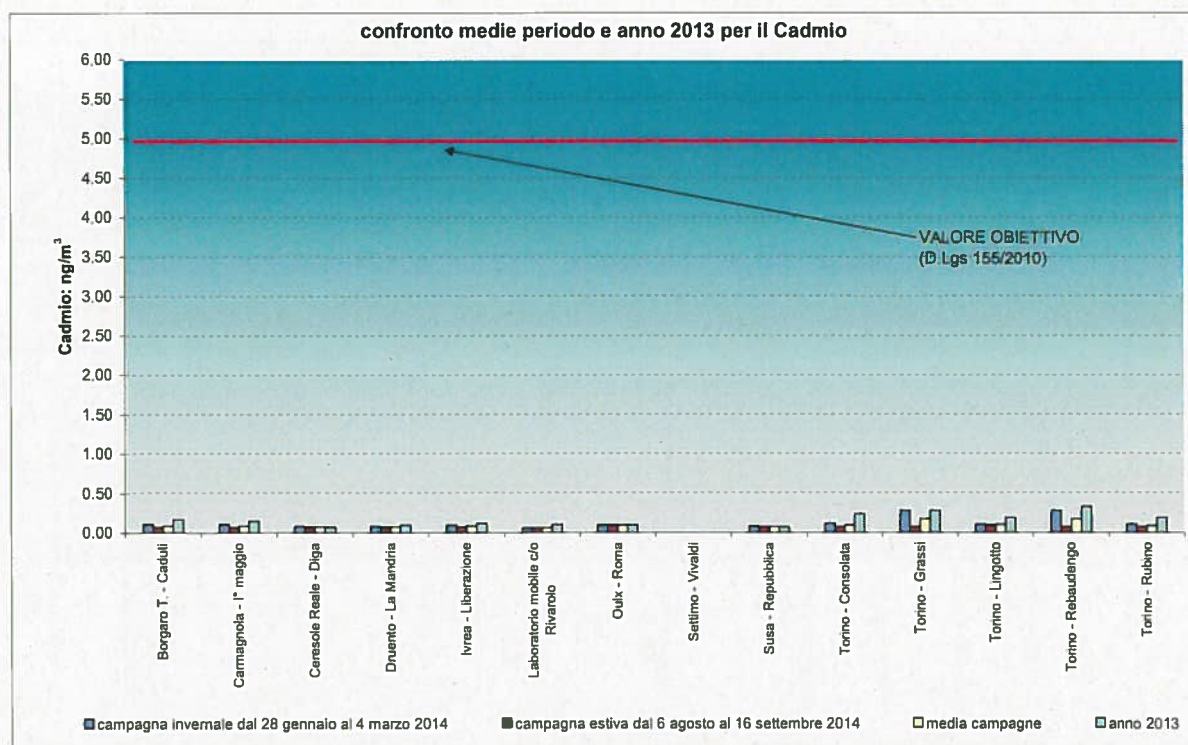


Figura 47: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2013 per il nichel, la media annuale del sito di Rivarolo è stata stimata

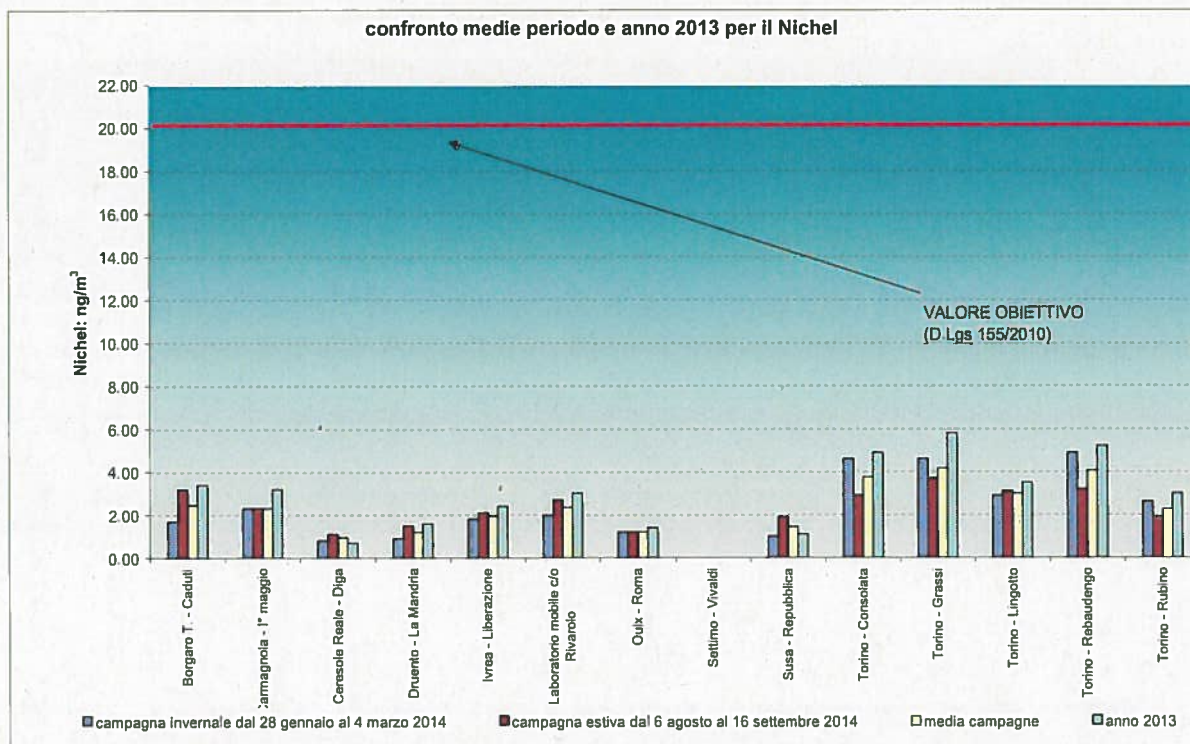
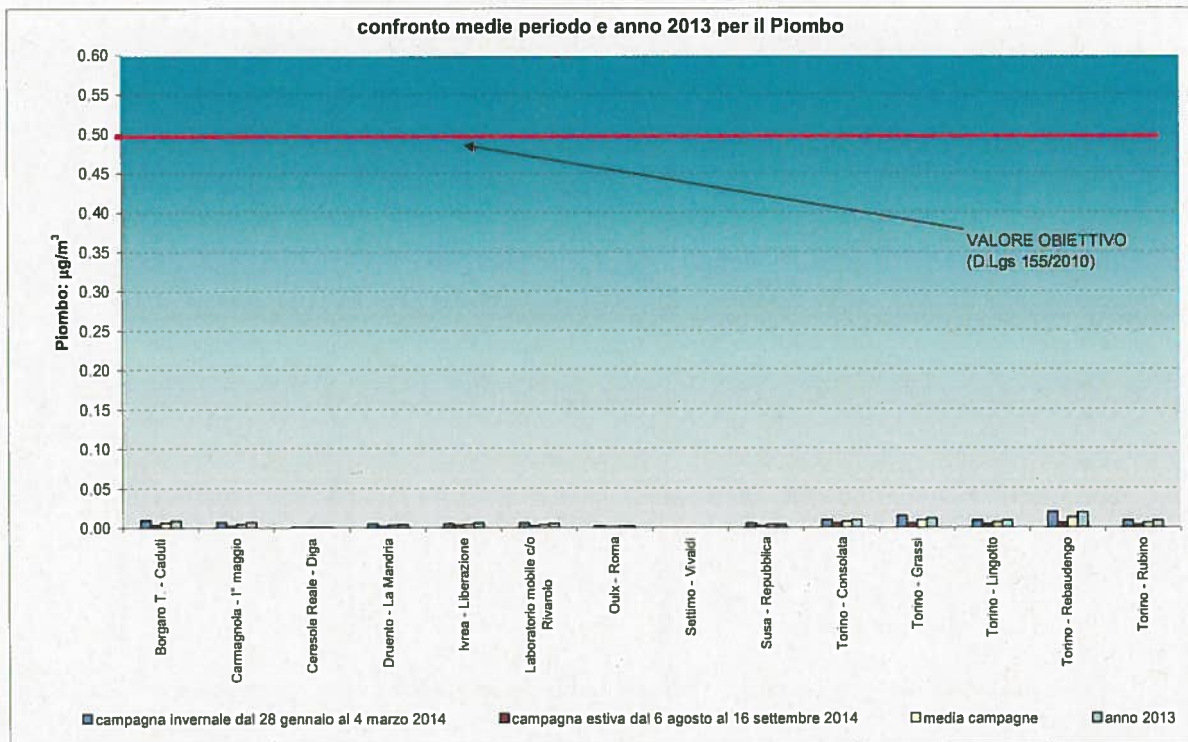


Figura 48: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2013 per il piombo, la media annuale del sito di Rivarolo è stata stimata



Conclusioni

Va innanzitutto premesso che la campagna invernale si è svolta in un periodo particolarmente piovoso e quindi anomalo rispetto alle condizioni tipiche stagionali⁶. Anche nel periodo di rilevamento estivo si sono registrati condizioni anomale di temperatura, piovosità e instabilità atmosferica. Questo fenomeno non inficia la possibilità del confronto del sito di Rivarolo C.se con le stazioni fisse della rete provinciale - e quindi l'inquadramento in termini relativi del sito stesso in un contesto più ampio - in quanto le anomalie meteorologiche ha interessato l'intero territorio della provincia di Torino. D'altro canto il fenomeno in questione ha certamente comportato un abbattimento delle concentrazioni assolute degli inquinanti, in particolare di quelli che presentano maggiori criticità nei mesi freddi (PM_{10} , $PM_{2.5}$ e biossido di azoto) e per quanto riguarda il periodo estivo l'ozono e anche PM_{10} , $PM_{2.5}$ e biossido di azoto. Come dettagliato nella relazione, inoltre, il sito in questione presenta una bassa rappresentatività spaziale e a rigore un sito potrebbe ospitare una stazione fissa per il rilevamento dei limiti di legge sulla qualità dell'aria data la vicinanza all'asse stradale.

Di conseguenza il Dipartimento scrivente ha concordato con l'Amministrazione Comunale la ripetizione della campagna invernale in un sito con caratteristiche di fondo urbano, vale a dire ubicata in un'area ricreativo-residenziale.

Venendo alla valutazione dei dati, i valori rilevati nel corso della due campagne di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Rivarolo C.se sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), 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, monossido di carbonio e ozono.

Il PM_{10} ha invece presentato 5 giorni di superamento (pari al 14 %, dei giorni validi di misura nel corso della campagna invernale) e nessun superamento nel corso di quella estiva del valore limite giornaliero di $50 \mu g/m^3$, a fronte dei 35 giorni ammessi dalla normativa in un intero anno. Dal confronto con il numero di superamenti annui rilevati nel 2013 nelle stazioni fisse che presentano andamenti del PM_{10} analoghi a quelli del sito di Rivarolo C.se è presumibile che se si effettuasse un monitoraggio esteso all'intero anno anche in questo sito il numero massimo di giorni ammessi sarebbe superato, come peraltro accade in tutto il territorio provinciale di pianura (vedi [Figura 36](#)).

Si conferma che il monossido di azoto, per il quale la normativa non prevede valori di riferimento, presenta nel sito di Rivarolo C.se valori relativamente elevati se confrontati con il contesto provinciale. In misura minore un fenomeno analogo si evidenzia per il biossido di azoto, pur nel rispetto del valore limite orario previsto per questo inquinante. Dall'analisi dei dati di traffico auto veicolare misurati nel corso della seconda campagna si evidenzia una significativa correlazione dei valori relativamente elevati degli ossidi di azoto con i flussi di traffico veicolare nell'intorno del sito di monitoraggio.

Per quanto riguarda i valori di riferimento di lungo periodo è confermato il rispetto del valore limite annuale per il benzene mentre è stato stimato un superamento per il biossido di azoto. Nel caso di PM_{10} e $PM_{2.5}$ la stima della concentrazione media annuale è invece, rispettivamente, inferiore e pari al valore limite.

⁶ A titolo esemplificativo si consideri che nell'area urbana torinese la quantità di pioggia caduta nel febbraio 2013 è risultata circa il doppio della quantità caduta in media nello stesso mese durante il decennio precedente

Per il benzo(a)pirene le concentrazioni annuali stimate sono inferiori ma prossime al limite normativo (0.8 ng/m^3 a fronte di un limite è 1 ng/m^3). Per i metalli le concentrazioni annuali stimate sono invece abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

Trattandosi però in tutti i casi di stime relative a un sito di limitata rappresentatività spaziale e basate su una campagna invernale caratterizzata, come già evidenziato, da una meteorologia anomala, una valutazione più accurata delle stime annuali potrà essere effettuata dopo la ripetizione della campagna invernale.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• Biossido di zolfo

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza 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

MONITOR EUROPE ML 9841B

Analizzatore reazione di chemiluminescenza per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

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

• Ozono

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto 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 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-PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso ; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea .

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo 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

Gascromatografo 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;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;

