

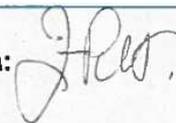
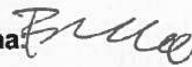
DIPARTIMENTO PROVINCIALE di TORINO
Struttura Semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO:

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO
 MOBILE NEL COMUNE di RIVOLI, corso SUSA**

RELAZIONE 1^a CAMPAGNA (07 Giugno – 01 Luglio 2013)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Fabio Pittarello	Data: 18/04/14	Firma: 
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 18/04/14	Firma: 



Nucleo Operativo “Monitoraggio della Qualità dell’Aria” del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.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 Rivoli per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	6
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	8
<i>Il quadro normativo</i>	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	14
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	17
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	25
Biossido di zolfo	26
Monossido di carbonio	28
Ossidi d'azoto	31
Benzene e toluene	36
Particolato sospeso (PM ₁₀)	38
Ozono	42
CONCLUSIONI	47
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	49

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

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

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

In

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2012", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

Tabella 1 – Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL	EMISSIONI INDUSTRIALI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI GASSOSI
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio 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 di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di due 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 impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 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, come modificato dal D.Lgs. 120/2008. 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 l'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 PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D.Lgs. 155/2011). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 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 (O ₃) (D.Lgs. 21/05/04 n.183)	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. 03/08/07, n. 152)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

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

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott - 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (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
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. 03/08/07, n. 152, come modificato dal D.Lgs. 26/06/08, n. 120)

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

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Rivoli, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta inoltrata dalla Città di Rivoli ad Arpa Piemonte con nota protocollo Arpa n. 27531 del 22/03/2013 (protocollo Città di Rivoli 22890 del 20/03/2013).

Tale richiesta nasce dalla necessità di rispondere ad un disagio manifestato da alcuni cittadini Rivolesi in merito ai livelli percepiti di inquinamento atmosferico lungo corso Susa. Tra gli anni 2008 e 2009 Arpa Piemonte aveva provveduto ad effettuare due campagne di misura della qualità dell'aria dalle quali era emersa una situazione ambientale critica ma di fatto confrontabile con altre realtà provinciali. Al termine di questo nuovo ciclo di campagne di monitoraggio verranno effettuati dei confronti con le precedenti misure.

Le campagne di misura vengono in generale calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico sono state previste due campagne di misura: una prima campagna nella stagione calda (oggetto della presente relazione) ed una seconda campagna nel periodo invernale 2013-2014 ancora da pianificarsi.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in corso Susa nel Comune di Rivoli come indicato dall'amministrazione comunale con protocollo Arpa n. 27531 del 22/03/2013. I tecnici Arpa congiuntamente ai tecnici del Comune di Rivoli hanno deciso di utilizzare il medesimo sito individuato nelle campagne di monitoraggio effettuate tra il 2008 ed il 2009.

Precisamente la collocazione del mezzo mobile è avvenuta presso:

Corso Susa – angolo viale di Nanni (c/o area mercatale)

Nelle figure 1, 2 e 3 è riportata l'ubicazione sulla mappa del sito in cui è stato posizionato il Laboratorio Mobile.

Il monitoraggio è stato condotto a cavallo tra la primavera e l'estate, con il posizionamento del laboratorio mobile in data 07 giugno 2013 fino al successivo 01 luglio, quando il mezzo è stato spento e spostato. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. Nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 08 al 30 giugno (23 giorni).

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

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

I dati presentati forniscono quindi unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati 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.

La stazione fissa di monitoraggio della qualità dell'aria posizionata a Rivoli - Togliatti è stata dismessa a fine 2009, come previsto dal piano di revisione del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria predisposto dalla Regione Piemonte d'intesa con le Amministrazioni provinciali; pertanto eventuali confronti e comparazioni di parametri chimici verranno effettuati utilizzando altre stazioni fisse delle rete torinese più vicine al sito di monitoraggio oggetto della presente relazione o comunque confrontabili perché con caratteristiche analoghe.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Rivoli (punto evidenziato in rosso)

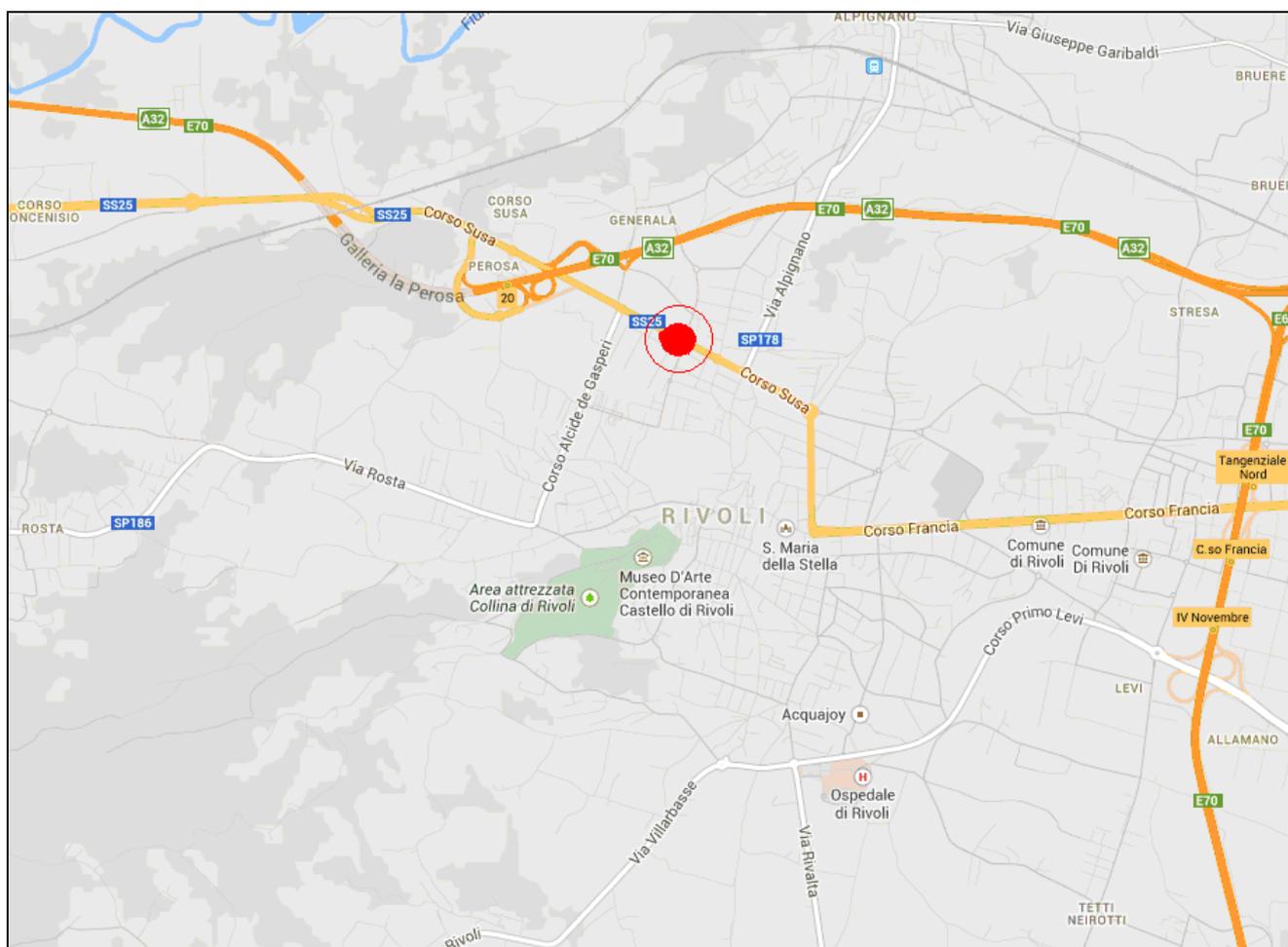


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Rivoli – dettaglio del sito (punto evidenziato in rosso)

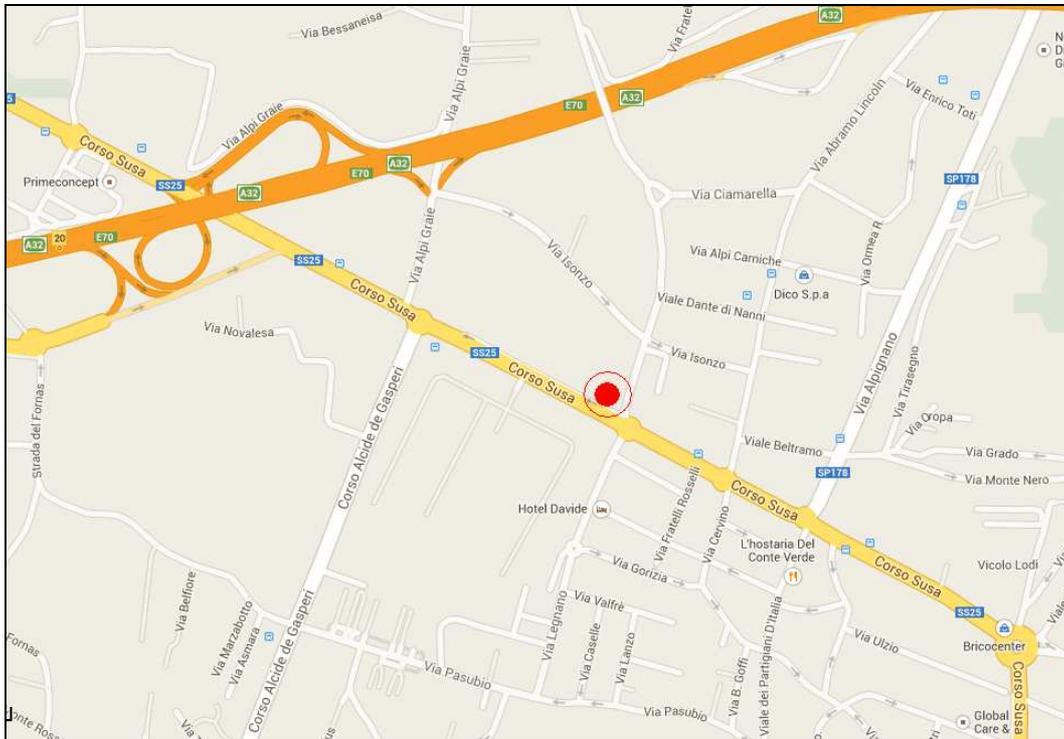


Figura 3 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Rivoli – dettaglio del sito visto da satellite (punto evidenziato in rosso)



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo 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:

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

La campagna di monitoraggio è stata caratterizzata da condizioni meteo variabili con giornate di sole alternate a rovesci piovosi distribuiti lungo tutta la campagna.

La Figura 4 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della campagna di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento nelle giornate di tempo asciutto, risultano quelle tipiche per il periodo primaverile-estivo, con valori massimi di poco inferiori ai 1000 W/m². Nelle giornate nelle quali ha piovuto i valori massimi raggiunti sono stati generalmente prossimi ai 200 W/m². Il valore di picco giornaliero più basso è stato misurato il 09 giugno, con un valore pari a 178 W/m².

La temperatura media di tutto il periodo di monitoraggio (Figura 5) è stata di 21,2°C, di poco inferiore al valore del mese di agosto medio degli ultimi dieci anni. Il valore massimo pari a circa 32°C è stato registrato il 18 giugno. L'escursione termica giornaliera (tra giorno e notte) si assesta a valori compresi tra i 10 ed i 14°C, mentre nei giorni di pioggia si assiste evidentemente ad una sensibile contrazione dell'escursione; in particolare il 9 giugno l'escursione tra notte e giorno è pari a 3°C.

Per quanto riguarda l'umidità relativa (Figura 6) i valori massimi si sono ovviamente raggiunti durante le giornate di pioggia, mentre si evidenzia la giornata del 24 giugno nella quale il valore minimo raggiunto è stato pari a 19%, in concomitanza con un episodio di phoen. Durante la campagna il campo pressorio si è attestato generalmente tra i 970 ed i 980 mbar (Figura 7). I dati pluviometrici (Figura 8) indicano sette giornate di pioggia, di cui solamente una caratterizzata da un livello significativo di precipitazioni, ovvero il 09 giugno in cui sono stati registrati 34 millimetri di pioggia.

In generale la campagna è stata caratterizzata da una elevata dinamicità atmosferica e da condizioni meteorologiche variabili. I dati di velocità del vento registrati indicano una percentuale di calme (media oraria della V.V. inferiore a 0.5 m/s), pari a circa il 12%, distribuite soprattutto nelle ore notturne. In particolare la V.V. è risultata frequentemente superiore a 1 m/s, con alcune giornate nelle quali venivano superati i 3 m/s. In particolare tra la notte del 23 giugno e la mattina del 25 giugno si registrano diverse medie orarie superiori a 4 m/s e la media oraria più elevata ha raggiunto i 5,2 m/s (Figura 9).

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (rosa del vento totale Figura 10) indicano che buona parte degli episodi è compresa nel settore WSW-WNW. Esaminando la situazione più nel dettaglio è possibile evidenziare una rosa dei venti del periodo diurno con un numero significativo di accadimenti nelle tre direzioni ENE – SSE – WNW, mentre nelle ore notturne la rosa ricalca sostanzialmente la rosa totale con il vento che proviene soprattutto da ovest. (Figura 11 e Figura 12).

Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m²)

Minima media giornaliera	47.2
Massima media giornaliera	270.5
Media delle medie giornaliere	205.8
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	205.8
Massima media oraria	973.0
Ore valide	552
Percentuale ore valide	100%

Tabella 6 – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	14.9
Massima media giornaliera	26.6
Media delle medie giornaliere	21.2
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	21.2
Massima media oraria	31.5
Ore valide	552
Percentuale ore valide	100%

Tabella 7 – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	28.6
Massima media giornaliera	88.9
Media delle medie giornaliere	60.9
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	60.9
Massima media oraria	99.0
Ore valide	552
Percentuale ore valide	100%

Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	970.0
Massima media giornaliera	979.7
Media delle medie giornaliere	975.5
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	975.5
Massima media oraria	981.0
Ore valide	552
Percentuale ore valide	100%

Tabella 9 – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.69
Massima media giornaliera	4.10
Media delle medie giornaliere	1.15
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.15
Massima media oraria	5.20
Ore valide	552
Percentuale ore valide	100%

Figura 4 – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio

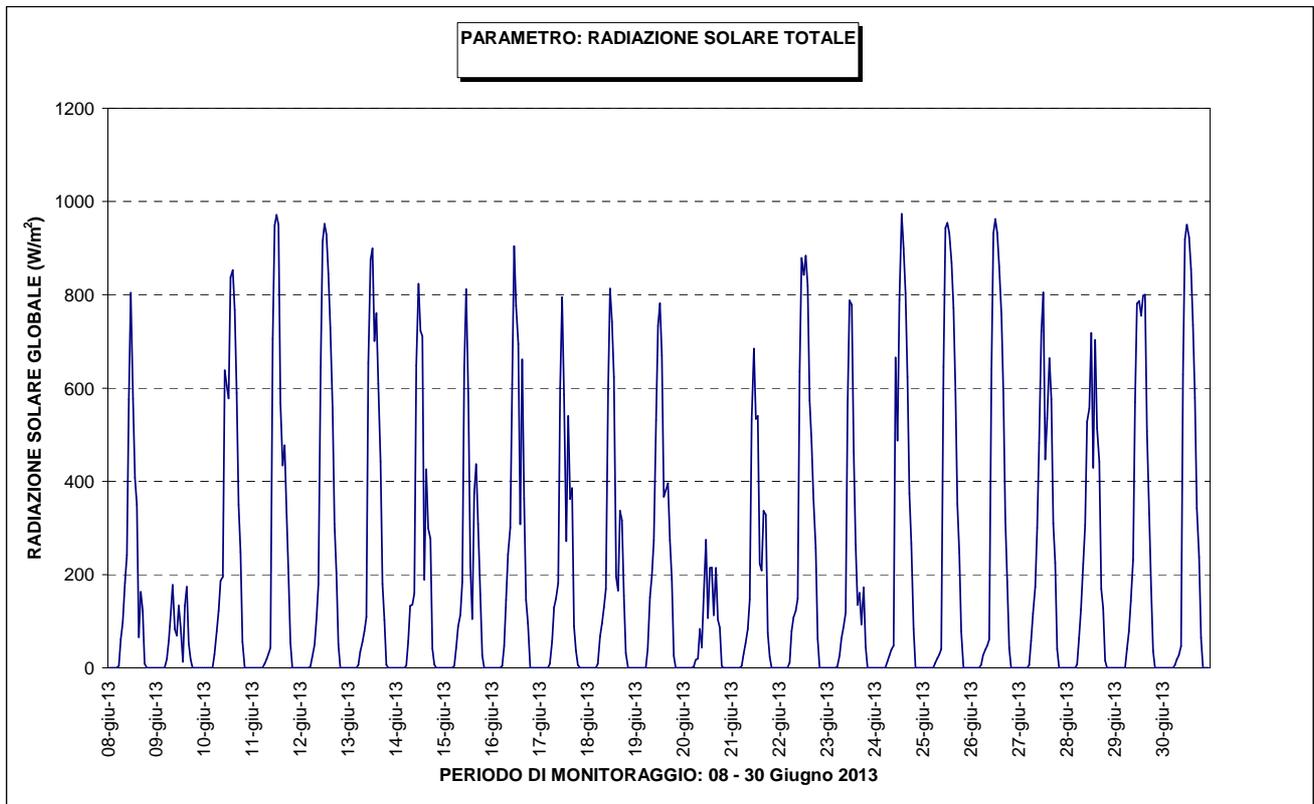


Figura 5 – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio

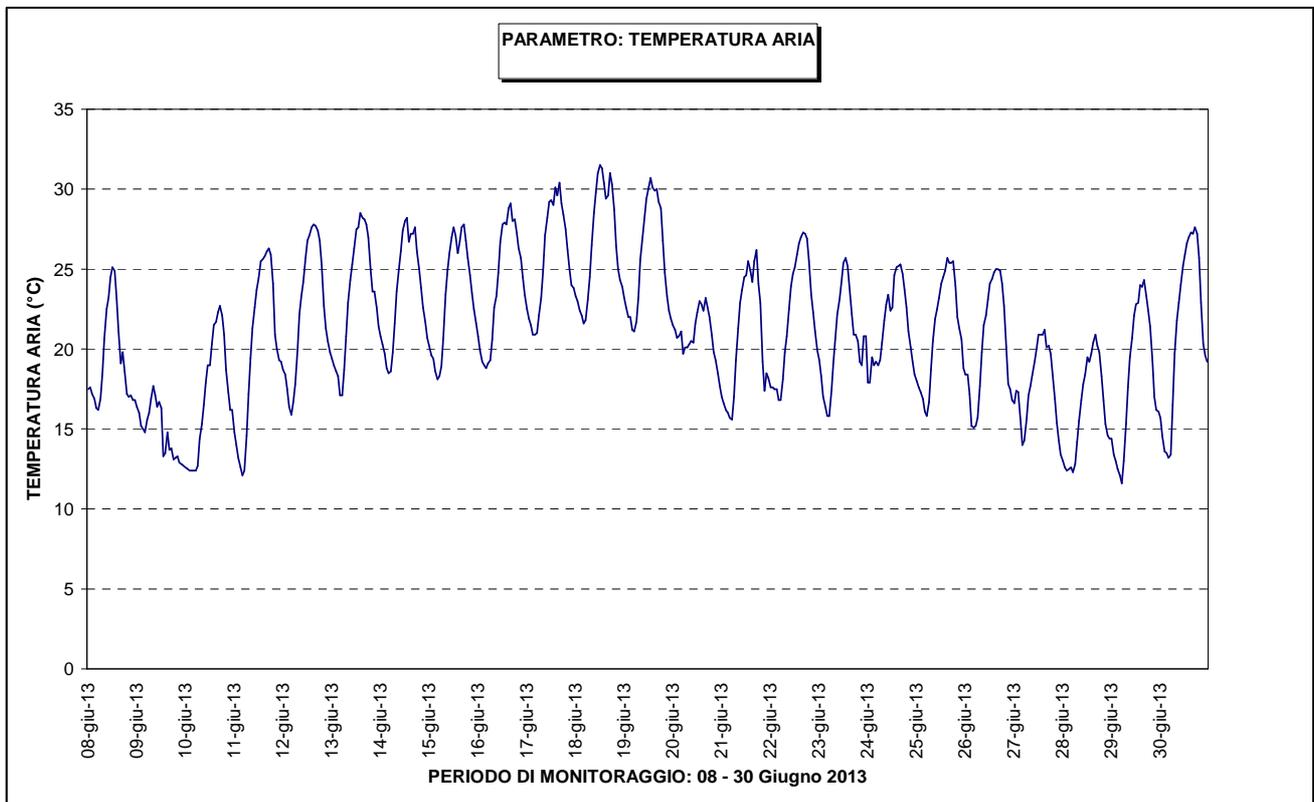


Figura 6 – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio

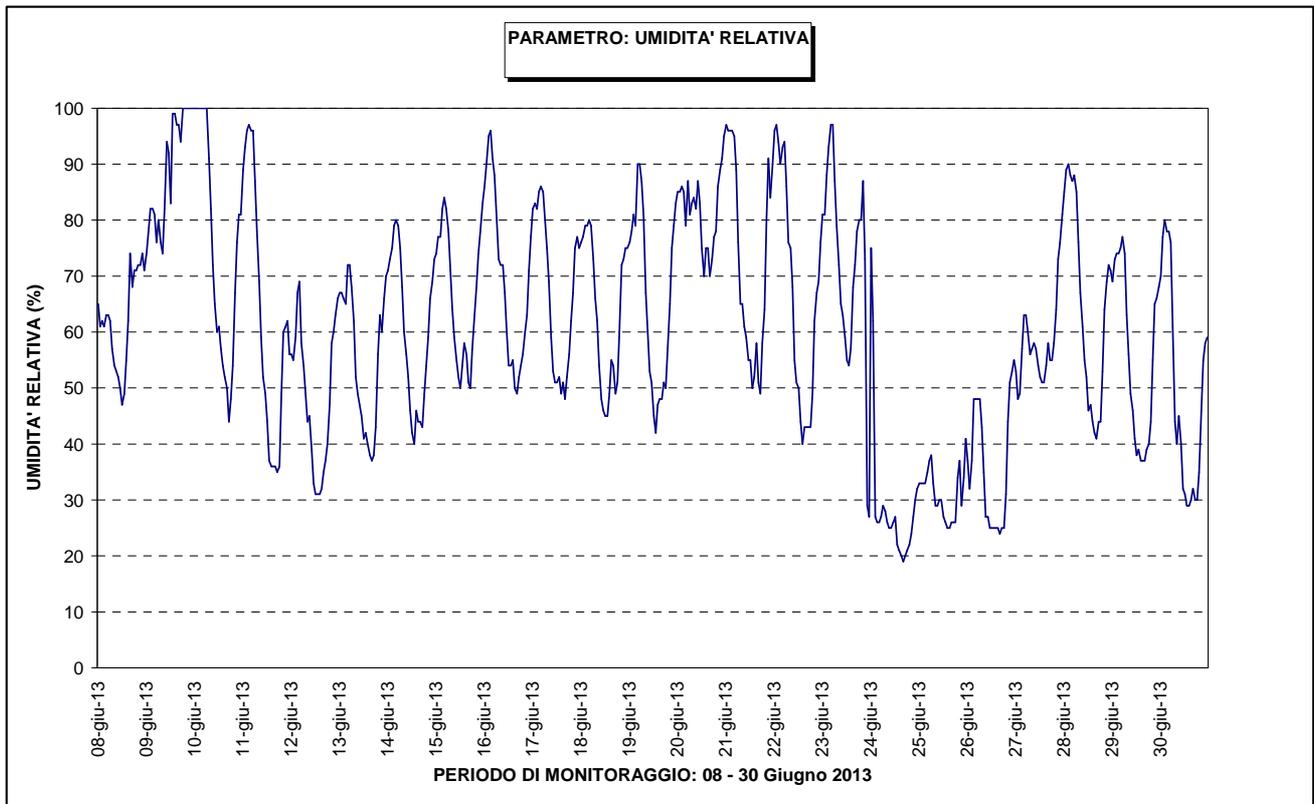


Figura 7 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio

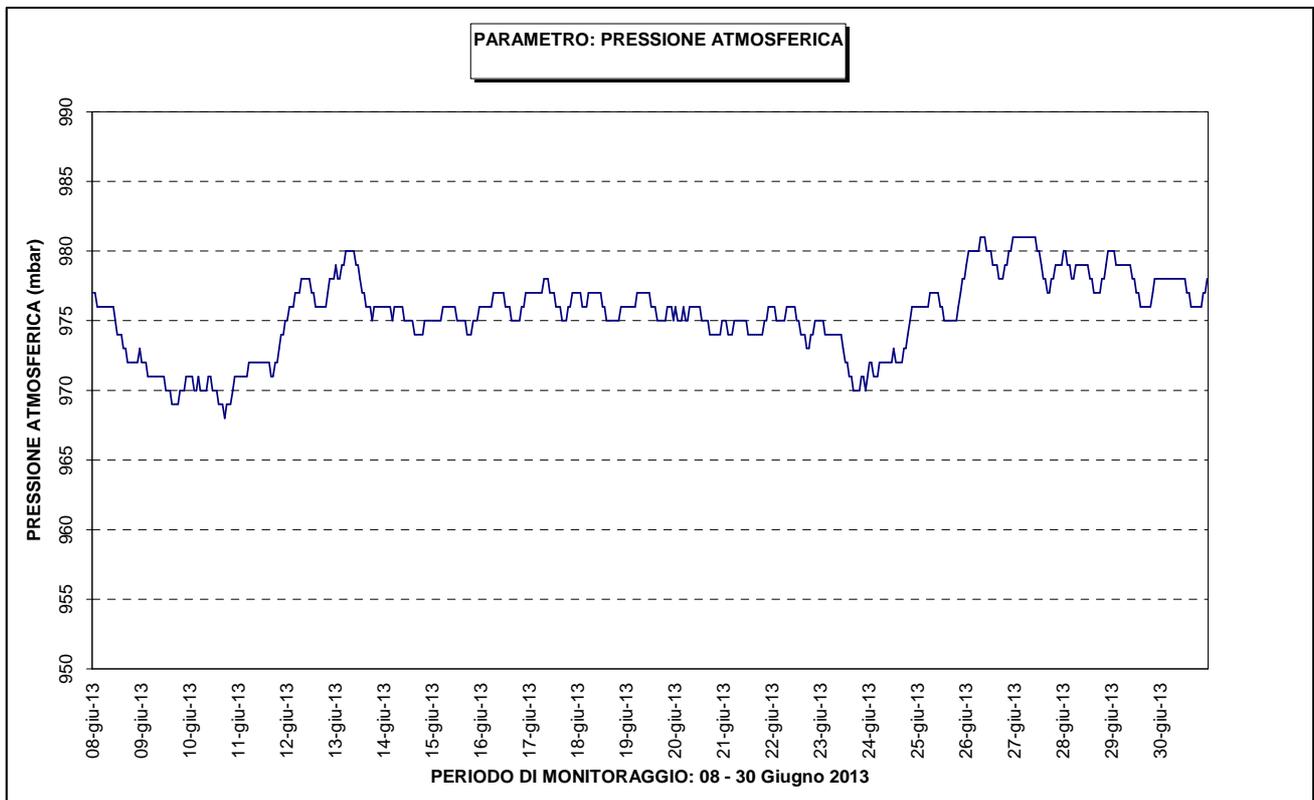


Figura 8 – Precipitazioni cumulate nel corso della campagna di monitoraggio

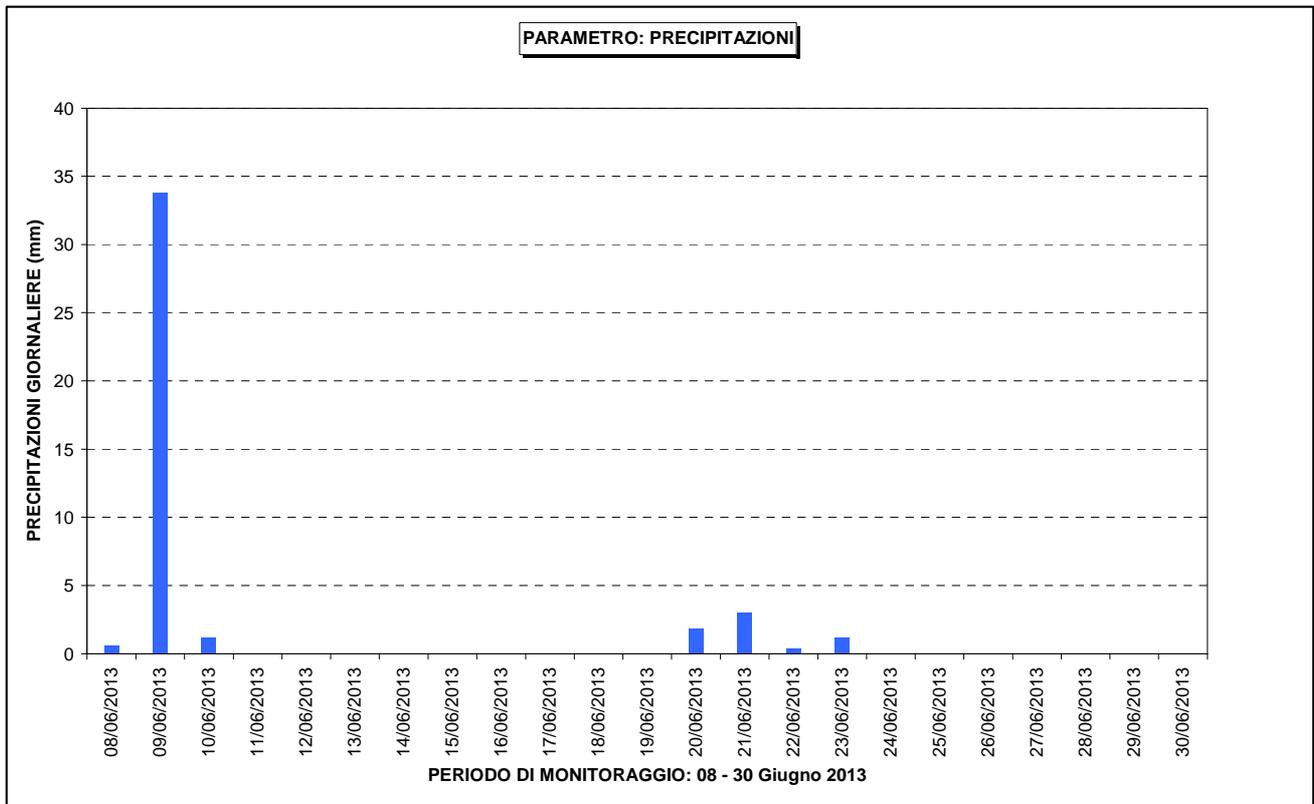


Figura 9 – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio

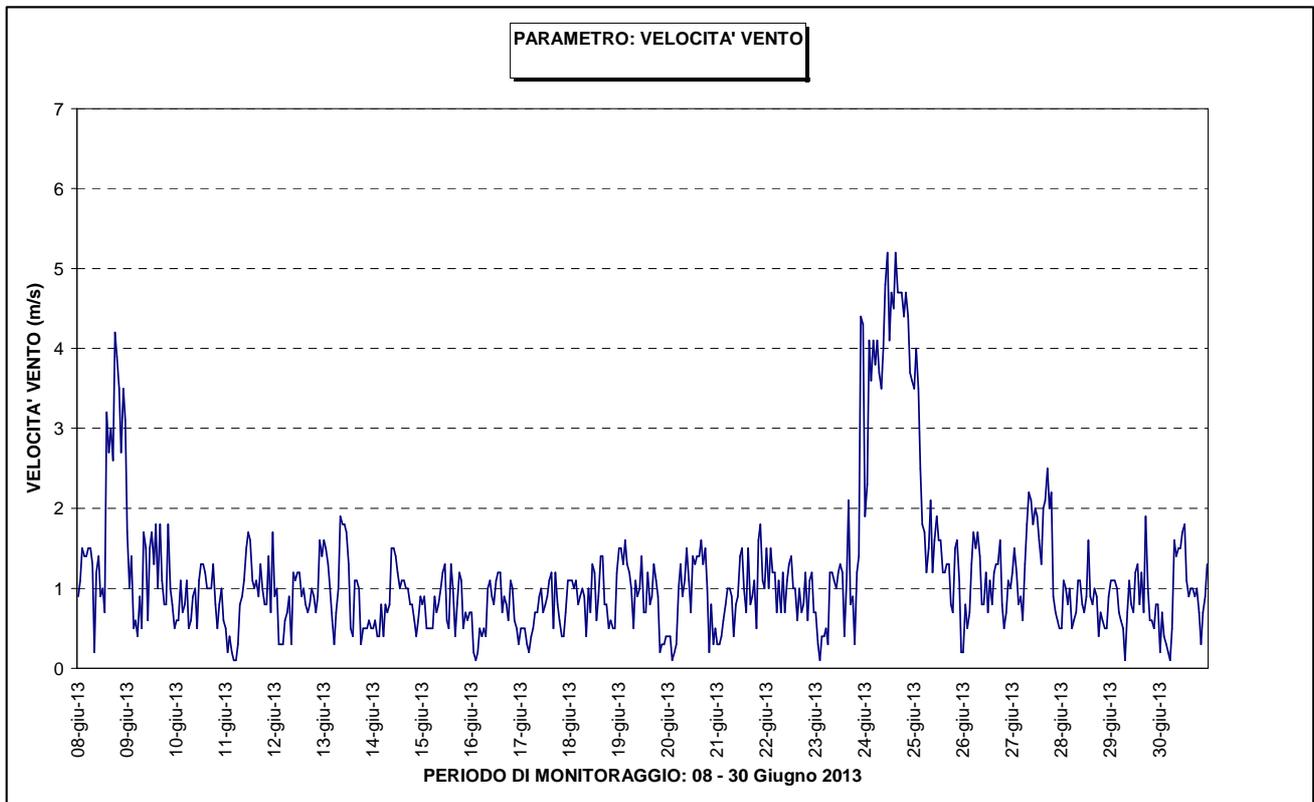


Figura 10 – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio

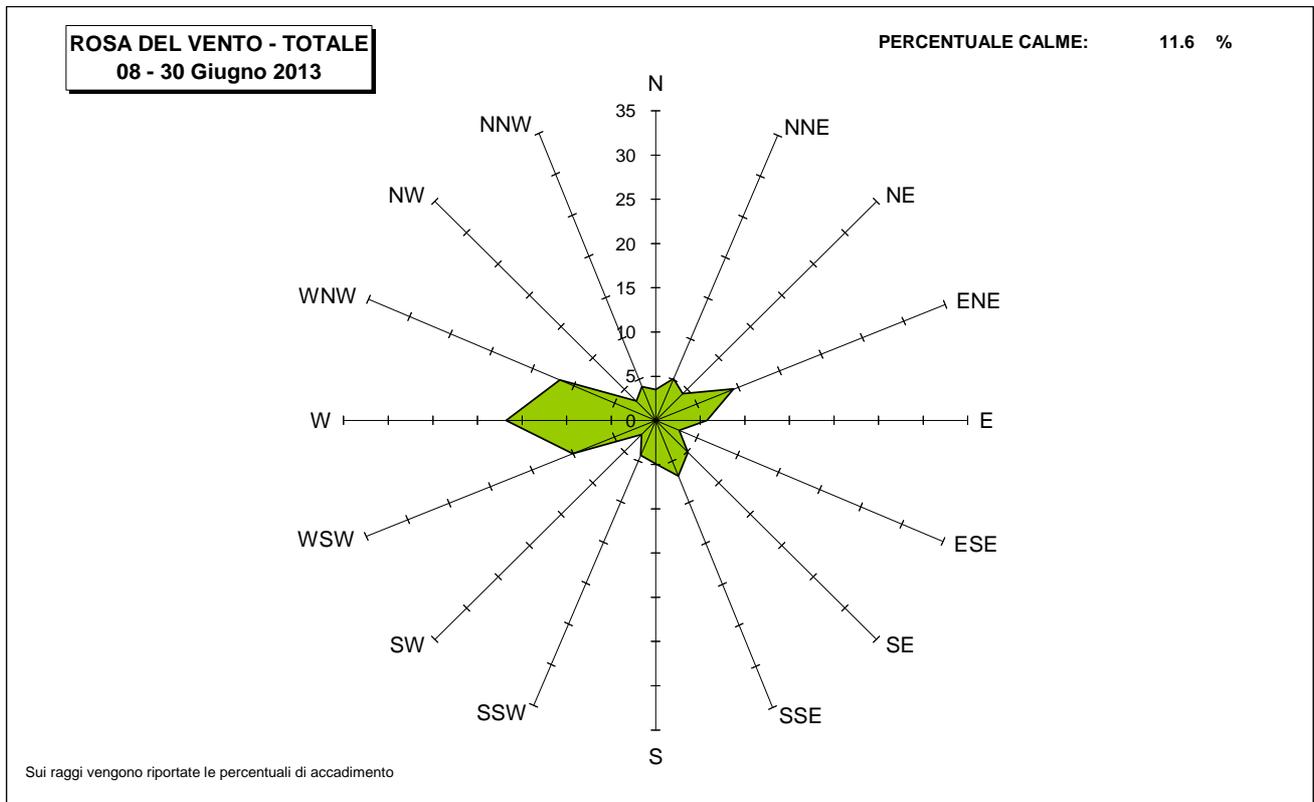


Figura 11 – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio

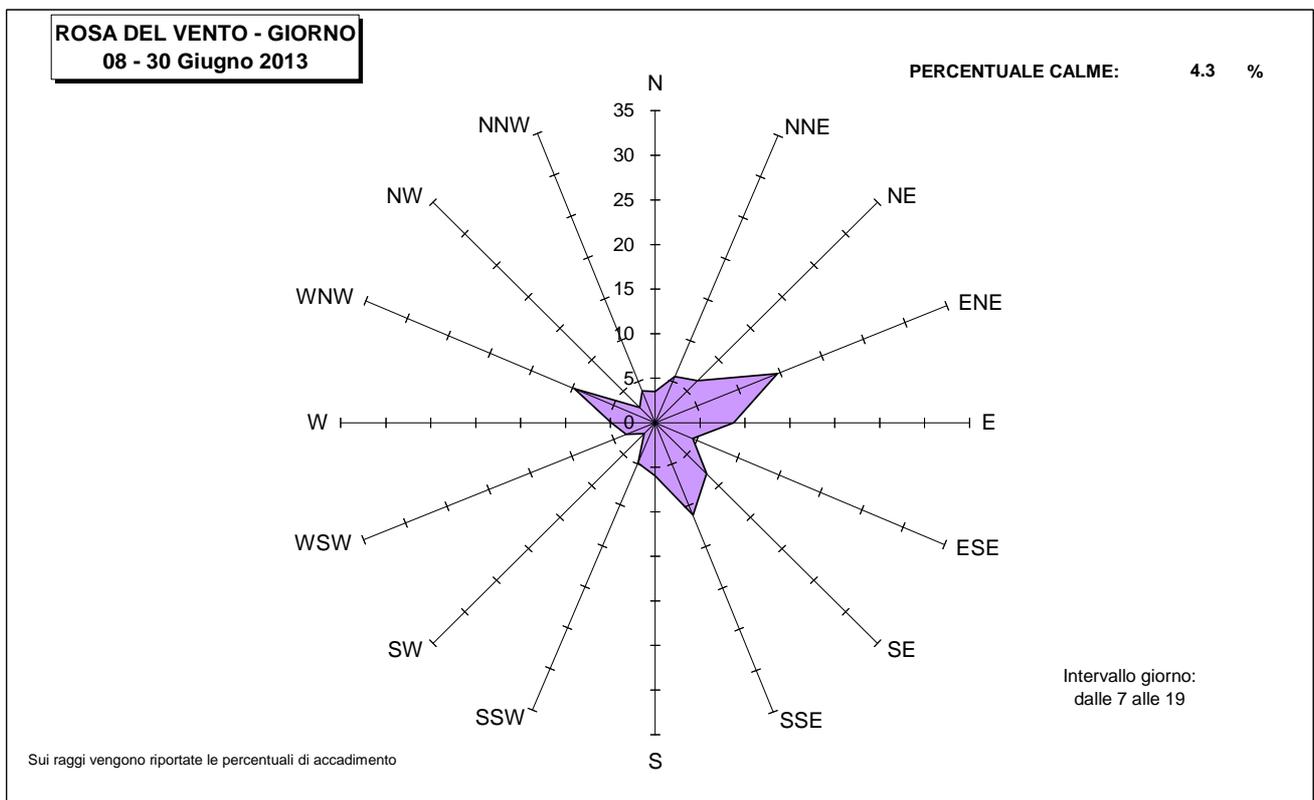
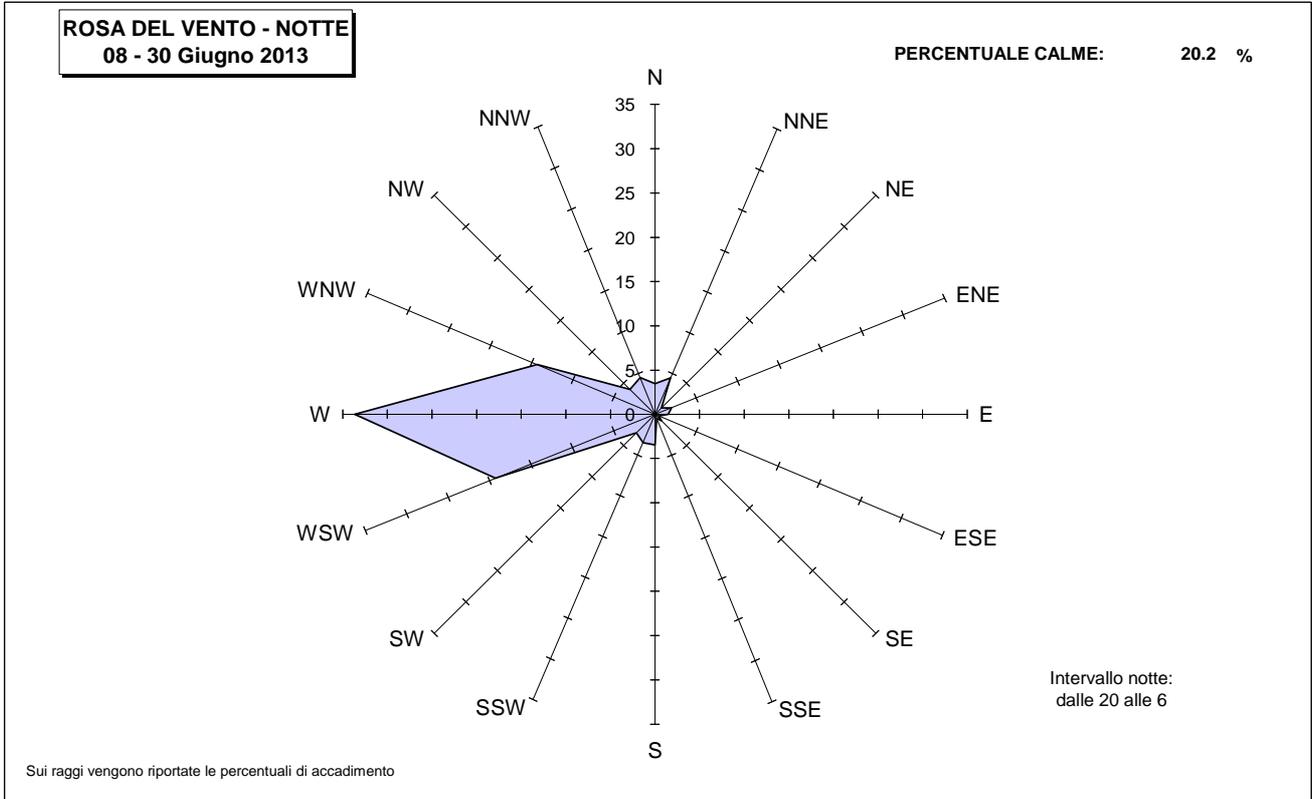


Figura 12 – Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

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

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

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 <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/conoscidati.shtml> , a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

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

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno 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 SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel. La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico. Fino a pochi anni fa il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

I dati inerenti la concentrazione di biossido di zolfo misurati nel Comune di Rivoli mostrano come i livelli, sia giornalieri che orari, sono ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 10 - Figura 13 e Figura 14). Il massimo valore giornaliero, calcolato come media giornaliera sulle 24 ore, è pari a 5,5 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a circa 8 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato pari a 350 µg/m³ dal D.M. 60/2002 prima e riconfermato con il D.Lgs. 155/2010. In Figura 14 si evidenzia come i valori misurati a Rivoli siano, in generale, confrontabili con quelli rilevati nelle stazioni fisse torinesi di Consolata e Rebaudengo (definite come stazioni urbane di traffico). E' utile ricordare che, in generale, questo parametro non mostra alcuna criticità poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi, e le concentrazioni di SO₂ sono sempre ampiamente al di sotto dei limiti normativi. Inoltre va aggiunto che, come già sopra descritto, il periodo più critico per tale inquinante è rappresentato dalla stagione invernale, mentre in estate si registrano i valori più bassi di concentrazione di SO₂.

Tabella 10 - Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	3.18
Massima media giornaliera	5.47
Media delle medie giornaliere	4.13
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	4.12
Massima media oraria	8.03
Ore valide	547
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 13 - SO₂: confronto con il limite di legge (media giornaliera)

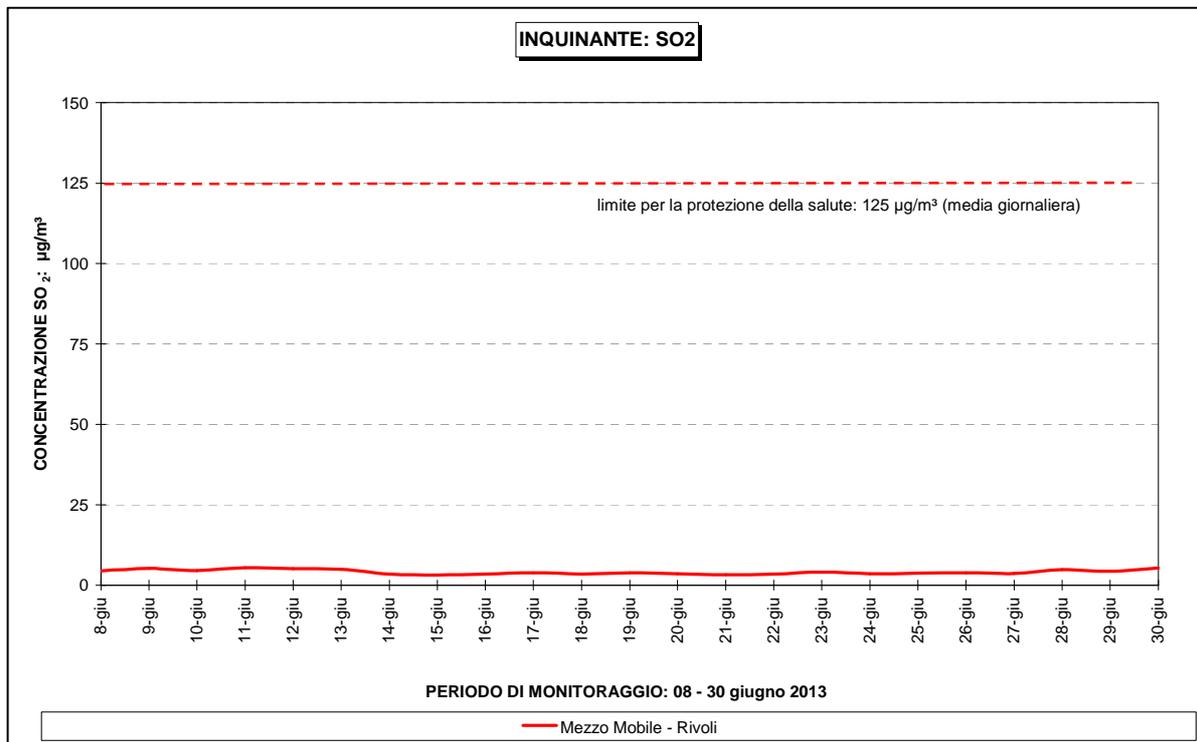
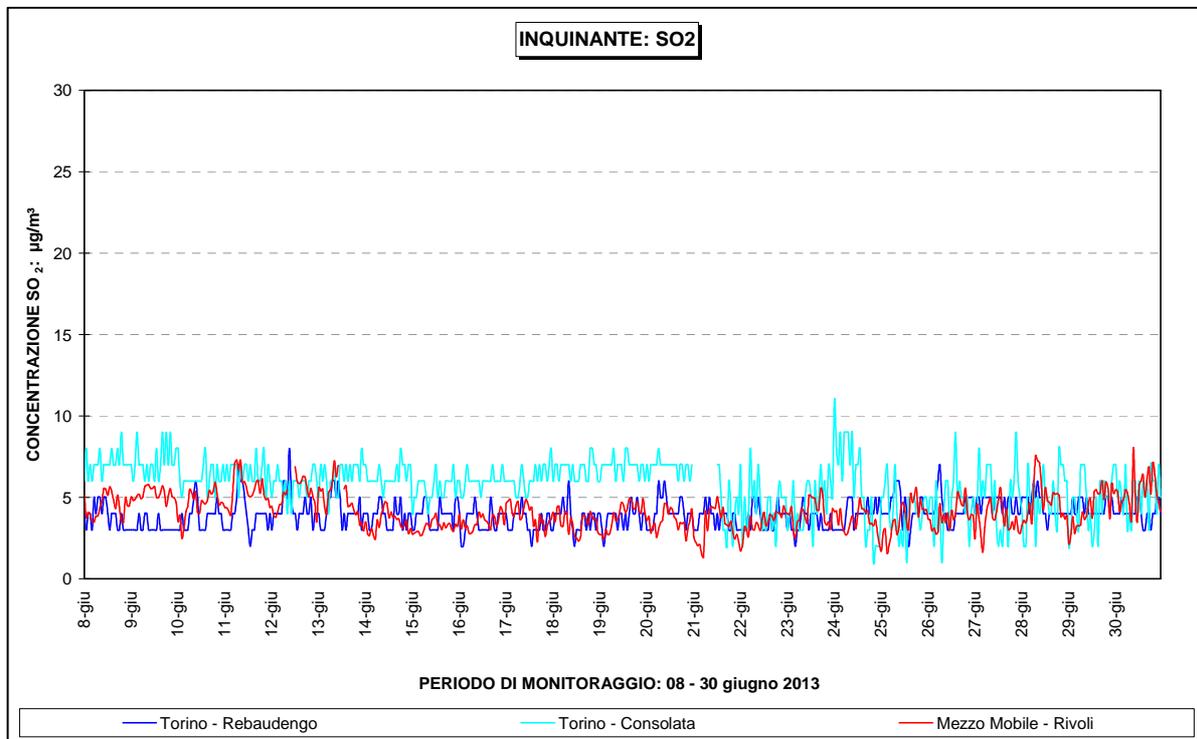


Figura 14 – SO₂: andamento della concentrazione oraria – confronto con altre stazioni fisse



Monossido di Carbonio

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

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

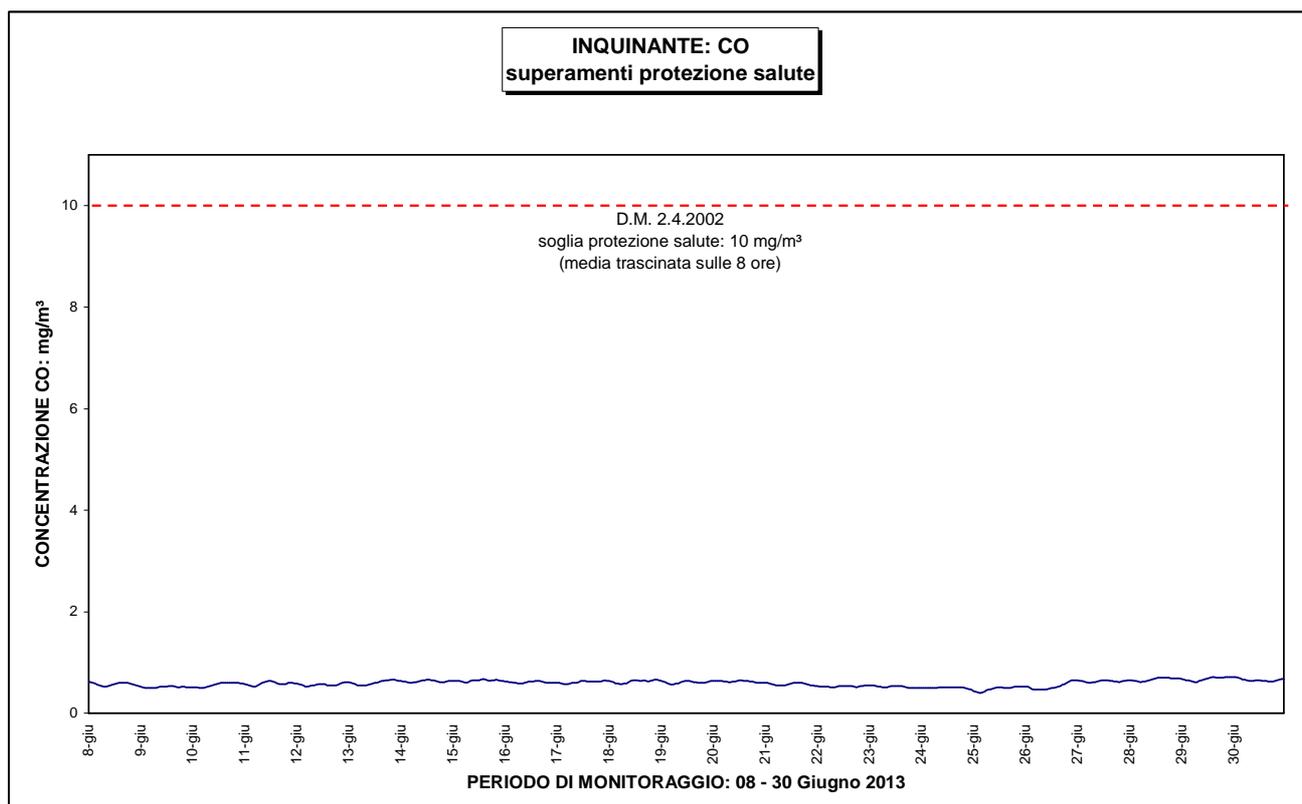
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

Tabella 11 - Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	0.7
Media delle medie giornaliere	0.6
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.6
Massima media oraria	0.8
Ore valide	550
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	0.6
Massimo medie 8 ore	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

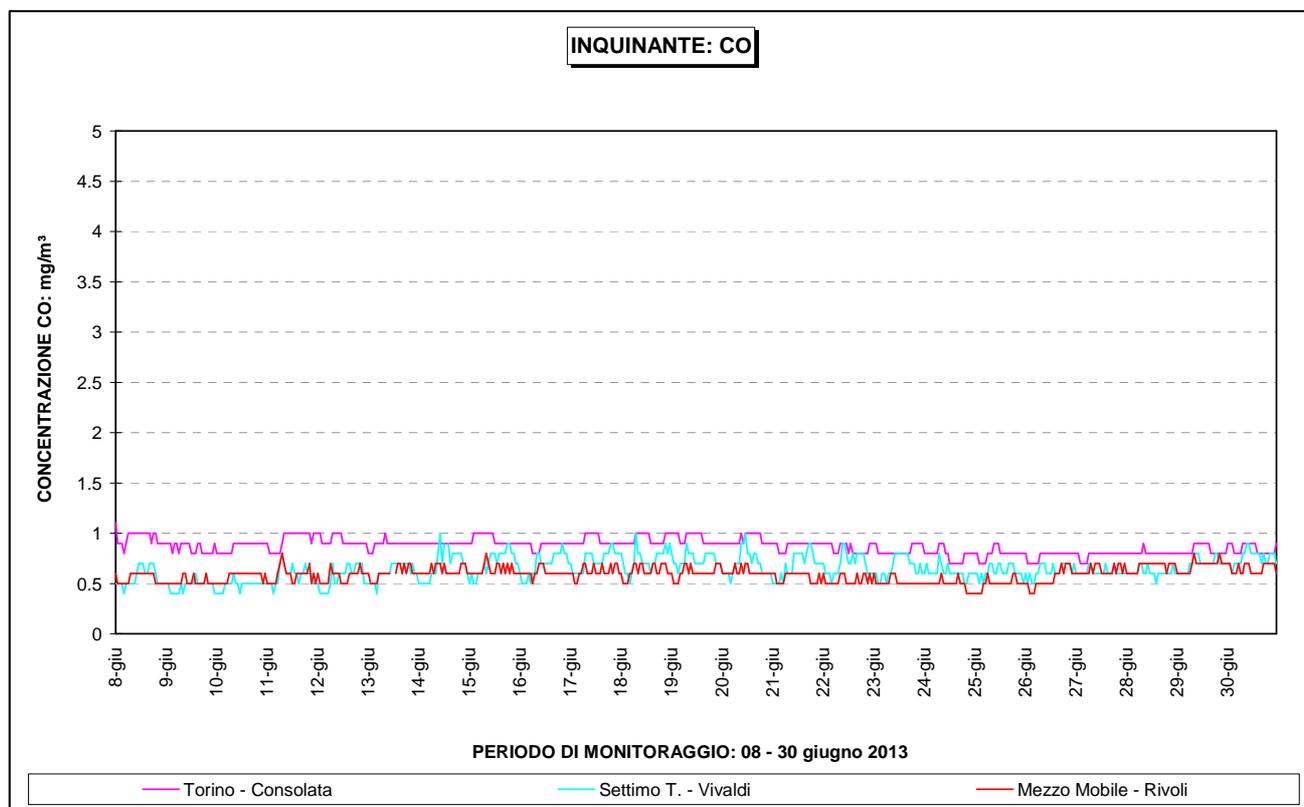
I dati misurati durante la campagna nel Comune di Rivoli confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti il DLgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di 10 mg/m^3 , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore registrato è pari a $0,7 \text{ mg/m}^3$ (Figura 15), e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $0,8 \text{ mg/m}^3$). Va sottolineato che, in generale, il monossido di carbonio presenta i valori massimi nella stagione invernale.

Figura 15 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)



Nel grafico successivo (Figura 16) viene riportato il confronto con le stazioni fisse urbane di Settimo Torinese e Torino-Consolata, entrambe classificate come stazioni di traffico urbano. Nel periodo indagato nessuna stazione ha raggiunto su base oraria il valore di 10 mg/m^3 , inoltre i valori rilevati a Rivoli sono generalmente al di sotto dei valori della stazione di Torino-Consolata.

Figura 16 – CO: andamento della concentrazione oraria c/o le stazioni fisse di Settimo e Torino-Consolata



Ossidi di Azoto

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

Per il **monossido di azoto** la normativa non prevede valori limite, ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel comune di Rivoli (Tabella 12) sono risultati generalmente inferiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tranne che per un giorno, 11 giugno, nel quale la massima media oraria è stata pari a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In generale la campagna è stata caratterizzata da elevata dinamicità atmosferica, con eventi pluviometrici e presenza di vento con velocità superiori ai 2 m/s (cfr. Figura 9), fattori questi ultimi che hanno influito sulla dispersione/trasporto degli inquinanti. La media dei valori orari risulta pari a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La Figura 17 evidenzia come sia l'andamento, sia i livelli di fondo di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Rivoli, sono in generale confrontabili con quelli della stazione di monitoraggio fissa ubicata a Torino-Consolata, classificata come traffico urbano. L'andamento orario presenta una notevole escursione tra i valori massimi e minimi orari. I massimi orari sono dello stesso ordine di grandezza dei massimi di TO-Consolata (e in alcuni casi superiori), mentre i valori minimi si sovrappongono ai livelli della stazione di Druento.

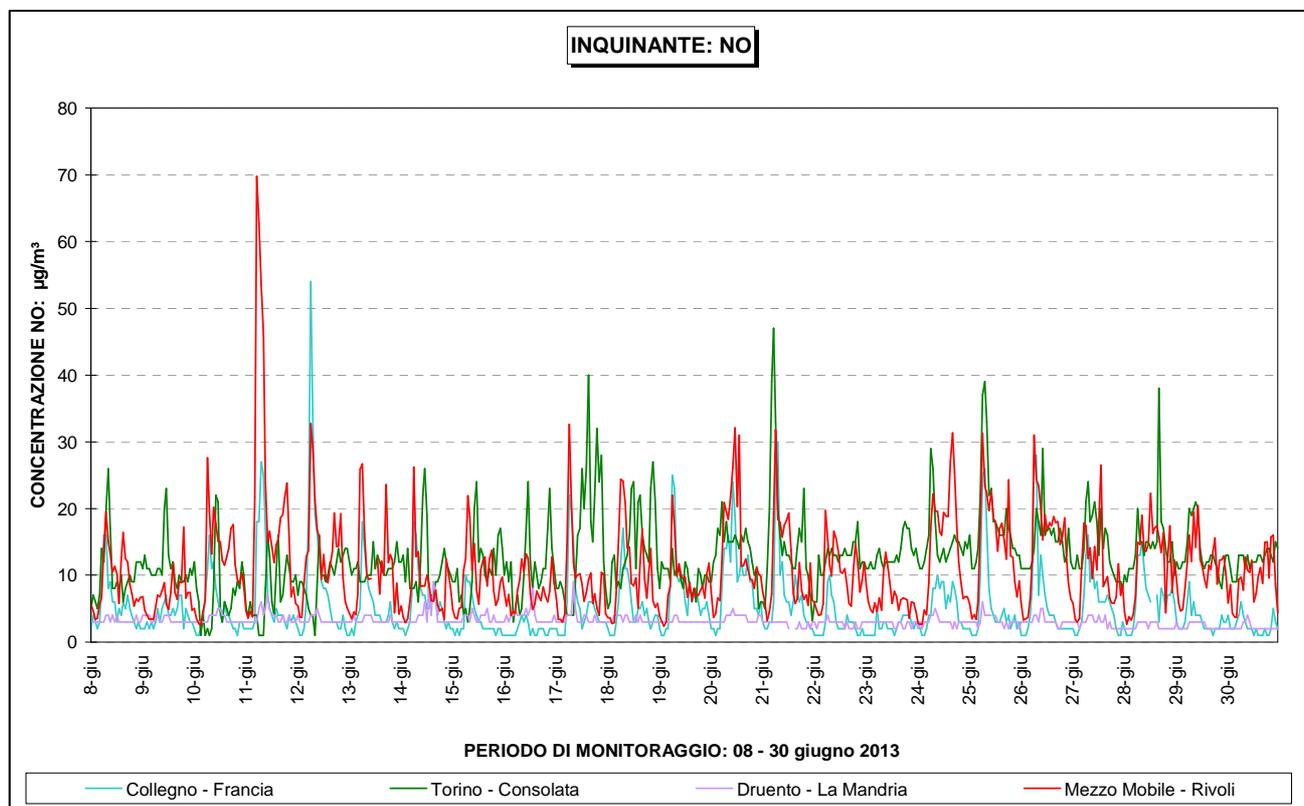
Il giorno 11 giugno è stata registrata la media oraria più alta della campagna pari a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle altre stazioni di confronto, riportate in Figura 17, non si osservano analoghi incrementi di concentrazione; solamente la stazione di Collegno presenta un picco ma che non supera i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In tale giorno non si registrano condizioni meteo particolari che possano descrivere il fenomeno, e altri parametri come il benzene e il monossido di carbonio non presentano una analogo incremento del valore medio orario. Il fenomeno è pertanto ascrivibile a condizioni locali che hanno interessato solamente l'area circostante il punto di campionamento del mezzo mobile.

E' interessante osservare come, in corrispondenza del picco di NO, vi sia una diminuzione significativa del valore di ozono il quale raggiunge il valore minimo orario pari a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 12 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	6.7
Massima media giornaliera	20.9
Media delle medie giornaliere	11.1
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	11.1
Massima media oraria	69.8
Ore valide	550
Percentuale ore valide	100%

Figura 17 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall’ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all’interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso della campagna nel Comune di Rivoli la concentrazione media oraria di NO₂ si è generalmente attestata al di sotto dei 50 µg/m³ (se si escludono alcune giornate dove i massimi orari misurati risultano lievemente superiori ma comunque al di sotto dei 70 µg/m³ - Figura 18), con una media oraria dell’intero periodo pari a 27 µg/m³. I fenomeni pluviometrici e la presenza di vento, che hanno caratterizzato alcune giornate della campagna, hanno contribuito alla riduzione delle concentrazioni di NO₂: il valore minimo misurato, pari 7 µg/m³, è stato registrato il 25 giugno, ovvero in concomitanza con la presenza di forte vento (confronto con Figura 8 a pagina 22.)

Durante la campagna non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³ (che la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno) e questo grazie all’elevata dinamicità atmosferica del periodo monitorato, che ha determinato condizioni favorevoli alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti.

Tabella 13 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	17.6
Massima media giornaliera	34.9
Media delle medie giornaliere	26.7
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	26.7
Massima media oraria	62.1
Ore valide	550
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Il livello medio orario di NO₂ misurato a Rivoli è confrontabile con il livello misurato nella stazione di Collegno (posizionata lungo corso Francia) e generalmente inferiore a quello riscontrato nella stazione di Torino-Consolata.

Osservando il grafico di

Figura 19, che riporta il giorno medio (calcolato sulla campagna in oggetto, come indicato a pag. 25), si nota, anche in questo caso, come i valori misurati a Rivoli sono confrontabili con quelli di Collegno e inferiori a TO-Consolata. Mentre nei due siti fissi l'andamento del NO₂ è caratterizzato da due campane, una che coinvolge alcune ore del mattino e l'altra che interessa le ore serali, a Rivoli le due campane sono meno pronunciate ed indicano una situazione di inquinamento meno variabile nel corso della giornata (ad esempio per la presenza di traffico costante durante tutto il giorno).

La normativa prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale ; valutazioni sulla concentrazione media annuale – e quindi il confronto con tale valore limite – saranno effettuate al termine della seconda campagna.

La normativa in vigore prevede inoltre per il parametro ossidi di azoto totali, dato dalla somma del monossido e biossido ed espressi come biossido, un valore limite annuale per la protezione della vegetazione. Tale limite non è stato preso in considerazione in quanto si riferisce a siti remoti, lontani dai centri abitati e industrializzati.

Figura 18 – NO₂ : confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio

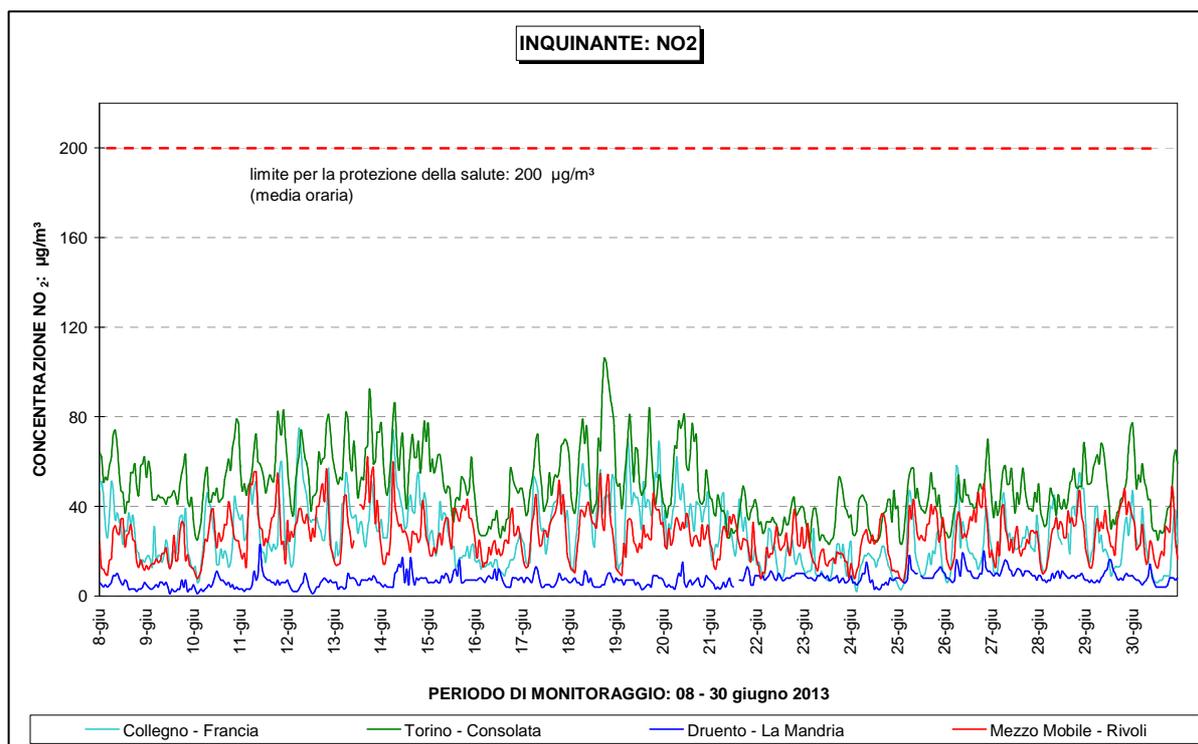
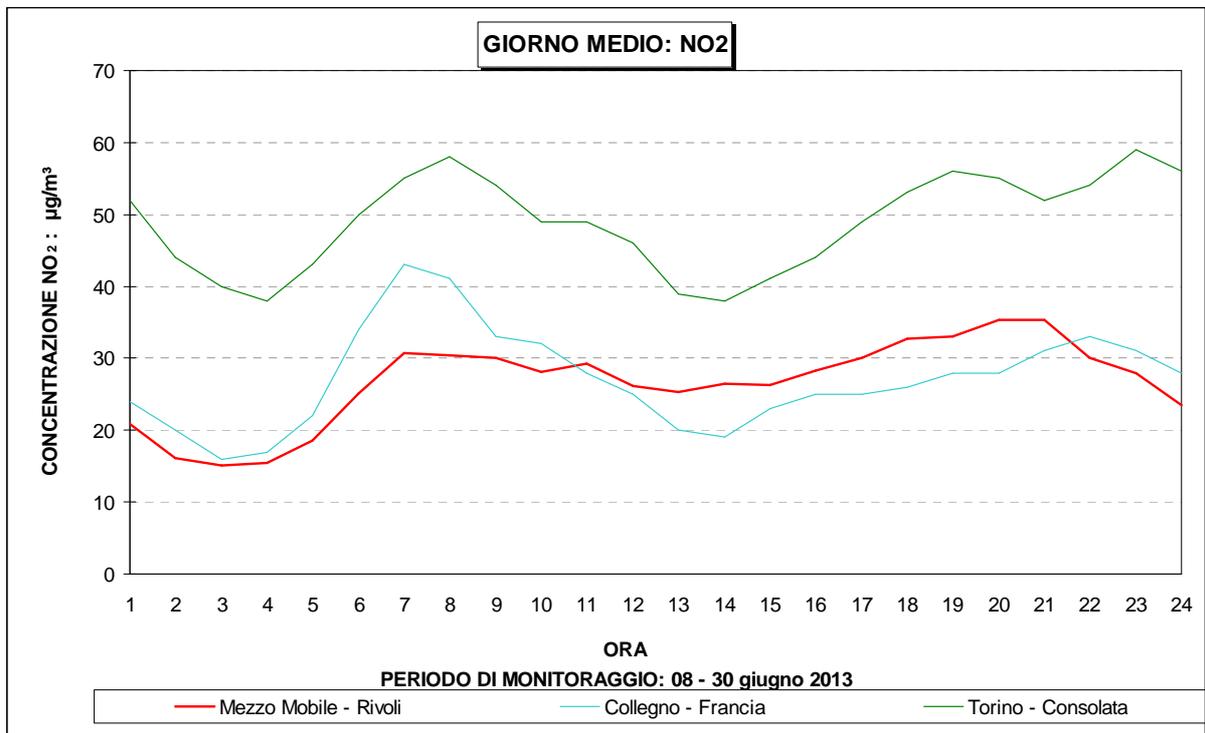


Figura 19 – NO₂ : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Benzene e Toluene

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

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

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) ;
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti. Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Rivoli è stata determinata una concentrazione media pari a $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 14) ed in generale i valori sono ricompresi tra $0,5$ e $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. È importante sottolineare che il periodo più critico per tale inquinante è l'inverno, mentre si registrano valori decisamente più bassi nel periodo estivo, e che il limite imposto dalla normativa è calcolato su base annuale. Per confronto il valore medio rilevato presso la stazione di Torino Rebaudengo, calcolato nel medesimo periodo della campagna a Rivoli, è pari a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la media annuale della medesima stazione, per l'anno 2012, è pari a $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, al di sotto del limite normativo.. Valutazioni sulla concentrazione media annuale – e quindi il confronto con il valore limite di legge – saranno effettuate al termine della seconda campagna.

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

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

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 15), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

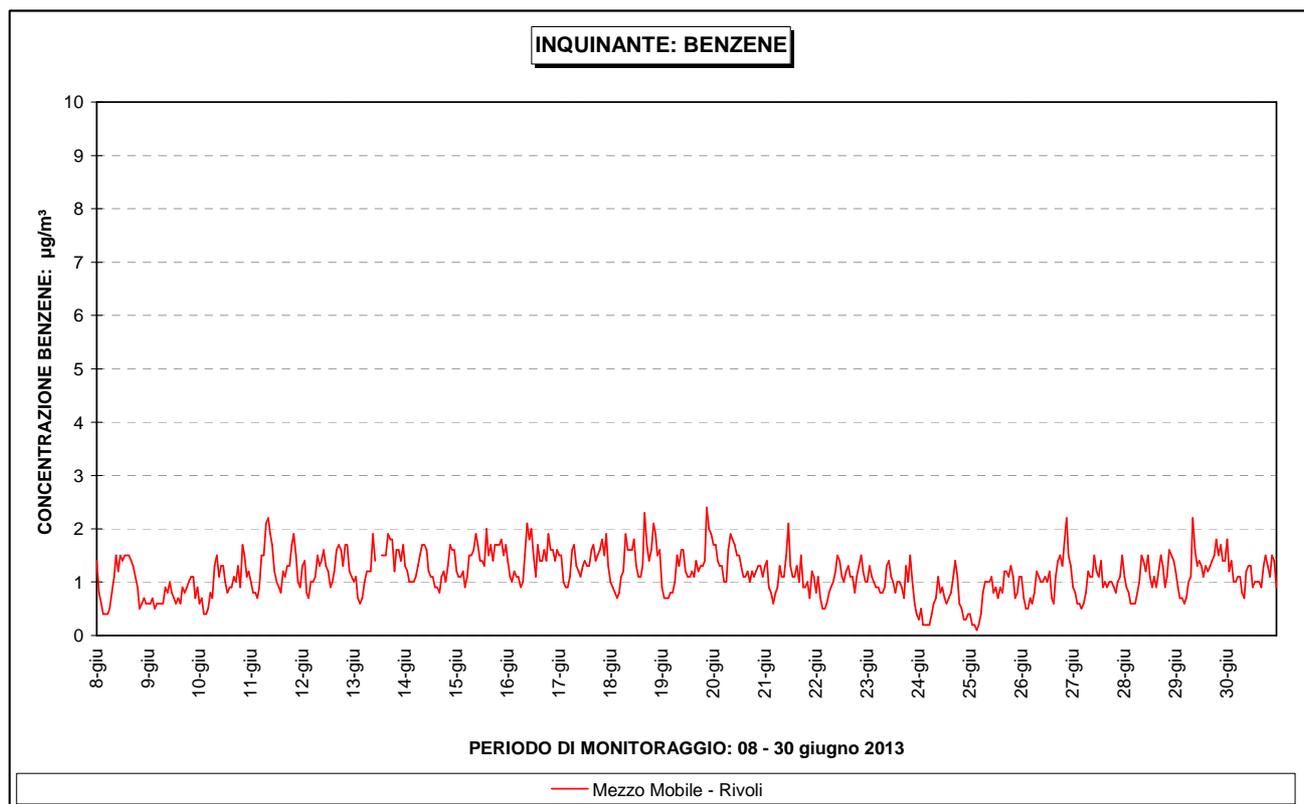
Tabella 14 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	0.6
Massima media giornaliera	1.5
Media delle medie giornaliere	1.1
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.1
Massima media oraria	2.4
Ore valide	550
Percentuale ore valide	100%

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

Minima media giornaliera	0.8
Massima media giornaliera	4.5
Media delle medie giornaliere	2.4
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	2.4
Massima media oraria	25.9
Ore valide	550
Percentuale ore valide	100%

Figura 20 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



Particolato Sospeso (PM10)

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 manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il D.M. 60/2002 e successivamente con il D.Lgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM₁₀, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il D.Lgs 155/2010 ha introdotto un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna sono state eseguite contemporaneamente misure di particolato PM₁₀ e di particolato PM_{2.5}: per il primo parametro sono disponibili 23 misurazioni su 23 giornate di monitoraggio (che corrispondono al 100% di dati validi), mentre per il secondo sono disponibili 22 medie giornaliere (che corrispondono al 96% di dati validi). Il limite giornaliero del PM₁₀ pari a 50 µg/m³ (da non superare più di 35 volte per anno civile) non è mai stato superato. Le medie del periodo dei valori di particolato PM_{2.5} e PM₁₀ sono rispettivamente pari a 20 µg/m³ e 14 µg/m³.

Osservando la Figura 21, dove vengono riportati gli andamenti dei due inquinanti, si nota che gli andamenti di PM₁₀ e PM_{2.5}, risultano in generale bene accoppiati, ad esclusione del giorno 17 giugno in cui il PM₁₀ presenta una forte riduzione di concentrazione mentre il PM_{2.5} mostra un leggero incremento.

In Figura 22 si nota come gli andamenti del PM_{2.5} di Rivoli e della stazione di Settimo siano anch'essi confrontabili. Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento. Ciò fa sì che punti di misura anche relativamente lontani presentino valori confrontabili.

In Figura 23 vengono confrontati i valori di PM₁₀ registrati a Rivoli con quelli misurati nelle altre stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria: in generale si osserva un andamento confrontabile con quello delle altre stazioni. Il giorno 17 giugno si nota, per il sito di Rivoli, un abbassamento significativo della concentrazione PM₁₀, mentre per il PM_{2.5} si assiste ad un leggero incremento dei valori (da 18 a 20 µg/m³): in altre parole mentre la frazione primaria grossolana (costituita dal particolato di dimensioni comprese tra 2.5 e 10 µ) si riduce, quella secondaria (PM_{2.5}) rimane sostanzialmente invariata dal momento che non sono intervenuti in quel giorno fenomeni atmosferici particolari in grado di disperdere gli inquinanti. Questo fenomeno conferma la natura del particolato secondario il quale non dipende esclusivamente dalle condizioni locali, e deve necessariamente essere valutato su una scala spaziale più ampia di quella locale, comunale o provinciale.

Il periodo monitorato è stato caratterizzato da diversi eventi pluviometrici, alcuni dei quali intensi, e dalla presenza di vento con velocità superiori ai 2 m/s che hanno contribuito alla riduzione del particolato atmosferico; l'abbassamento dei valori medi di particolato si ha in corrispondenza dei giorni nei quali si sono verificate le precipitazioni più consistenti o il vento forte (09 agosto e 21-25 giugno).

Per quanto riguarda i valori limite annuali di PM₁₀, PM_{2,5} valutazioni sulla concentrazione media annuale – e quindi il confronto con tale valore limite – saranno effettuati al termine della seconda campagna.

Tabella 16 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

Minima media giornaliera	5.0
Massima media giornaliera	39.0
Media delle medie giornaliere	20.3
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

Figura 21 – Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2,5} : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

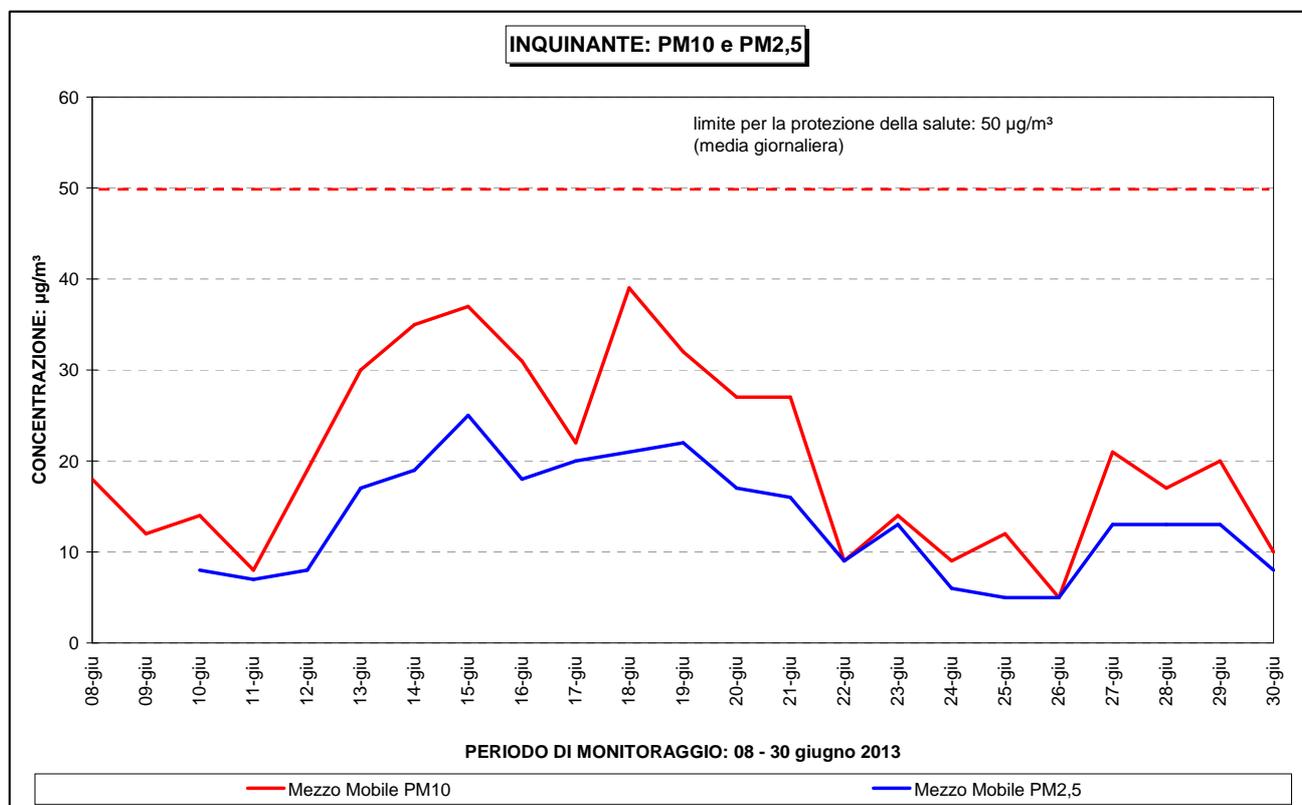


Figura 22 – Particolato sospeso PM_{2,5}: confronto con la stazione fissa di Settimo

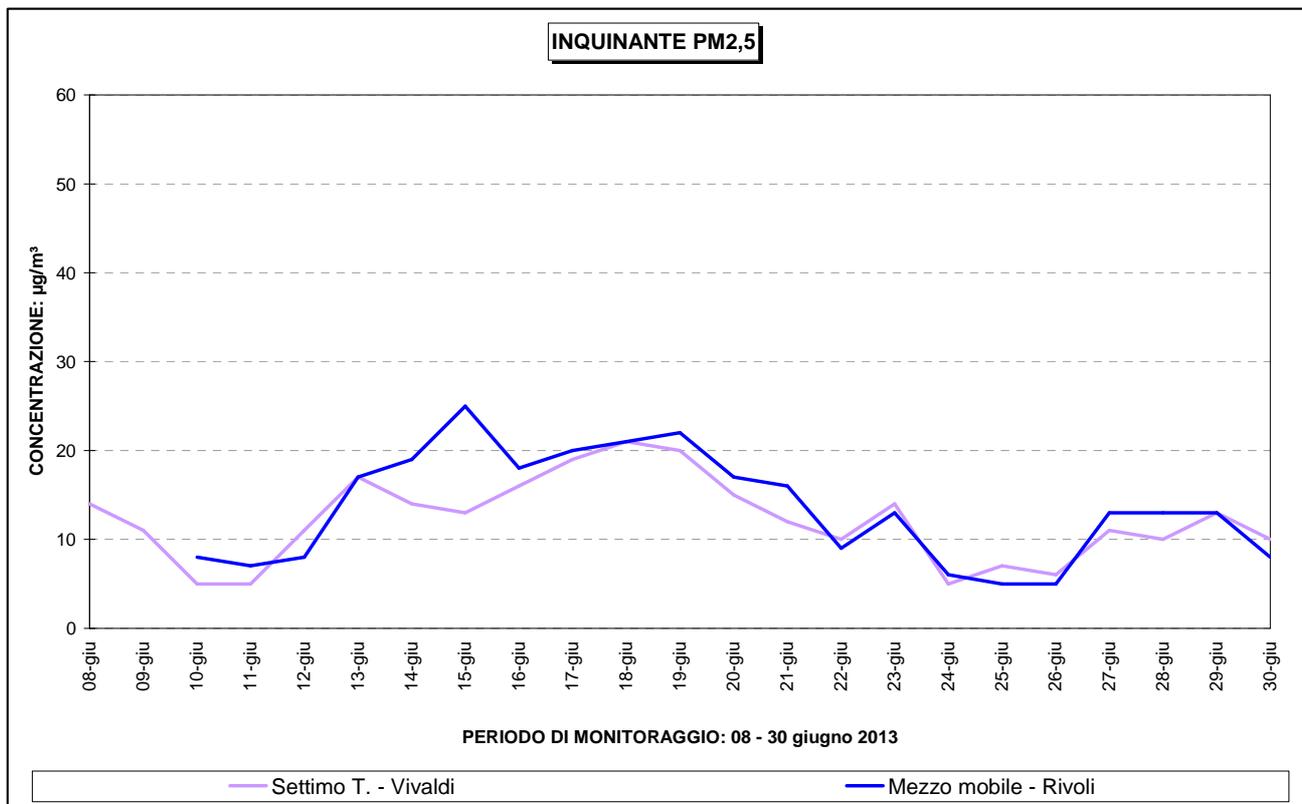


Figura 23 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con altre stazioni di monitoraggio

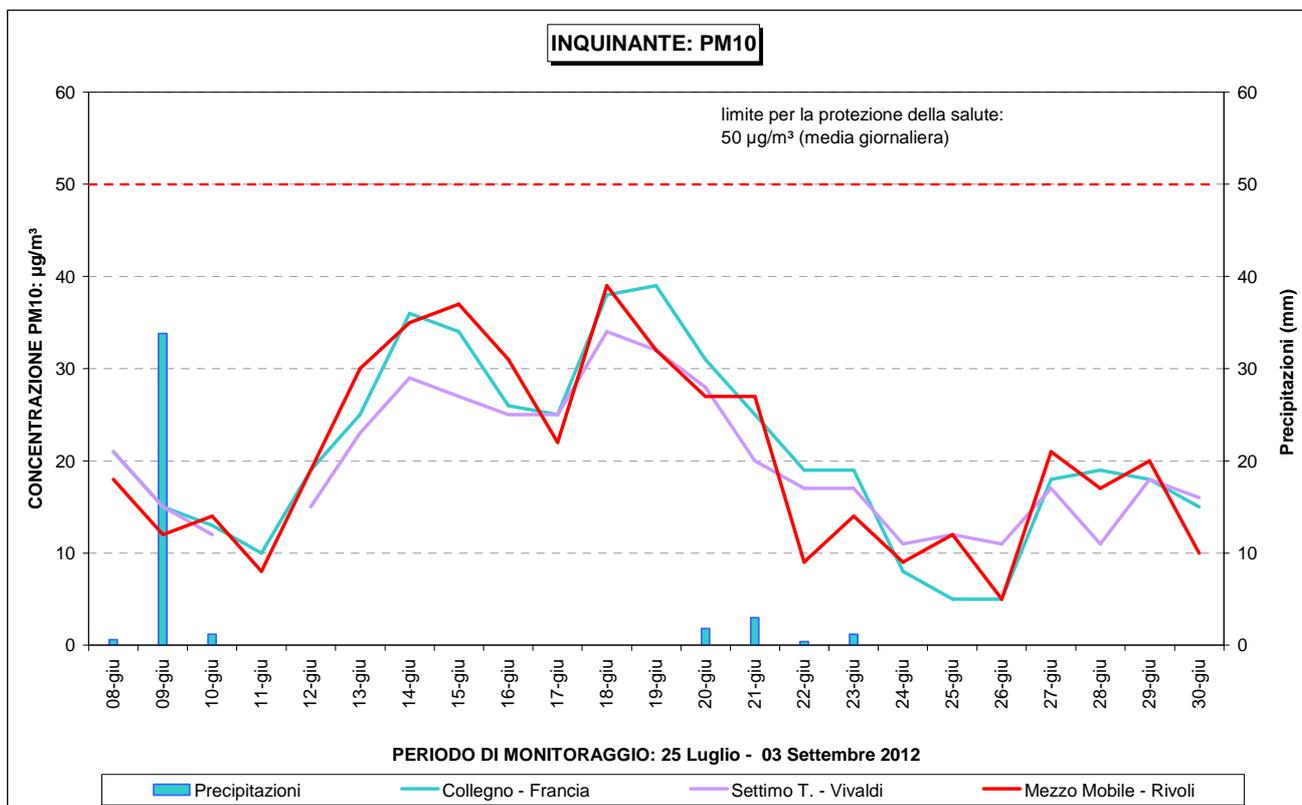


Tabella 17 – Media giornaliera del particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2,5} (µg/m³)

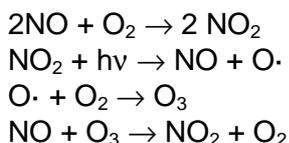
DATA	Rivoli, corso Susa PM10	Rivoli, corso Susa PM2.5
08-giu	18	16
09-giu	12	
10-giu	14	8
11-giu	8	7
12-giu	19	8
13-giu	30	17
14-giu	35	19
15-giu	37	25
16-giu	31	18
17-giu	22	20
18-giu	39	21
19-giu	32	22
20-giu	27	17
21-giu	27	16
22-giu	9	9
23-giu	14	13
24-giu	9	6
25-giu	12	5
26-giu	5	5
27-giu	21	13
28-giu	17	13
29-giu	20	13
30-giu	10	8
media	20.3	13.6
massimo	39	25
minimo	5	5
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute PM10 (50 µg/m ³)	0	-

Ozono

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

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

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



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

La campagna di misura è stata caratterizzata da condizioni meteo molto eterogenee sia da un punto di vista anemo-pluviometrico che per quanto concerne le temperature (i cui massimi giornalieri oscillano generalmente tra 20°C e 30°C) e questo ha influito direttamente sulla formazione/trasporto/accumulo dell'ozono. I livelli sono generalmente risultati inferiori a 140 µg/m³ (Figura 24), tranne che in due giornate (12 e 18 giugno) nelle quali le concentrazioni hanno raggiunto valori appena sopra i 140 µg/m³. Si osservano alcuni dati orari che superano la soglia dei 120 µg/m³ contribuendo al superamento del limite per la protezione della salute. Riassumendo si sono registrati 2 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), e nessun superamento del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria); inoltre non è mai stato superato il livello di allarme (pari a 240 µg/m³ per almeno tre ore consecutive). La media dell'intero periodo è pari a 78 µg/m³.

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'ozono.¹

In Figura 24 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono confrontato con le stazioni fisse di Torino-Lingotto e Vinovo. L'andamento osservato a Rivoli è confrontabile, in generale, con quello di Torino-Lingotto anche se quest'ultimo presenta in numerose giornate massimi orari superiori a quelli di Rivoli (a To_Lingotto si registrano ben 7 superamenti del limite per la protezione della salute). La stazione di Vinovo presenta nella maggior parte delle giornate i minimi giornalieri inferiori a quelli di Rivoli. Riassumendo l'andamento presso il sito di Rivoli è, in generale, compreso tra le due stazioni fisse di Torino-Lingotto e Vinovo.

Il superamento del limite per la protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media giornaliera trascinata sulle 8 ore), è strettamente legato alle condizioni meteorologiche che hanno

¹ 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

caratterizzato la campagna di misura. Se da un lato le alte temperature e la radiazione solare hanno contribuito alla formazione dell'inquinante, dall'altro va osservato che la presenza di giornate con forte vento e/o caratterizzate da eventi pluviometrici significativi, ha inciso fortemente sulla riduzione dei livelli di ozono in atmosfera (che in assenza di questi fattori avrebbero potuto essere più elevati e determinare così un numero maggiore di superamenti del limite).

Osservando la relazione ozono-temperatura nel periodo 12-17 giugno è interessante notare come, a fronte di temperature medie orarie elevate ed in progressivo aumento (cfr. Figura 5), si registra un solo superamento del limite per la protezione della salute (il 12 giugno).

Il 18 giugno, nonostante la radiazione solare sia più bassa dei giorni precedenti, si registra il secondo superamento del limite normativo, probabilmente perché è la temperatura a governare il fenomeno di formazione dell'ozono: infatti il 18 giugno si registra la temperatura media oraria più elevata dell'intera campagna pari a 31,5°C. Questa situazione mostra in definitiva come il livello delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera, soprattutto quelli di formazione secondaria, sia il risultato di complessi meccanismi di formazione/trasporto/accumulo influenzati fortemente dalla meteorologia, i quali non sono sempre immediatamente e chiaramente individuabili e possono essere trattati compiutamente solo attraverso l'utilizzo della modellistica numerica .

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

Minima media giornaliera	62.6
Massima media giornaliera	91.6
Media delle medie giornaliere	78.0
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	78.1
Massima media oraria	143.4
Ore valide	461
Percentuale ore valide	84%
Minimo medie 8 ore	23.7
Media delle medie 8 ore	78.0
Massimo medie 8 ore	131.5
Percentuale medie 8 ore valide	82%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	5
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	2
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

Nelle figure 26 e 27 si riporta il confronto tra i valori ed i superamenti registrati a Rivoli con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa.

Rispetto alla media del periodo 08-30 giugno 2013, il sito di Rivoli presenta il valore medio tra i più alti della rete, e, se si esclude la stazione di Torino-Rubino, il valore più alto dell'area torinese. D'altro canto se si osservano il numero di superamenti del limite per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore) si nota che il sito di Rivoli si attesta tra i siti della provincia torinese con il minor numero di superamenti. In sintesi a Rivoli, nel periodo monitorato, si registrano valori di ozono mediamente elevati con scarse fluttuazioni tra i minimi ed i massimi giornalieri.

Figura 24 – O_3 : andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

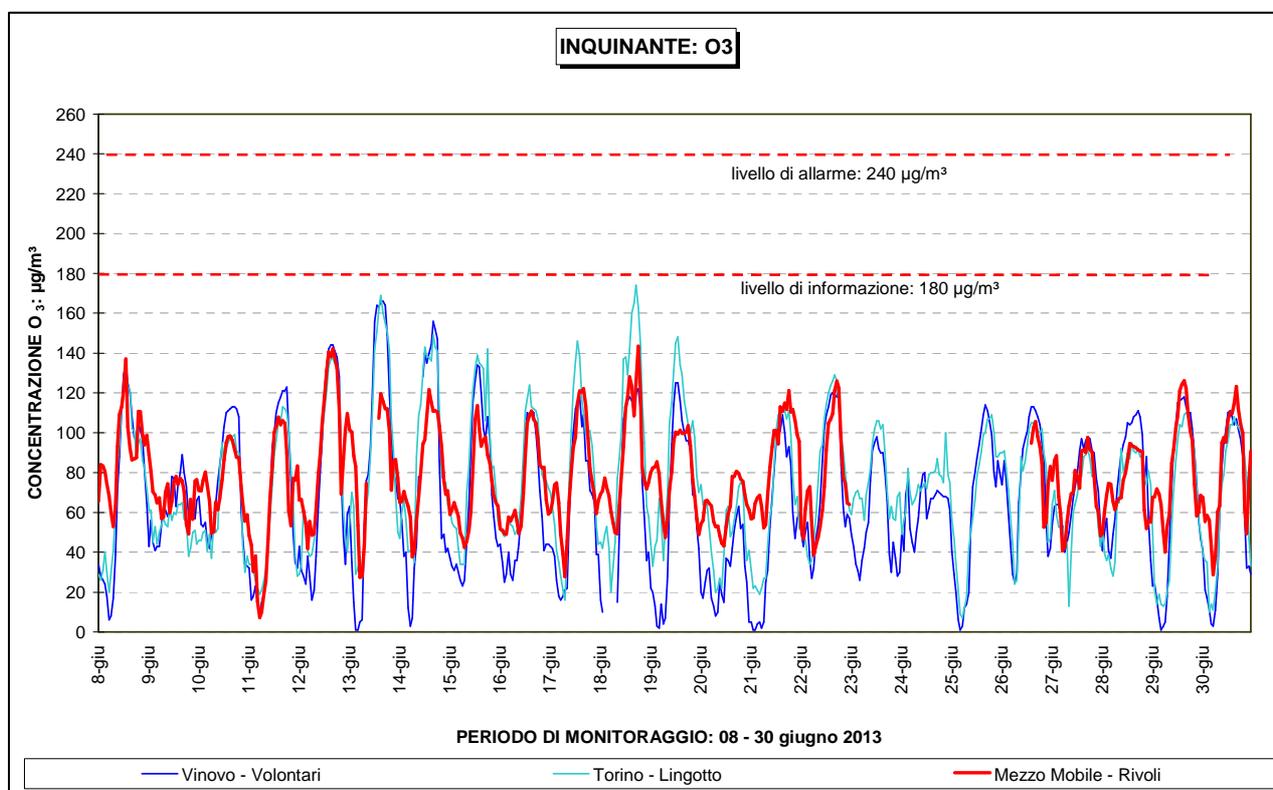


Figura 25 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

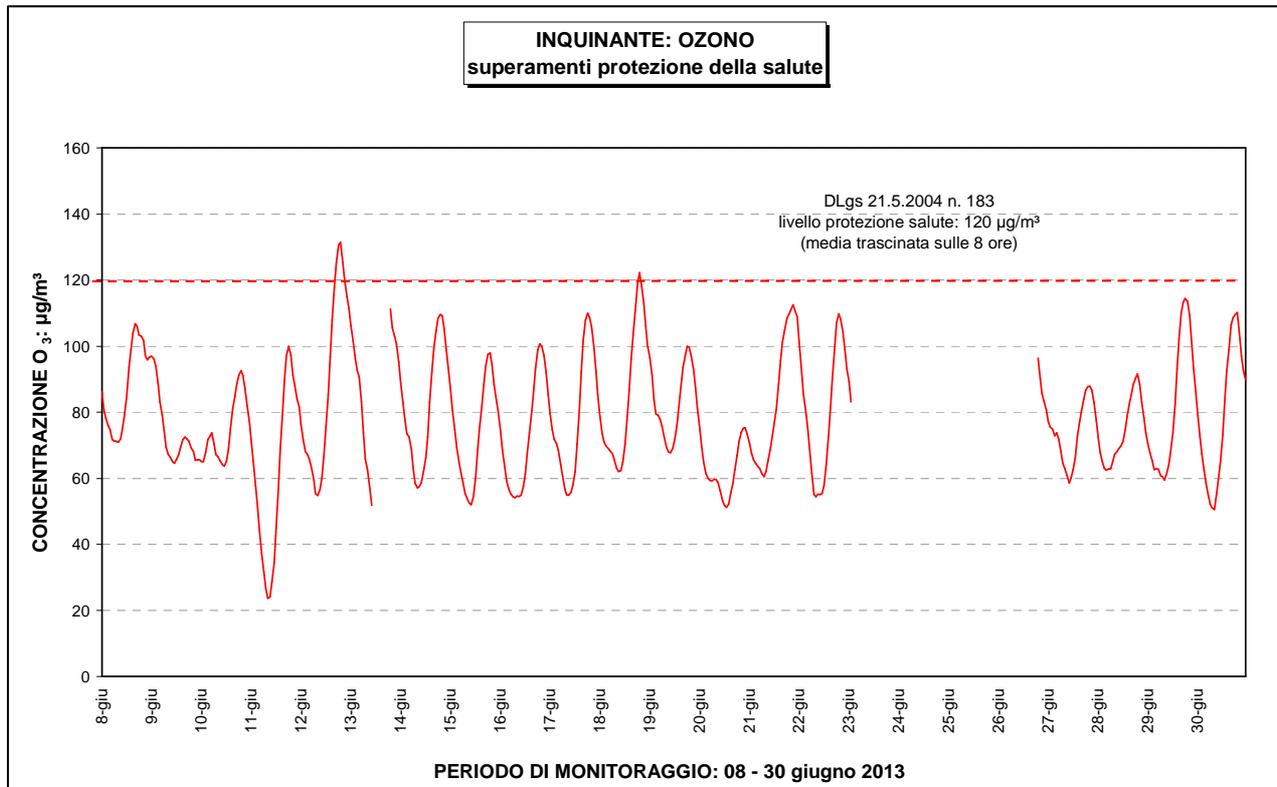


Figura 26 – O₃ confronto delle medie del periodo 08 – 30 giugno 2013

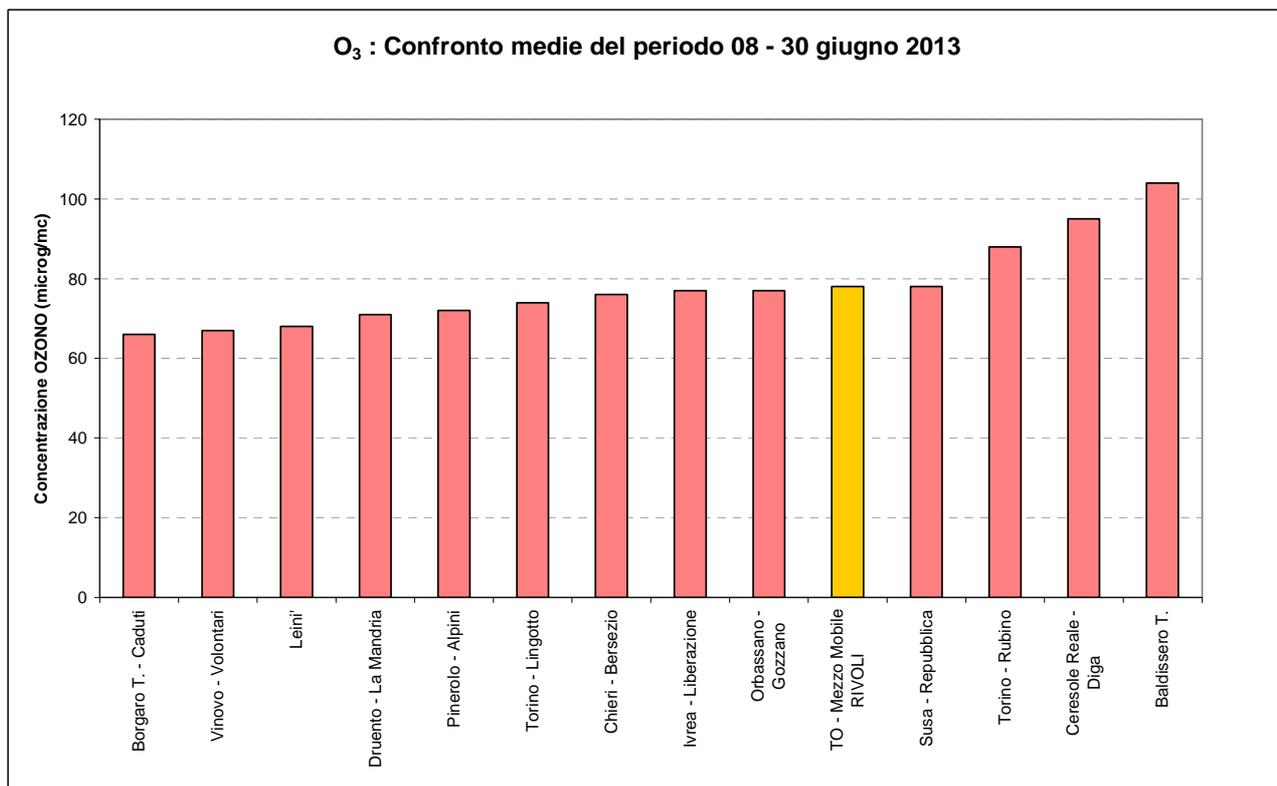
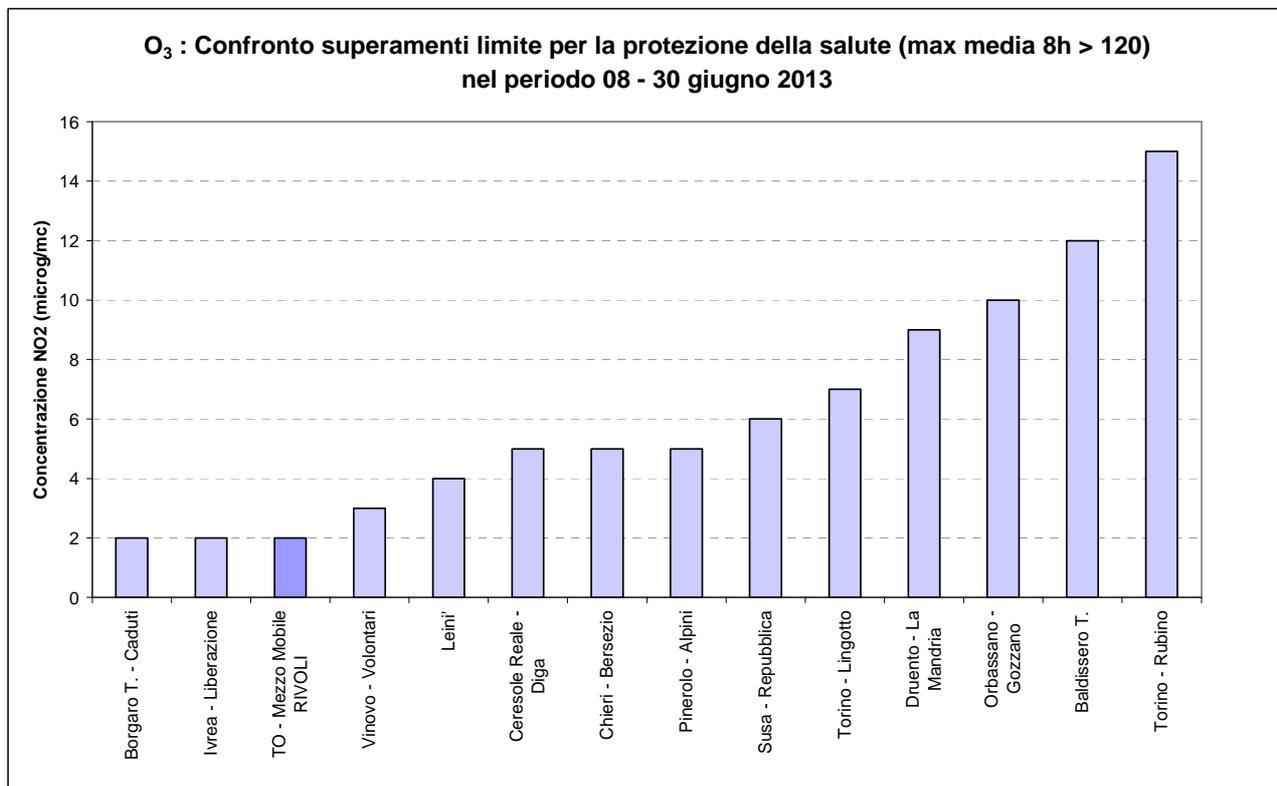


Figura 27 – O₃ confronto tra le stazioni del numero di superamenti del limite per la protezione della salute



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Rivoli a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile rispecchia quanto osservato in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono); sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio, biossido di azoto, e particolato atmosferico PM₁₀ ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione dell'ozono. Infatti per quest'ultimo sono stati registrati 2 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle otto).

Per quanto riguarda il benzene – per il quale la normativa prevede un valore limite su base annuale – si rimanda per una valutazione approfondita alla relazione finale che sarà prodotta al termine della seconda campagna. Considerazioni analoghe valgono per i valori limite annuali previsti dalla normativa per PM₁₀, PM_{2,5} e biossido di azoto.

I dati disponibili evidenziano in ogni caso che la frazione che compone il PM₁₀ è costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

Nel loro insieme i dati presentati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione con criticità relativamente ridotte, con l'eccezione dell'ozono. Tale situazione trae la sua origine dalla dinamicità atmosferica relativamente elevata registrata nel periodo di monitoraggio con presenza di vento e precipitazioni; si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

Per quanto concerne l'ozono va sottolineato che si tratta di un fenomeno di inquinamento atmosferico che nei mesi estivi interessa tutto il territorio provinciale e regionale e quindi non caratteristico del sito in esame; trattandosi di un inquinante secondario, non emesso direttamente da fonti antropiche e che può avere origine anche in zone lontane rispetto al sito di misura, la sua gestione, e la conseguente riduzione, deve essere attuata attraverso politiche ad ampia scala territoriale.

Considerazioni più approfondite sugli inquinanti che sul territorio provinciale presentano una criticità nei mesi freddi dell'anno – in particolare PM₁₀, PM_{2,5} e biossido di azoto, saranno effettuate al termine della seconda campagna.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

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

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

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

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

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

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

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

- **Monossido di carbonio** **API 300 A**

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

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

- **Particolato sospeso PM10** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

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

- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

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

- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

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

