

**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 VENARIA REALE, V. Boccaccio, c/o Scuola "G. Di Vittorio"**

**RELAZIONE 2<sup>a</sup> CAMPAGNA (30 Luglio – 30 Agosto 2010)**



<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale</b> <b>Nome: Ing. Milena Sacco</b>	<b>Data:</b>	<b>Firma:</b>
	<b>Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale</b> <b>Nome: Fabio Pittarello</b>	<b>Data:</b>	<b>Firma:</b>
<b>Verifica</b>	<b>Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione</b> <b>Nome: Dott. Francesco Lollobrigida</b>	<b>Data:</b>	<b>Firma:</b>
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione: Responsabile S.C. Produzione</b> <b>Nome: Dott. Carlo Bussi</b>	<b>Data:</b>	<b>Firma:</b>





L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro "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 Venaria Reale per la collaborazione prestata.

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>3</b>
<i>L'aria e i suoi inquinanti .....</i>	<i>4</i>
<i>Il Laboratorio Mobile .....</i>	<i>6</i>
<i>Il quadro normativo .....</i>	<i>6</i>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>11</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</i>	<i>12</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici .....</i>	<i>14</i>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</b>	<b>23</b>
Biossido di zolfo .....	24
Monossido di carbonio .....	25
Ossidi d'azoto .....	28
Benzene e toluene .....	32
Particolato sospeso (PM <sub>10</sub> ) .....	34
Ozono .....	38
<i>Influenza della direzione del vento sui livelli degli inquinanti.....</i>	<i>41</i>
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>43</b>
<b>APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	<b>45</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE.....</b>	<b>47</b>

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

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

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m<sup>3</sup>) al microgrammo per metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2009", 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 un campionatore di particolato atmosferico PM<sub>10</sub>, 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 (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM<sub>10</sub>, 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, PM<sub>10</sub>, 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.

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 2009".

**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 <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 21/05/04 n. 183)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni <sup>(2)</sup>		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> *h <sup>(2)</sup>		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 03/08/07, n. 152)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri <sup>(3)</sup>	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-	-

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

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

**Tabella 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 <sub>2</sub> )	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup>	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott - 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m <sup>3</sup>	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) e OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> )	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>x</sub> )	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 volte/anno civile	1-gen-2005
PARTICELLE (PM <sub>10</sub> )	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	---	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 <sup>(1)</sup>
Arsenico	6.0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	5.0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	20.0 ng/m <sup>3</sup>

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.



## ***LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO***

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

Le campagne di monitoraggio condotte nel Comune di Venaria Reale, finalizzate al controllo della qualità dell'aria, sono state effettuate in seguito alla richiesta del Comune pervenuta ad Arpa Piemonte (protocollo Città di Venaria Reale n° 24952 del 24/04/2008; protocollo Arpa n°52729 del 06/05/2008).

Tale richiesta nasce dall'esigenza di conoscere le ricadute sulla qualità dell'aria delle trasformazioni che interesseranno alcune zone del Comune di Venaria Reale, tra queste il quartiere Salvo D'Acquisto e la zona a ridosso della confluenza del torrente Ceronda nella Stura di Lanzo in corrispondenza di Via Perino/Piazza Costituente. In particolare è prevista una ricollocazione delle ditte di lavorazione di materiale inerte, da V.Perino alla zona industriale presso Via Cuneo; inoltre sono previste la realizzazione di una circonvallazione con conseguente variazione dei flussi viari e l'ubicazione di una centrale elettrica IRIDE in prossimità dei confini comunali.

A tale scopo è stata effettuata una prima campagna di monitoraggio nel periodo 14 Novembre – 15 Dicembre 2008, ovvero nella stagione fredda, per la quale è già stata redatta la relativa relazione tecnica inviata con protocollo Arpa n°21284 del 27/02/2009, mentre l'oggetto della presente relazione è l'analisi dei dati inerenti la seconda campagna eseguita nel periodo 30 Luglio – 30 Agosto 2010, ovvero nel periodo caldo.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della seconda campagna di monitoraggio è il medesimo rispetto all'indagine del 2008, ossia nel quartiere Salvo D'Acquisto:

*V. Boccaccio – c/o Scuola elementare “G. Di Vittorio”*

Contestualmente. Poiché l'area potrà essere potenzialmente interessata dalle ricadute della Centrale Termoelettrica Torino Nord, si è deciso di effettuare in parallelo un monitoraggio preliminare in un'altra zona confinante con il Comune di Venaria mediante l'installazione di un campionatore portatile di particolato atmosferico PM<sub>10</sub> nel seguente sito:

*Via Boves Collegno – c/o Centro Civico “Margherita Bonavero”*

In Figura 1 è riportata l'ubicazione sulla mappa dei siti in cui sono stati posizionati il Laboratorio Mobile (punto giallo) e il campionatore di PM<sub>10</sub> (punto rosa) nel corso della campagna di monitoraggio.

Il periodo di monitoraggio è stato condotto nel pieno della stagione estiva, con il posizionamento del laboratorio mobile in data 30 luglio fino al successivo 30 agosto (31 giorni), 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.

Inoltre nel corso della presente campagna di monitoraggio si sono verificati alcuni problemi legati alla alimentazione elettrica che hanno causato lo spegnimento del laboratorio in più di un'occasione (31 luglio, 11 e 20 agosto), inficiando così la continuità della misura dei parametri chimici e meteo lungo il periodo di indagine; in conseguenza di ciò la disponibilità di dati per le elaborazioni risulta limitata ad alcuni intervalli temporali, ma è comunque sufficiente da consentire per la maggior parte dei parametri lo studio e la valutazione dei risultati.

Per quanto riguarda le misure di PM<sub>10</sub> effettuate nel sito di via Boves – Collegno, parallelamente alla campagna a Venaria, vi è stata una rottura del sensore di temperatura del campionatore stesso in data 15 agosto che ha determinato l'arresto delle attività di misura fino a fine campagna. Pertanto i dati disponibili vanno dal 31/07 al 14/08.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle 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, secondo 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 di monitoraggio della qualità dell'aria posizionata in Piazza Garibaldi a Venaria è stata dismessa a fine 2008, 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 effettuate 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 Venaria (punto giallo) e del campionatore di PM10 nel Comune di Collegno (punto rosa)



## 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 <sup>2</sup>

Osservando i dati meteorologici si nota che il durante la campagna il tempo atmosferico è stato variabile, con alcuni fenomeni piovosi nei giorni centrali del mese.

La Figura 2 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della campagna di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici per il periodo estivo (considerando l'eventuale nuvolosità), con valori massimi generalmente superiori o prossimi a 800 W/m<sup>2</sup>, tranne che per alcune giornate nelle quali i valori massimi raggiunti sono stati inferiori a 700 W/m<sup>2</sup>. In particolare il minor valore di picco della radiazione si è avuto il 14 agosto in concomitanza con il giorno di maggior piovosità (<300 W/m<sup>2</sup>)

La temperatura media di tutto il periodo (Figura 3) è stata di 24°C, in linea con il valore del mese di agosto medio degli ultimi dieci anni, ma i valori minimi sono stati inferiori ai 15 °C, con una notevole escursione termica durante tutto il periodo. In particolare si nota che il 6 e 7 agosto l'escursione ha superato i 15°C, mentre tra il 28 ed il 29 agosto vi è stato un salto termico di oltre 20°C in concomitanza con la presenza di vento superiore a 3 m/s ed un abbassamento della pressione atmosferica. Nei giorni centrali del mese, durante i quali si sono manifestati eventi di carattere piovoso, la temperatura media e l'escursione termica giornaliera si sono evidentemente abbassate.

Per quanto riguarda l'umidità relativa (Figura 4), i valori massimi si sono raggiunti durante i giorni di pioggia mentre quelli minimi, corrispondenti ad un valore del 20%, sono stati registrati nelle giornate del 6 e 7 agosto, di maggiore insolazione, ed il 28 agosto nel tardo pomeriggio, dove la presenza di vento ha ridotto l'umidità a valori inferiori al 20%. In generale il valore minimo di umidità relativa è stato superiore al 40%.

Nel corso di tutta la campagna il campo pressorio si è attestato tra i 970 ed i 990 mbar (Figura 5).

Nel dettaglio (Figura 6) i dati pluviometrici della stazioni meteo di Torino posta in Via Reiss Romoli (ad una distanza di circa 4 km dal sito di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale) indicano 34 mm di precipitazioni distribuite tra il 11 e il 14 agosto (24 mm solo il 14 agosto) ed un modestissimo evento il 05 agosto (1 mm) che ha ridotto la temperatura media della giornata e limitato l'escursione termica.

In generale la campagna è stata caratterizzata da elevata dinamicità atmosferica. I dati di velocità del vento registrati indicano una bassa percentuale di calme (media oraria della V.V. inferiore a 0.5 m/s), pari a circa il 8%, equamente distribuite tra periodo diurno e periodo notturno. In particolare la V.V. è risultata frequentemente superiore a 1 m/s, con alcuni valori anche maggiori di 2 m/s. Il 28 agosto vi sono state 5 ore consecutive con velocità del vento superiori a 3 m/s (Figura 7).

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 8) indicano che buona parte degli episodi è compresa tra la direzione WNW ed il settore NE-ENE. Esaminando più nel dettaglio la situazione è possibile evidenziare una rosa dei venti significativamente diversa fra periodo diurno e notturno (Figura 9 e Figura 10); nel primo caso si ha un numero significativo di accadimenti in un settore (NE-ENE), mentre nelle ore notturne si ha una prevalenza dei venti dalle direzioni WNW (circa il 50%).

**Tabella 5** – Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)

Minima media giornaliera	48.5
Massima media giornaliera	311.8
Media delle medie giornaliere	218.1
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	212.9
Massima media oraria	883.0
Ore valide	545
Percentuale ore valide	76%

**Tabella 6** – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	18.1
Massima media giornaliera	28.6
Media delle medie giornaliere	23.9
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	23.9
Massima media oraria	34.6
Ore valide	546
Percentuale ore valide	76%

**Tabella 7** – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	49.5
Massima media giornaliera	93.3
Media delle medie giornaliere	66.6
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	67.8
Massima media oraria	99.0
Ore valide	545
Percentuale ore valide	76%

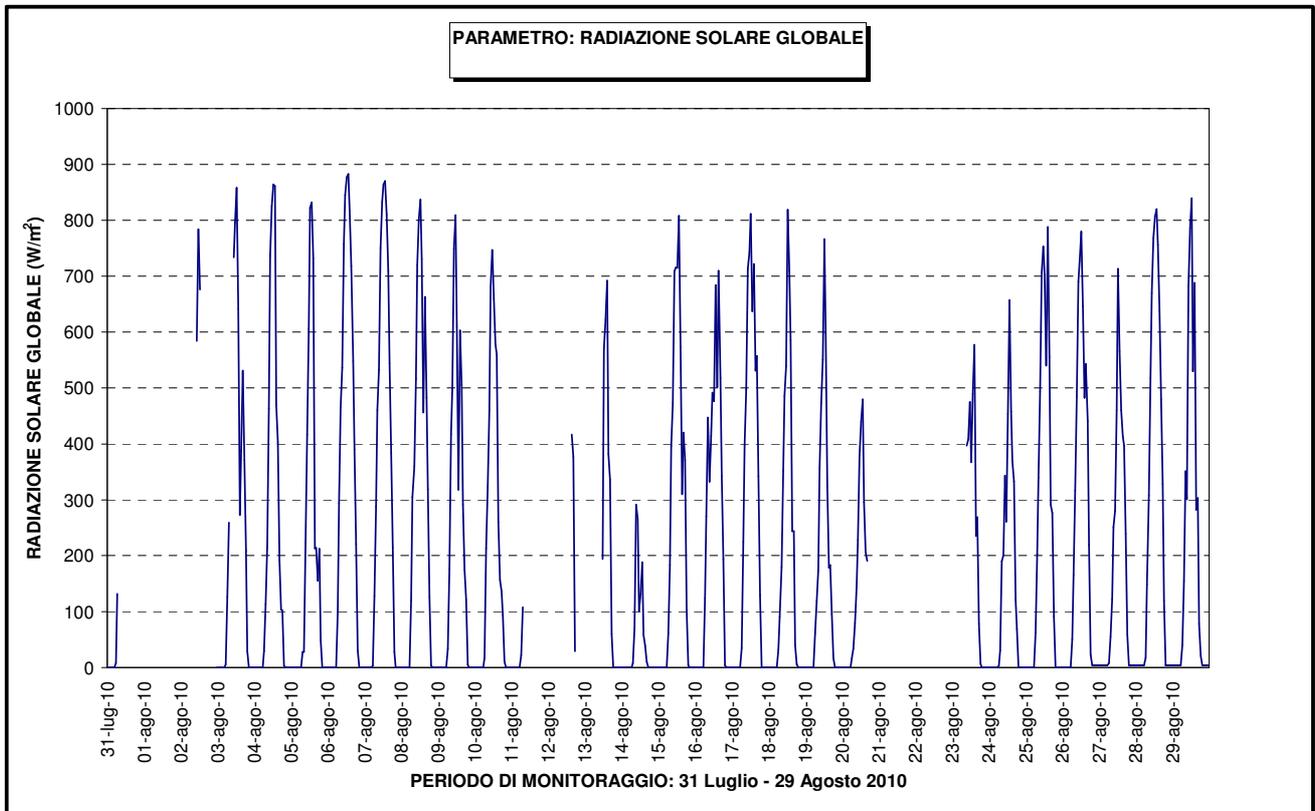
**Tabella 8** – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	976
Massima media giornaliera	986
Media delle medie giornaliere	982
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	983
Massima media oraria	992
Ore valide	546
Percentuale ore valide	76%

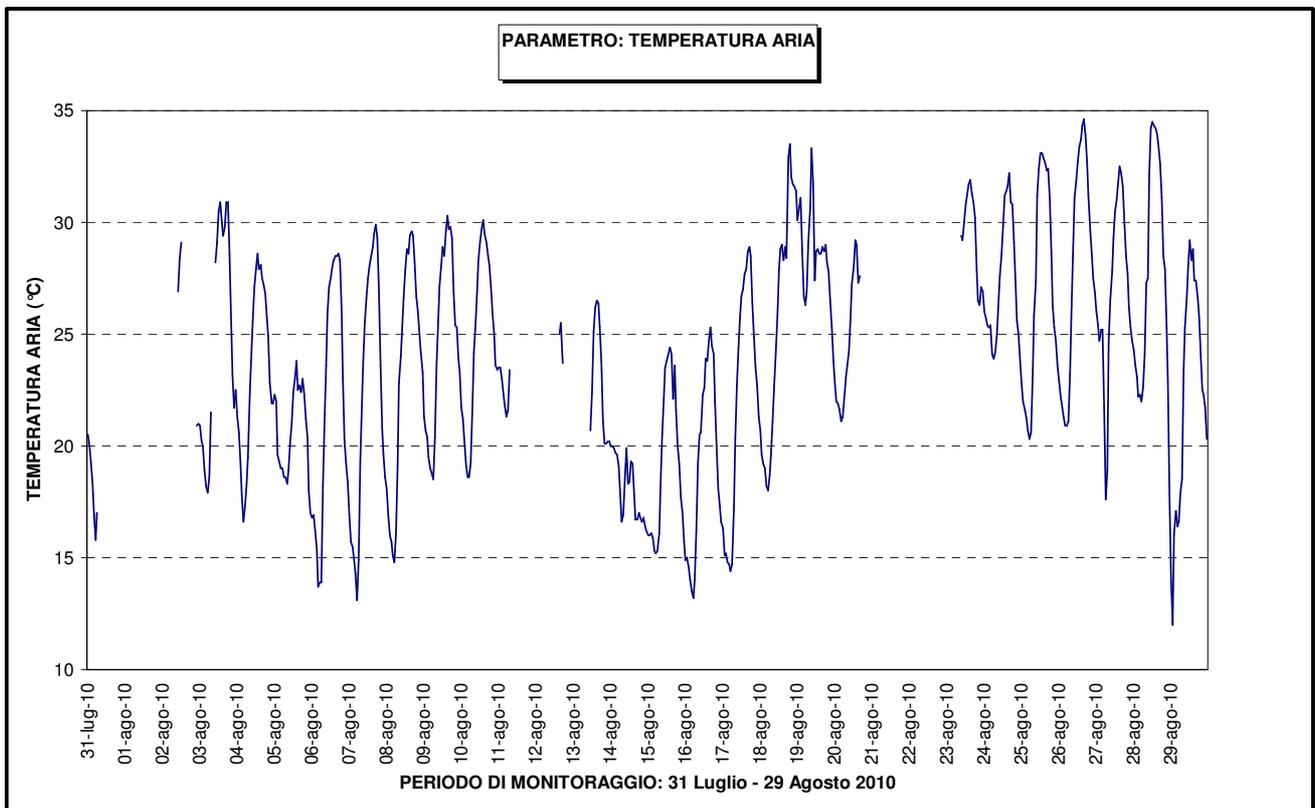
**Tabella 9** – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.69
Massima media giornaliera	1.59
Media delle medie giornaliere	1.13
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	1.13
Massima media oraria	3.90
Ore valide	541
Percentuale ore valide	75%

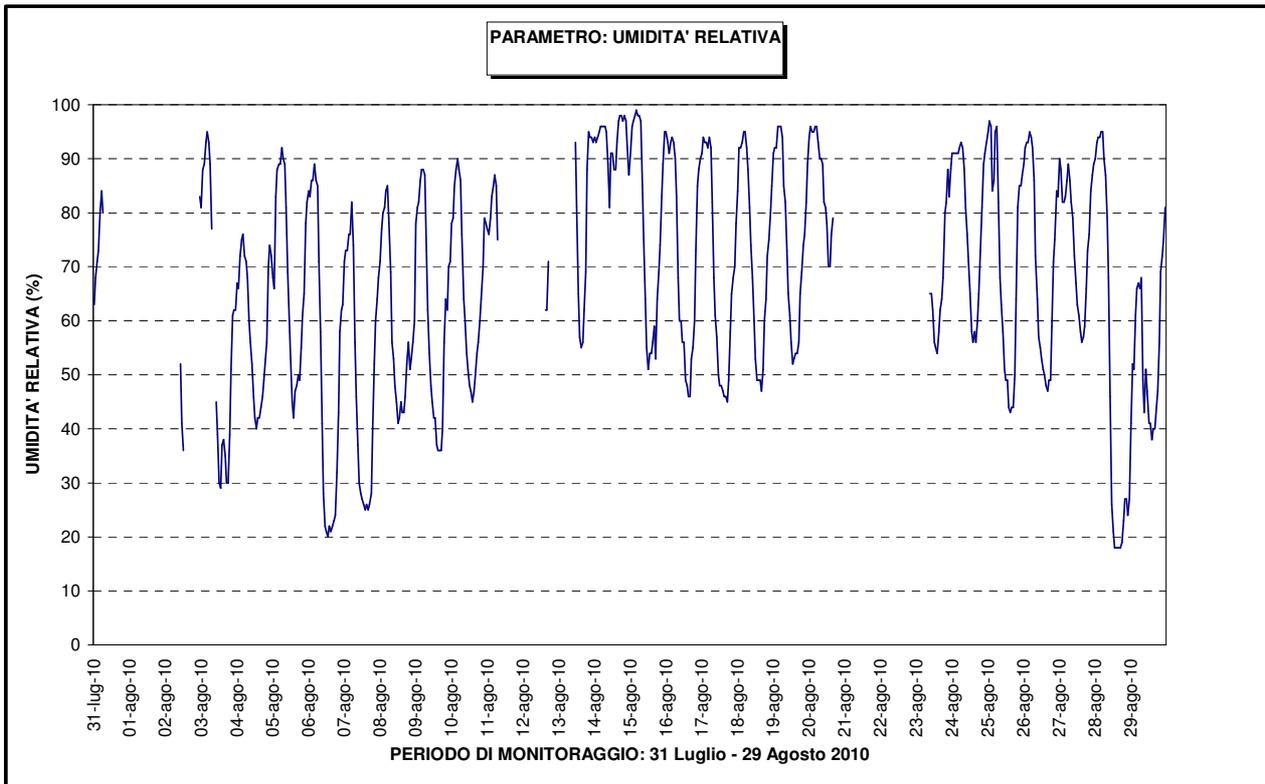
**Figura 2** – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio



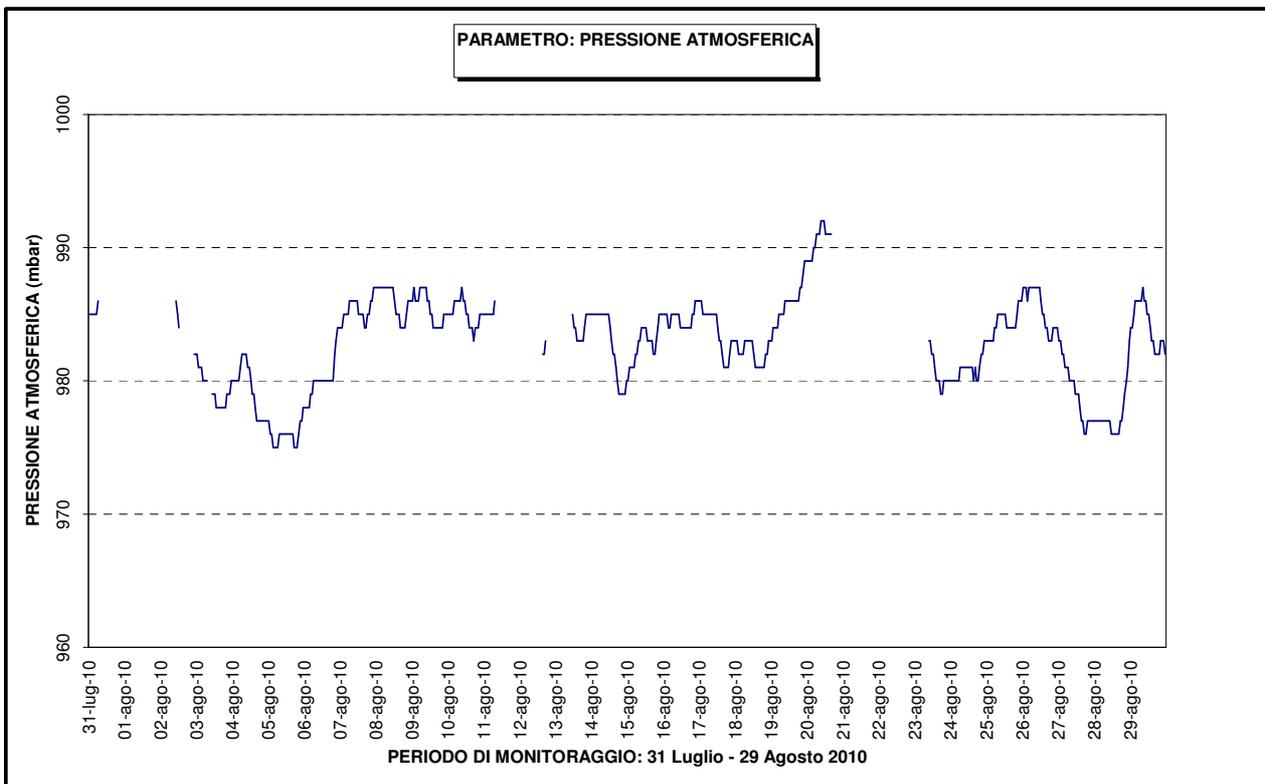
**Figura 3** – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio



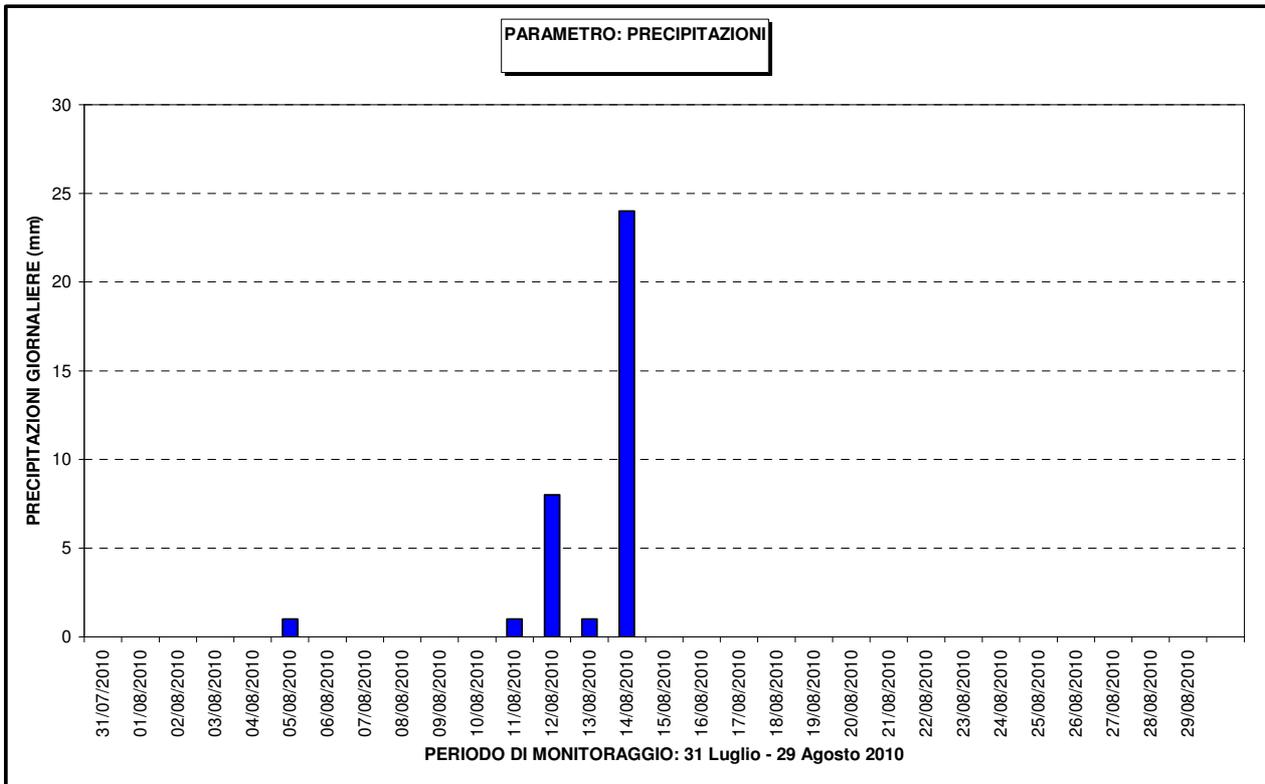
**Figura 4** – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



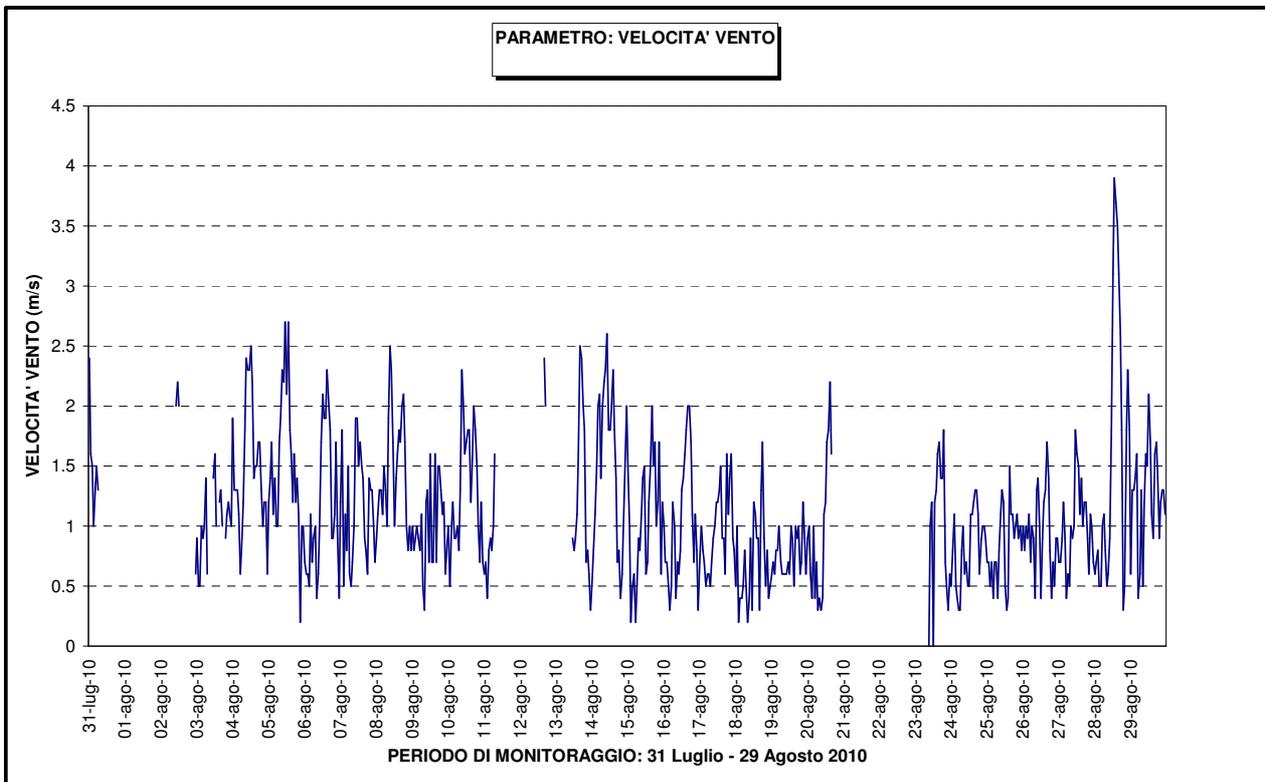
**Figura 5** – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



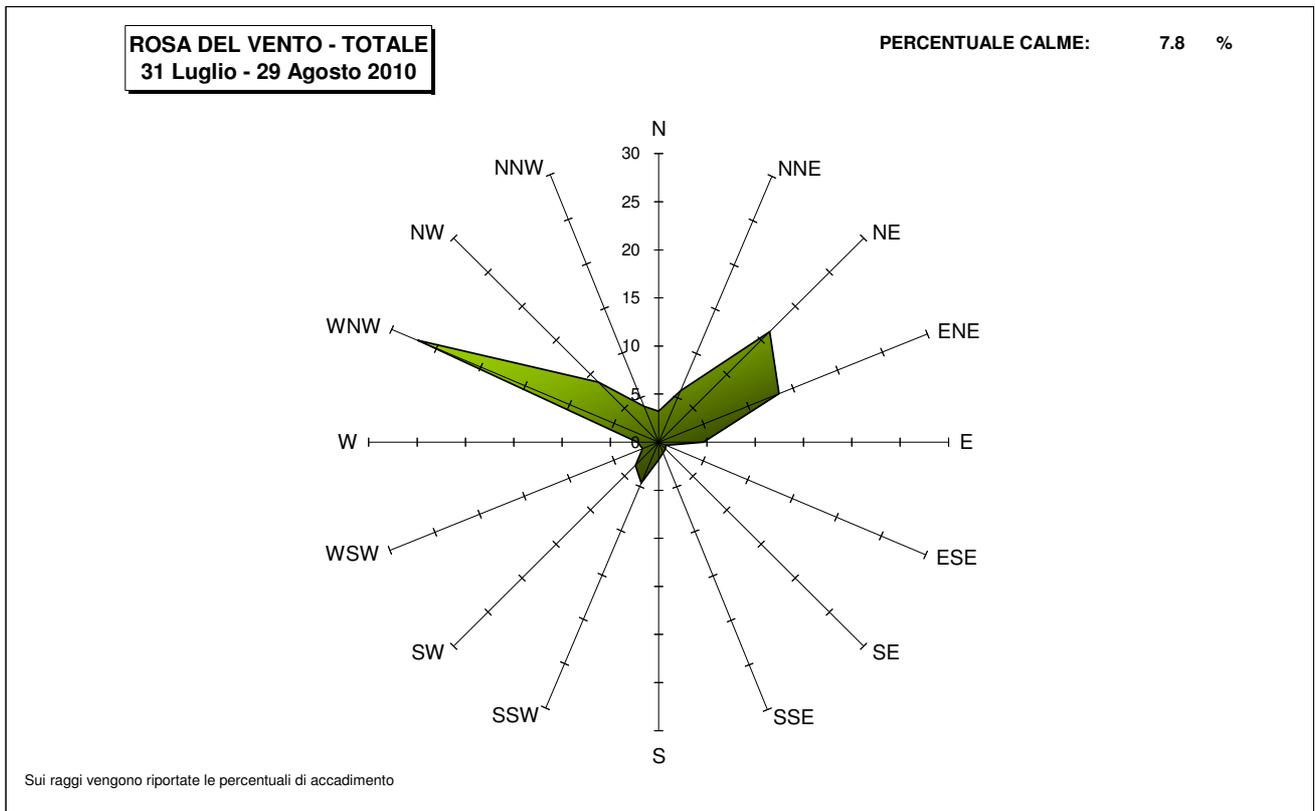
**Figura 6** – Precipitazioni accumulate presso la stazione meteorologica di Torino – V. Reiss Romoli



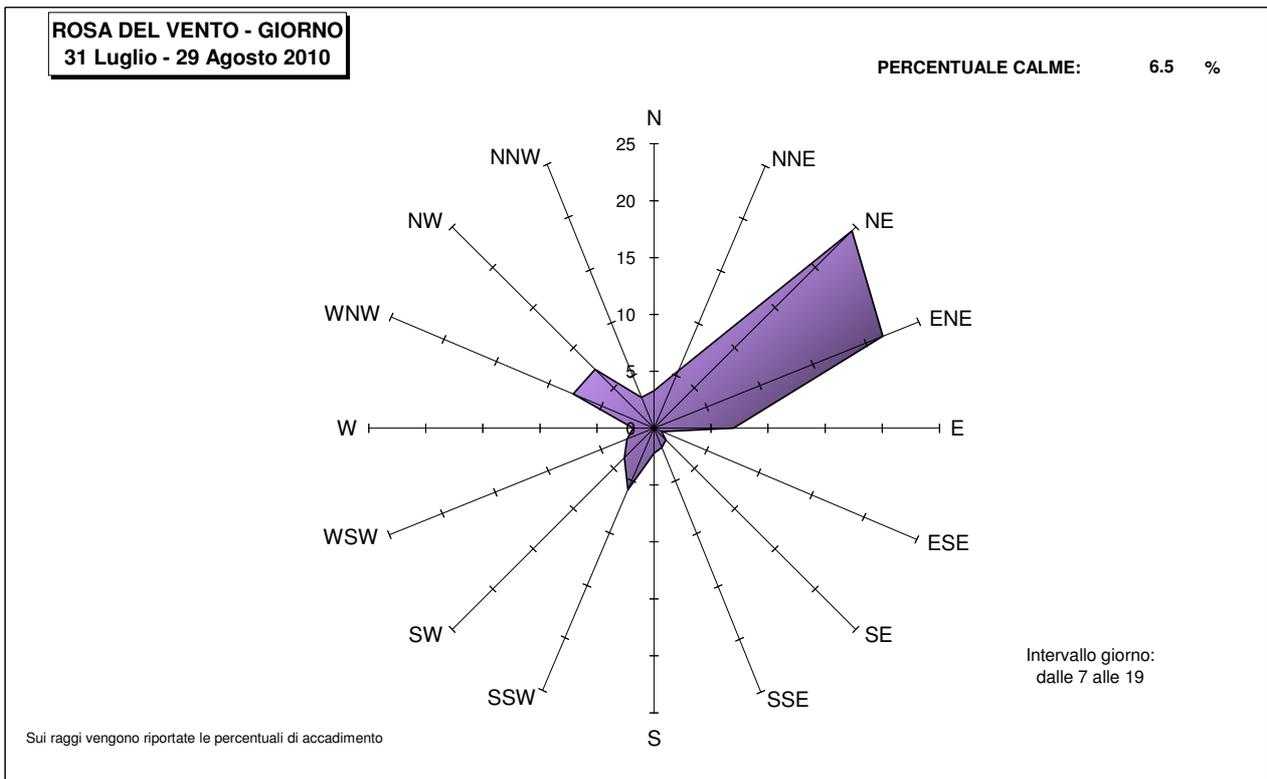
**Figura 7** – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio



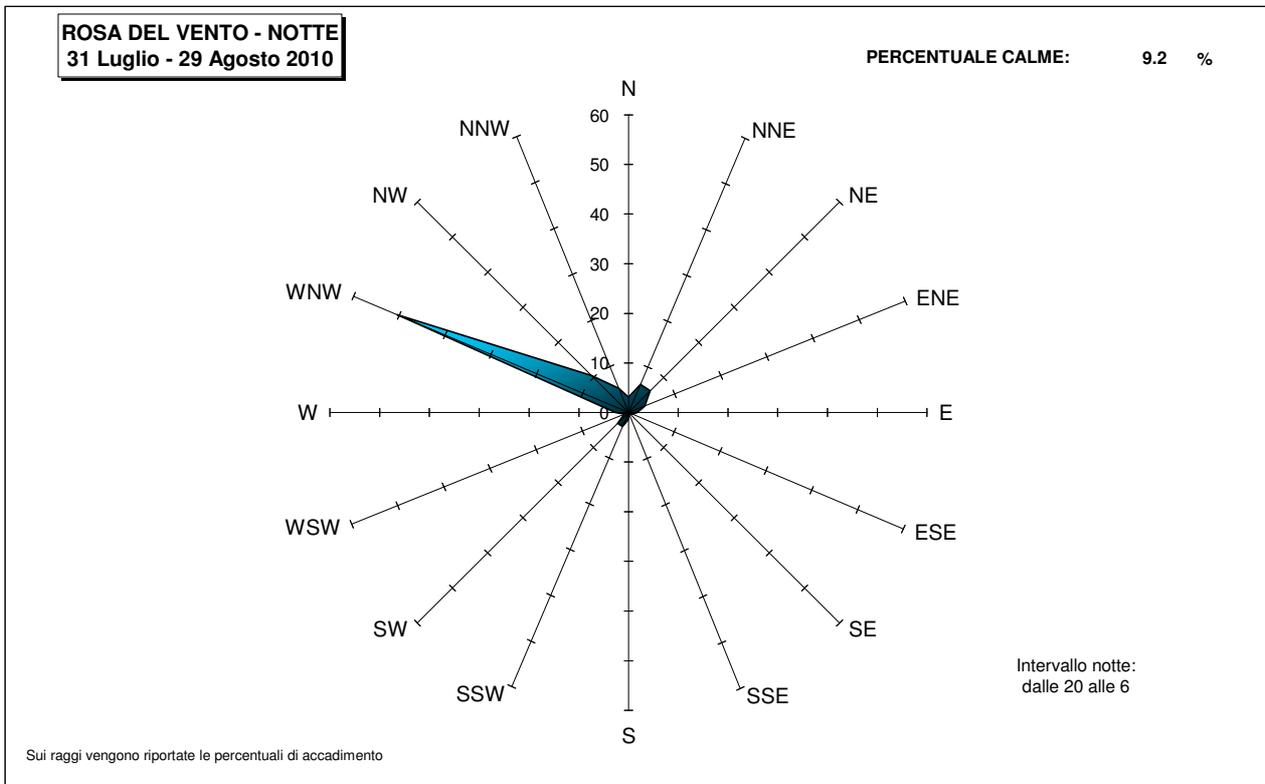
**Figura 8** – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 9** – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 10** – 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:

$C_6H_6$	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 $PM_{10}$
$C_6H_5CH_3$	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 all'indirizzo: <http://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/aria/servizi/ariaweb.htm>, 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 SO<sub>2</sub> 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.

Durante la campagna vi sono stati diversi problemi legati alla misura della SO<sub>2</sub> che hanno ridotto notevolmente la quantità di dati disponibili. La percentuale di dati acquisiti e validati è pari solamente al 29%, pertanto non è stato possibile effettuare elaborazioni che rappresentino la situazione ambientale del sito.

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 SO<sub>2</sub> sono sempre ampiamente al di sotto dei limiti.

**Tabella 10** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	2.9
Massima media giornaliera	6.1
Media delle medie giornaliere	4.3
Giorni validi	6
Percentuale giorni validi	20%
Media dei valori orari	4.4
Massima media oraria	12.5
Ore valide	207
Percentuale ore valide	29%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>

## Monossido di Carbonio

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

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

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

I dati misurati durante la campagna nel Comune di Venaria Reale ( Tabella 11) 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  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a  $1.2 \text{ mg}/\text{m}^3$  (Figura 11), e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a  $1.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

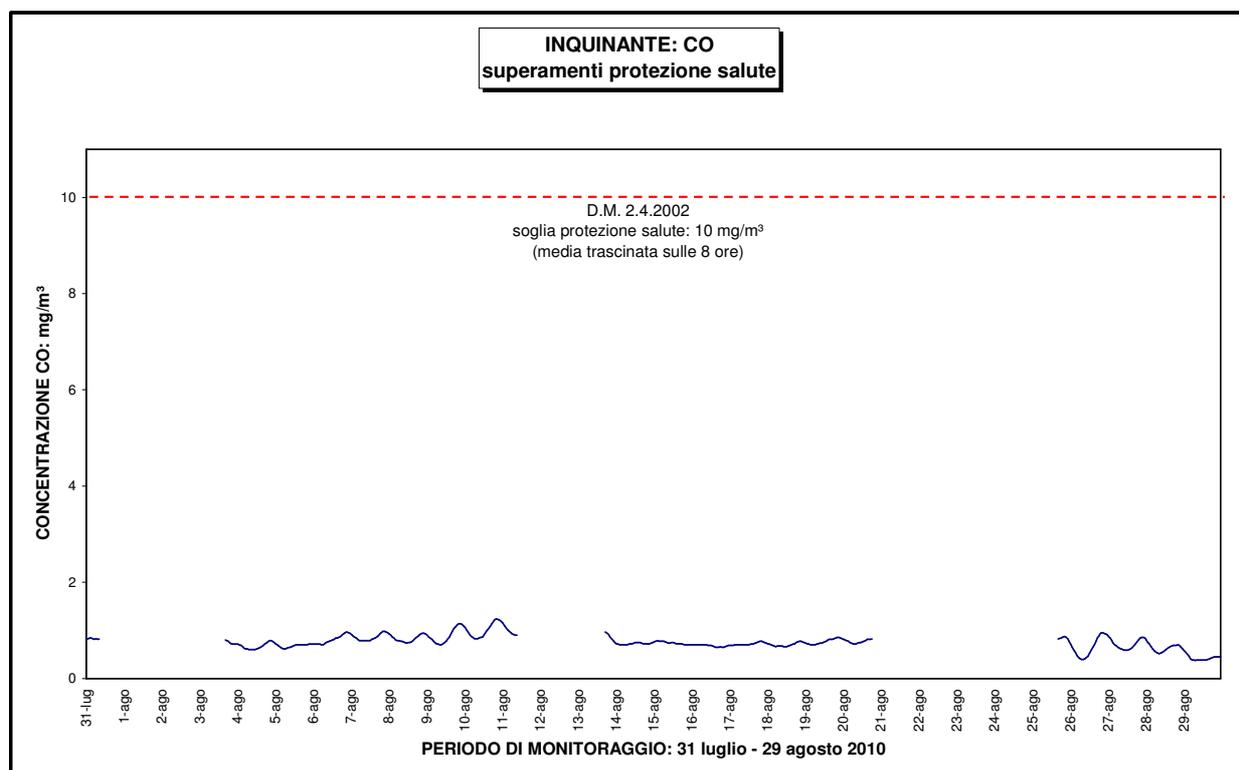
Nel grafico viene riportato il confronto con le stazioni fisse urbane di Torino-Rubino e Torino-Rebaudengo, rispettivamente di fondo e di traffico (Figura 12).

In generale è opportuno osservare che nel periodo considerato il monossido di carbonio non presenta quasi mai situazioni problematiche. Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi necessario esaminare il monitoraggio effettuato nel 2008 durante la stagione fredda .

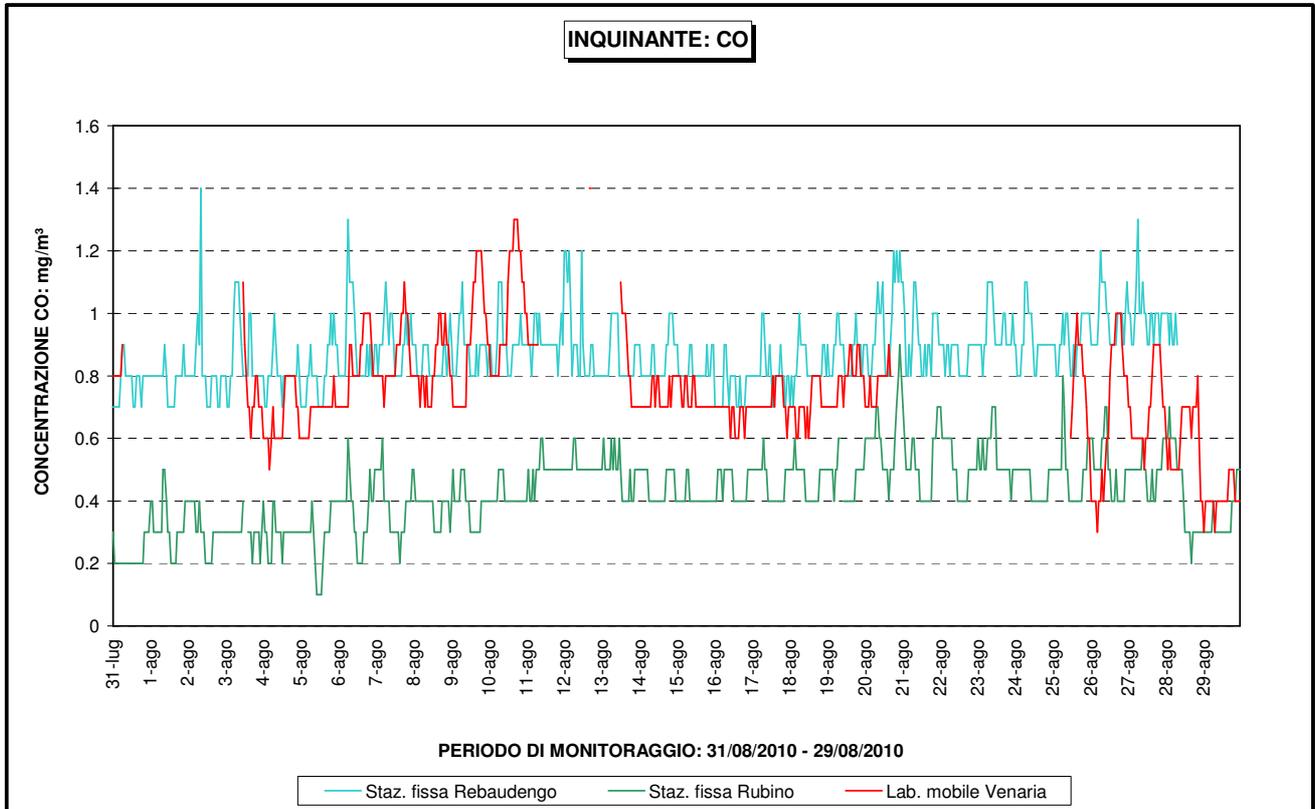
**Tabella 11** – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.0
Media delle medie giornaliere	0.7
Giorni validi	17
Percentuale giorni validi	57%
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	1.4
Ore valide	480
Percentuale ore valide	67%
Minimo medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	0.7
Massimo medie 8 ore	1.2
Percentuale medie 8 ore valide	65%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>

**Figura 11** – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)



**Figura 12** – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Torino-Rubino e Torino-Rebaudengo



## 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; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria.

Il monossido di azoto, proprio per i meccanismi che portano alla sua formazione, è un inquinante primario che è strettamente legato alla realtà fisica nella quale viene misurato; nella campagna oggetto della presente relazione, il laboratorio mobile è stato posizionato in una area definibile come urbana di fondo, pertanto i valori misurati sono influenzati non solo dal periodo di osservazione (agosto) ma anche dall'assenza di elevati livelli di traffico urbano nelle immediate vicinanze.

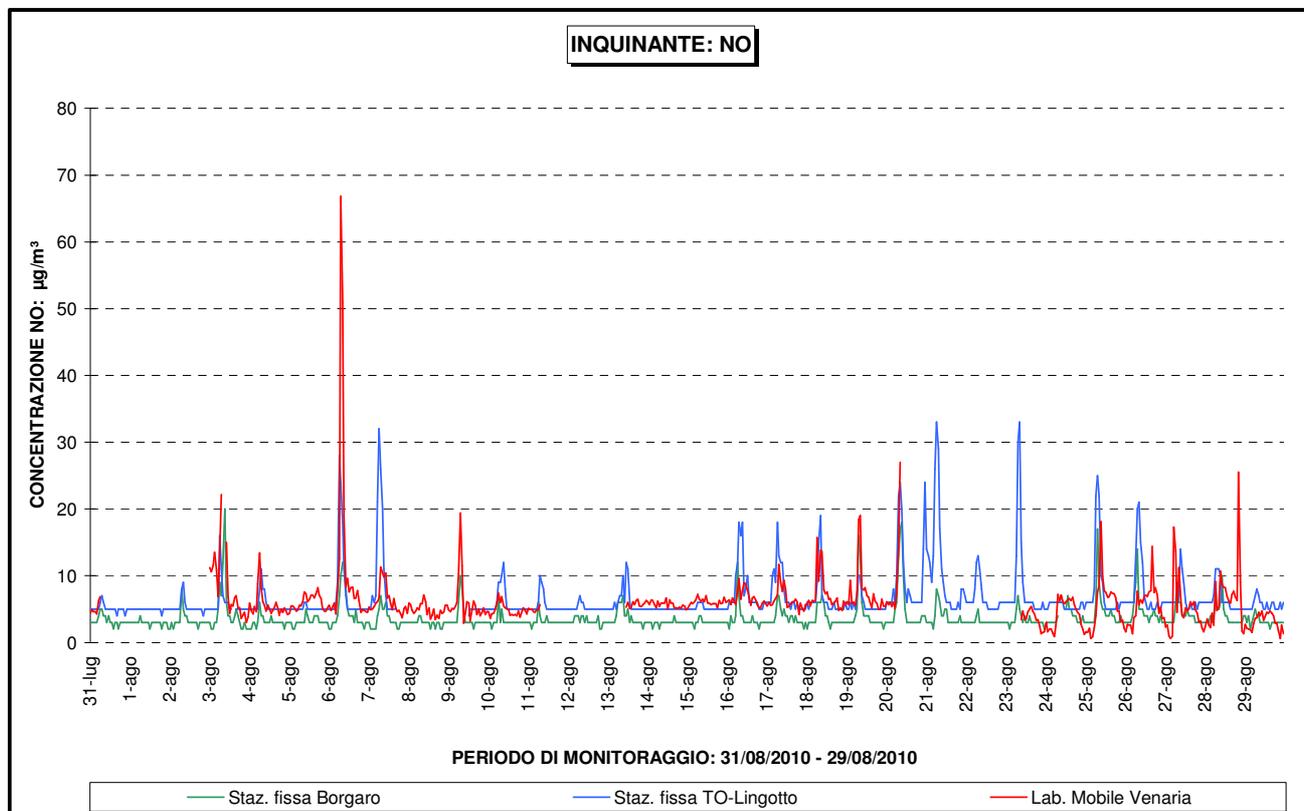
I livelli di NO, misurati nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale (Figura 13) sono risultati generalmente inferiori ai 10 µg/m<sup>3</sup>, con valori massimi quasi sempre inferiori a 30 µg/m<sup>3</sup>, tranne il 6 agosto quando è stato misurato un picco di 67 µg/m<sup>3</sup> alle ore 8:00. Il valore medio, pari a 6.1 µg/m<sup>3</sup>, e l'andamento dell'inquinante su base oraria riportato in Figura 13, evidenziano come sia l'andamento, sia i livelli di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Venaria Reale siano, nel periodo estivo, confrontabili con quelli della stazione fissa di TO-Lingotto (fondo urbano), ad esclusione di alcuni massimi.

In generale è opportuno osservare che nel periodo considerato il monossido di azoto non presenta quasi mai situazioni problematiche. Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi necessario esaminare il monitoraggio effettuato nel 2008 durante la stagione fredda .

**Tabella 12** – Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	3.1
Massima media giornaliera	11.5
Media delle medie giornaliere	6.2
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	6.1
Massima media oraria	66.8
Ore valide	530
Percentuale ore valide	74%

**Figura 13** – 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 NO<sub>2</sub> è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall’ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all’interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche

Nel corso della campagna estiva nel Comune di Venaria Reale la concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> si è sempre attestata ben al di sotto dei 40 µg/m<sup>3</sup> (Figura 14), ad esclusione dei valori massimi di alcune giornate nelle quali i valori di biossido di azoto sono compresi tra 40 e 60 µg/m<sup>3</sup>; l’unico evento interessante si è manifestato il 28 agosto dove il valore massimo orario ha raggiunto i 99 µg/m<sup>3</sup>. Durante la campagna non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> (che la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno), e questo grazie all’elevata dinamicità atmosferica che ha riguardato il periodo oggetto di monitoraggio e che ha determinato condizioni favorevoli alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti, nonché al periodo stesso (agosto) nel quale traffico, riscaldamento, e industria sono ridotti al minimo.

Il livello medio di NO<sub>2</sub> misurato a Venaria nel periodo indagato è compreso tra i livelli misurati nelle stazioni di Borgaro e Torino-Lingotto.

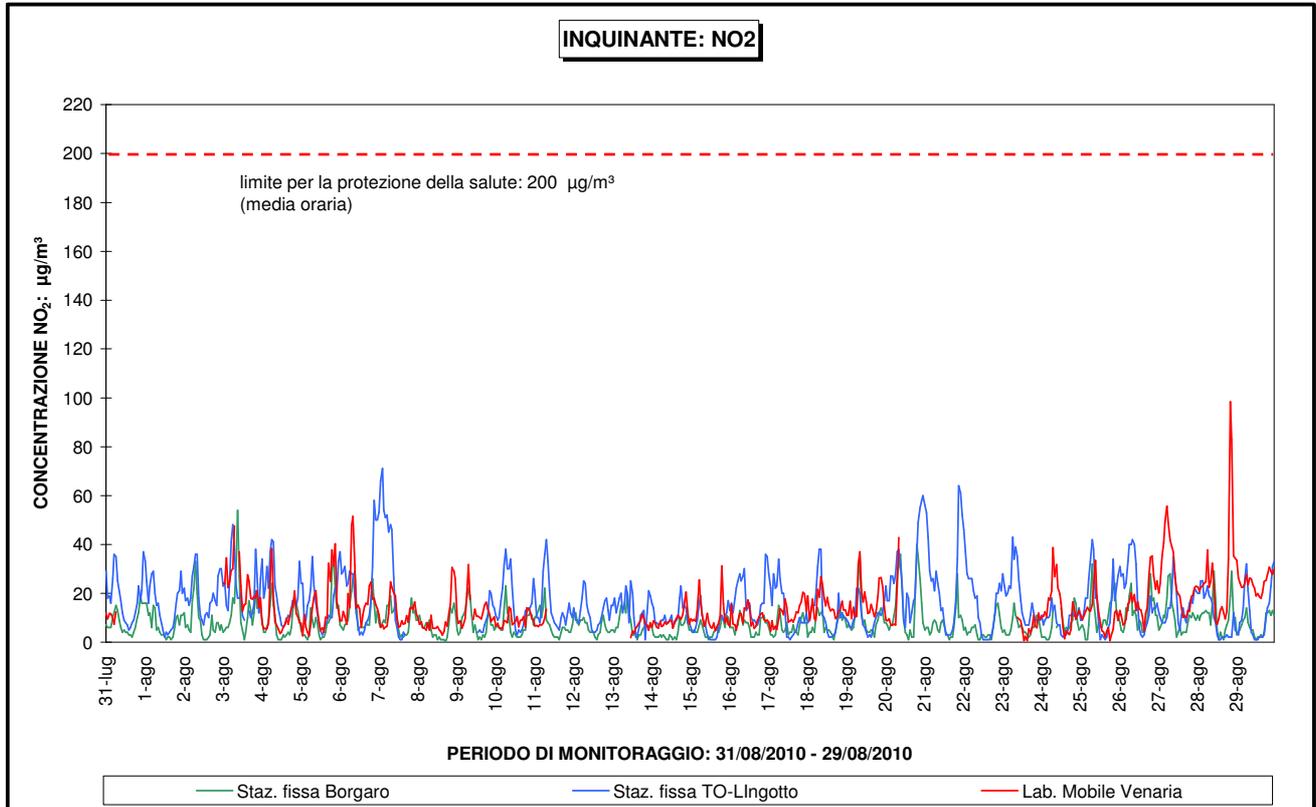
In generale è opportuno osservare che nel periodo considerato il biossido di azoto non presenta quasi mai situazioni problematiche. Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi necessario esaminare il monitoraggio effettuato nel 2008 durante la stagione fredda .

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.

**Tabella 13** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	9.1
Massima media giornaliera	27.1
Media delle medie giornaliere	15.1
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	14.5
Massima media oraria	98.5
Ore valide	529
Percentuale ore valide	73%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>

**Figura 14** – NO<sub>2</sub>: confronto con i limiti di legge e 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 Venaria Reale è stata determinata una concentrazione media pari a  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 14) ed in generale i valori sono ricompresi tra  $0.5$  e  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In generale è opportuno osservare che nel periodo considerato il benzene non presenta quasi mai situazioni problematiche (Figura 15). Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi necessario esaminare il monitoraggio effettuato nel 2008 durante la stagione fredda .

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  $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la massima media oraria di  $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( Tabella 15), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

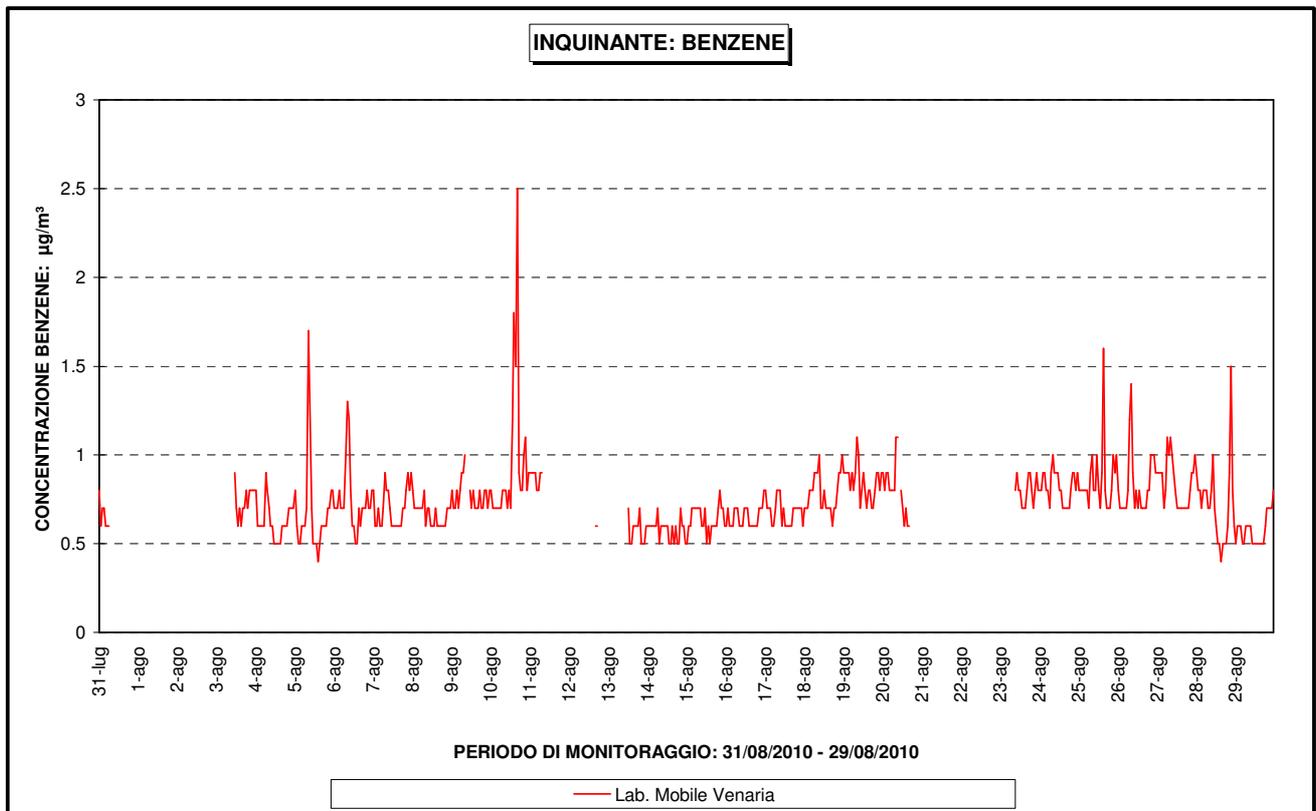
**Tabella 14** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	0.6
Massima media giornaliera	1.0
Media delle medie giornaliere	0.7
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	63%
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	2.5
Ore valide	527
Percentuale ore valide	73%

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

Minima media giornaliera	0.7
Massima media giornaliera	2.7
Media delle medie giornaliere	1.5
Giorni validi	18
Percentuale giorni validi	60%
Media dei valori orari	1.5
Massima media oraria	9.8
Ore valide	503
Percentuale ore valide	70%

**Figura 15** – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale



## 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 DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM<sub>10</sub>, 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 DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM<sub>2.5</sub> (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna sono state eseguite misure di particolato fine PM<sub>10</sub> con il laboratorio mobile posizionato in via Boccaccio a Venaria, e contemporaneamente sono stati effettuati rilievi di particolato, utilizzando un campionatore trasportabile, anche in via Boves – Savonera (Collegno). I due siti distano tra loro circa 1 km (Figura 1).

Dal monitoraggio risulta che non ci sono stati superamenti del valore limite giornaliero, pari 50 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 35 volte per anno civile), in entrambi i siti monitorati, anche se per il sito di Collegno i giorni validi risultano solo il 50% a causa della rottura del sensore di temperatura del campionatore stesso in data 15 agosto, che ha determinato l'arresto delle attività di misura fino a fine campagna.

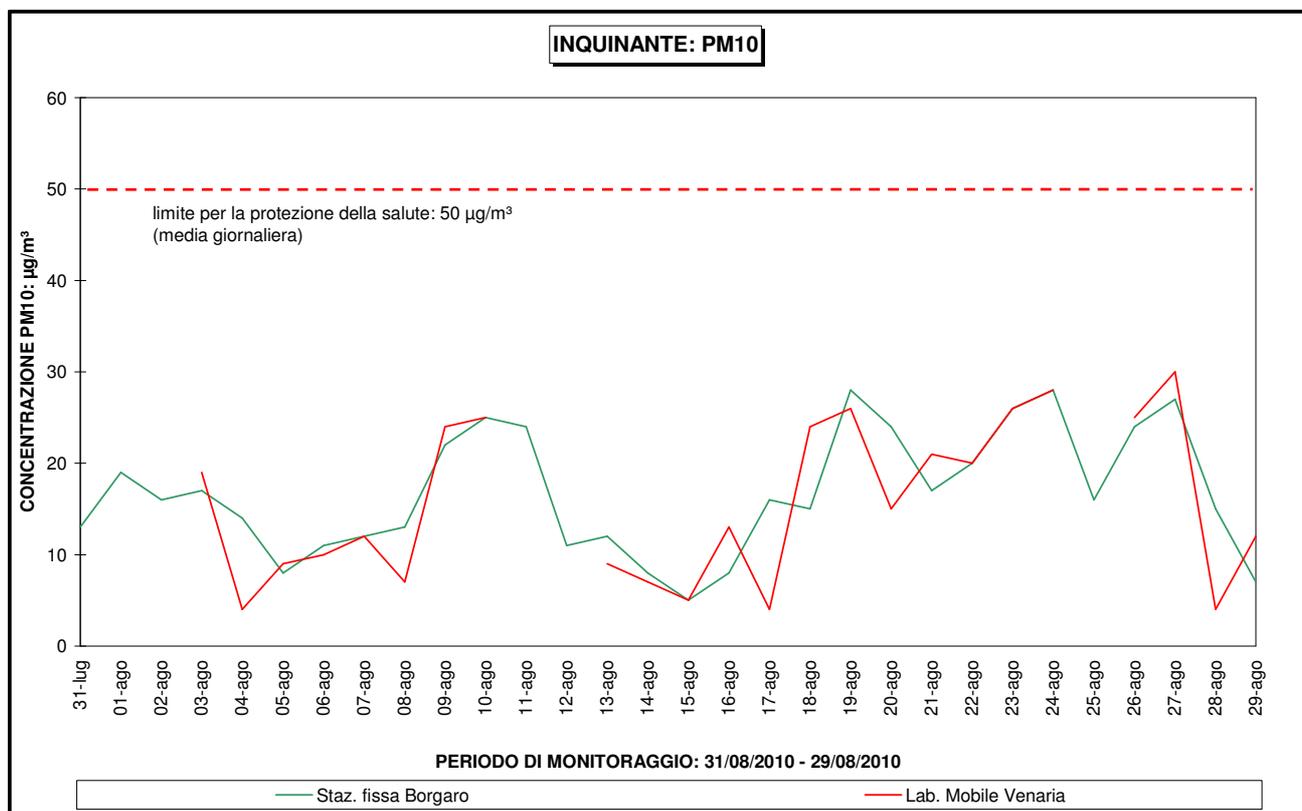
Bisogna tuttavia considerare che, in generale, il particolato fine non rappresenta una criticità ambientale rilevante durante il periodo estivo: basti considerare che nel medesimo periodo di monitoraggio il valore più alto registrato presso la stazione fissa di Torino-Grassi (classificata come traffico - urbana) è stato pari a 37 µg/m<sup>3</sup>. Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi necessario esaminare il monitoraggio effettuato nel 2008 durante la stagione fredda .

La Figura 16 mostra come l'andamento e i livelli di PM<sub>10</sub> determinati per il sito di Venaria Reale siano confrontabili con quelli di stazioni di monitoraggio della cintura torinese poste in contesti di tipo residenziale e quindi classificate come suburbane di fondo. Si osserva inoltre che l'abbassamento dei valori medi di particolato si ha in corrispondenza dei giorni nei quali ha piovuto o era presente vento con velocità sostenute (cfr. con Figura 6 Figura 7).

**Tabella 16** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	30
Media delle medie giornaliere	16
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	80%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>0</b>

**Figura 16** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con altre stazioni di monitoraggio



In Tabella 17 e Figura 17 vengono riportate le concentrazioni di PM<sub>10</sub> registrate nei due siti di misura (Venaria - V. Boccaccio e Collegno – via Boves).

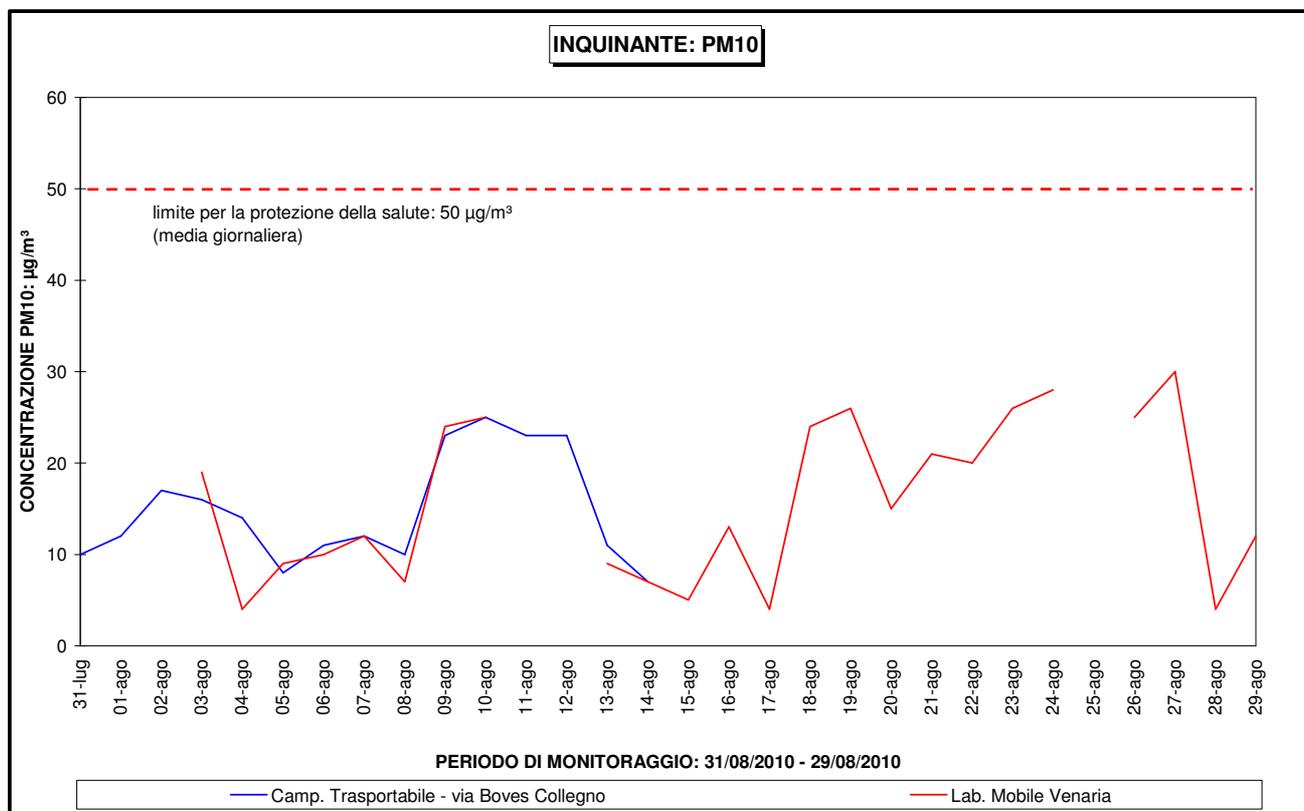
Le coppie di valori che si possono utilizzare per il confronto sono soltanto dieci, a causa dei problemi al campionatore posizionato a Collegno sopra evidenziati, pertanto non è possibile effettuare una valutazione statistica rigorosa che metta in relazione le misure. Con i dati disponibili è comunque possibile osservare che i due siti hanno caratteristiche analoghe e non sono influenzati da sorgenti di emissioni rilevanti; l'andamento tra i due siti e le medie delle concentrazioni misurate (riferite ai soli dati di confronto) sono sovrapponibili (Tabella 18).

Questo risultato è coerente con quanto conosciuto a proposito della frazione di particolato PM<sub>10</sub>: essa ha una capacità di diffusione assimilabile a quella di un gas, tale quindi da avvenire anche in zone lontane rispetto alle fonti; una significativa porzione ha origine secondaria .

**Tabella 17** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nei due siti

DATA	Venaria Reale Via Boccaccio	Collegno Via Boves
31/07/10	-	10
01/08/10	-	12
02/08/10	-	17
03/08/10	19	16
04/08/10	4	14
05/08/10	9	8
06/08/10	10	11
07/08/10	12	12
08/08/10	7	10
09/08/10	24	23
10/08/10	25	25
11/08/10	-	23
12/08/10	-	23
13/08/10	9	11
14/08/10	7	7
15/08/10	5	-
16/08/10	13	-
17/08/10	4	-
18/08/10	24	-
19/08/10	26	-
20/08/10	15	-
21/08/10	21	-
22/08/10	20	-
23/08/10	26	-
24/08/10	28	-
25/08/10	-	-
26/08/10	25	-
27/08/10	30	-
28/08/10	4	-
29/08/10	12	-
<b>media</b>	<b>16</b>	<b>15</b>
massimo	30	25
minimo	4	7
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50 µg/m <sup>3</sup> )	0	0

**Figura 17** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con i dati del campionatore posizionato a Collegno in via Boves



**Tabella 18** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) – coppie di confronto tra i due siti

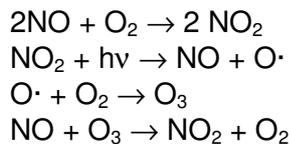
DATA	Venaria Reale Via Boccaccio	Collegno Via Boves
03/08/10	19	16
04/08/10	4	14
05/08/10	9	8
06/08/10	10	11
07/08/10	12	12
08/08/10	7	10
09/08/10	24	23
10/08/10	25	25
13/08/10	9	11
14/08/10	7	7
<b>media</b>	<b>12,6</b>	<b>13,7</b>
massimo	25	25
minimo	4	7

## 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<sub>x</sub>) 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).

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale i livelli di ozono sono risultati compresi tra 20 e 160 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 19 e Figura 18), con andamento tipico per tale inquinante (minimi nelle ore notturne e massimi in quelle diurne). Si sono registrati 7 giorni di superamento del livello di protezione della salute (120 µg/m<sup>3</sup> calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore) in sette giornate (Figura 19). Non vi sono stati né superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m<sup>3</sup> come media oraria), né del livello di allarme (pari a 240 µg/m<sup>3</sup> per almeno tre ore consecutive).

I livelli più elevati si osservano nelle giornate del 3,7,8,26 agosto con valori compresi tra 140 e 160 µg/m<sup>3</sup>, mentre una riduzione della concentrazione media di ozono nell'aria si è avuta nelle giornate in cui si sono verificate precipitazioni, ovvero il 5 agosto e nel periodo 11-14 agosto (per il quale i dati di O<sub>3</sub> non sono interamente disponibili). Nei giorni 7 e 8 agosto il livello di protezione della salute è stato superato per 7 ore consecutive in entrambi i giorni.

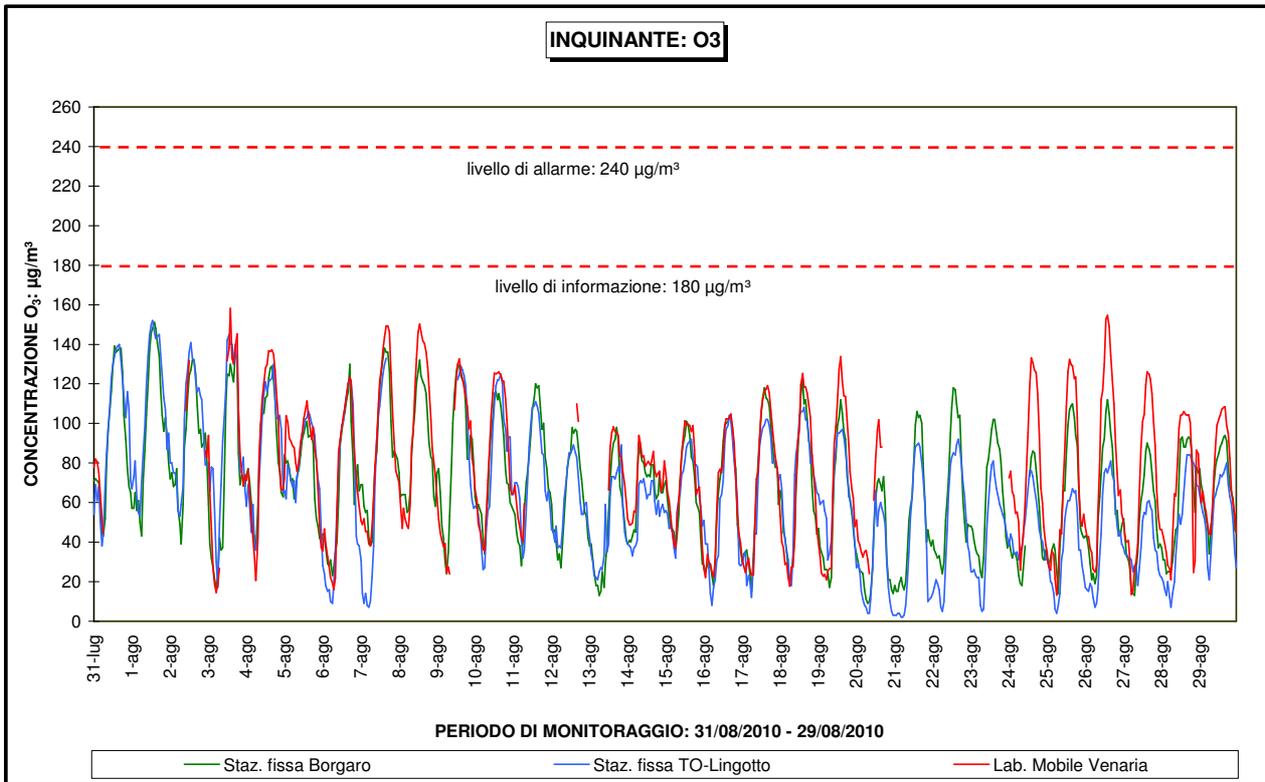
Il valore più alto di concentrazione oraria, pari a 158 µg/m<sup>3</sup> si è osservato il 26 agosto, giorno nel quale si è raggiunta anche la massima temperatura del periodo (oltre 34 gradi), ed un elevato irraggiamento solare; in tale giorno vi è stato il superamento del livello di protezione della salute per cinque ore. Il giorno 28 agosto invece, nonostante le condizioni di radiazione e temperatura confrontabili con quelle del 26, il valore di ozono massimo raggiunto è stato di poco superiore a 100, quindi senza superamenti; nella giornata in esame c'è stato vento con velocità di quasi 4 m/s (valore più alto registrato durante la campagna) e questo potrebbe aver favorito la dispersione degli inquinanti, fra cui anche l'ozono, e contestualmente ridotto la sua formazione. Ancora una volta emerge come la dinamicità atmosferica ricopra un ruolo fondamentale nella formazione, diffusione e dispersione degli inquinanti.

In Figura 18 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono, confrontata con le stazioni fisse di Borgaro e Torino-Lingotto, dal quale risulta che i tre siti sono comparabili per quanto concerne l'andamento, con una buona sovrapposizione dei livelli minimi giornalieri, mentre per i valori massimi si osserva che a Venaria in alcune giornate (soprattutto verso il termine della campagna) i valori sono superiori alle altre due stazioni di confronto, soprattutto rispetto a TO-Lingotto; in questo caso oltre alla meteorologia può aver giocato un ruolo importante la presenza o meno di ossidi di azoto localmente, che, come riportato sopra, entrano in gioco sia nella formazione che nella distruzione dell'ozono.

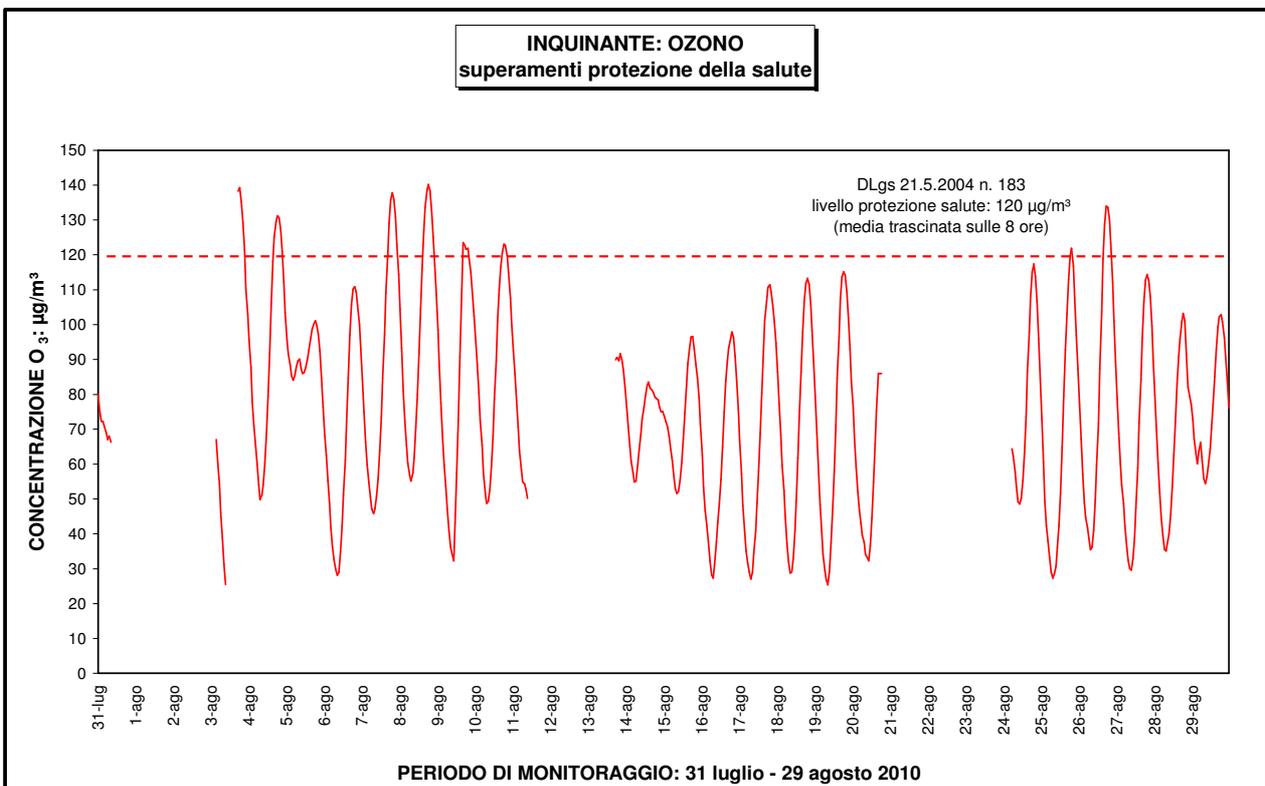
**Tabella 19** – Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	62.3
Massima media giornaliera	96.9
Media delle medie giornaliere	77.0
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	67%
Media dei valori orari	76.4
Massima media oraria	158.1
Ore valide	523
Percentuale ore valide	73%
Minimo medie 8 ore	25.4
Media delle medie 8 ore	76.0
Massimo medie 8 ore	140.2
Percentuale medie 8 ore valide	71%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>38</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>7</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>

**Figura 18** – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge



**Figura 19** – O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)



## **INFLUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO SUI LIVELLI DEGLI INQUINANTI**

In prossimità del sito di monitoraggio di V. Boccaccio è posto un asse viario ad elevato traffico veicolare rappresentato dalla Tangenziale di Torino, il punto di minima distanza è posto a circa 400 m in direzione sud-est (figura1).

Allo scopo di determinarne l'influenza sulla qualità dell'aria del sito in esame, i dati di concentrazione sono stati elaborati in modo da ottenere i livelli medi degli inquinanti in funzione della direzione di provenienza del vento; generalmente gli inquinanti che vengono utilizzati per tale elaborazione sono il monossido di azoto e biossido di zolfo, due inquinanti primari, per i quali è con buona approssimazione ipotizzabile l'assenza di trasformazioni significative nell'intervallo temporale tra il momento dell'emissione e quello in cui vengono misurati in aria ambiente.

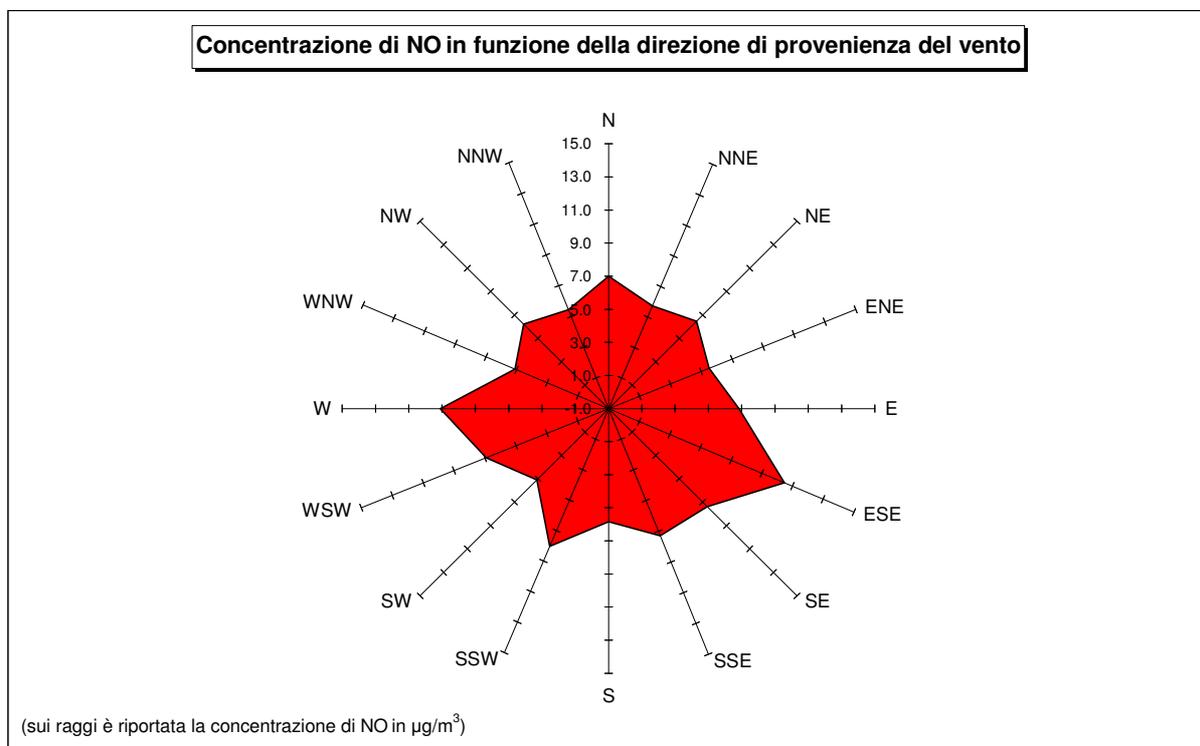
Purtroppo i valori disponibili per il biossido di zolfo sono inferiori al 29% (Tabella 10) pertanto l'elaborazione dei dati è stata fatta esclusivamente per il monossido di azoto.

Osservando la Figura 20 si nota che non vi è una direzione preferenziale lungo la quale vi è un maggior contributo alla concentrazione di NO misurata dal Laboratorio Mobile. I valori medi più elevati si riscontrano lungo le direzioni ESE e W, ma tenendo conto dei livelli di concentrazione media misurata, gli scostamenti tra le varie direzioni sono compresi entro i  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (è opportuno notare che, vista la breve durata del monitoraggio, per alcune direzioni di provenienza del vento la frequenza degli accadimenti è molto bassa e quindi i corrispondenti livelli di inquinante possono avere una rappresentatività poco significativa).

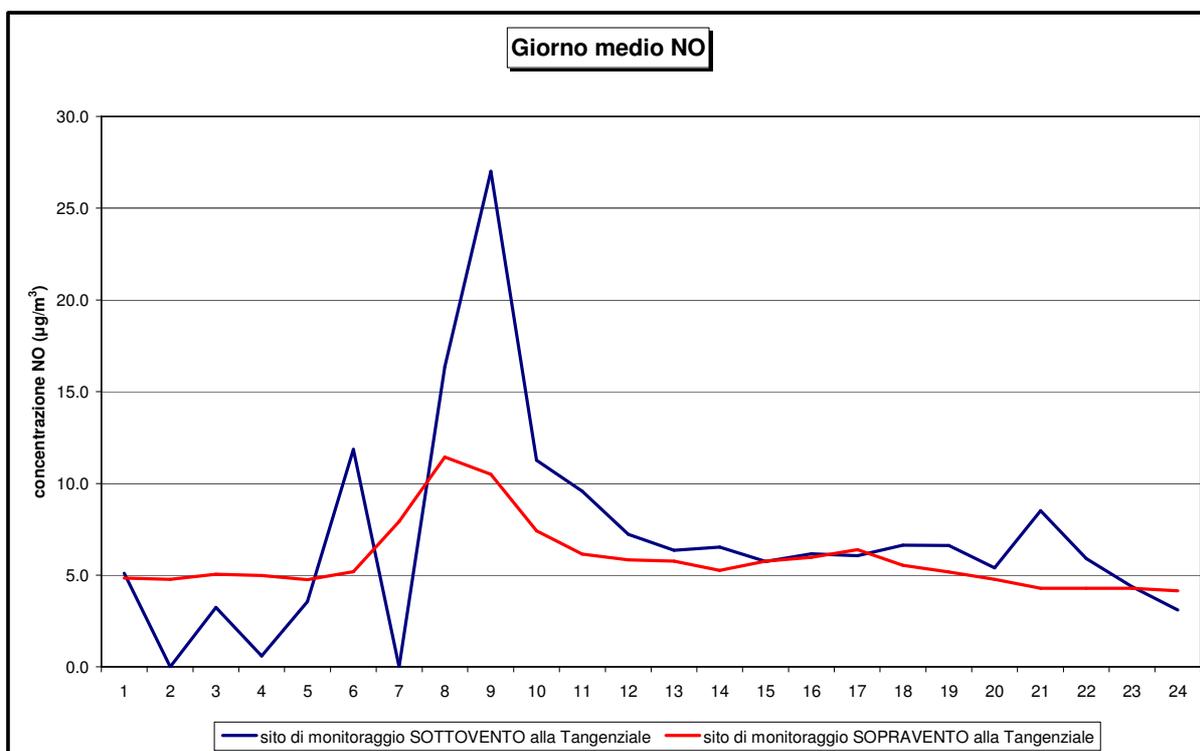
Per valutare l'influenza dell'elevato traffico veicolare che caratterizza la Tangenziale di Torino sulla qualità dell'aria del sito in esame è stata elaborato l'andamento del giorno medio nel caso in cui il sito risulti sottovento rispetto alla Tangenziale (venti tra E e SW) e quando risulta sopravvento alla stessa (venti tra WSW e ENE); tale elaborazione è mostrata in Figura 21. Nella fascia di elevato traffico veicolare 8:00-10:00 si nota un aumento di NO nella situazione di sottovento, indice quindi che la tangenziale incide in parte sulla qualità dell'aria del sito. Anche per questa elaborazione è opportuna una nota di cautela: vista la breve durata del monitoraggio, per alcune ore del giorno la frequenza degli accadimenti può essere molto sbilanciata verso una delle due situazioni, sottovento o sopravvento, quindi i corrispondenti livelli di inquinante possono avere una rappresentatività poco significativa. In effetti, rispetto al totale delle ore disponibili per l'elaborazione dei dati, solo il 18% di queste ultime rappresenta il sito di Venaria in condizioni di sottovento, mentre il restante 82% è riferito alle condizioni di sopravvento.

Si ricorda che nella prima campagna, effettuata nell'inverno 2008, si era invece evidenziato che sia per il biossido di zolfo che per il monossido di azoto si osservavano mediamente valori più elevati nel caso di direzioni del vento in cui il sito di misura risulta sottovento alla Tangenziale. Ciò è dovuto al fatto che il regime dei venti a livello di brezze locali può variare significativamente in funzione della stagione; nel caso in esame tale fenomeno è ben evidenziato dal confronto tra le rose dei venti nei due periodi in cui ha avuto luogo il monitoraggio.

**Figura 20** – Concentrazioni di NO in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale



**Figura 21** – Andamento del giorno medio di NO per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale



## **CONCLUSIONI**

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Venaria Reale 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 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 stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto, il benzene ed particolato sospeso PM<sub>10</sub>, ovvero tutti gli inquinanti per i quali è previsto, ad eccezione dell'ozono. Infatti nel caso di quest'ultimo su 20 giorni di misura validi si sono avuti 38 superamenti del livello di protezione della salute calcolato come media su otto ore consecutive, pari a 120 µg/m<sup>3</sup>. Per l'ozono non ci sono stati superamenti del livello di informazione pari a 180 µg/m<sup>3</sup>.

Nel loro insieme i dati presentati non mostrano una situazione di particolare criticità, e questo è dovuto soprattutto al periodo di monitoraggio, agosto, caratterizzato generalmente da bassi livelli di inquinanti nell'aria, con l'eccezione dell'ozono che presenta i suoi massimi proprio nei mesi estivi. Un quadro così favorevole della qualità dell'aria ha la sua origine nell'elevata dinamicità atmosferica, caratterizzata dalla 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. Si ricorda a tale proposito che nel corso della prima campagna, effettuata nell'inverno del 2008, si erano verificati, com'è tipico dell'area urbana torinese dei mesi freddi dell'anno, una serie di superamenti del valore limite giornaliero di PM<sub>10</sub> (9 giorni di superamento su 26 totali di monitoraggio).

La determinazione del particolato sospeso PM<sub>10</sub> condotta in parallelo nei due siti (Venaria Reale - Via Boccaccio e Collegno - Via Boves), nonostante la ridotta percentuale di dati disponibili, non ha evidenziato differenze significative tra i due siti nei livelli di questo inquinante.

Rispetto all'analisi dell'influenza della direzione del vento sui livelli degli inquinanti, la valutazione dell'impatto della tangenziale di Torino sulla qualità dell'aria del sito esaminato, si verifica quando quest'ultimo risulta sottovento alla stessa, ovvero per venti provenienti da direzioni comprese tra est e sud-ovest; l'insieme dei dati delle due campagne effettuate evidenzia che nel periodo invernale l'influenza della tangenziale risulta maggiore che in quello estivo. Va però sottolineato che in entrambi il sito di misura si trova sottovento alla tangenziale per un numero relativamente limitato di ore (25% nel corso del monitoraggio invernale e 18% nel corso di quello estivo).



## **APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI**

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

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.
  
- **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO<sub>x</sub>.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.
  
- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.
  
- **Monossido di carbonio** **API 300 A**

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

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.
  
- **Particolato sospeso PM10** **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**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

  - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>



## INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Venaria (punto giallo) e del campionatore di PM <sub>10</sub> nel Comune di Collegno (punto rosa)	13
Figura 2 – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio	17
Figura 3 – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio	17
Figura 4 – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio	18
Figura 5 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio	18
Figura 6 – Precipitazioni accumulate presso la stazione meteorologica di Torino – V. Reiss Romoli	19
Figura 7 – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio	19
Figura 8 – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio	20
Figura 9 – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio	20
Figura 10 – Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio	21
Figura 11 – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)	26
Figura 12 – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Torino-Rubino e Torino-Rebaudengo	27
Figura 13 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio	29
Figura 14 – NO <sub>2</sub> : confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio	31
Figura 15 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale	33
Figura 16 – Particolato sospeso PM <sub>10</sub> : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con altre stazioni di monitoraggio	35
Figura 17 – Particolato sospeso PM <sub>10</sub> : confronto con i dati del campionatore posizionato a Collegno in via Boves	37
Figura 18 – O <sub>3</sub> : andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge	40
Figura 19 – O <sub>3</sub> : confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)	40
Figura 20 – Concentrazioni di NO in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale	42
Figura 21 – Andamento del giorno medio di NO per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale	42
Tabella 1 – Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici	5
Tabella 2 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene	7
Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici	8
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)	9
Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m <sup>2</sup> )	15
Tabella 6– Temperatura (°C)	16
Tabella 7– Umidità relativa (%)	16
Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)	16
Tabella 9 – Velocità vento (m/s)	16
Tabella 10 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> )	24
Tabella 11 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m <sup>3</sup> )	26
Tabella 12 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/m <sup>3</sup> )	28
Tabella 13 – Dati relativi al biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> )	30
Tabella 14 – Dati relativi al benzene (µg/m <sup>3</sup> )	33
Tabella 15 – Dati relativi al toluene (µg/m <sup>3</sup> )	33
Tabella 16 – Dati relativi al particolato sospeso PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	35
Tabella 17 – Dati relativi al particolato sospeso PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) nei due siti	36
Tabella 18 – Dati relativi al particolato sospeso PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) – coppie di confronto tra i due siti	37
Tabella 19 – Dati relativi all'ozono (O <sub>3</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> )	39