

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO**  
**Struttura Semplice "Attività di Produzione"**

**OGGETTO:**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO**  
**DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE ORIO C.SE – Piazza Tapparo**  
**RELAZIONE PRIMA CAMPAGNA (18 marzo ÷ 11 aprile 2014)**



<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale</b>  <b>Nome: Dott.ssa Laura Milizia</b>	<b>Data:</b> <i>12/08/2014</i>	<b>Firma:</b> <i>L. Milizia</i>
<b>Verifica e approvazione</b>	<b>Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione</b>  <b>Nome: Dott. Francesco Lollobrigida</b>	<b>Data:</b> <i>12/08/14</i>	<b>Firma:</b> <i>F. Lollobrigida</i>

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, dott.ssa Laura Milizia, 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 Orio Canavese per la collaborazione prestata.

## INDICE

---

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>7</b>
<b>L'ARIA E I SUOI INQUINANTI .....</b>	<b>8</b>
<b>IL LABORATORIO MOBILE .....</b>	<b>6</b>
<b>IL QUADRO NORMATIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>10</b>
<b>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</b>	<b>11</b>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</b>	<b>21</b>
Biossido di zolfo .....	22
Monossido di Carbonio .....	23
Ossidi di Azoto .....	26
Benzene e Toluene .....	29
Particolato Sospeso (PM10) .....	32
Ozono .....	37
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....	41
Metalli sul particolato .....	41
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>42</b>
<b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI.....</b>	<b>43</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 locale; 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 loro effetti sulla salute umana e sull'ambiente e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013", 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

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

 = 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 PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</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 norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal **Decreto Legislativo n. 155/2010** che ha abrogato il precedente Decreto Legislativo n. 351/99 e i rispettivi decreti attuativi (il DM 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008). Il Decreto Legislativo n.155/2010 riprende le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di informazione e di allarme, livelli critici, obiettivi a lungo termine e valori obiettivo già introdotte nelle precedenti normative.

In particolare vengono definite le seguenti tipologie di limite normativo:

- **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.

Il D.Lgs 155/2010 inserisce indicatori normativi relativi al PM<sub>2,5</sub> ed in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup>.

Sempre per il PM<sub>2,5</sub> il decreto prevede un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D.Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013".

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI
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
	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>	
	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
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
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup>	3 volte/anno civile
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	--
		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
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--
	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> )	--
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	---
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	---
PARTICELLE (PM <sub>10</sub> )	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	---
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	---

**Tabella 4** – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (come definito dal D.Lgs. 120/2008 abrogato dal D.Lgs. n. 155/2010 )

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**

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Orio C.se, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta inoltrata dal Comune di Orio C.se ad Arpa Piemonte con nota protocollo Arpa n°17483 del 20/02/2012 (protocollo Comune di Orio C.se n°512 del 16/02/2012).

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 tra fine inverno e inizio primavera (oggetto della presente relazione) ed una seconda campagna nel periodo estivo (giugno-luglio 2014).

Come sito di posizionamento del mobilab per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuata piazza Tapparo nel Comune di Orio C.se come concordato con l'amministrazione comunale durante un sopralluogo in data 07 ottobre 2013 e nota Arpa prot n. 93002 del 14/10/2013.

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

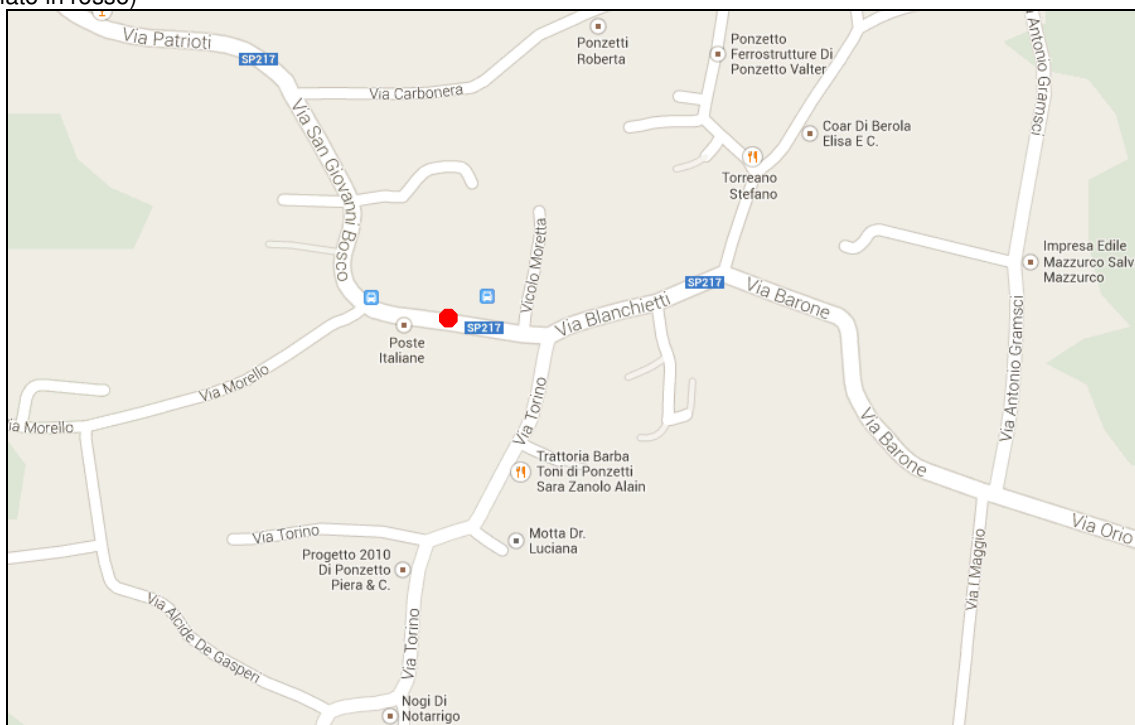
Il monitoraggio è stato condotto a cavallo tra fine inverno e inizio primavera, con il posizionamento del laboratorio mobile in data 18 marzo fino al 11 aprile 2014, quando il mezzo è stato spento e spostato. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente 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 18 marzo al 10 aprile (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.

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



**Figura 2** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Orio C.se – 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 <sup>2</sup>

La campagna di monitoraggio è stata caratterizzata da condizioni meteo variabili con giornate di sole alternate a giornate uggiose e piovose.

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

Minima media giornaliera	15
Massima media giornaliera	224
Media delle medie giornaliere	138
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	143
Massima media oraria	725
Ore valide	519
Percentuale ore valide	98%

**Tabella 6** – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	5.2
Massima media giornaliera	18.1
Media delle medie giornaliere	12.6
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	12.7
Massima media oraria	22.6
Ore valide	519
Percentuale ore valide	98%

**Tabella 7** – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	26.9
Massima media giornaliera	96.1
Media delle medie giornaliere	64.5
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	63.9
Massima media oraria	99.0
Ore valide	519
Percentuale ore valide	98%

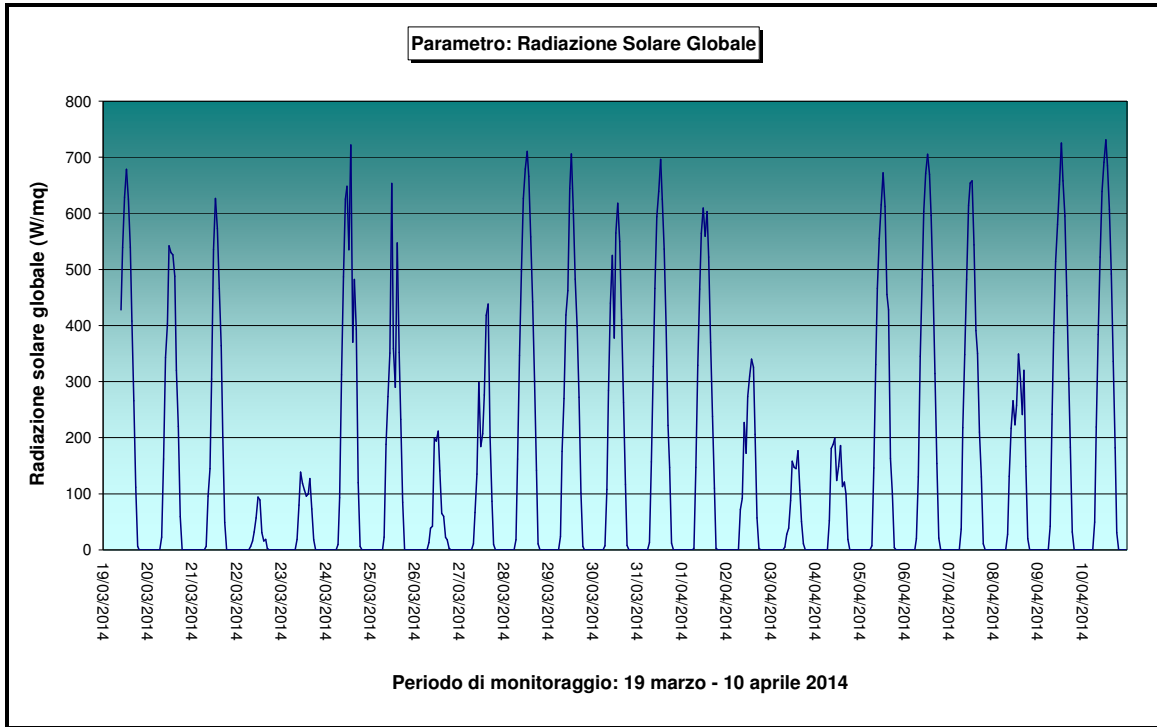
**Tabella 8** – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	963
Massima media giornaliera	986
Media delle medie giornaliere	975
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	975
Massima media oraria	988
Ore valide	519
Percentuale ore valide	98%

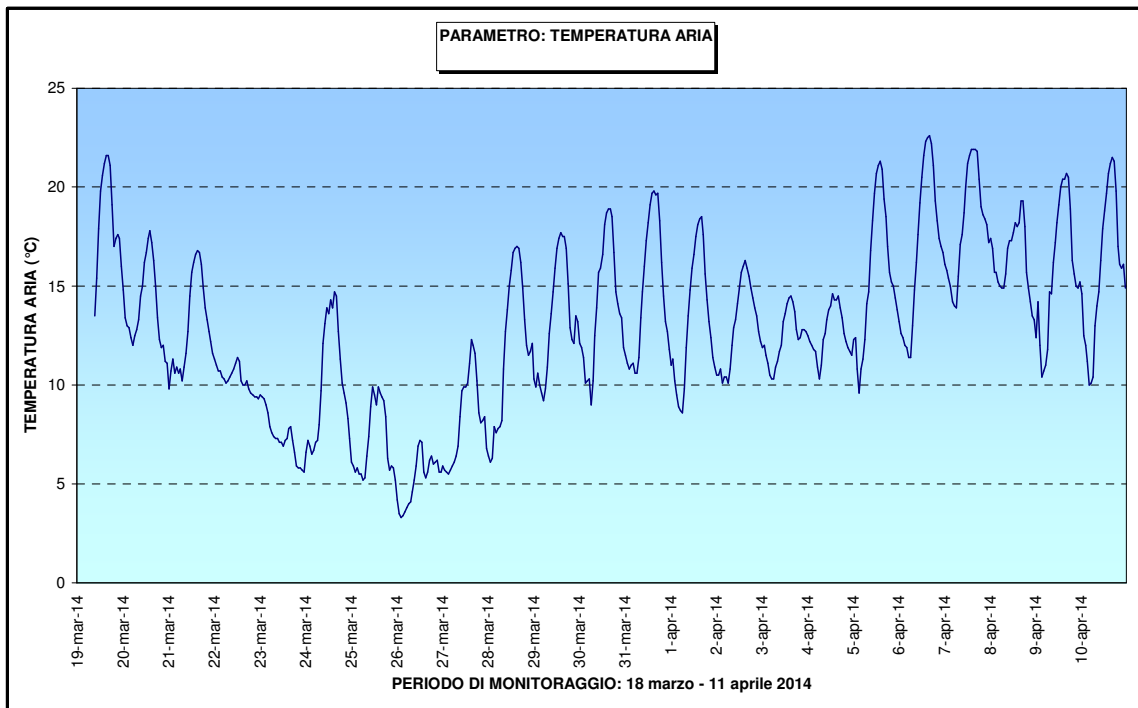
**Tabella 9** – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.47
Massima media giornaliera	1.48
Media delle medie giornaliere	1.03
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	1.06
Massima media oraria	3.30
Ore valide	490
Percentuale ore valide	93%

La **Figura 3** 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 inizio primaverile, con valori massimi intorno ai 700 W/m<sup>2</sup>. Nelle giornate nelle quali ha piovuto i valori massimi raggiunti sono stati generalmente prossimi ai 200 W/m<sup>2</sup>. Il valore di picco giornaliero più basso è stato misurato il 22 marzo con un valore pari a 89 W/m<sup>2</sup>. La temperatura media di tutto il periodo di monitoraggio (**Figura 4**) è stata di 12.6°C. Il valore massimo pari a circa 22.6°C è stato registrato il 06 aprile. L'escursione termica giornaliera (tra giorno e notte) si assesta a valori compresi tra i 5 ed i 7°C, mentre nei giorni di pioggia si assiste evidentemente ad una sensibile contrazione dell'escursione; la maggiore escursione termica, tra 10 e 11°C si registra nei giorni in cui la radiazione solare globale è elevata.



**Figura 3** – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio

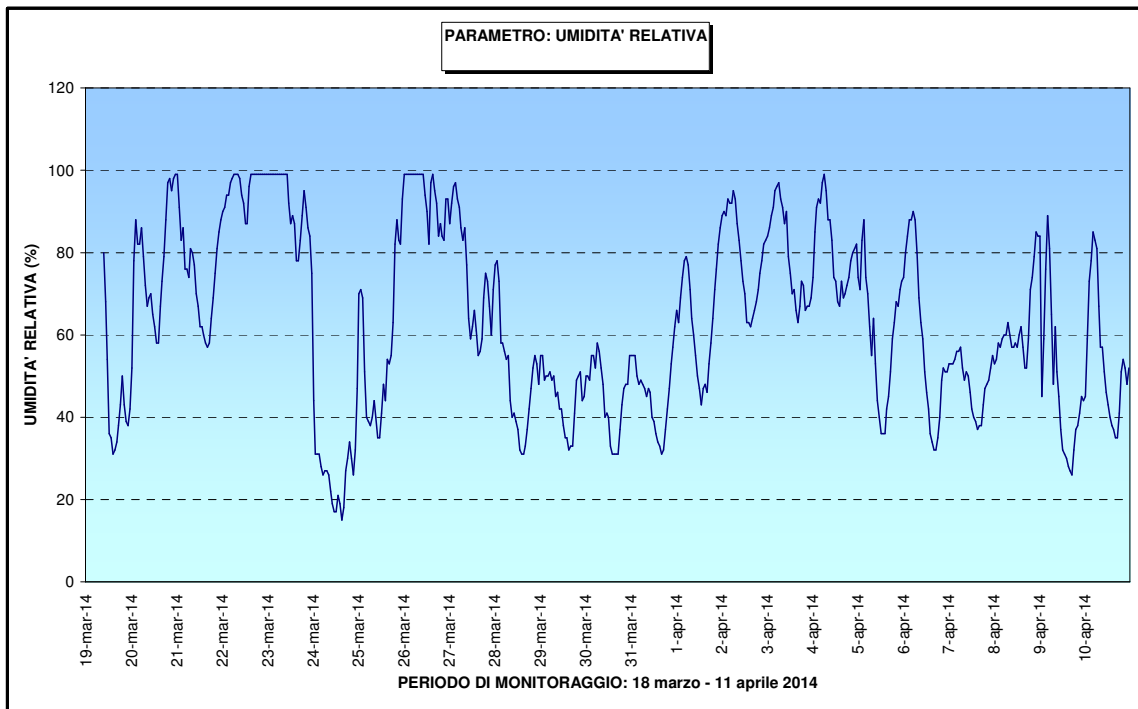


**Figura 4** – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio

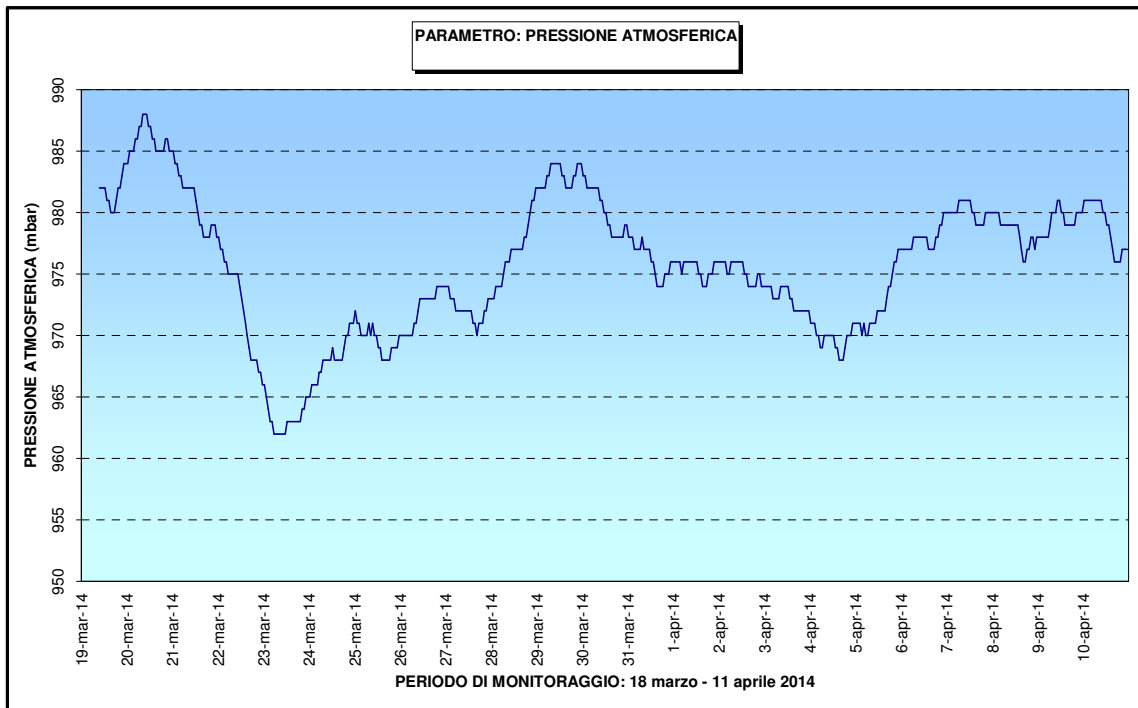


Per quanto riguarda l'umidità relativa (Figura 5) i valori massimi si sono ovviamente raggiunti durante le giornate di pioggia.

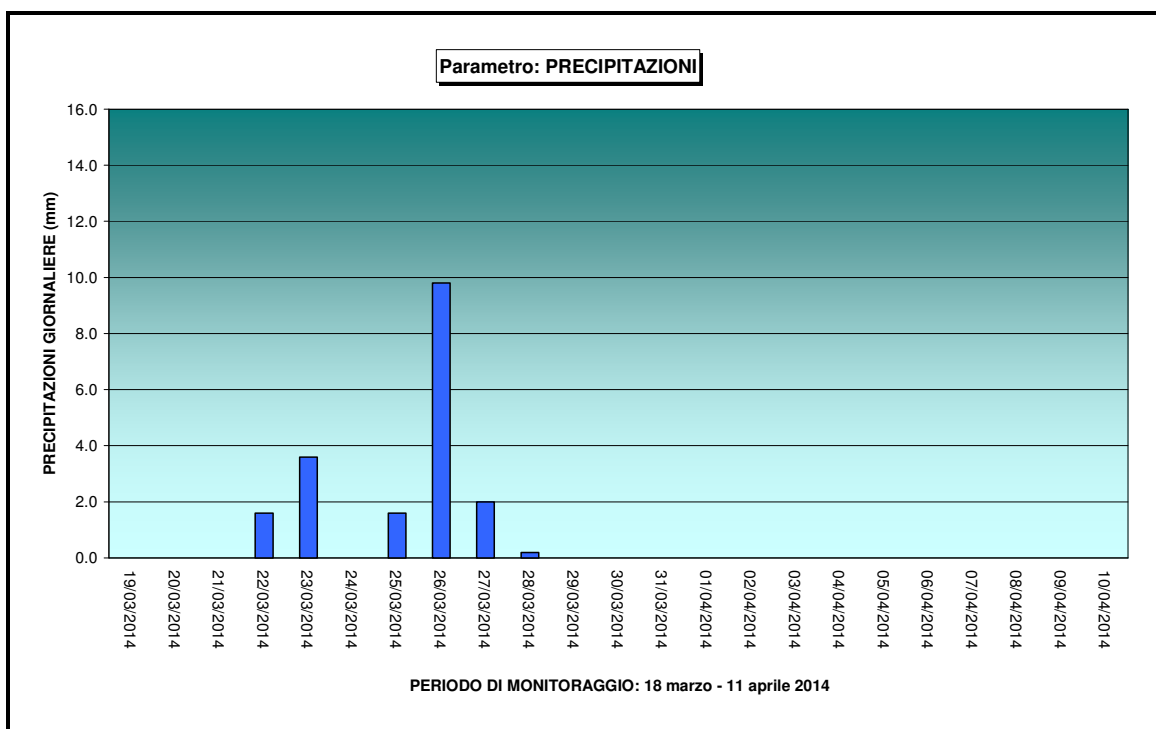
Durante la campagna il campo pressorio si è attestato tra 970 e 980 mbar (Figura 6), con picco minimo il 23 marzo con 962 mbar e picco massimo il 20 marzo con 988 mbar. I dati pluviometrici (Figura 7) indicano sei giornate di pioggia, di cui solamente una caratterizzata da un livello significativo di precipitazioni, ovvero il 26 marzo in cui sono stati registrati 9.8 millimetri di pioggia.



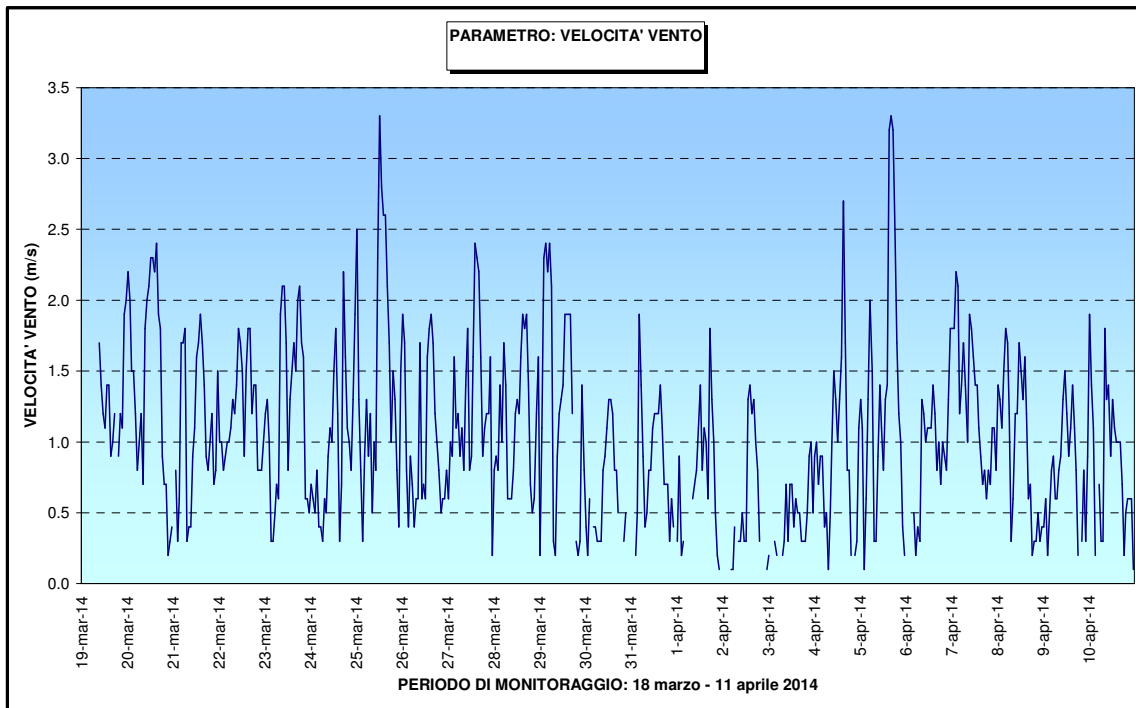
**Figura 5** – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 6** – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



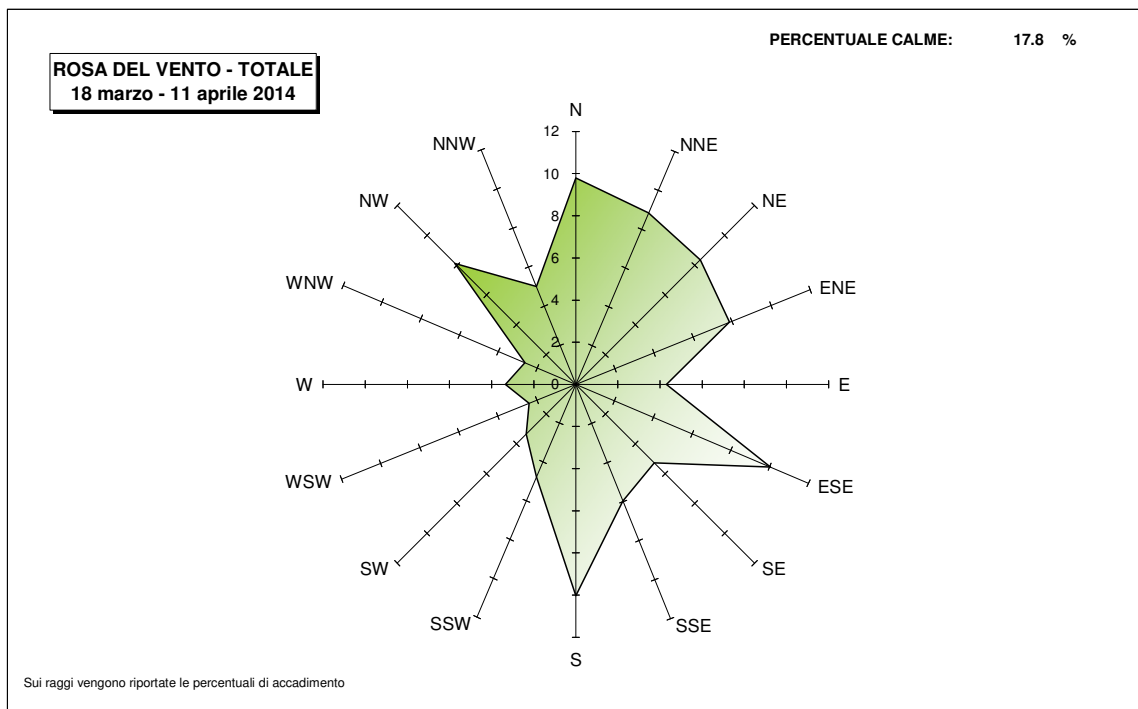
**Figura 7** – Precipitazioni cumulate nel corso della campagna di monitoraggio



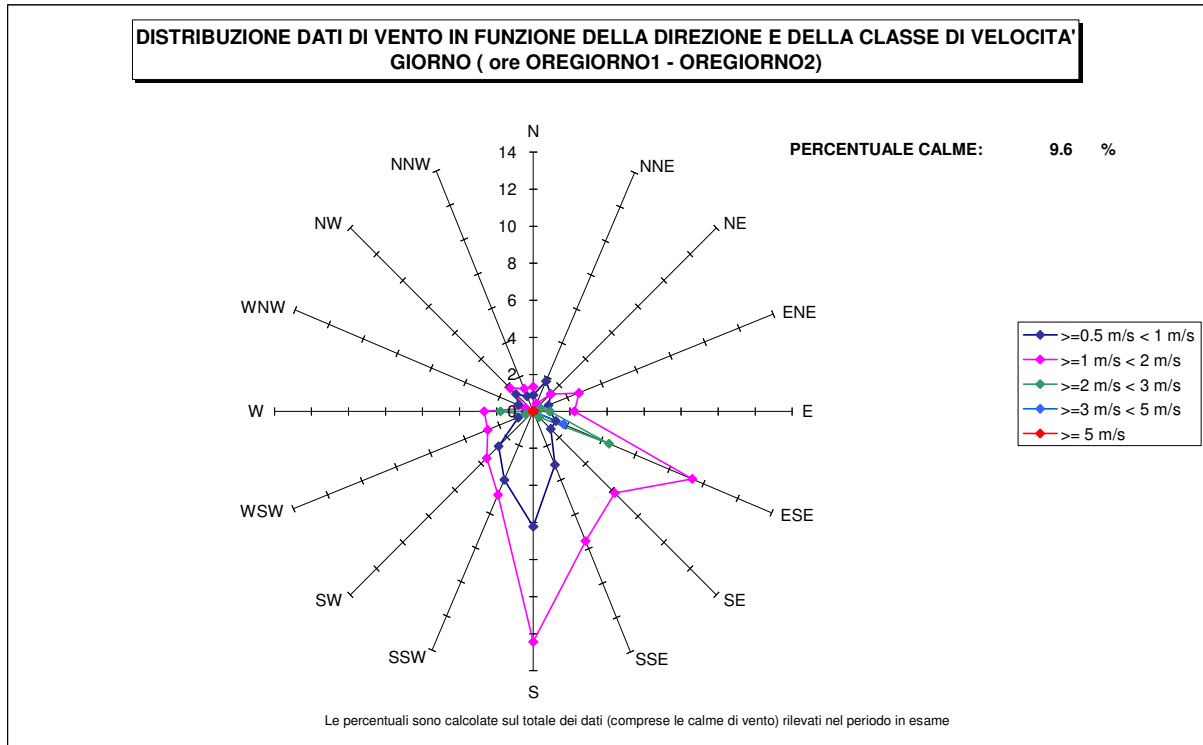
**Figura 8** – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio

In generale la campagna è stata caratterizzata da una discreta 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 17.8%, distribuite soprattutto nelle ore notturne. In particolare la V.V. è risultata mediamente intorno a 1 m/s, con alcune giornate nelle quali venivano superati i 2 m/s, la velocità massima del vento registrata è pari a 3.3 m/s (Figura 8).

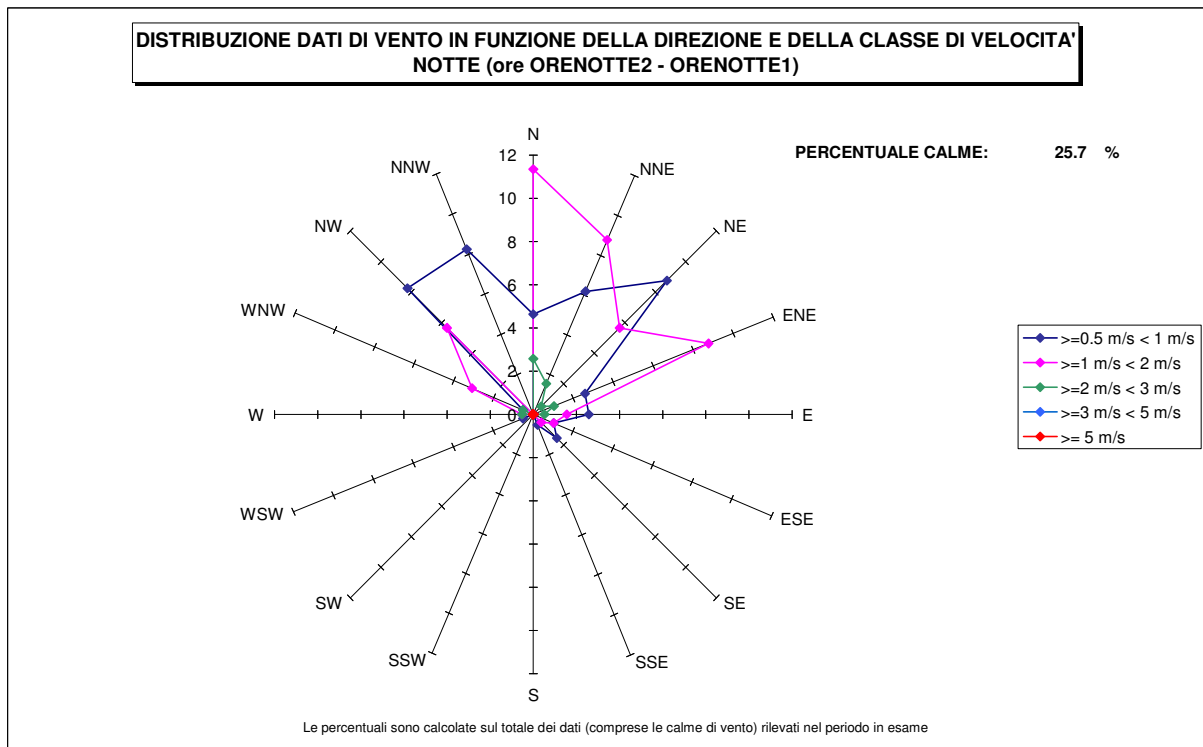
Le elaborazioni relative alla direzione dei venti, rosa del vento totale è riportata in Figura 9. Esaminando la situazione più nel dettaglio è possibile evidenziare una rosa dei venti del periodo diurno con un numero significativo di accadimenti nelle due direzioni ESE – S, mentre nelle ore notturne il vento proviene prevalentemente dalle tre direzioni N – NNE – ENE, evidenziando la presenza di un regime di brezza valle-monte legato alla presenza dei vicini rilievi montuosi (Figura 10 e Figura 11).



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



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



**Figura 11** – 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 <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	BENZENE
NO <sub>2</sub>	BIOSSIDO DI AZOTO
SO <sub>2</sub>	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O <sub>3</sub>	OZONO
PM <sub>10</sub>	PARTICOLATO SOSPESO PM <sub>10</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	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.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

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

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico sono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile evidenziare in quali ore generalmente si verifica un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti e 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.

I dati inerenti la concentrazione di biossido di zolfo rilevati presso il comune di Orio C.se non saranno riportati nella presente relazione in quanto a causa di ripetuti guasti strumentali sono disponibili pochi dati e perciò poco rappresentativi. Nei pochi giorni di funzionamento i livelli misurati, sia giornalieri sia orari, appaiono ampiamente al di sotto del limite giornaliero per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup> e del livello orario per la protezione della salute pari a 350 µg/m<sup>3</sup>, con massimi giornalieri non superiori ai 10 µg/m<sup>3</sup>.

## 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 carbossemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

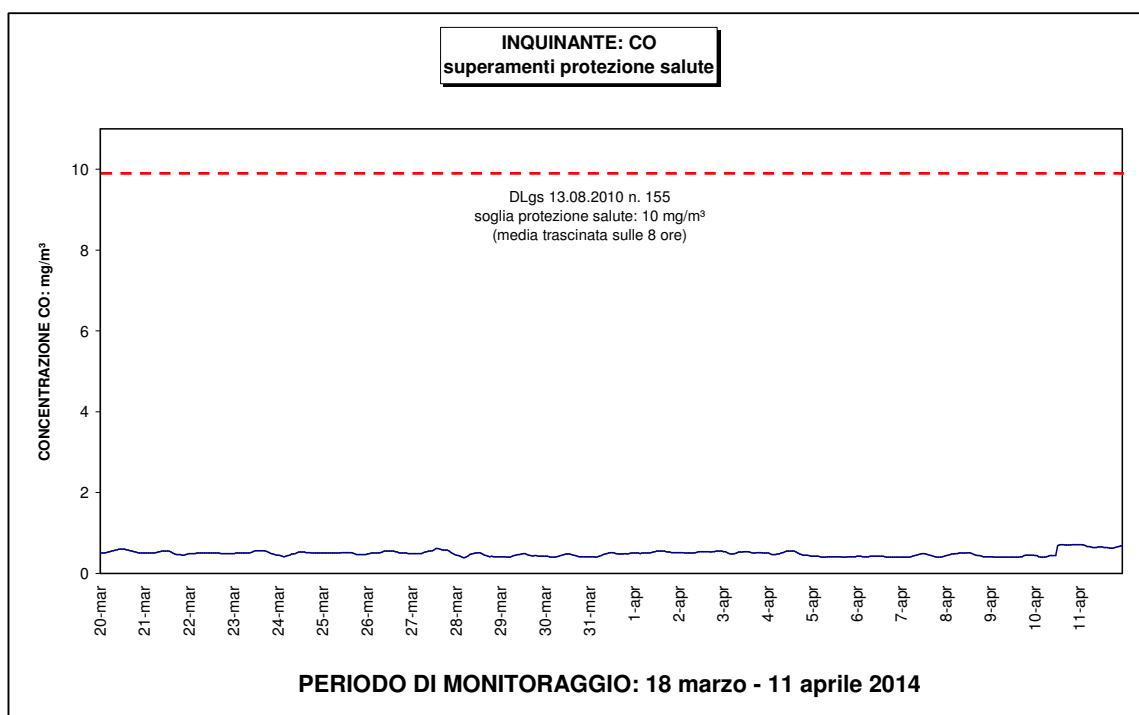
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

**Tabella 10 -** Dati relativi al monossido di carbonio (CO) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	0.5
Media delle medie giornaliere (b):	0.5
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	0.5
Massima media oraria	0.9
Ore valide	562
Percentuale ore valide	98%
Minimo medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	0.5
Massimo medie 8 ore	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	96%
<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 &gt; 10)</u>	0

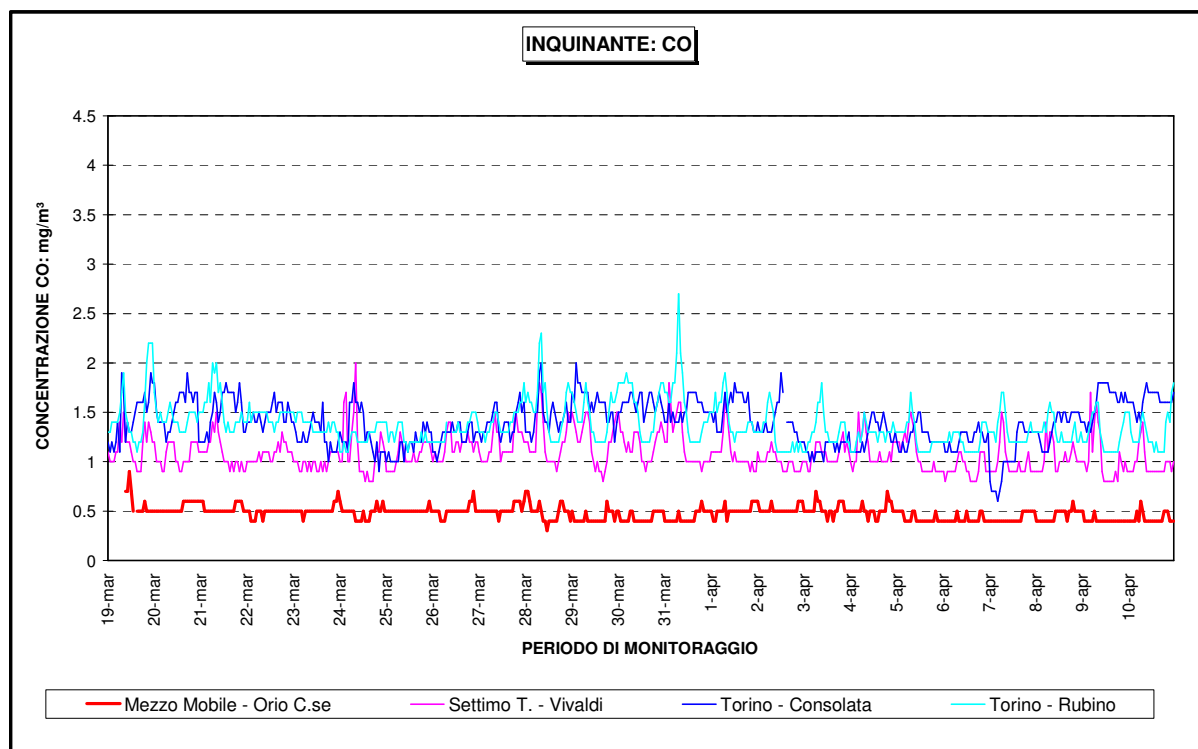


I dati misurati durante la campagna nel Comune di Orio C.se confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti il DLgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di  $10 \text{ mg/m}^3$ , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore registrato è pari a  $0,7 \text{ mg/m}^3$  (Tabella 10); tale limite non è raggiunto neppure su base oraria, il massimo valore orario è pari a  $0,9 \text{ mg/m}^3$ , (Figura 12). Va sottolineato che, in generale, il monossido di carbonio presenta i valori massimi nella stagione invernale quindi ci aspettiamo valori ancor più bassi nei periodi estivi.



**Figura 12** - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

Nel grafico successivo (Figura 13) è riportato il confronto con le stazioni fisse di Settimo Torinese e Torino - Consolata, entrambe classificate come stazioni di traffico urbano e con quella di Torino - Rubino classificata come stazione di fondo urbano. Nel periodo indagato nessuna stazione ha raggiunto su base oraria il valore di  $10 \text{ mg/m}^3$  e in particolare i valori rilevati a Orio C.se sono decisamente inferiori a quelli misurati presso la stazione di fondo della città di Torino.



**Figura 13** – CO: confronto dell'andamento della concentrazione oraria con le stazioni fisse di Settimo, Torino-Rubino 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.

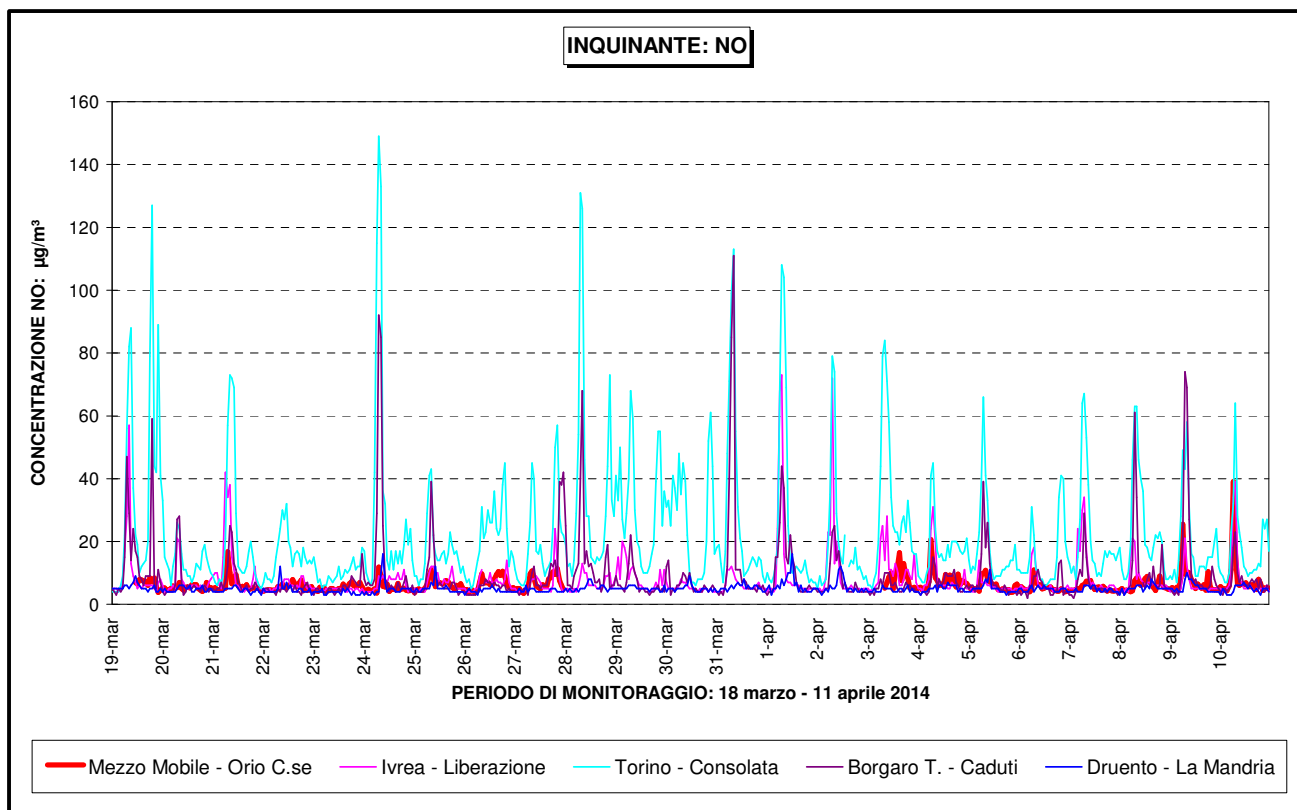
Per il **monossido di azoto** la normativa non prevede valori limite, ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel comune di Orio C.se (Tabella 11) sono risultati generalmente inferiori a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tranne in alcune giornate per cui non si è mai superato il valore di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentrazione oraria massima raggiunta durante il periodo in esame è pari a 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La Figura 14 evidenzia come l'andamento del monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Orio C.se sia in generale confrontabile con quelle delle stazione di monitoraggio fissa di Ivrea classificata di fondo suburbano e di Druento (ubicata all'interno del parco della mandria), classificata di fondo rurale. In particolare l'andamento orario si sovrappone bene, sia nei valori minimi sia nei valori massimi, con quello della stazione di Druento – La mandria.

**Tabella 11** – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	8
Media delle medie giornaliere	6
Giorni validi	15
Percentuale giorni validi	65%
Media dei valori orari	6
Massima media oraria	39
Ore valide	389
Percentuale ore valide	70%



**Figura 14** – 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.

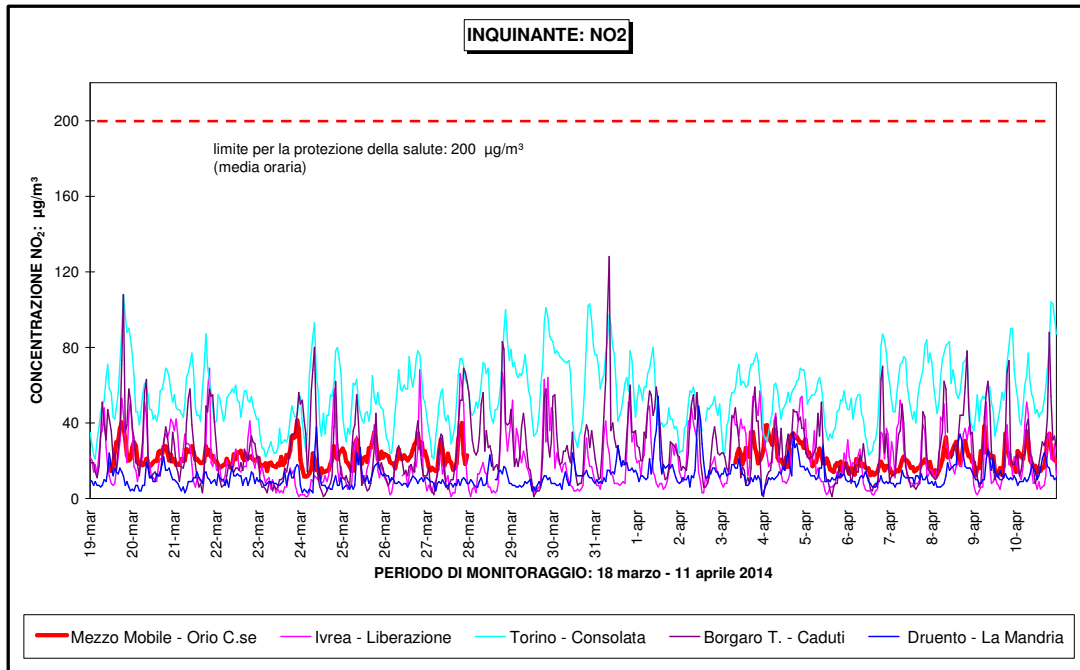
Nel corso della campagna nel Comune di Orio C.se la concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> si è generalmente attestata al di sotto dei 40 µg/m<sup>3</sup> (Figura 15), con una media oraria dell’intero periodo pari a 21.5 µg/m<sup>3</sup> inferiore quasi di un ordine di grandezza al limite orario normativo. 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).

**Tabella 12** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

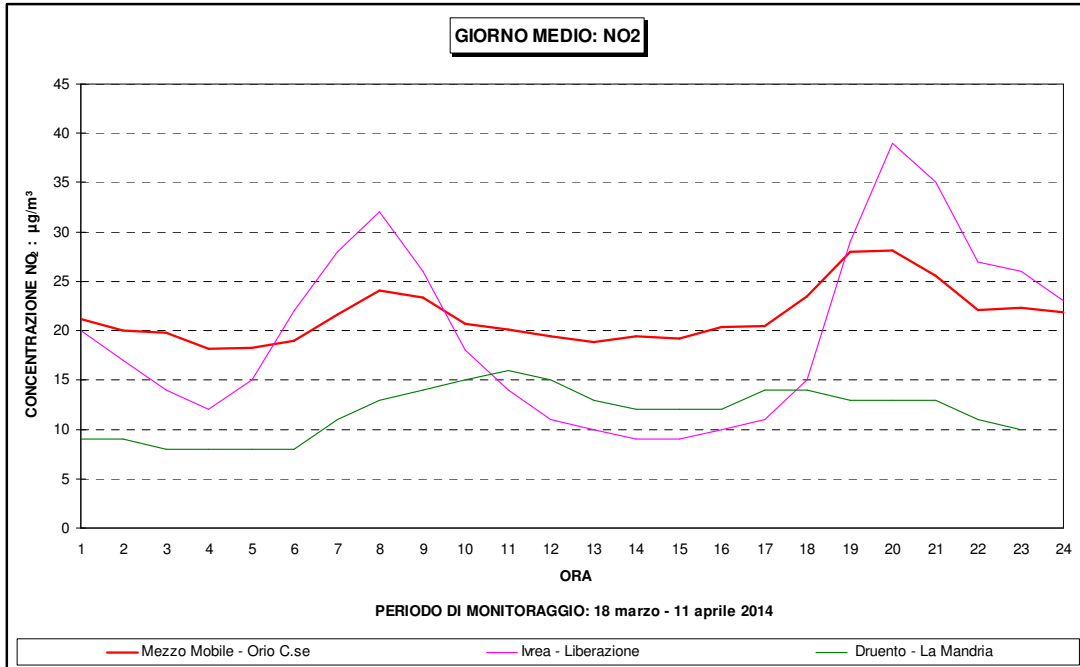
Minima media giornaliera	16
Massima media giornaliera	28
Media delle medie giornaliere (b):	21
Giorni validi	15
Percentuale giorni validi	65%
Media dei valori orari	21
Massima media oraria	41
Ore valide	389
Percentuale ore valide	70%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</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>

Dal profilo orario di NO<sub>2</sub> (Figura 15) e dall'andamento del giorno medio, calcolato sulla campagna in oggetto (Figura 16) è possibile evincere che i valori misurati nel comune di Orio C.se sono superiori, nei minimi, a quelli registrati presso la stazione di Druento - La Mandria (stazione di fondo rurale) ma più bassi, nei valori massimi, di quelli rilevati presso la stazione di Ivrea classificata di fondo suburbano.

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.



**Figura 15:** NO<sub>2</sub> - confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 16:** NO<sub>2</sub> - 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  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Orio C.se è stata determinata una concentrazione media pari a  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( Tabella 13) ed in generale i valori orari sono ricompresi tra  $0,1$  e  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . E' 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 - Rubino (stazione di fondo urbano della città del capoluogo piemontese), calcolato nel medesimo periodo della campagna a Orio C.se, è pari a  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la media annuale della medesima stazione, per l'anno 2013, è pari a  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 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.

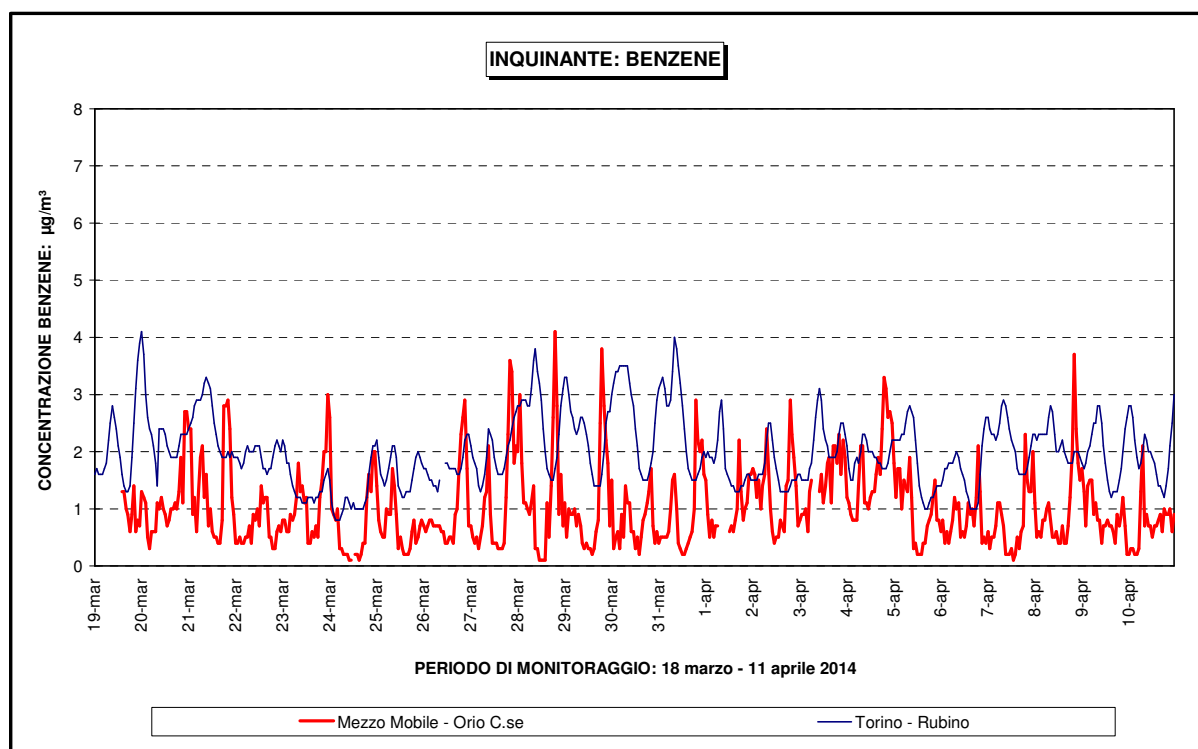
Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la massima media oraria di  $9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 15), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

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

Minima media giornaliera	0.6
Massima media giornaliera	1.7
Media delle medie giornaliere	1.0
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	1.0
Massima media oraria	4.1
Ore valide	548
Percentuale ore valide	91%

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

Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	5.0
Media delle medie giornaliere	1.7
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	1.6
Massima media oraria	9.4
Ore valide	548
Percentuale ore valide	91%



**Figura 17:** 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 le 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 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 D.Lgs 155/2010 ha introdotto un limite anche per il PM<sub>2.5</sub> (diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna sono state eseguite contemporaneamente misure di particolato PM<sub>10</sub> e di particolato PM<sub>2.5</sub>: 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 20 medie giornaliere (che corrispondono al 87% di dati validi). Il limite giornaliero del PM<sub>10</sub> pari a 50 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 35 volte per anno civile) è stato superato 3 volte. Le medie del periodo dei valori di particolato PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> sono rispettivamente pari a 18 µg/m<sup>3</sup> e 23 µg/m<sup>3</sup>, per cui in media il PM<sub>2.5</sub> costituisce circa il 78% del PM<sub>10</sub>.

Osservando la [Figura 18](#), dove vengono riportati gli andamenti dei due inquinanti, si nota che gli andamenti di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, risultano in generale bene accoppiati.

In [Figura 19](#) si nota come gli andamenti del PM<sub>2.5</sub> di Orio C.se e delle stazioni di Settimo e Ivrea siano generalmente confrontabili. Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico PM<sub>2.5</sub> 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

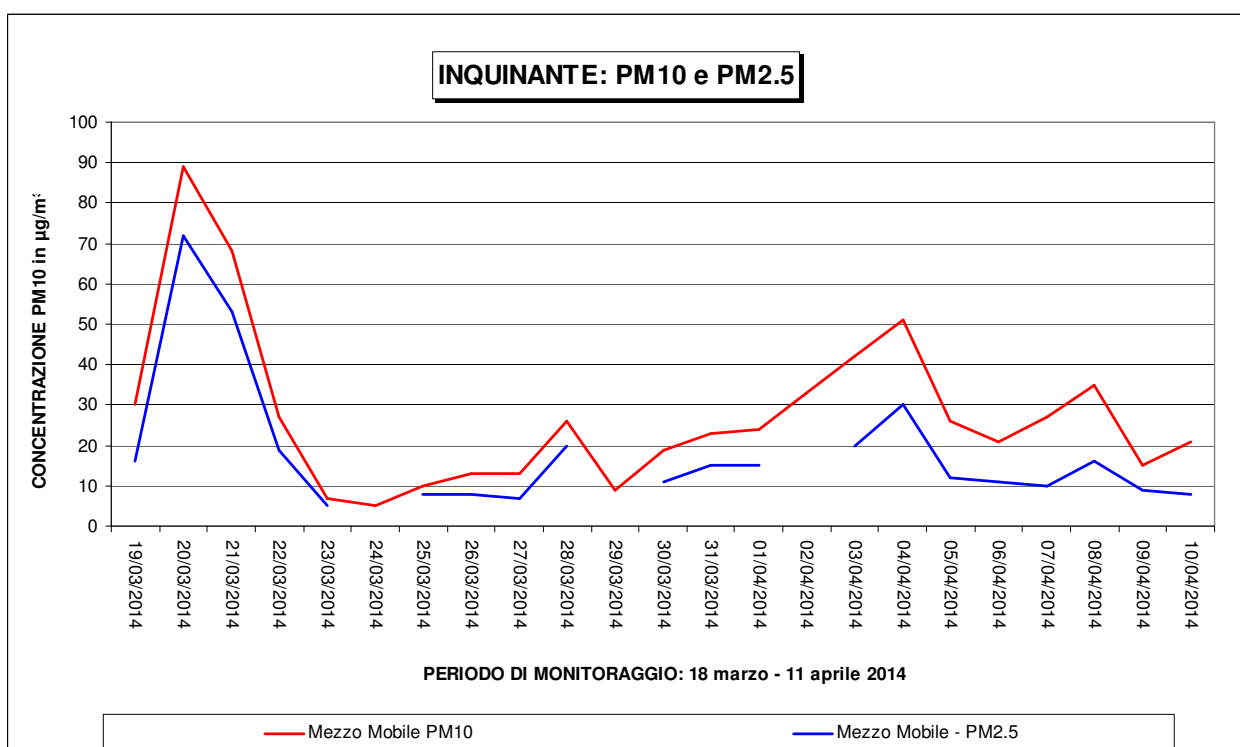
[Figura 20](#) sono confrontati i valori di PM<sub>10</sub> registrati a Orio C.se con quelli misurati nelle altre stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria: in generale si osserva un andamento confrontabile con quello delle altre stazioni. I livelli misurati risultano più bassi di quelli registrati presso le altre stazioni ciò significa che la frazione primaria grossolana (costituita dal particolato di dimensioni comprese tra 2.5 e 10 µ) è minore di quella secondaria (PM<sub>2.5</sub>). Questo fenomeno conferma che il particolato misurato ad Orio è più di tipo secondario, ossia che 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 alcuni eventi pluviometrici e dalla presenza di vento con velocità superiori ai 3 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 (es. 23-24 marzo e 05 aprile).

Per quanto riguarda la concentrazione media annuale di PM<sub>10</sub>, e PM<sub>2.5</sub> - e quindi il confronto con il relativo valore limite – le valutazioni saranno effettuati al termine della seconda campagna.

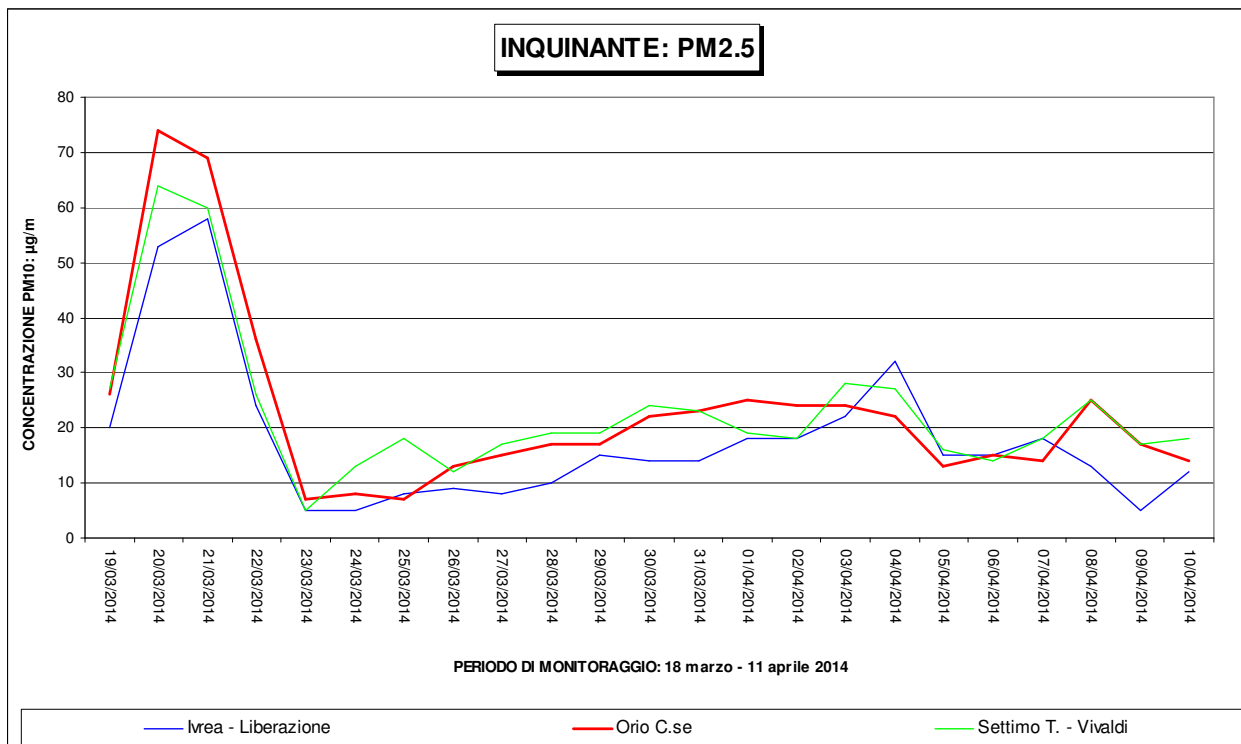
**Tabella 15** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	89
Media delle medie giornaliere	28
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>3</b>

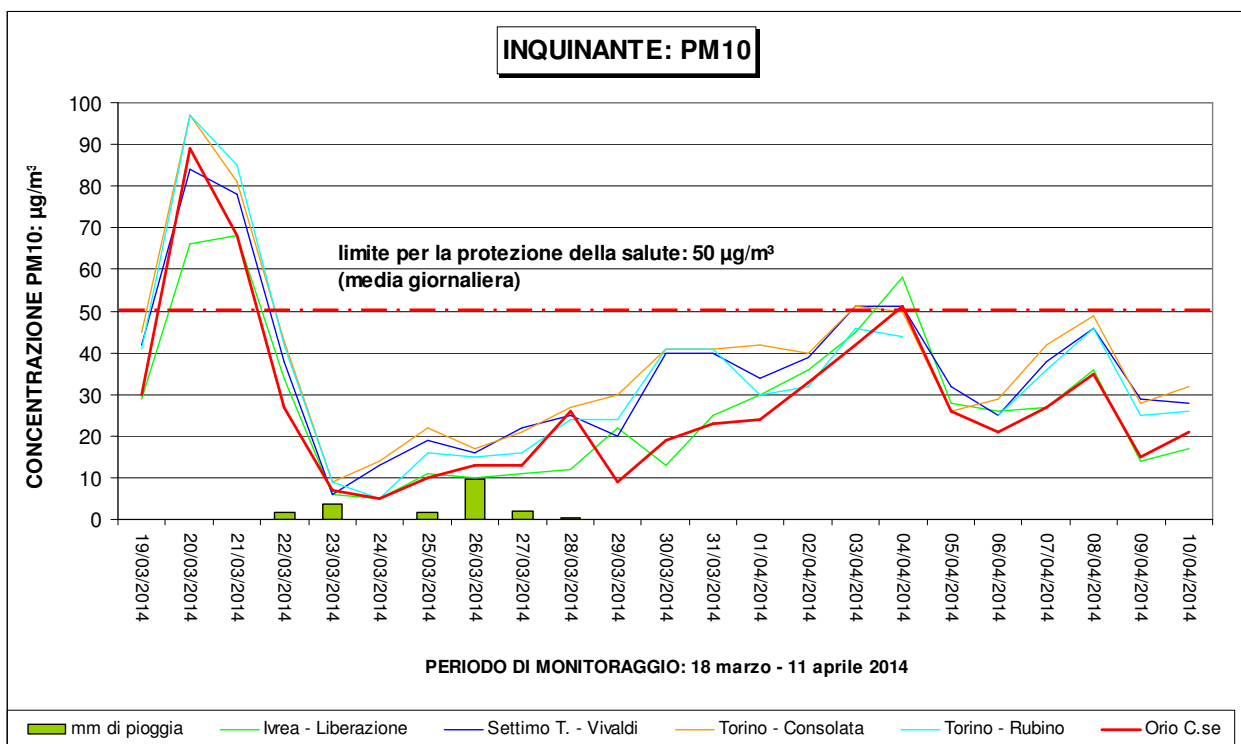


**Figura 18:** Particolato sospeso PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

**Figura 19** – Particolato sospeso PM<sub>2,5</sub>: confronto con le stazioni fisse di Settimo e Ivrea



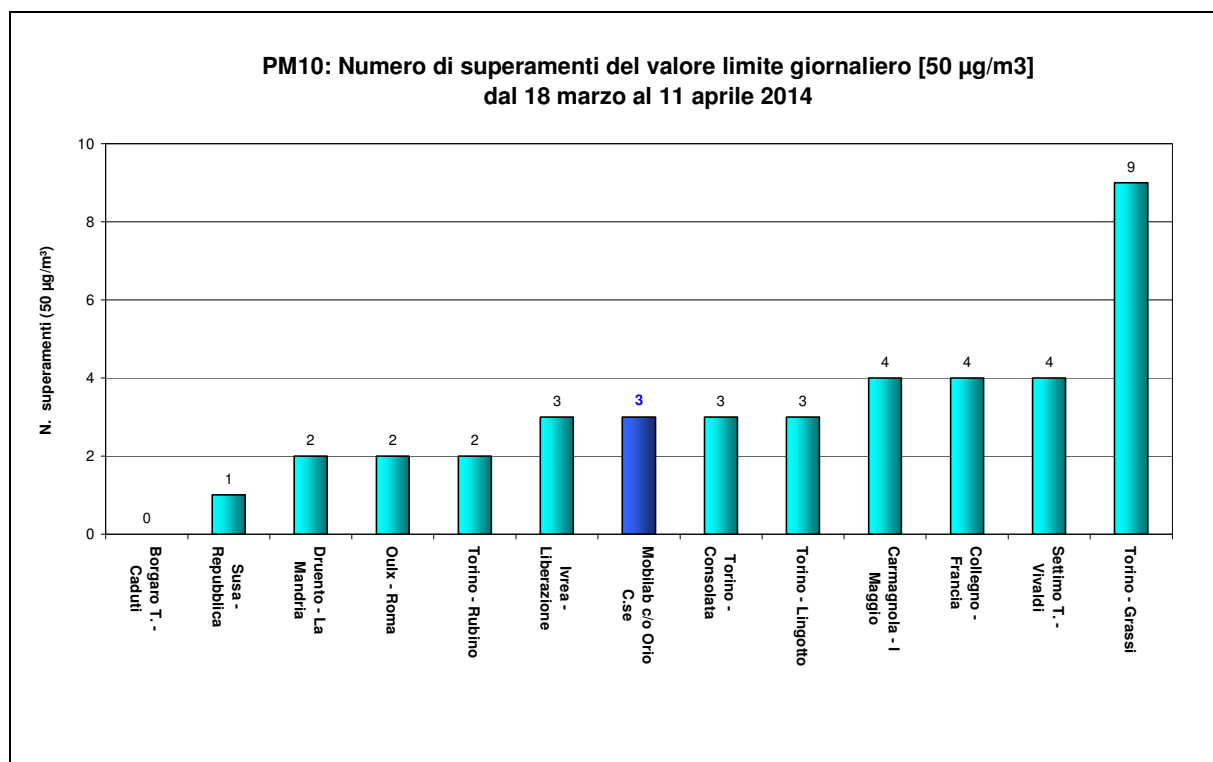
**Figura 20** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con altre stazioni di monitoraggio



**Tabella 16** – Media giornaliera del particolato sospeso PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

DATA	Orio C.se – Piazza Tapparo PM10	Orio C.se – Piazza Tapparo PM2.5
19 marzo	89	16
20 marzo	68	72
21 marzo	27	53
22 marzo	7	19
23 marzo	5	5
24 marzo	10	
25 marzo	13	8
26 marzo	13	8
27 marzo	26	7
28 marzo	9	20
29 marzo	19	
30 marzo	23	11
31 marzo	24	15
1 aprile	33	15
2 aprile	42	
3 aprile	51	20
4 aprile	26	30
5 aprile	21	12
6 aprile	27	11
7 aprile	35	10
8 aprile	15	16
9 aprile	21	9
<b>media</b>	<b>28</b>	<b>18</b>
massimo	89	72
minimo	5	5
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute PM10 (50 µg/m <sup>3</sup> )	3	-

Rispetto ai limiti normativi la durata complessiva del monitoraggio nel comune di Orio C.se - prima e seconda campagna - sarà inferiore all'arco temporale stabilito dal D.Lgs 155/2010 per poter calcolare la media annuale da confrontare poi con il limite di legge di 40 µg/m<sup>3</sup>. Tuttavia, a conclusione delle due campagne di monitoraggio, sarà possibile effettuare una stima del valore di concentrazione annuale del PM<sub>10</sub> facendo ricorso ad una semplice formula matematica che si basa sul confronto con una stazione della rete fissa con caratteristiche simili. Per quanto riguarda invece il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> si può ipotizzare che nel comune di Orio C.se, un campionamento annuale porterebbe ad un numero di superamenti annui inferiore ai 35 concessi dalla normativa in vigore. In Figura 21 si riporta il confronto del numero di superamenti del limite giornaliero registrati, durante la campagna di misura, presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e presso il sito di Orio C.se dove in 23 giorni effettivi di misura sono stati registrati 3 superamenti.



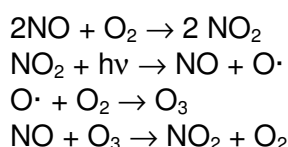
**Figura 21:** Particolato sospeso PM<sub>10</sub> - numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.

## 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).

**Tabella 17** – Dati relativi all'ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	70
Massima media giornaliera	112
Media delle medie giornaliere (b):	91
Giorni validi	22
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	91
Massima media oraria	150
Ore valide	541
Percentuale ore valide	98%
Minimo medie 8 ore	44
Media delle medie 8 ore	91
Massimo medie 8 ore	136
Percentuale medie 8 ore valide	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>46</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>8</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>

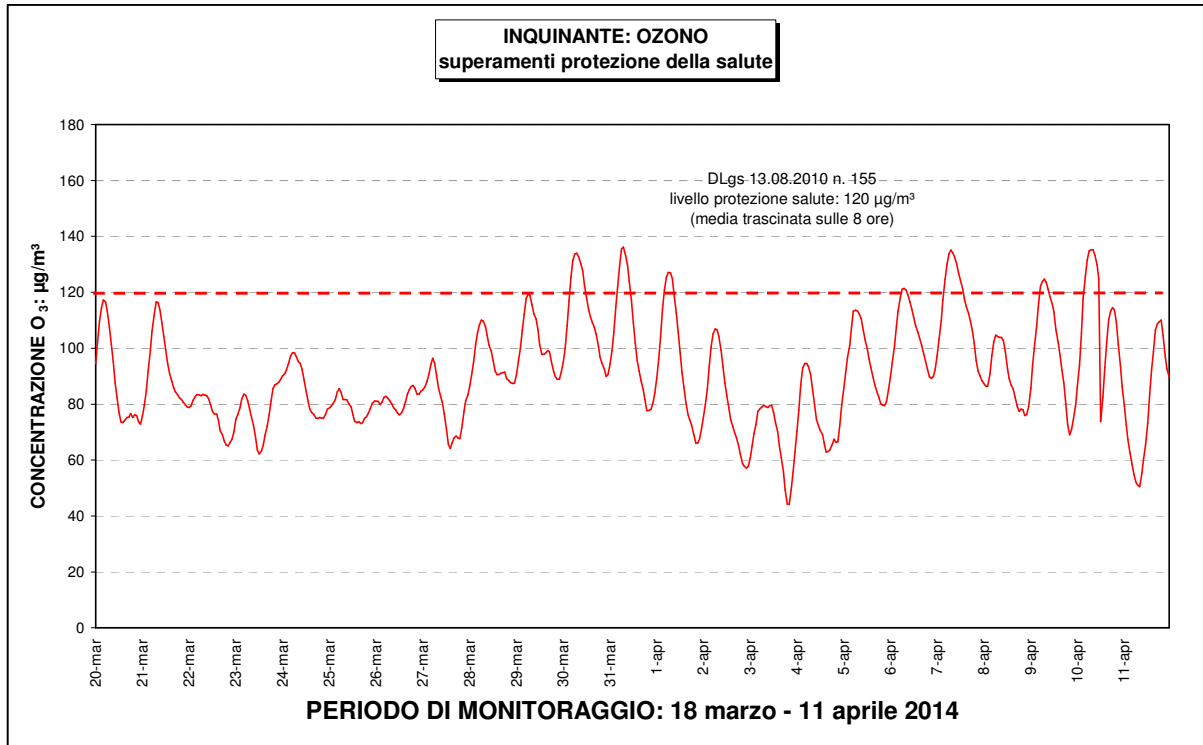
La campagna di misura è stata caratterizzata da condizioni meteo molto eterogenee sia da un punto di vista anemo-pluviometrico sia per quanto concerne le temperature (i cui massimi giornalieri oscillano generalmente tra 7.2°C e 22.6°C) e questo ha influito direttamente sulla formazione/trasporto/accumulo dell'ozono. I livelli sono generalmente risultati inferiori a 140 µg/m<sup>3</sup> (Figura 23), tranne che in alcune giornate (30, 31 marzo e 10 aprile) nelle quali le concentrazioni hanno raggiunto valori appena sopra i 140 µg/m<sup>3</sup>. Si osservano alcune giornate in cui i valori orari superano la soglia dei 120 µg/m<sup>3</sup> contribuendo al superamento del limite per la protezione della salute. Riassumendo (vedea Tabella 17) si sono registrati 8 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (120 µg/m<sup>3</sup> calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), e nessun superamento del livello d'informazione (pari a 180 µg/m<sup>3</sup> come media oraria); inoltre non è mai stato superato il livello di allarme (pari a 240 µg/m<sup>3</sup> per almeno tre ore consecutive). La media dell'intero periodo è pari a 91 µg/m<sup>3</sup>.

Osservando la relazione ozono-temperatura nel periodo in esame notiamo che i livelli di ozono sono alti nelle giornate più calde e più assolate, ciò a conferma che il livello delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera, soprattutto quelli di formazione secondaria, è 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 .

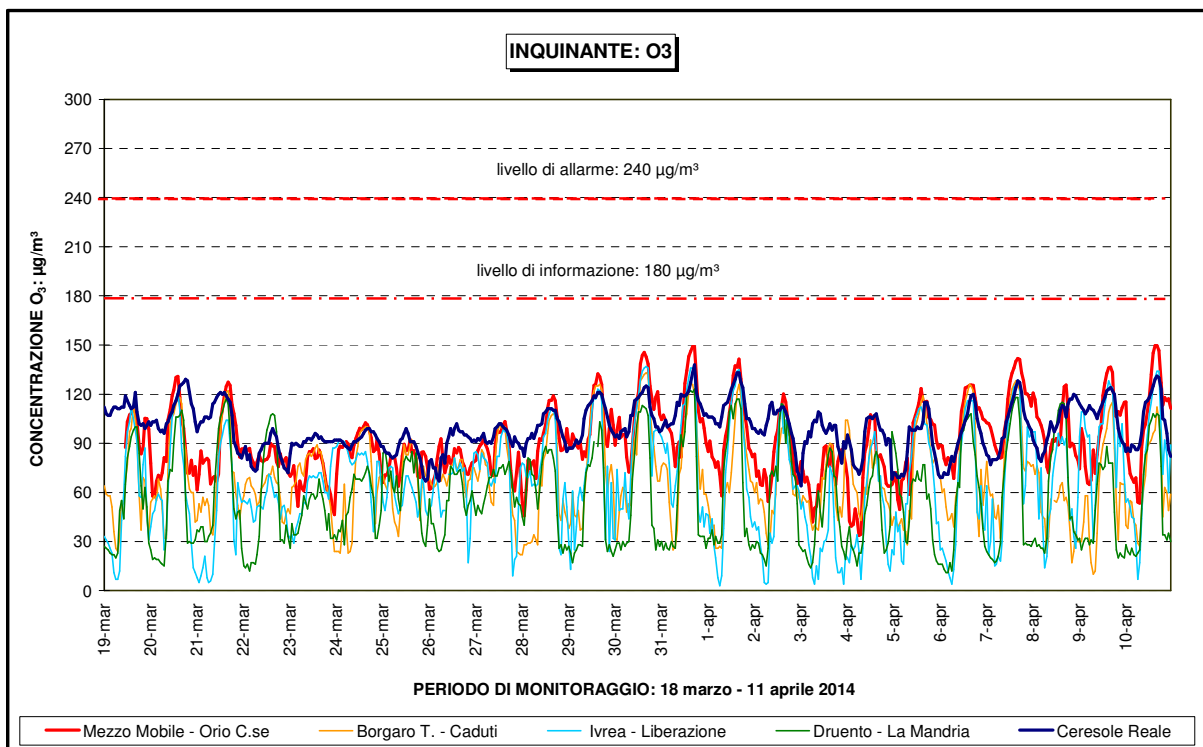
Va in ogni caso sottolineato che il sito in questione è ottimale per la misura dell'ozono, in quanto la distanza dagli assi stradali porta ad avere una minor presenza di monossido di azoto (prodotto in quantità relativamente elevate dagli autoveicoli, in particolare sui tratti stradali in cui le velocità sono medio alte) che è uno dei principali composti che portano alla distruzione dell'ozono.

In [Figura 23](#) viene riportato l'andamento della media su otto ore da cui si evincono i superamenti del livello di informazione. In [Figura 24](#) l'andamento orario della concentrazione di ozono viene confrontato con alcune stazioni della rete fissa provinciale. L'andamento osservato a Orio C.se, con valori minimi notturni più elevati delle stazioni di pianura, è confrontabile qualitativamente con quello che si misura presso la stazione fissa di Ceresole Reale, stazione classificata di fondo rurale e sita ad una quota di oltre 1600 metri s.l.m, anche se in quest'ultimo caso i valori minimi notturni sono di norma ancora più elevati.

Essendo il sito di misura di Orio C.se ad altitudine di circa 330 metri s.l.m. il fatto che il profilo orario dell'ozono sia simile a quello di una stazione di quota da un lato è legato alla natura secondaria di questo inquinante che diffonde e accumula con facilità sia come tale che a livello dei precursori (elevate concentrazioni di ozono si possono rilevare anche molto lontano dai punti di emissione dei precursori) dall'altra fa ipotizzare una scarsa quantità di inquinanti di tipo primario ad Orio C.se che distruggerebbero l'ozono nelle ore di bassa insolazione .



**Figura 22:** O<sub>3</sub> - confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

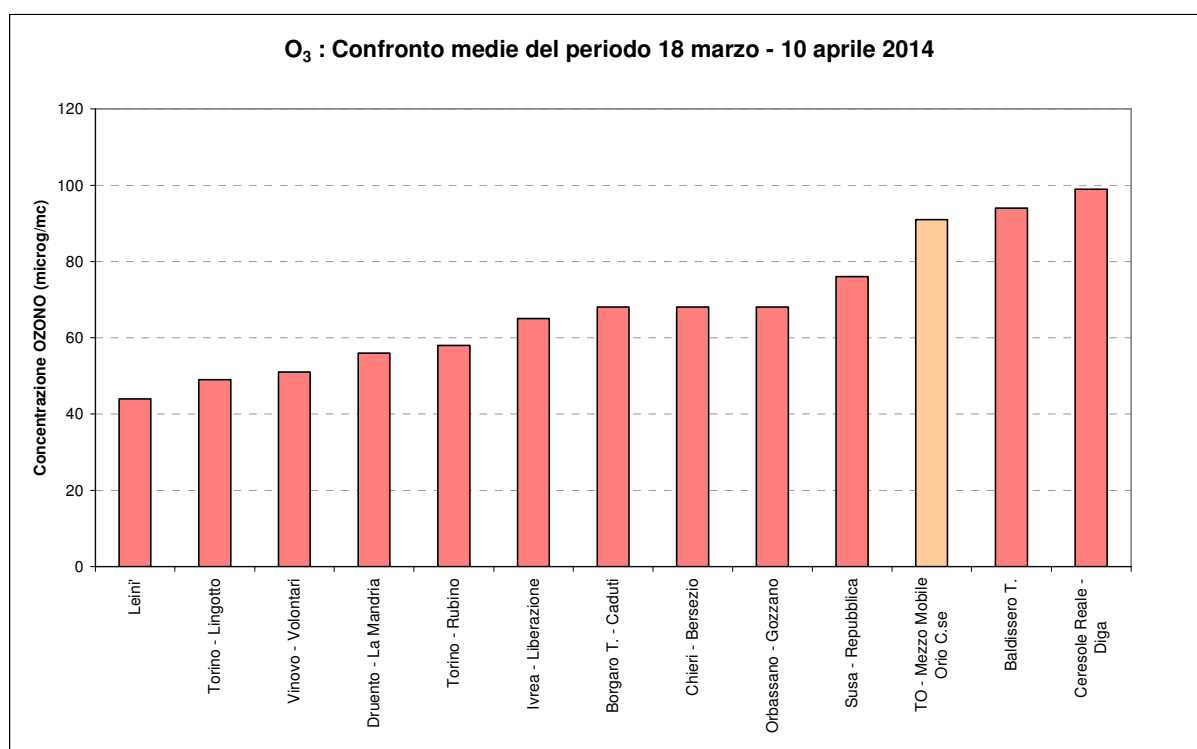


**Figura 23:** O<sub>3</sub> - andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

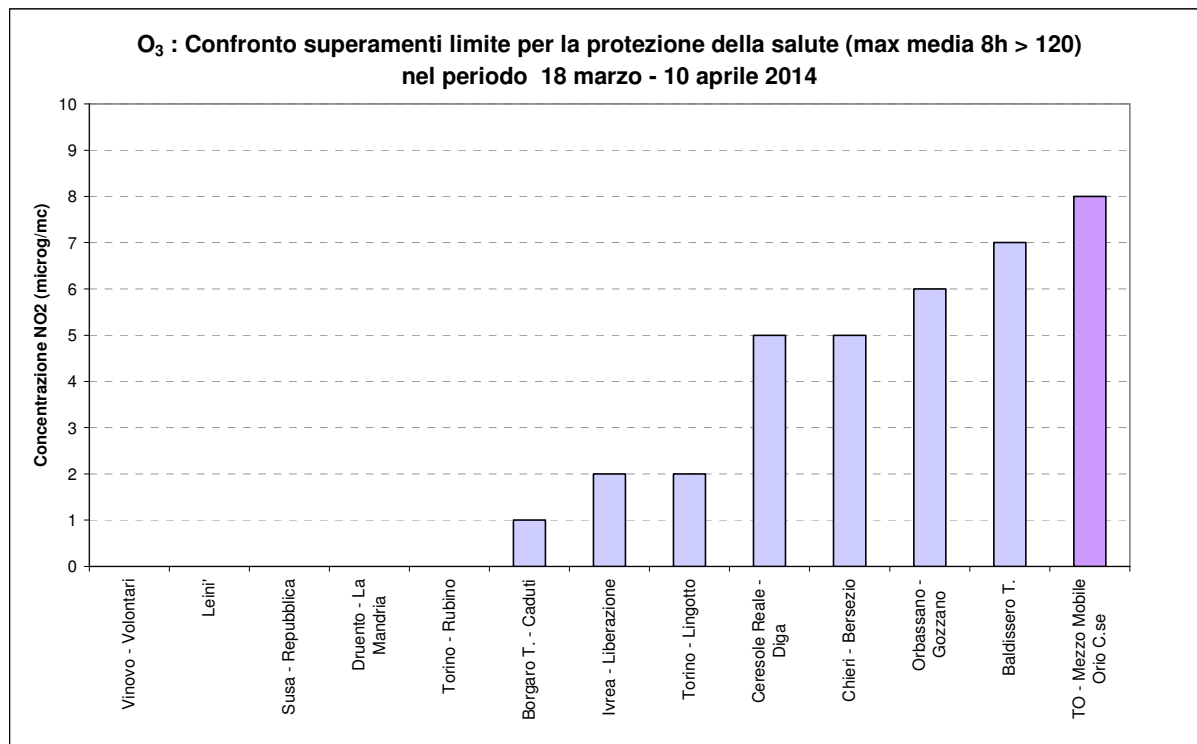


Nelle figure 24 e 25 si riporta il confronto tra i valori ed i superamenti registrati a Orio C.se con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa.

Rispetto alla media del periodo 18 marzo - 11 aprile 2014, il sito di Orio C.se presenta il valore medio tra i più alti della rete; analogamente per quanto riguarda 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 Orio C.se è quello che registra il maggior numero di superamenti. In sintesi a Orio C.se, nel periodo monitorato, si registrano valori di ozono mediamente elevati con scarse fluttuazioni tra i minimi ed i massimi giornalieri.



**Figura 24** – O<sub>3</sub> confronto delle medie del periodo 18 marzo – 11 aprile 2014



**Figura 25** – O<sub>3</sub> confronto tra le stazioni del numero di superamenti del limite per la protezione della salute

### Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) - Metalli sul particolato

Le considerazioni e i commenti relativi ai composti policiclici aromatici e dei metalli sul particolato saranno riportati nella seconda relazione, di confronto tra la prima e la seconda campagna di monitoraggio sia perché i tempi per la determinazione analitica di tali composti è più lunga sia perché la normativa definisce indicatori annuali e quindi risulterebbe poco significativo il confronto con i dati rilevati durante un'unica campagna breve.

## **CONCLUSIONI**

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Orio C.se 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 e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione dell'ozono e del particolato atmosferico PM<sub>10</sub>. Infatti, per questi ultimi sono stati registrati 8 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> calcolata come massima media trascinata sulle otto) per l'ozono e 3 superamenti del livello giornaliero protezione della salute (50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile) per il PM<sub>10</sub>. Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo fa ipotizzare che, nel comune di Orio C.se, un campionamento annuale porterebbe ad un numero di superamenti annui inferiore ai 35 concessi dalla normativa in vigore.

I dati di PM<sub>2,5</sub> acquisiti mostrano come la frazione che compone il PM<sub>10</sub> è costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

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 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, biossido di azoto, IPA e Metalli.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione priva di particolari criticità, ad eccezione dell'ozono per cui si sono rilevati dei superamenti del limite di protezione della salute umana. Va sottolineato che si tratta di un fenomeno di inquinamento atmosferico che interessa tutto il territorio provinciale e regionale soprattutto nei periodi estivi o primaverili in caso di giornate calde e assolate. 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 su tale inquinante, che sul territorio provinciale presenta una criticità nei mesi caldi dell'anno, 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 SO<sub>2</sub> 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<sub>x</sub>.

  - ✓ 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 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>