

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

Struttura semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL

LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI TORRAZZA PIEMONTE

RELAZIONE 1° CAMPAGNA (14 Aprile – 9 Maggio 2016)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale	Data:	Firma:
	Nome: Francesco Romeo	<i>28/12/2016</i>	
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione	Data:	Firma:
	Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	<i>28/12/2016</i>	



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

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Torrazza Piemonte per la collaborazione prestata.



CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	5
<i>L'Aria e i suoi Inquinanti</i>	6
IL LABORATORIO MOBILE.....	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	11
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	12
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	16
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Torrazza Piemonte 223</i>	
<i>Biossido di zolfo.....</i>	24
<i>Ossidi di Azoto</i>	25
<i>Monossido d'azoto</i>	25
<i>Biossido d'azoto.....</i>	27
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	30
<i>Benzene e Toluene</i>	33
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	35
<i>PM₁₀</i>	35
<i>PM_{2.5}.....</i>	36
<i>Ozono</i>	39



Conclusioni	43
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	44



CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO



L'Aria e i suoi Inquinanti

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

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

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2015", elaborata congiuntamente dall' Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città metropolitana di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Città metropolitana.

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 dipartimentali da Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2,5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

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

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

- **Valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo.
- **Valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento
- **Soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il recente D.Lgs. 155/2010 ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2,5} e in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;



- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2,5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell' esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010).

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 2015".

Tabella 2: Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010



Tabella 3: Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

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

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

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

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

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

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

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



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO



OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Torrazza Piemonte da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale.

In particolare tale campagna è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente, dopo la costruzione della centrale a biomasse, la quale è situata lontano dal centro abitato di Torrazza Piemonte.

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

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in Via fausto Coppi, vicino agli impianti sportivi.

Tale sito è stato individuato durante il sopralluogo del 02/03/2016, al quale erano presenti: per Arpa Piemonte Francesco Romeo; per il comune di Torrazza Piemonte Arch. Maria Cristina Donati.

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 nel periodo caldo ed una seconda campagna nel periodo freddo.

La campagna è stata condotta tra il **14 Aprile** e l'**9 Maggio 2016**.

Si rammenta 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. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 15 Aprile all'8 Maggio 2016, per un totale di 24 giorni.



Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile 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 D.Lgs. 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 nello stesso periodo 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 Torrazza Piemonte.

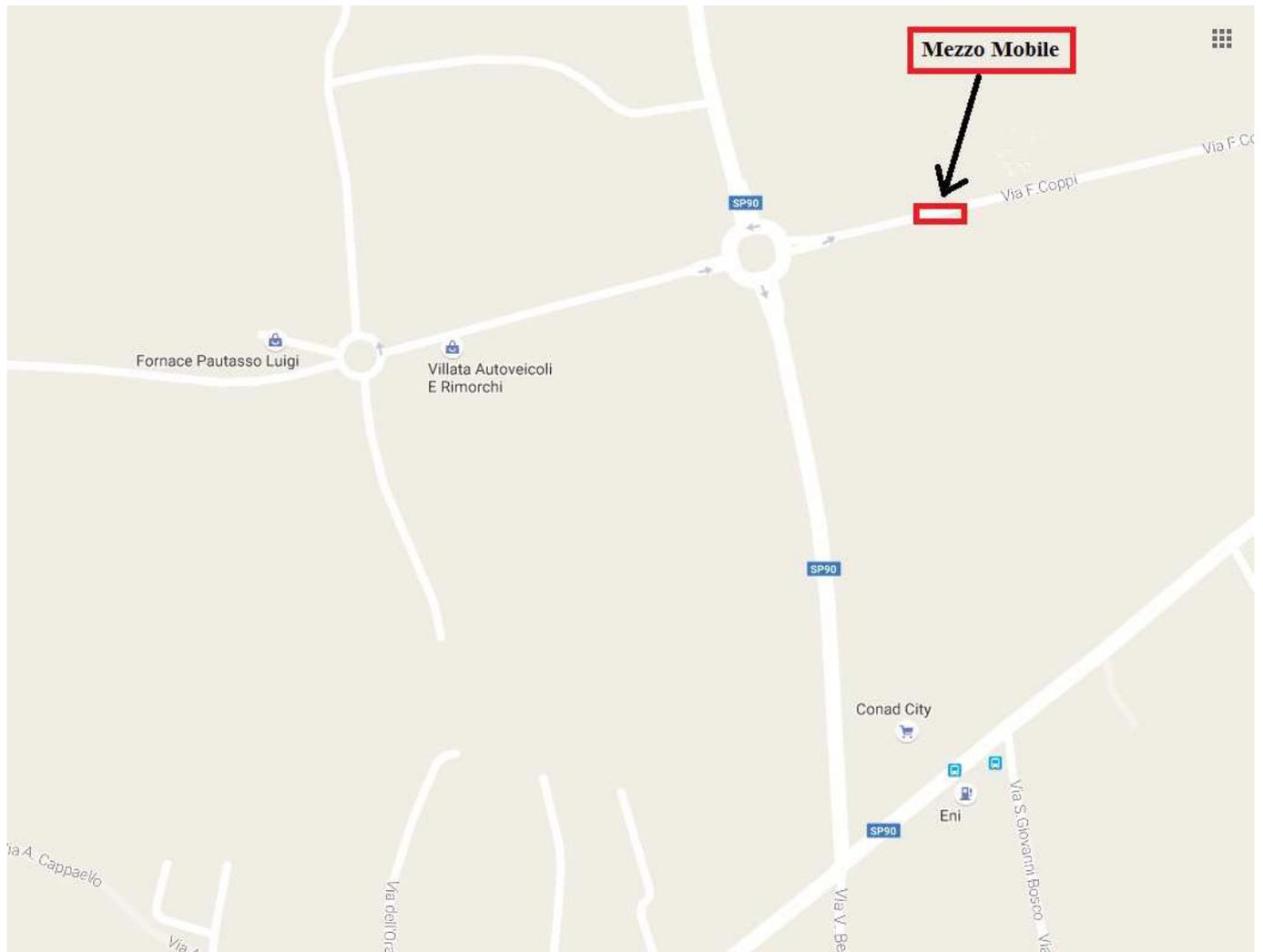
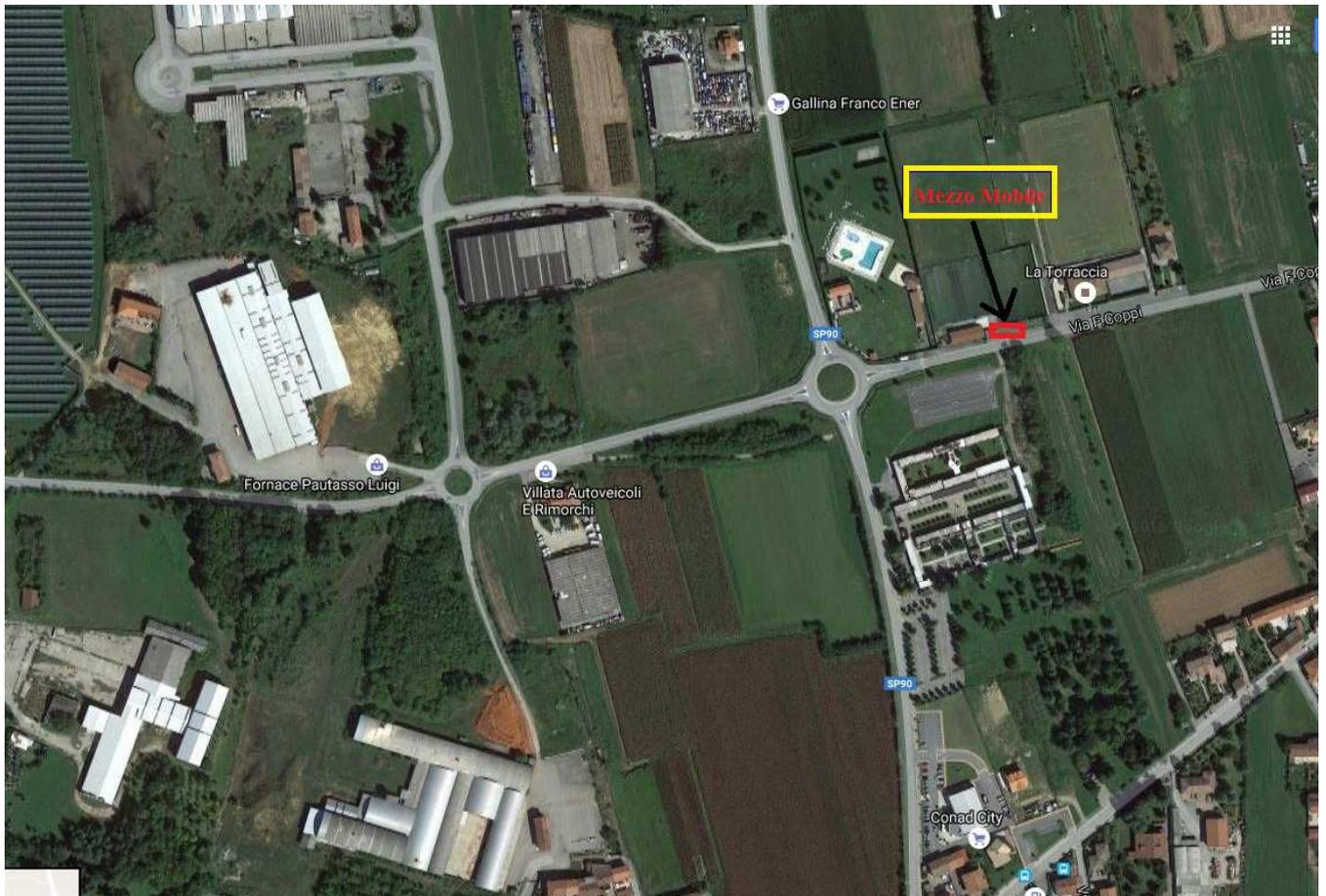


Figura 2: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Torrazza Piemonte.





Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteo climatici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteo climatici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

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



Tabella 5 – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	9.1
Massima media giornaliera	16.8
Media delle medie giornaliere (b):	13.7
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	13.7
Massima media oraria	24.3
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

Tabella 6 – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	42
Massima media giornaliera	89
Media delle medie giornaliere (b):	63
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	63
Massima media oraria	100
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

Tabella 7 – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	980
Massima media giornaliera	1001
Media delle medie giornaliere (b):	991
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	991
Massima media oraria	1004
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%

Tabella 8 – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.84
Massima media giornaliera	2.51
Media delle medie giornaliere (b):	1.46
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.46
Massima media oraria	5.70
Ore valide	573
Percentuale ore valide	99%

Tabella 9 – Radiazione solare globale (W/m²)

Minima media giornaliera	60
Massima media giornaliera	341
Media delle medie giornaliere (b):	242
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	242
Massima media oraria	965
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%



Figura 12: Livello pioggia

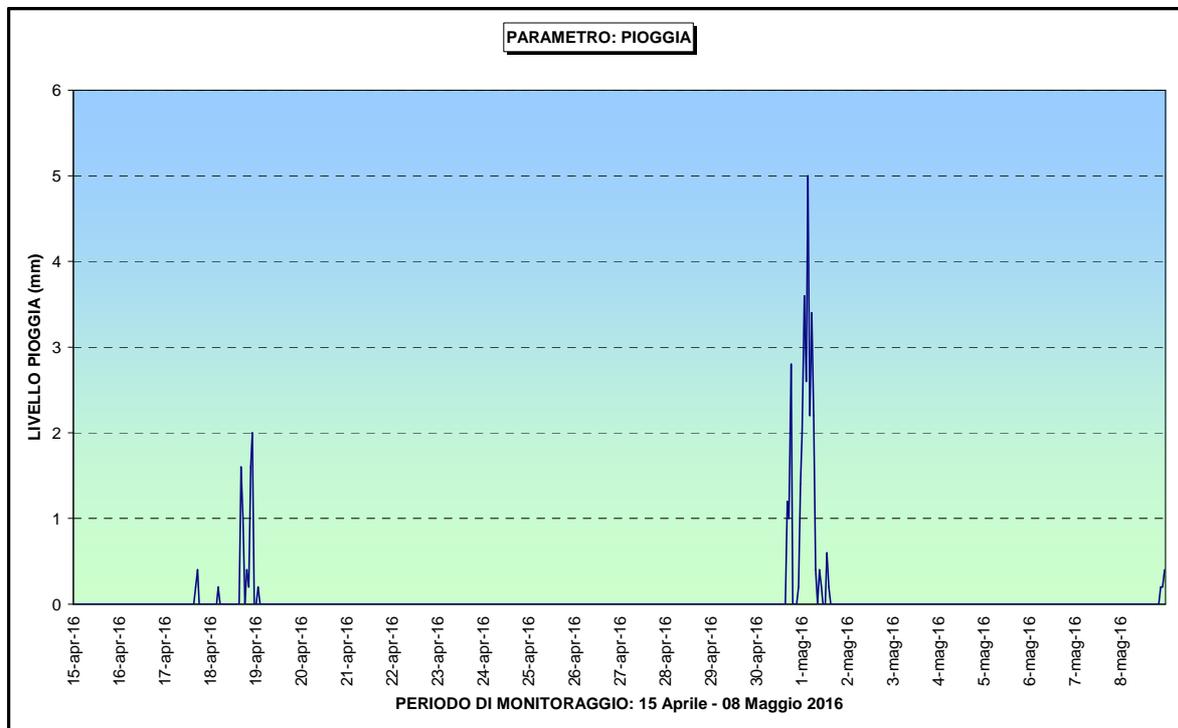


Figura 13: Umidità relativa

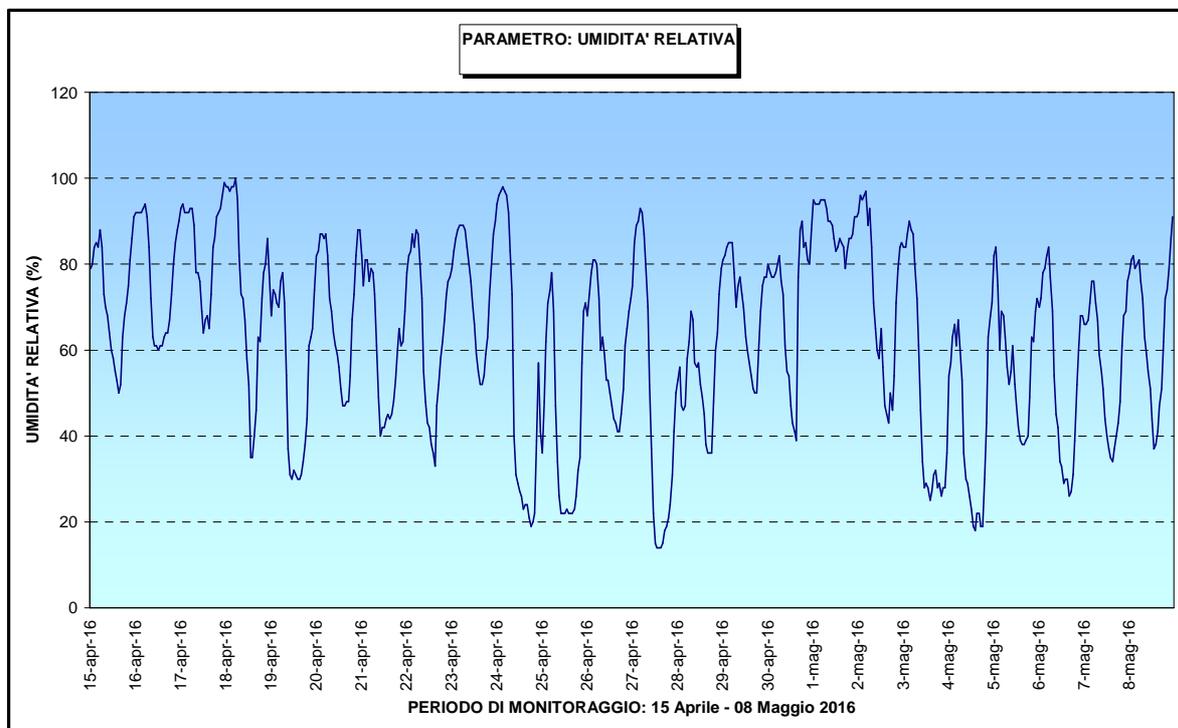




Figura 14: Pressione Atmosferica

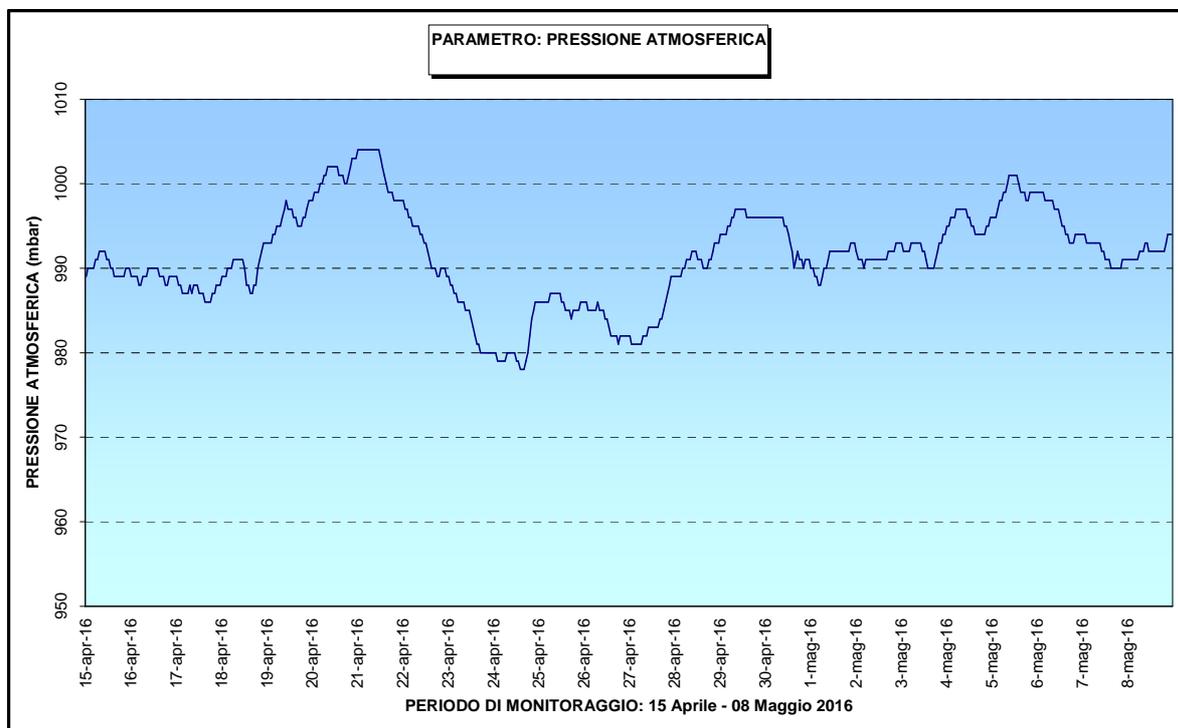


Figura 15: Temperatura

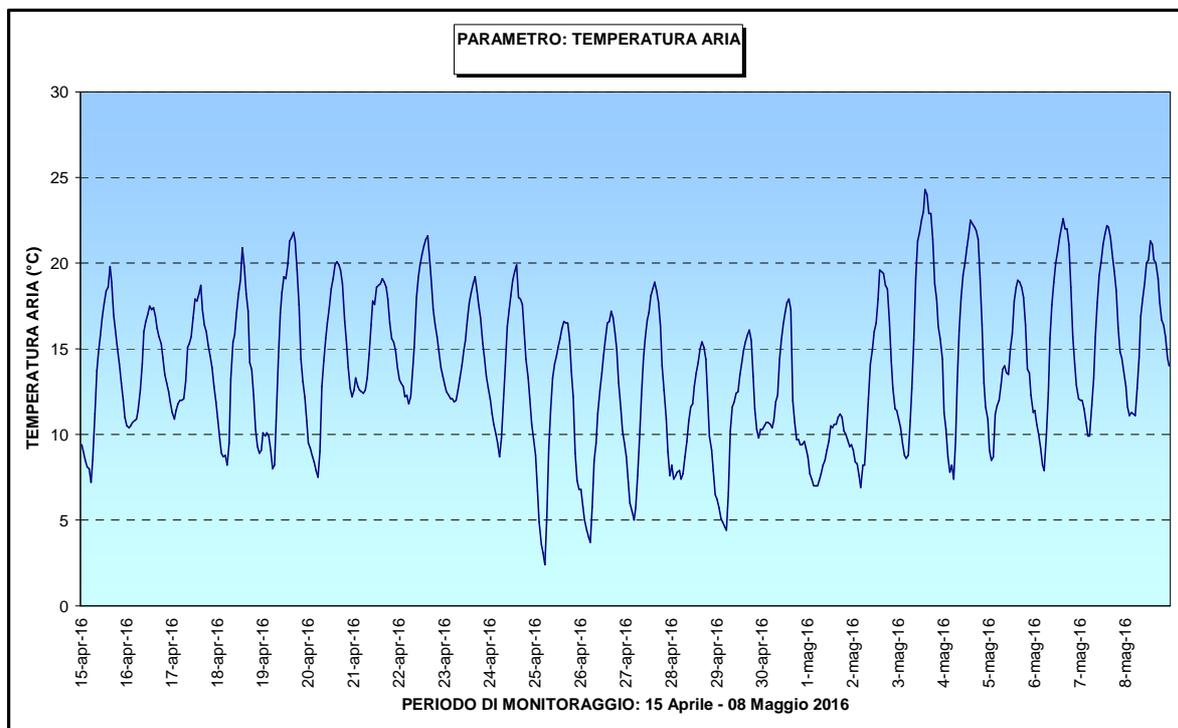




Figura 16: Radiazione Solare Globale

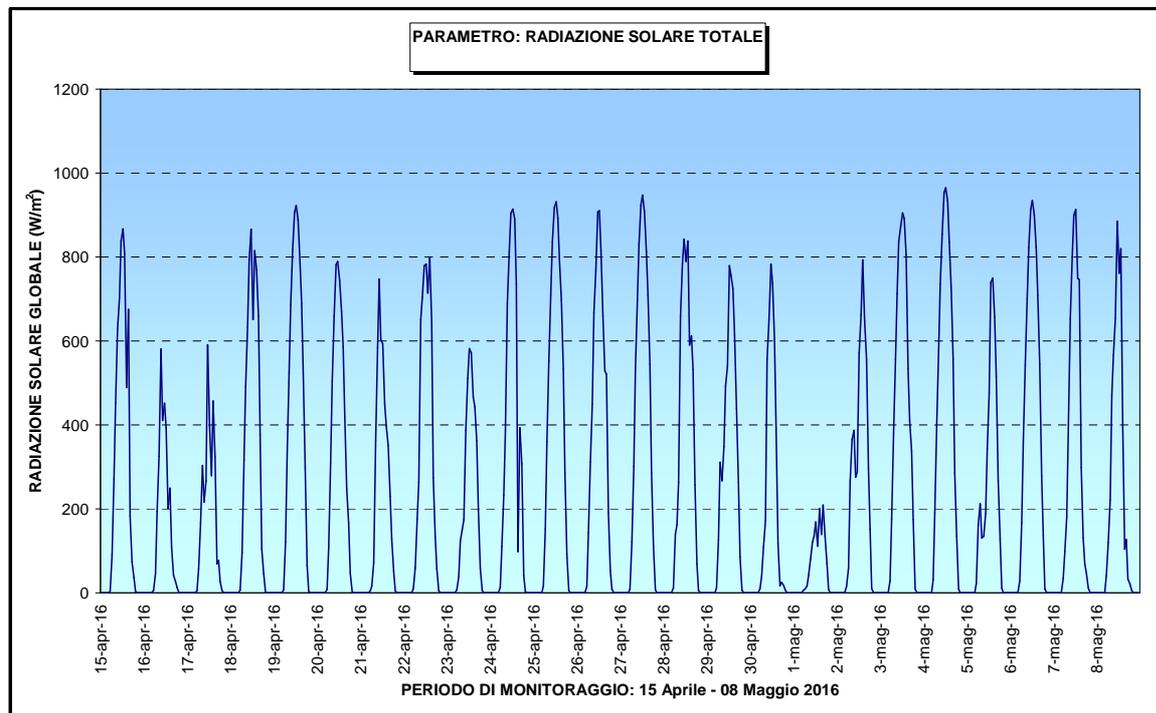


Figura 15: Velocità del vento

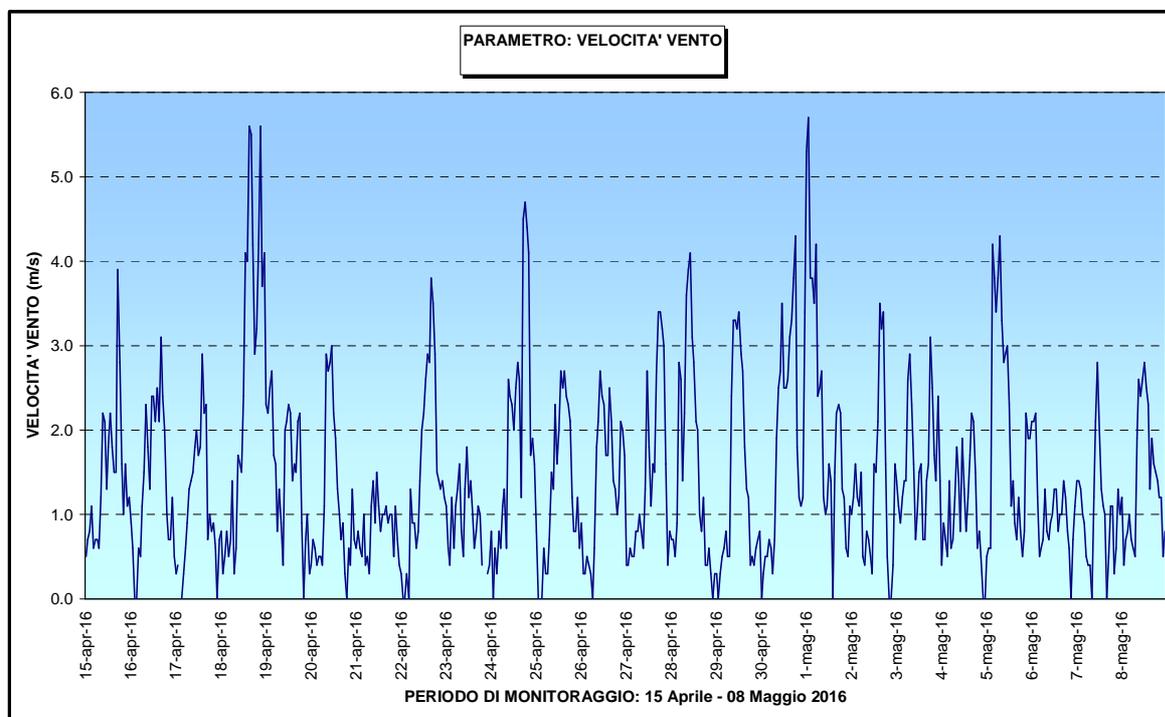




Figura 16: Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio

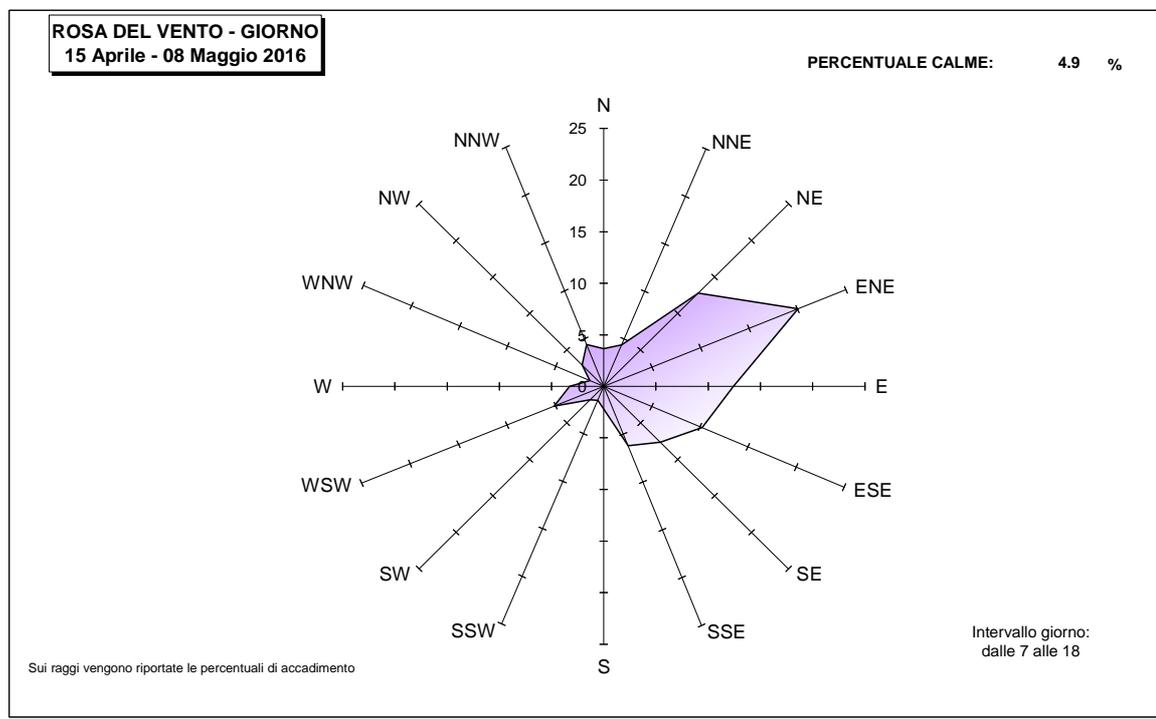


Figura 17: Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio

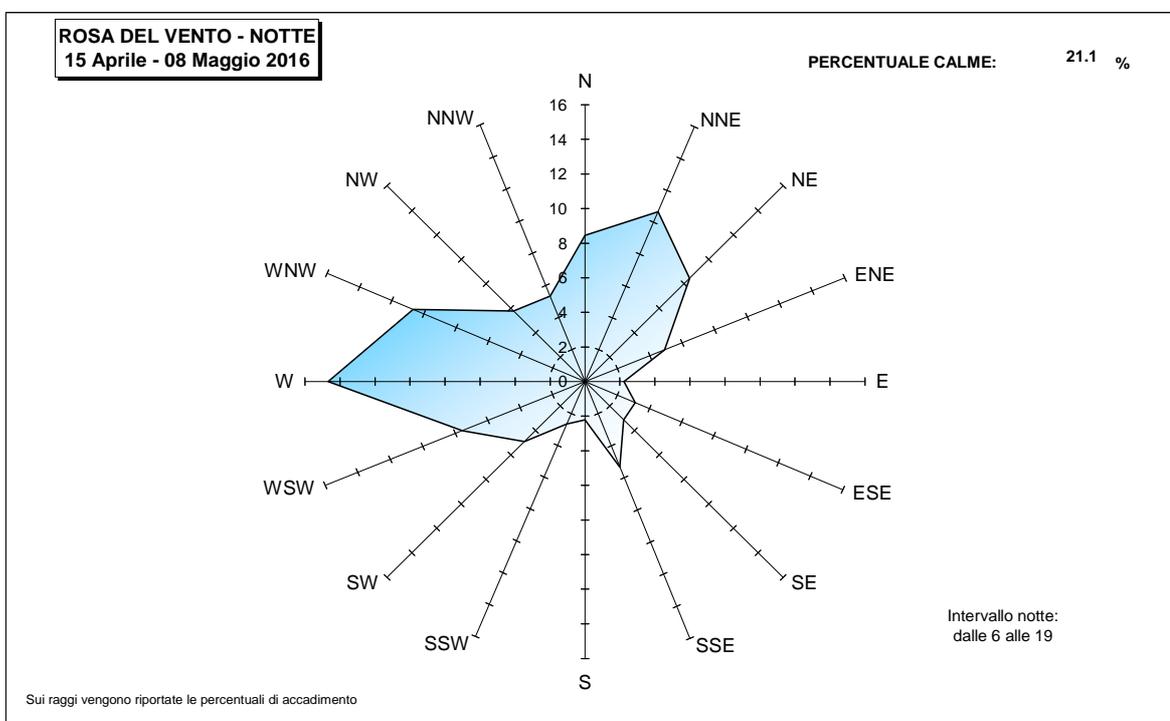
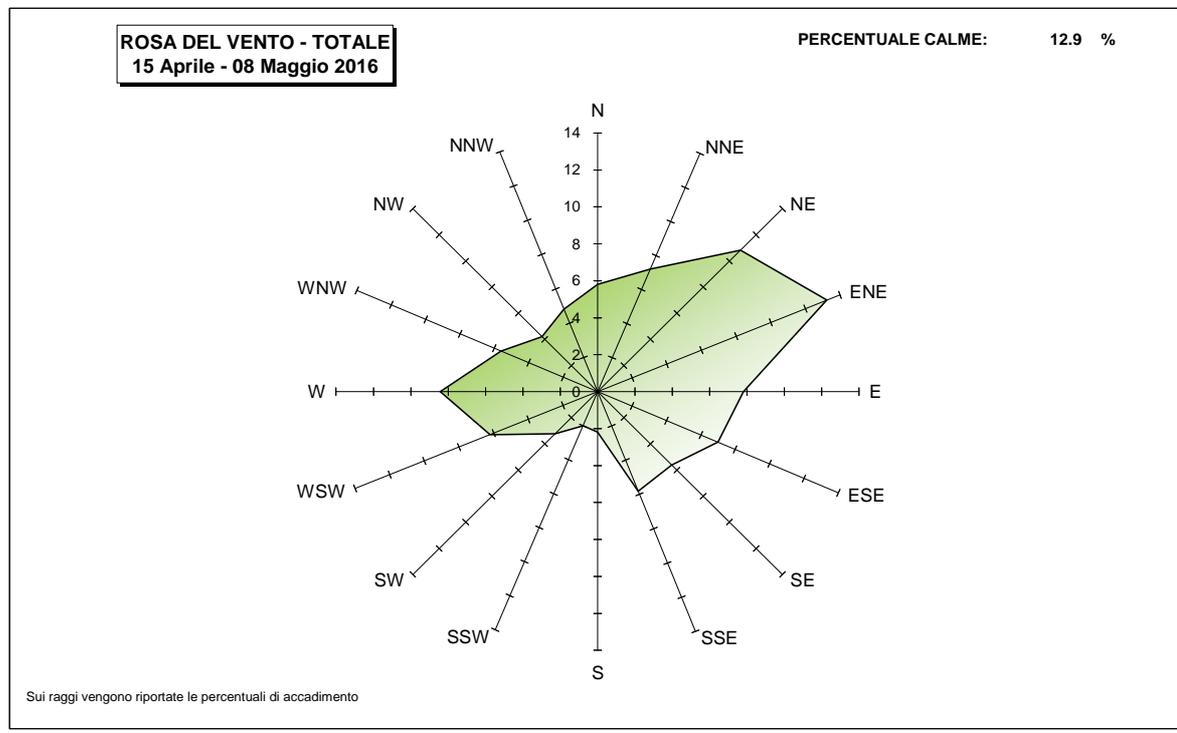




Figura 18: Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio





Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Torrazza Piemonte

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

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

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all' indirizzo: <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.



Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

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

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

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.

Per problemi strumentali, i dati forniti dallo strumento sono stati invalidati,; verrà fatta una seconda valutazione durante le seconda campagna di monitoraggio.



Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

Nel corso della campagna di monitoraggio i livelli di NO (**Tabella 7**) sono risultati inferiori a **38** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una media dei valori orari risulta pari a **8** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valori tipici della stagione calda.

In (**Figura 19**) e (**Figura 20**) si nota che l'andamento dei livelli di NO nella campagna di monitoraggio, sono in generale confrontabili con quelli della stazione di monitoraggio fissa di Torino – Lingotto, stazione di fondo urbano, mentre risultano molto più bassi rispetto alla stazione fissa di Torino-Consolata, stazione fissa di traffico urbano e leggermente più alti rispetto alla stazione fissa di Susa, stazione di fondo suburbana.

Tabella 10: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	6
Massima media giornaliera	10
Media delle medie giornaliere (b):	8
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	8
Massima media oraria	37
Ore valide	575
Percentuale ore valide	100%



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

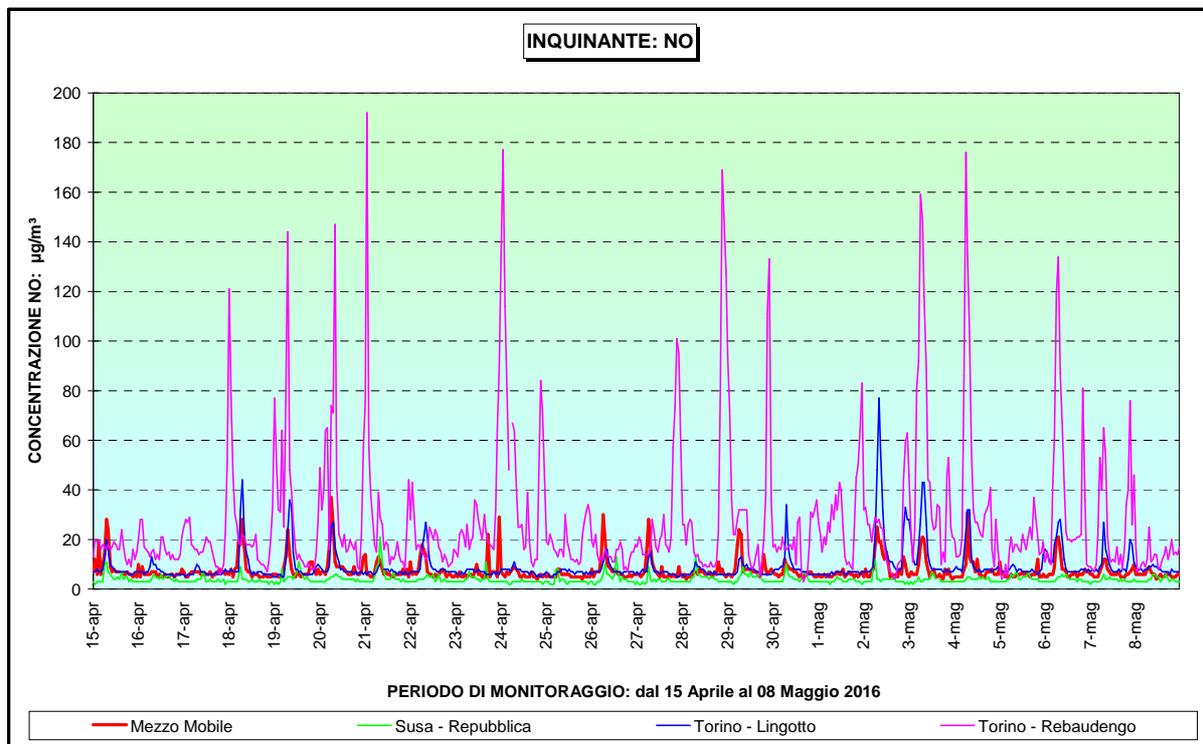
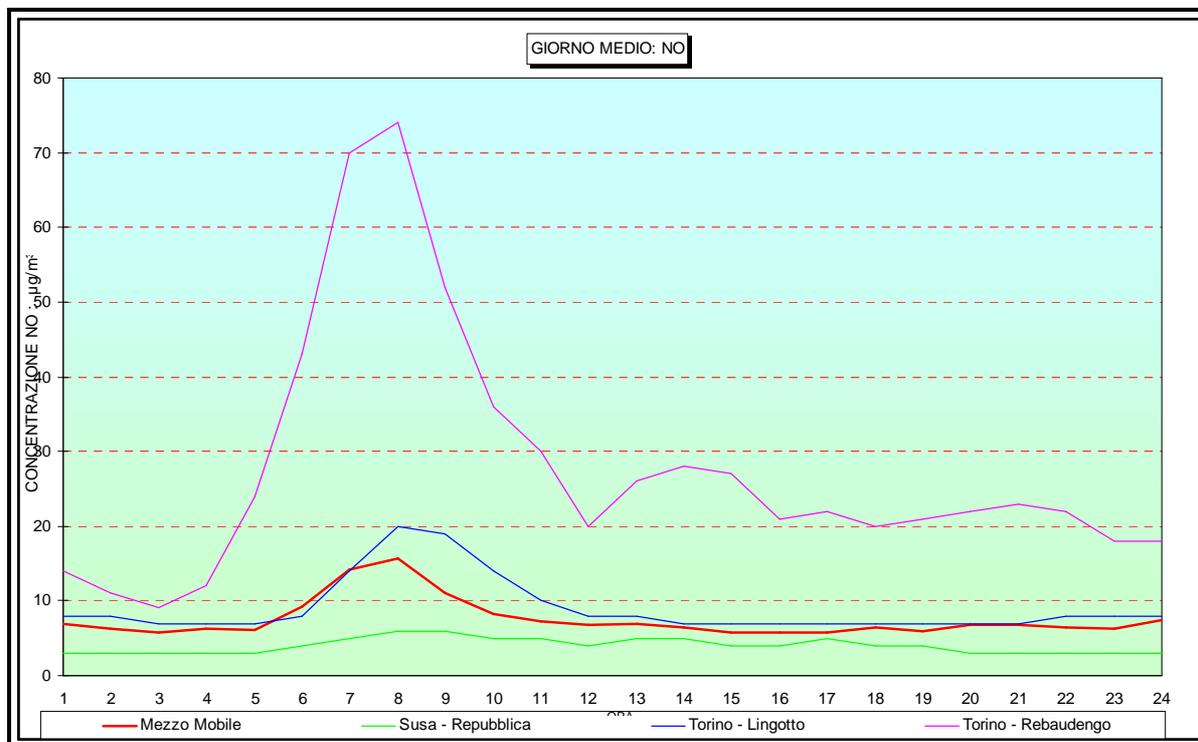


Figura 20: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa





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

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

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. Da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, (“*Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000*”, APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x su percorso urbano stimato per le autovetture ammonta a 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Durante la campagna di monitoraggio nel comune di Torrazza Piemonte la massima media oraria di NO₂ è stata di **56** µg/m³ (Tabella 11), con una media dei valori della campagna di **18** µg/m³, non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³.

In (Figura 21) si vede chiaramente come i valori di NO₂ sono ampiamente sotto il limite dei 200 µg/m³, mentre in (Figura 22) possiamo riprendere le stesse considerazioni fatte con l'inquinante NO, che vedono i valori NO₂ simili alla stazione di Torino – Lingotto e leggermente più alti della stazione di Susa, mentre risultano molto più bassi rispetto alla stazione di traffico urbano di Torino – Consolata.

Considerazioni più approfondite su questo inquinante, ed in particolare sul rispetto le valore limite annuale, potranno essere effettuate al termine della seconda campagna.



Tabella 11: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	12
Massima media giornaliera	27
Media delle medie giornaliere (b):	18
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	18
Massima media oraria	56
Ore valide	575
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Figura 21: NO_2 : confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse

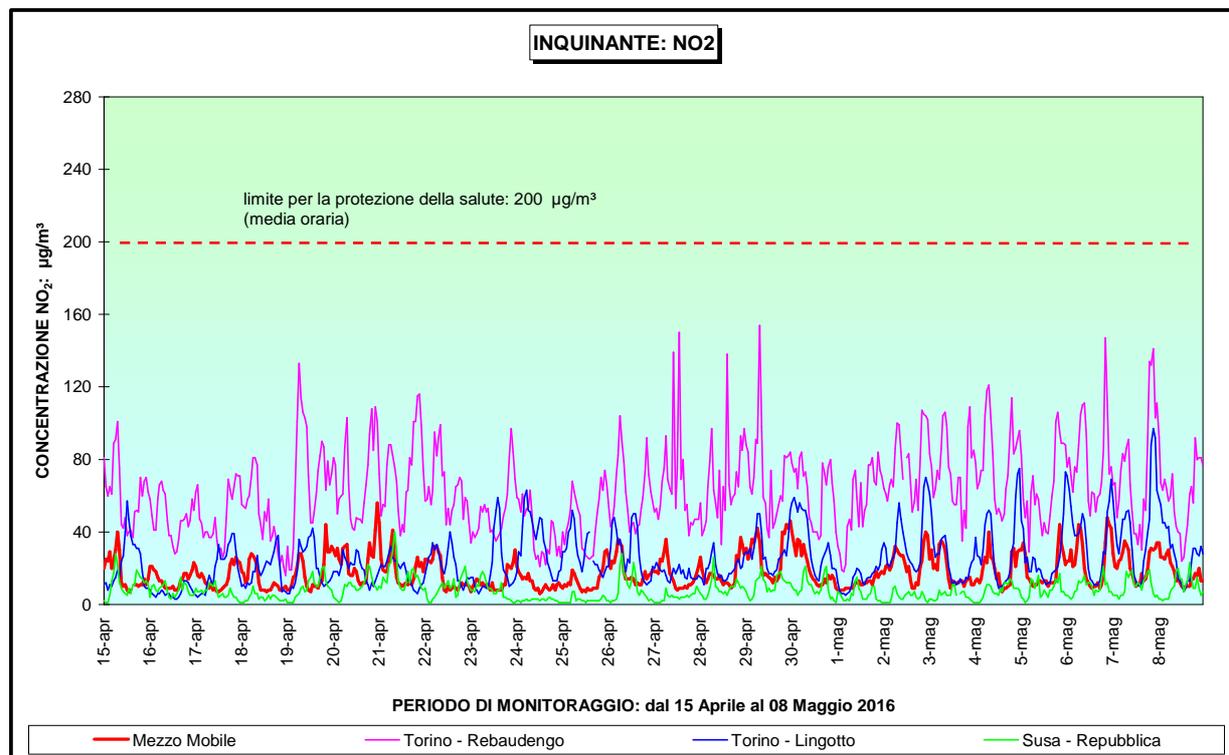
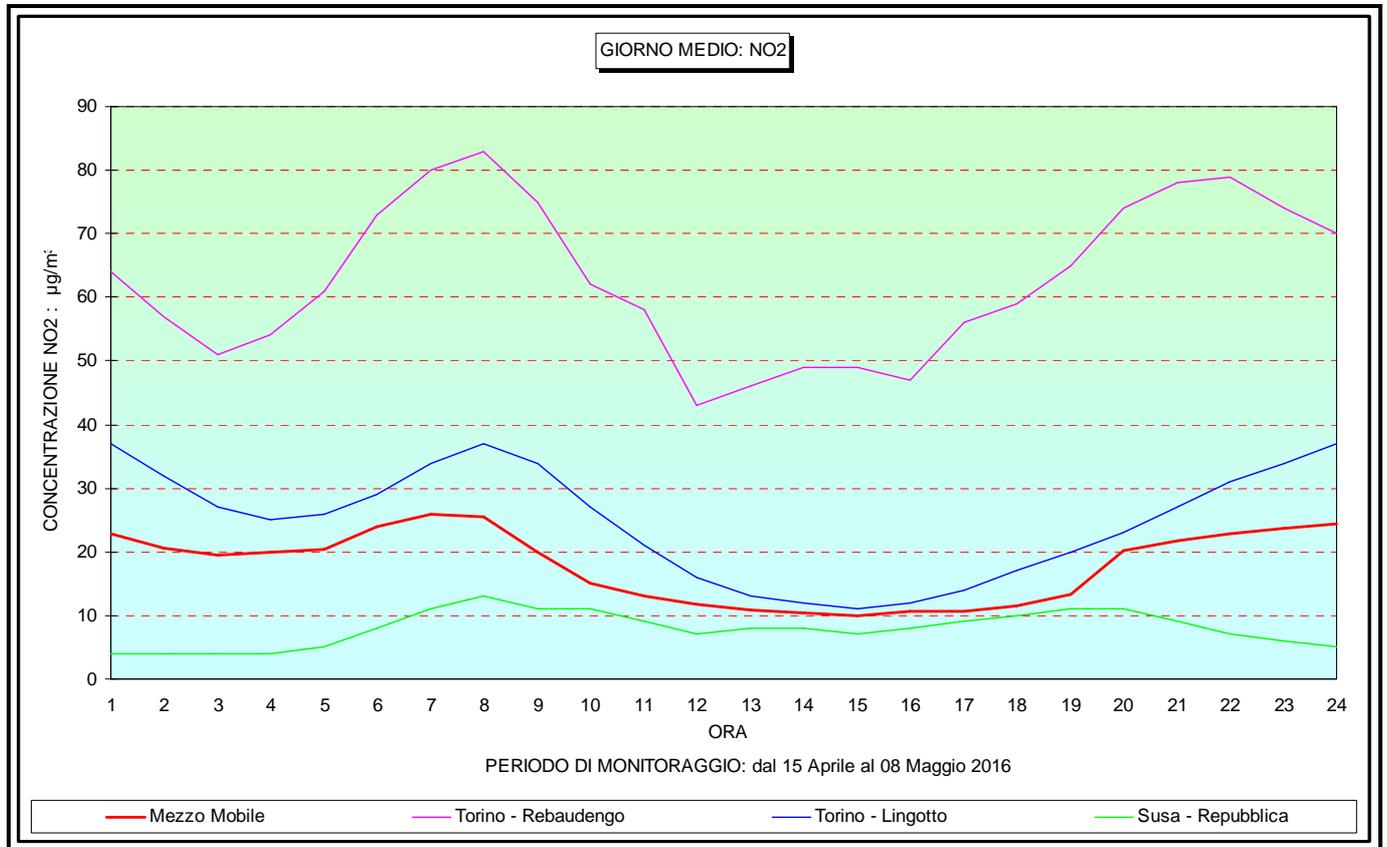




Figura 22: NO₂: andamento del giorno medio





Monossido di Carbonio

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

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

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

I valori di concentrazione del monossido di carbonio misurati durante la campagna nel Comune di Torrazza Piemonte risultano più bassi rispetto alla stazione fissa di Torino – Rebaudengo, stazione di traffico urbano, mentre sono leggermente più alti rispetto alla stazione di Oulx, stazione di traffico suburbana vedi (**Figura 24**) e (**Figura 25**).

In (**Figura 23**) si vede chiaramente che il limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, non viene mai raggiunto, registrando una massima media oraria di **0,4** mg/m^3 (vedi **Tabella 9**).



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

Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.4
Media delle medie giornaliere (b):	0.3
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	0.4
Ore valide	560
Percentuale ore valide	97%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.3
Massimo medie 8 ore	0.4
Percentuale medie 8 ore valide	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

Figura 23: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

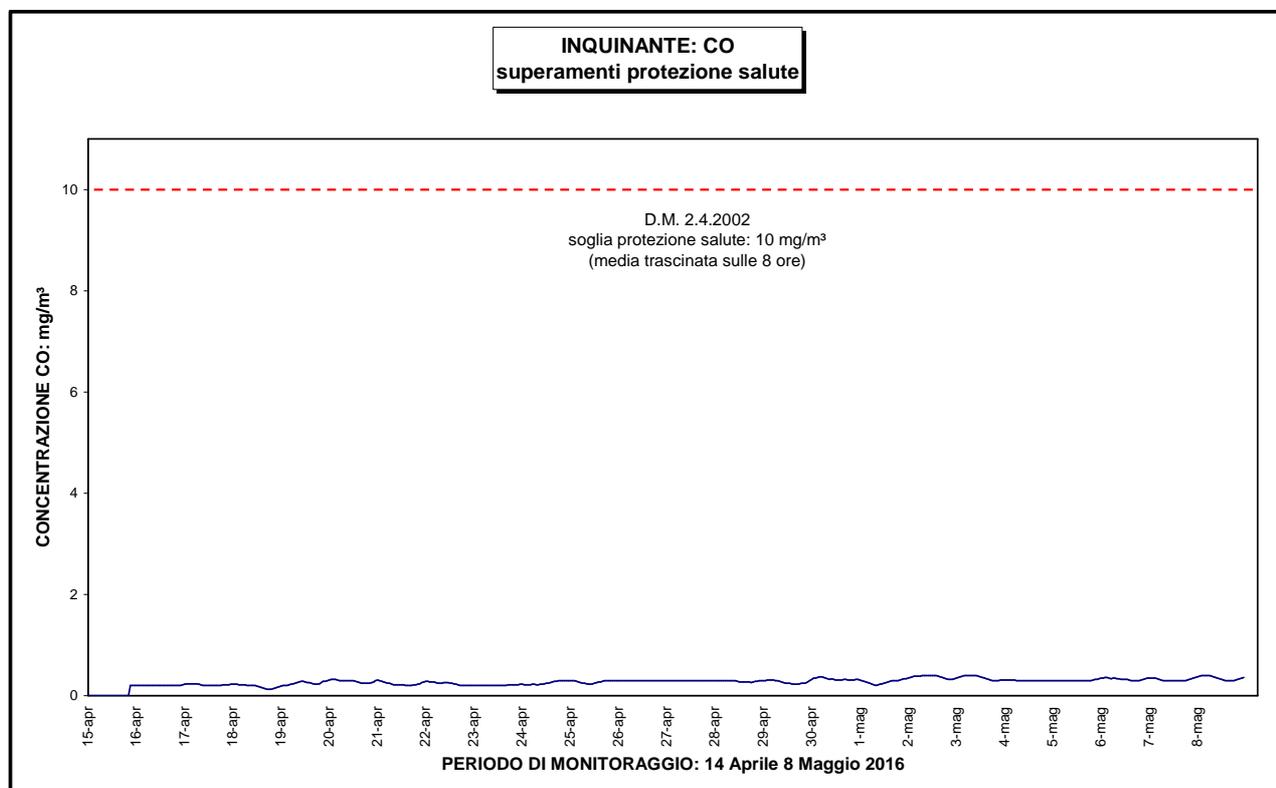




Figura 24: CO andamento delle medie orarie e confronto con alcune stazioni della rete fissa

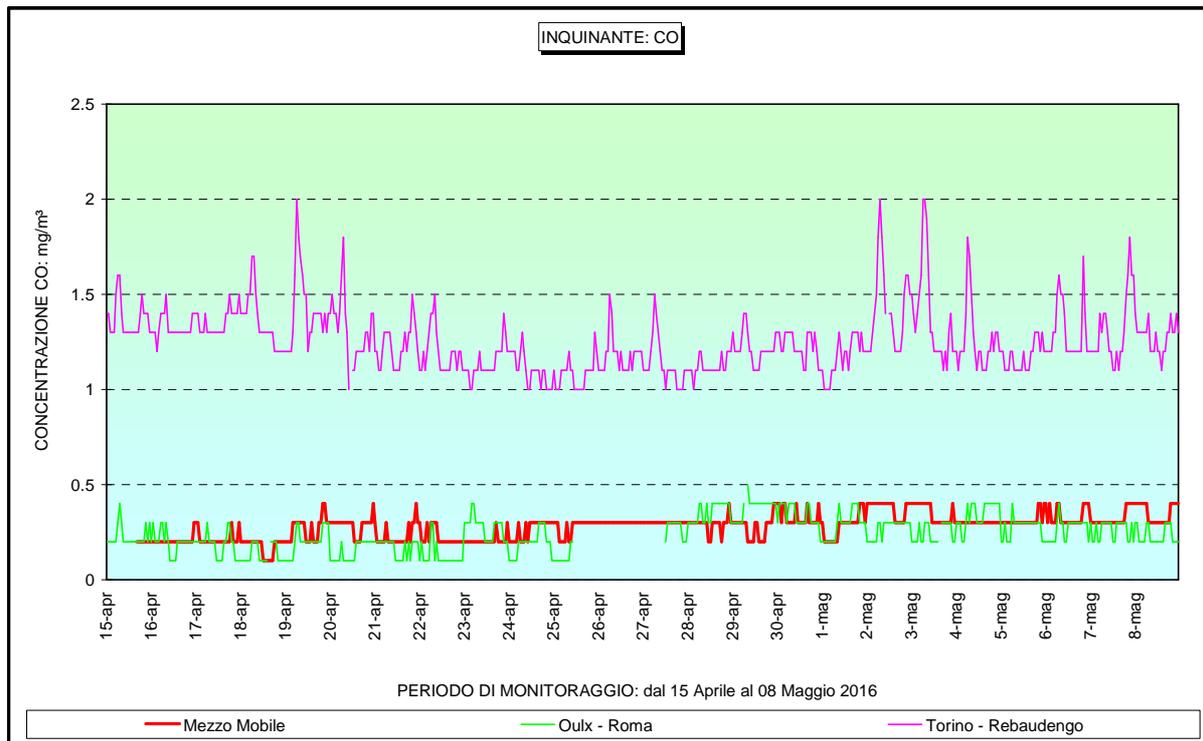
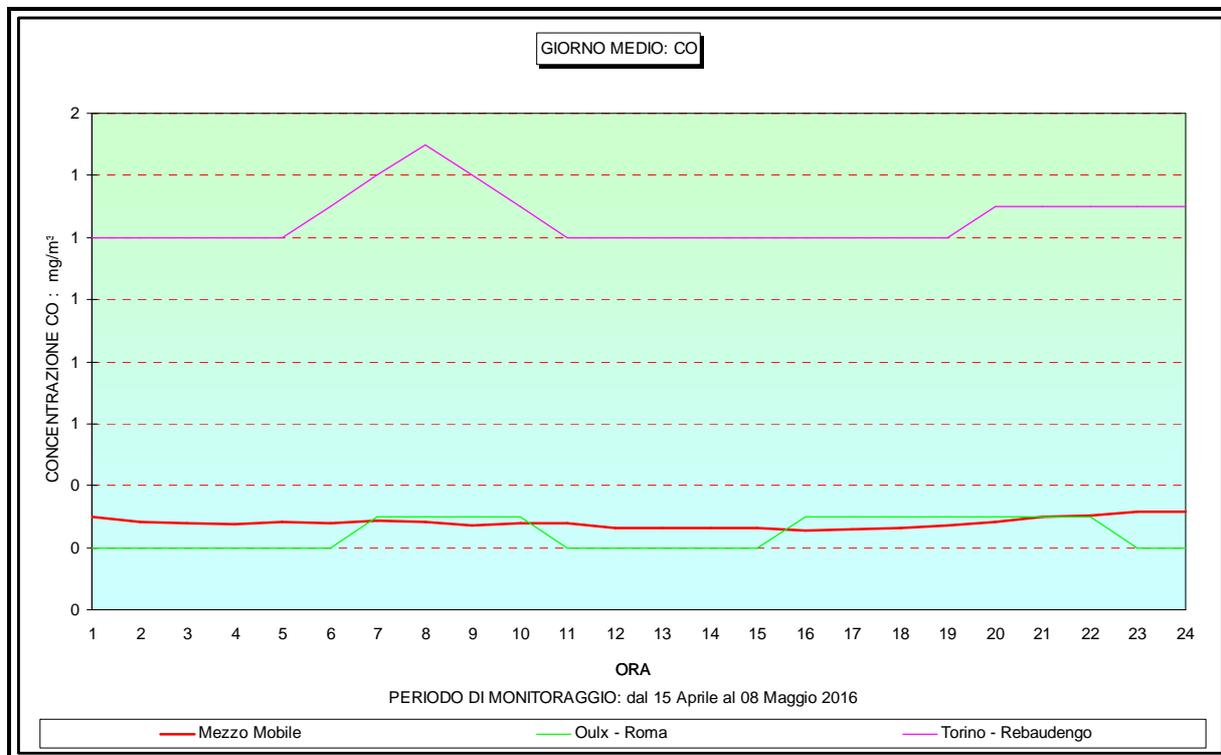


Figura 25: CO: andamento del giorno medio





Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

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



Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Torrazza Piemonte, per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di **3.3** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di **7.9** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 11**), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Per problemi strumentali, i dati del benzene forniti dallo strumento sono stati invalidati,; verrà fatta una seconda valutazione durante le seconda campagna di monitoraggio.

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

Minima media giornaliera	1.4
Massima media giornaliera	3.3
Media delle medie giornaliere (b):	2.3
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	2.3
Massima media oraria	7.9
Ore valide	558
Percentuale ore valide	97%



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

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico di precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e le manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

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

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

PM_{10}

Durante la campagna monitoraggio nel comune di Torrazza Piemonte non si sono avuti per il particolato PM_{10} superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu g/m^3$, come indicato in **Tabella 12** e in **Figura 28**; nel periodo caldo le concentrazioni di questo inquinante sono basse e molto simili alle stazioni come Torino Lingotto (fondo urbano) e Torino-Consolata (traffico urbano).

Si può spiegare questa uniformità di concentrazione degli inquinanti a causa dell'altezza del rimescolamento, che nei periodi caldi può essere più alta mediamente anche di dieci volte rispetto ai periodi freddi e quindi possiamo dire per semplicità che gli inquinanti vengono diluiti in volume/area maggiore rispetto al periodo invernale, con una conseguente uniformità spaziale.

Nel periodo invernale, abbiamo oltre alla bassa quota del rimescolamento dell'aria che favorisce l'accumulo degli inquinanti come detto prima, anche il contributo degli impianti di riscaldamento, quindi abbiamo una differenza maggiore di concentrazione di inquinanti tra zone di traffico urbano e zone fondo urbano oppure rurali.



Il valore medio del periodo rilevato nella campagna di monitoraggio è pari a **17** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo giornaliero di **28** $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il 1° Maggio ci sono stati più di **20** mm di pioggia caduti, e come si vede bene nel grafico di **(Figura 29)** abbiamo l'abbattimento delle concentrazioni di particolato sospeso.

Altri fenomeni piovosi si sono registrati nei giorni del 18 e 30 Aprile, con circa 5 mm di pioggia caduti, con un'impatto inferiore sulle concentrazioni degli inquinanti.

PM_{2.5}

Il valore medio del periodo è **10** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo di **15** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 13**), il valore limite previsto dalla normativa pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ va calcolato su base annuale.

Le considerazioni sul rispetto o meno di tale valore limite potranno essere effettuate, come per il PM₁₀, al termine della seconda campagna.

A causa di problemi tecnici la percentuale dei dati del campionario di PM_{2.5} è risultato del 62%, pochi per fare delle valutazioni come il rapporto tra PM₁₀/PM_{2.5}.



Tabella 14: Dati relativi al particolato sospeso PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	28
Media delle medie giornaliere (b):	17
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	88%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0

Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	15
Media delle medie giornaliere (b):	10
Giorni validi	15
Percentuale giorni validi	62%



Figura 28: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

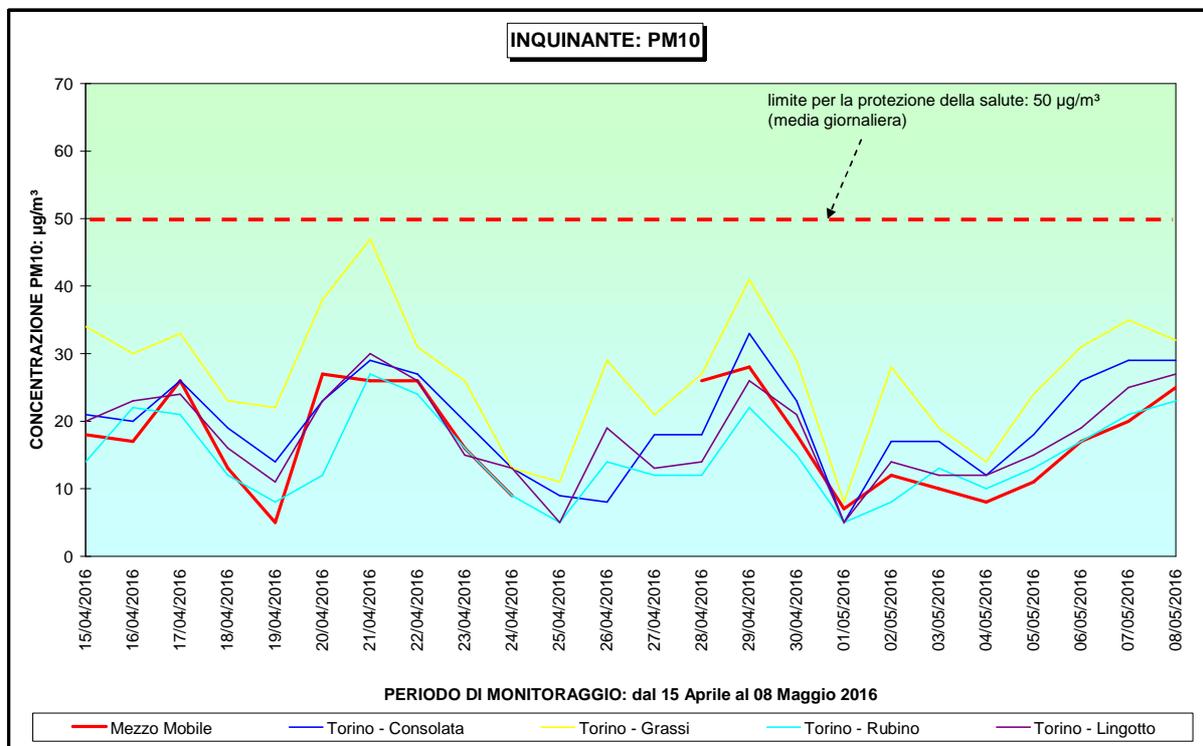
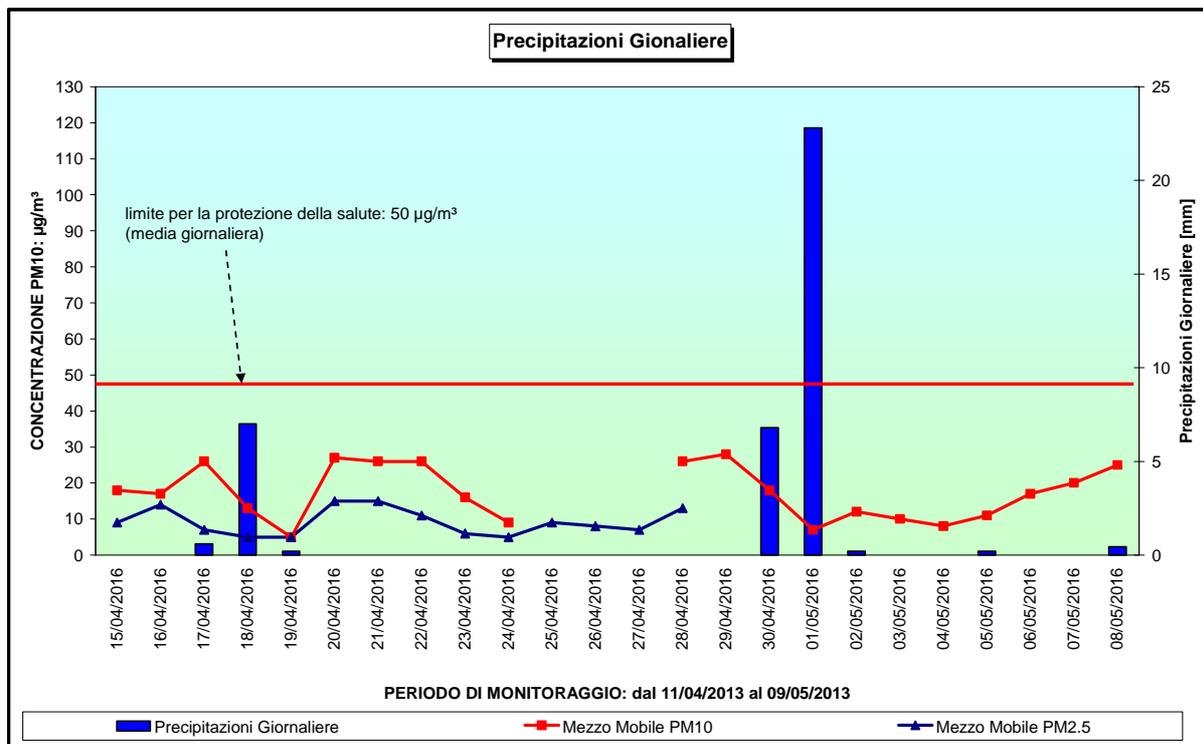


Figura 29: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$: confronto

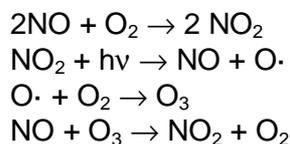




Ozono

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

In forma semplificata, 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 la media dei valori orari di ozono è stata di 72 µg/m³, con una massima media oraria di 165 µg/m³, vedi **Tabella 14**, ci sono stati 29 (superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120 µg/m³)) e 7 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120 µg/m³), ma non si è registrato nessun superamento del livello d'informazione dei 180 µg/m³.

Dal grafico di **Figura 30** si nota come i valori siano non superino mai il livello di protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m³) durante la campagna, come detto in precedenza.

In **Figura 31**, si nota chiaramente il numero di superamenti del livello di protezione della salute dei 120 µg/m³, che sono, come detto sopra 29.

In **Figura 32** il giorno medio dell'ozono viene confrontato con le stazioni fisse di Torino-Lingotto, Chieri e Orbassano si osserva che gli andamenti registrati durante la campagna sono simili a quelli di Orbassano stazione di fondo suburbano e Chieri stazione di traffico suburbano.

Il grafico di **Figura 33** mostra la correlazione dell'ozono con temperatura, come detto nell'introduzione, un forte irraggiamento e quindi una temperatura alta favoriscono la formazione di ozono.

**Tabella 16:** Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g/m^3$)

Minima media giornaliera	45
Massima media giornaliera	92
Media delle medie giornaliere (b):	72
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	72
Massima media oraria	165
Ore valide	560
Percentuale ore valide	97%
Minimo medie 8 ore	11
Media delle medie 8 ore	72
Massimo medie 8 ore	151
Percentuale medie 8 ore valide	96%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	29
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	7
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0



Figura 30: O₃ - confronto con i limiti di legge

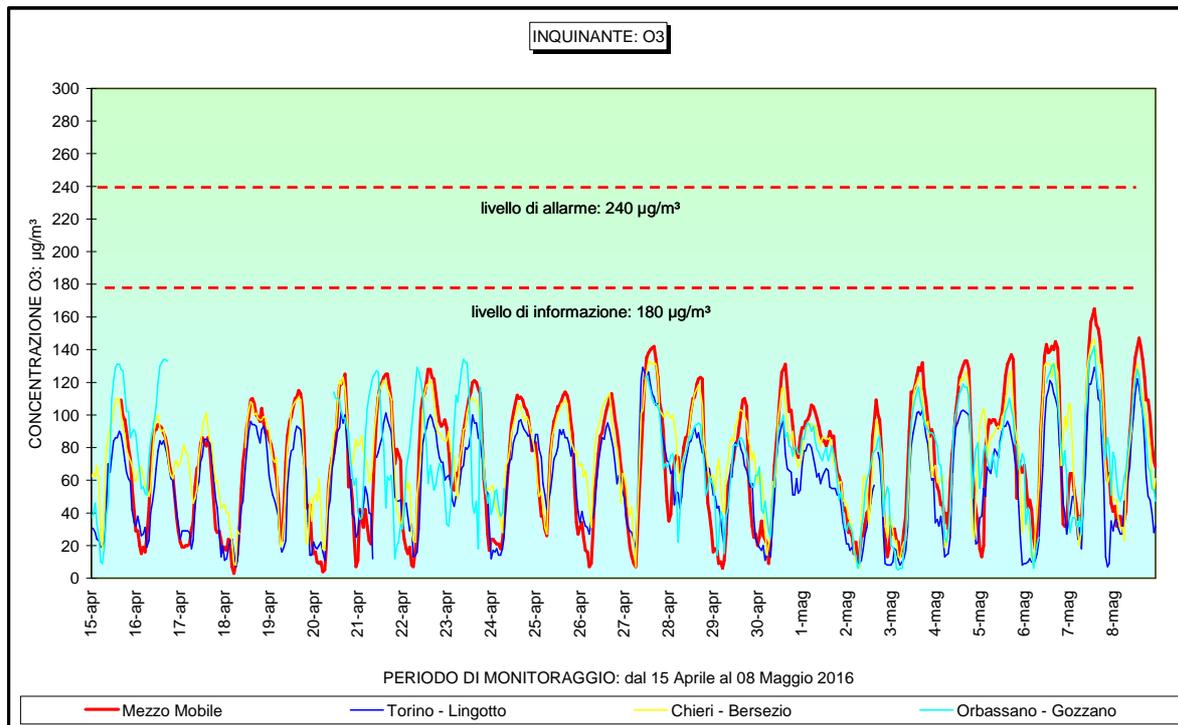


Figura 31: O₃ - superamenti protezione della salute umana

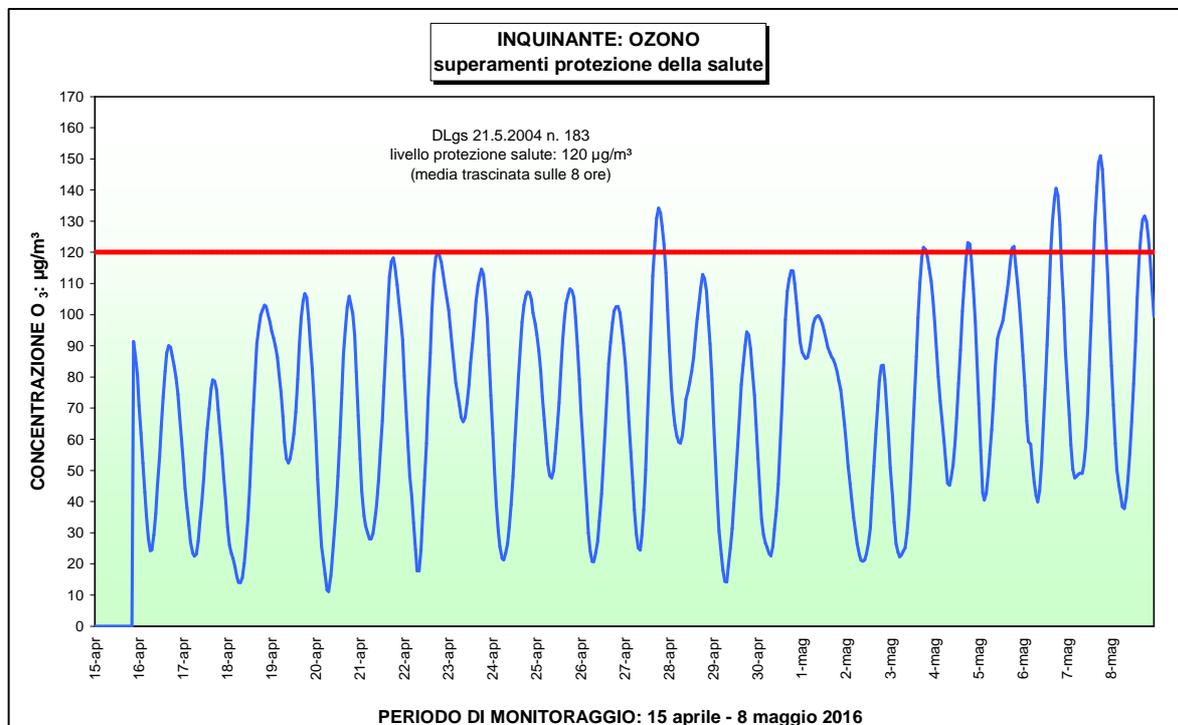




Figura 32: Ozono giorno medio

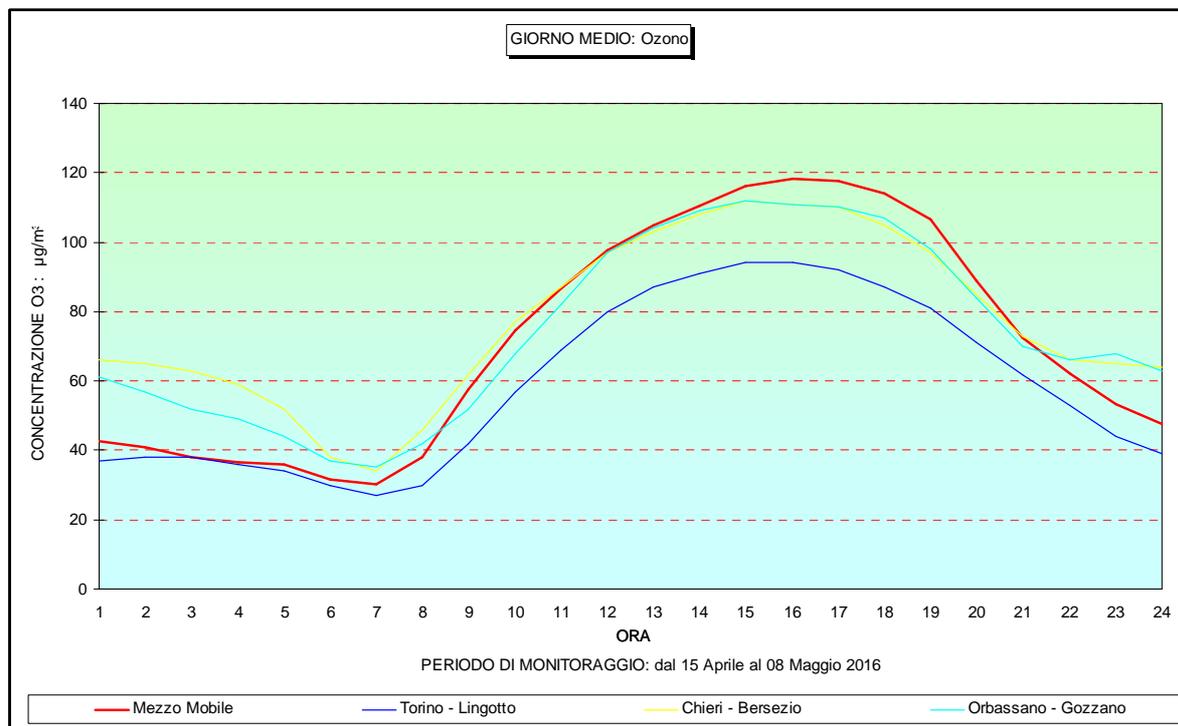
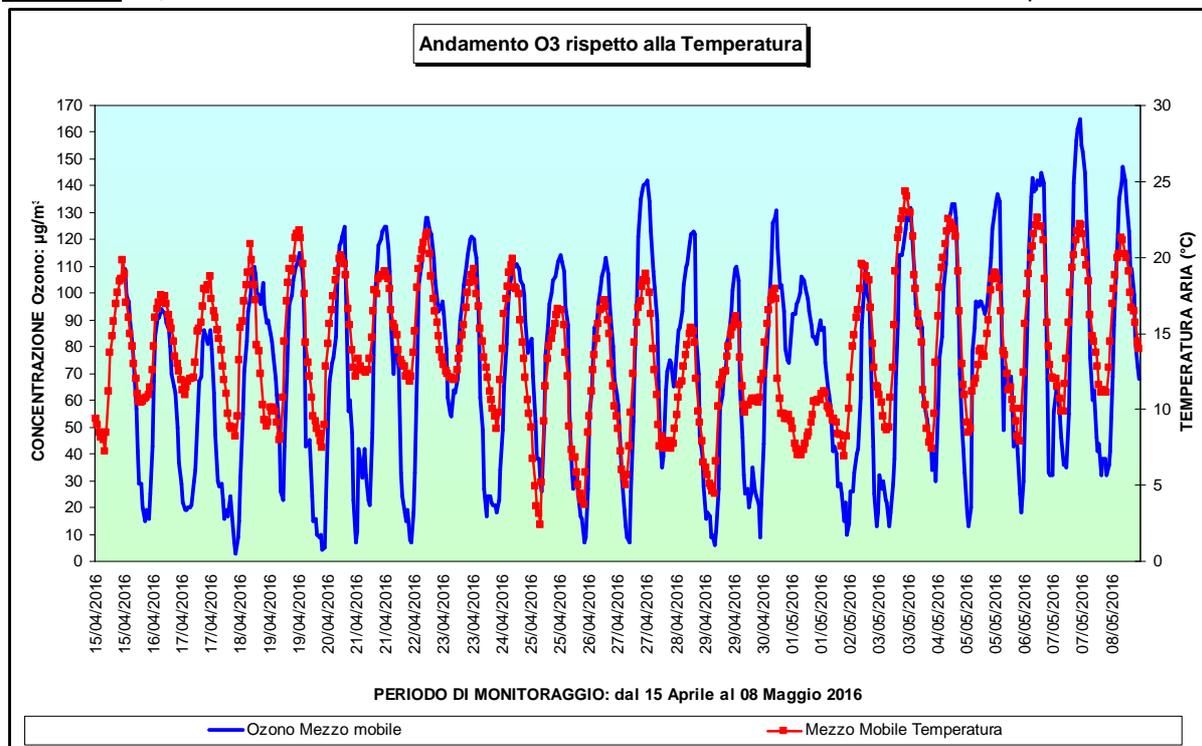


Figura 33: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione temperatura amb.





Conclusioni

La campagna di monitoraggio di Torrazza Piemonte è stata effettuata in primavera con la presenza di pochi giorni di pioggia ed una temperatura media di 13.7 C° con un valore massimo di circa 24C° e un valore medio della velocità del vento abbastanza bassa.

Come detto in precedenza, la meteorologia influisce fortemente sulla concentrazione degli inquinanti; la campagna di monitoraggio è stata effettuata in un periodo dove le condizioni meteorologiche non favoriscono la concentrazione degli inquinanti al suolo ma al contrario la loro dispersione; se aggiungiamo che in questo periodo anche gli impianti di riscaldamento domestico non sono funzionanti, la qualità dell'aria migliora ulteriormente.

Detto ciò, se analizziamo gli andamenti e i valori di concentrazione degli inquinanti monitorati durante la campagna, possiamo dire che Torrazza Piemonte presenta caratteristiche simili a siti di fondo urbano come la stazione fissa di Torino – Lingotto, mentre risulta nettamente migliore rispetto a siti di traffico urbano come la stazione di Torino-Rebaudengo.

Nel dettaglio possiamo dire che le soglie di allarme non sono mai state superate per l'inquinante tra quelli monitorati (biossido di azoto) per il quale la normativa prevede tale tipo di limite. Sono inoltre rispettati i valori limite sia di breve che di lungo periodo per monossido di carbonio, biossido di azoto e benzene .

Nel sito di Torrazza Piemonte per l'inquinante PM₁₀, abbiamo valori paragonabili alle stazioni fisse di fondo urbano come Torino-Lingotto. Durante la campagna non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero grazie alle favorevoli condizioni meteorologiche tipiche del periodo, ma su base annuale è plausibile che non sia rispettato il numero massimo di giorni di superamento consentito (35 per anno civile), come del resto avviene per tutte le stazioni di pianura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La stessa considerazione possiamo farla anche per il biossido di azoto, per il quale non si sono verificati superamenti del valore limite orario che potrebbero però avvenire in periodo invernale.

Ulteriori considerazioni su questi due inquinanti potranno essere effettuate dopo la seconda campagna, in particolare per quanto riguarda il rispetto del valore limite su base annuale.

Per quanto riguarda l'ozono, in questa prima campagna, è stato l'unico inquinante a presentare un superamenti dei limiti di legge, in conseguenza del fatto che si tratta di un parametro che raggiunge i valori più elevati nei mesi caldi dell'anno. In particolare si sono verificati **7** superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana. Ricordiamo comunque che tale inquinante è di origine secondaria e quindi la sua criticità non è caratteristica del sito in esame ma è comune a tutto il territorio regionale.



APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• **Biossido di zolfo** **API 100 E**

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

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

• **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**

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

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

• **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

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

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

• **Monossido di carbonio** **API 300 A**

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

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

• **Particolato sospeso PM10 e PM2.5** **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 a norma europea .
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

• **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

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

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

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;