

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 CONDOVE - RELAZIONE 1ª CAMPAGNA
(18 marzo – 8 aprile 2016)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Roberto Sergi	Data: 09/09/2016
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 09/09/2016



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, sig.ra Maria Leogrande, d.ssa Laura Milizia, d.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, 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 Condove per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	4
<i>L'Aria e i suoi Inquinanti</i>	<i>5</i>
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>	<i>15</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Condove</i>	<i>22</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>23</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>23</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>24</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>27</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>27</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>30</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>35</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>38</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>39</i>
<i>Ozono</i>	<i>43</i>
<i>Conclusioni</i>	<i>48</i>
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	49



CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'Aria e i suoi Inquinanti

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m³) al milligrammo per metro cubo (mg/m³).

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 2013", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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

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

INQUINANTE	Traffico autoveicolare veicoli a benzina	Traffico autoveicolare veicoli diesel	Emissioni industriali	Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi	Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					



= fonti 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 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 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;

La nuova normativa prevede inoltre per il $\text{PM}_{2.5}$ 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 2014".

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	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--
BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2) e OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM_{10})	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	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 Condove da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alle richieste dell'Amministrazione comunale, inviate con prot. n. 5642 il 24/11/2014 e con prot. n. 6034 il 16/10/2015 in relazione alle segnalazioni di molestie olfattive da parte di alcuni cittadini che lamentano odori di catrame, zolfo, plastica bruciata e indicano, quale origine delle molestie, le attività della cava sita nel comune limitrofo di Caprie di proprietà della Società Ing. Vito Rotunno Spa.

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 la cava di Caprie) 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.).

Come già evidenziato dalla nostra comunicazione prot. 102550/2014, inoltre, la stazione mobile è attrezzata per rilevare gli inquinanti previsti dalla normativa di qualità dell'aria (PM₁₀, PM_{2.5}, ozono, ossidi di azoto e di zolfo ecc.), i quali sono caratterizzati da una significativa e accertata tossicità e da un'ampia diffusione territoriale ma non da particolari caratteristiche odorigene; di conseguenza per quanto riguarda gli elementi di molestia indicati nella richiesta di intervento avanzata dall'Amministrazione Comunale, l'indagine di Arpa Piemonte è in grado di fornire indicazioni in relazione alla polverosità ma non alle sostanze odorigene.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in via Papa Giovanni XXIII all'altezza del civico 28 durante il sopralluogo del 14/03/2016, al quale era presente personale dell'Ufficio Tecnico del comune di Condove.

Nelle **Figure 1, 2 e 3** viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

Il sito anzidetto è stato scelto in considerazione delle richieste pervenute da codesto Ente e delle esigenze tecniche e di sicurezza legate alla tipologia delle indagini ambientali effettuate.

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 estivo (oggetto della presente relazione) ed una seconda campagna in periodo che verrà successivamente comunicato.

La campagna è stata condotta tra il **18 marzo** e l'**8 aprile 2016** (22 giorni). 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 19 marzo al 7 aprile, per un totale di 20 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 Condove.

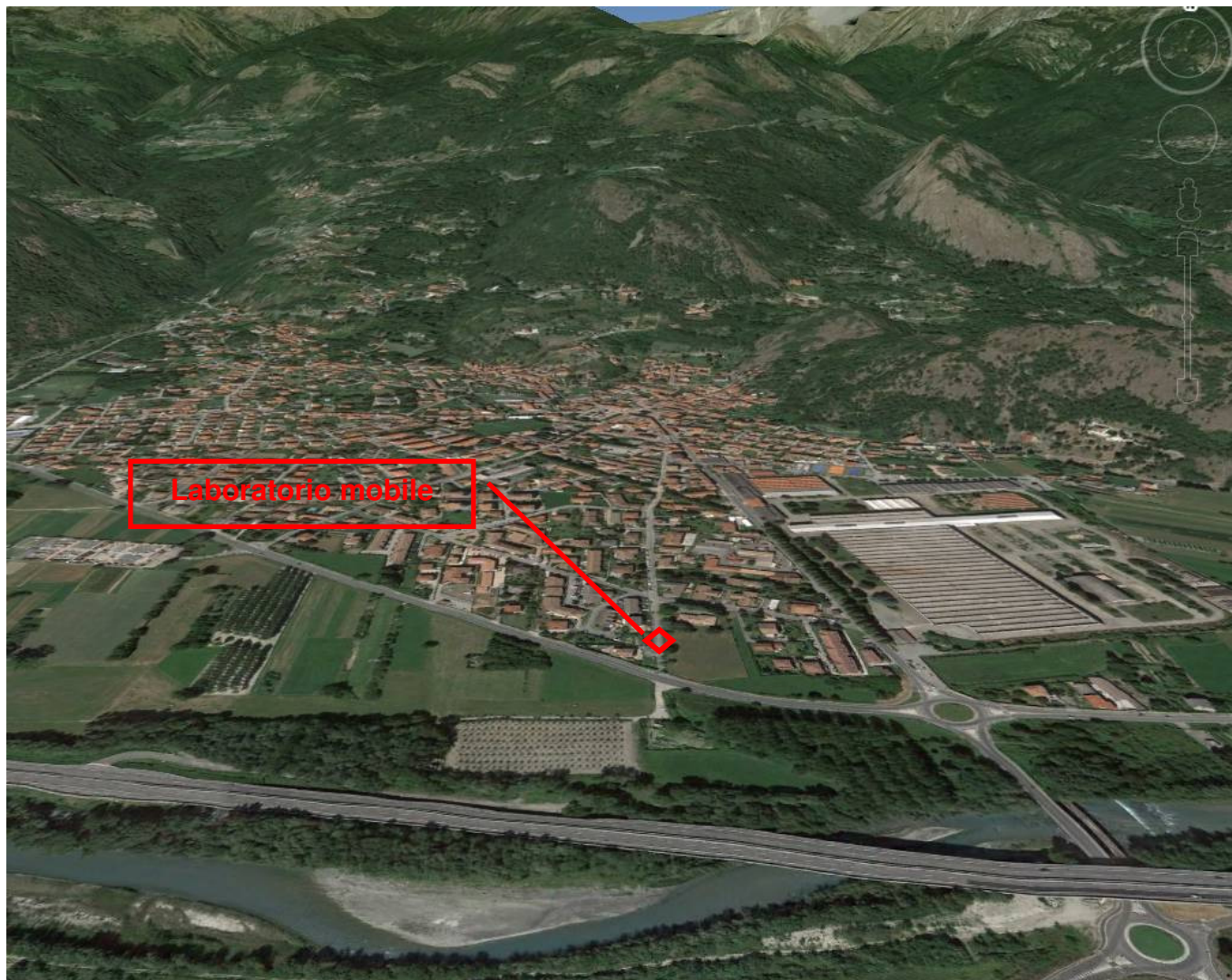
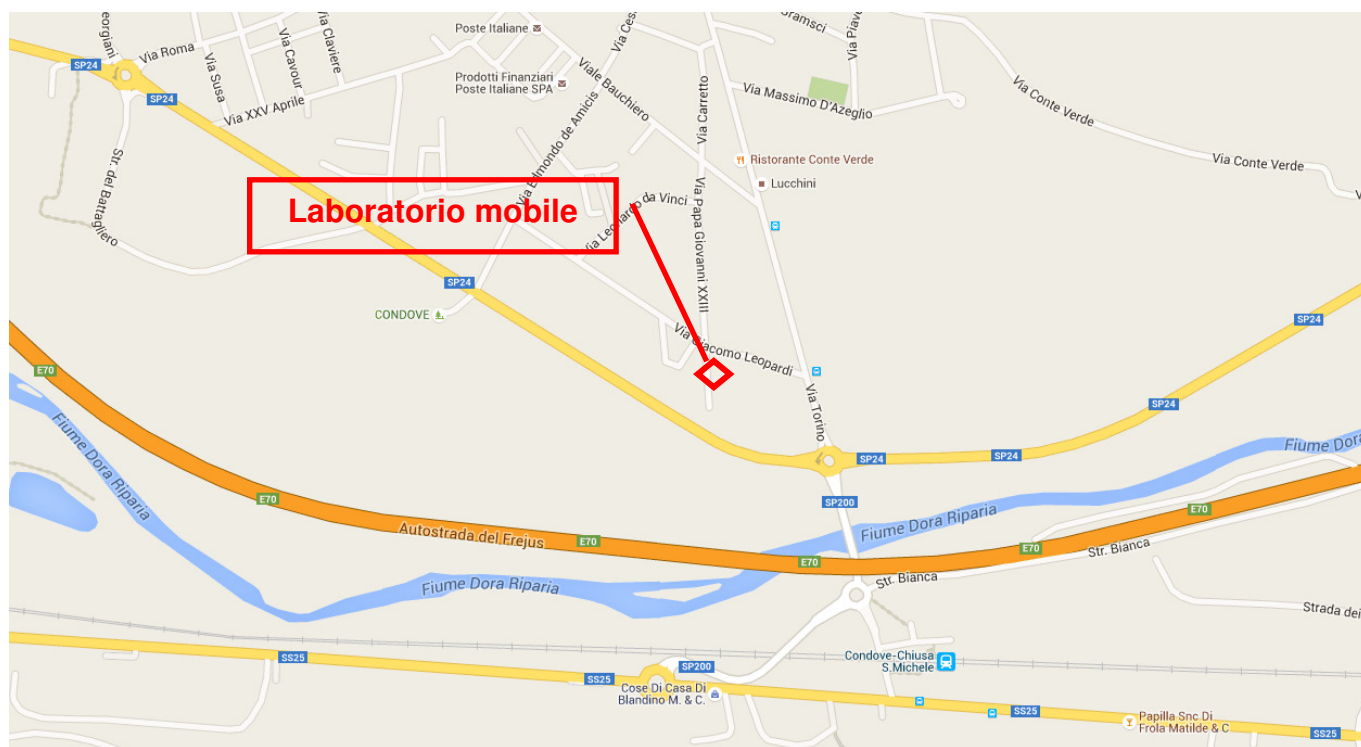


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Condove.



Figura 3 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Condove.



Elaborazione dei dati meteorologici

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

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

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

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche locali, l'anemologia della valle di Susa, è caratterizzata, come in ogni valle montana, da un regime caratteristico con ciclo giornaliero che dà origine ai fenomeni della brezza di valle e della brezza di monte.

Brezza di valle: al mattino le pareti dei monti si scaldano per effetto dell'insolazione e l'aria ad essi adiacente si scalda, forma cumuli e sale lungo i pendii della valle.

Questa brezza ascendente di aria calda è fortemente turbolenta con capacità di diluizione effettiva degli inquinanti e ha uno spessore notevole (circa 100 metri).

Brezza di monte: di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne.

Questa brezza discendente è una lama d'aria molto sottile (circa 10 metri di spessore) che scende lungo i fianchi delle montagne verso il centro della valle e poi si dirige verso lo sbocco della valle stessa con velocità in funzione della pendenza del fondo valle.

Quando vi è una situazione di vento di valle che trascina in quota gli inquinanti vi è un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota che disperdono gli inquinanti, questa situazione è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle.

E' importante osservare che la configurazione e la direzione di tali brezze non sono necessariamente conformi con il vento di quota che sposta le masse su grande scala territoriale.

La situazione sopra descritta è comprovata con i grafici relativi al vento (**Figure 4, 5, 6 e 7**) e in particolare le rose del vento evidenziano come il vento abbia due direzioni di provenienza dominanti: Est, Est-NordEst nelle ore diurne e da Ovest-NordOvest, Ovest-SudOvest nelle ore notturne; la maggioranza delle calme di vento si verifica in ore notturne.

Durante la campagna il campo pressorio si è attestato tra 960 e 975 mbar (**Figura 8**), con picco minimo il 23 marzo con 955 mbar e picco massimo il 2 aprile con 978 mbar.

Nel comune di Condove, il valore medio della temperatura di tutto il periodo di monitoraggio è stato di 11 °C (**Tabella 5**); il valore massimo orario si è raggiunto il 6 aprile con un valore pari a 19,74 °C, quello minimo il 24 marzo con 1,2 °C. In **Figura 9** insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che i due parametri hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne; nelle giornate piovose (28-29 marzo e primi giorni di aprile) si sono registrati i picchi più elevati di umidità, con un calo significativo delle temperature.

La **Figura 10** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso della campagna di monitoraggio: come meglio descritto nella **Figura 11** il periodo tra il 31 marzo ed il 5 aprile è stato caratterizzato da una piovosità diffusa con tre giornate (31/3 e 4-5/4) in cui si sono verificati significativi eventi piovosi; durante questo periodo è corrisposto un notevole abbassamento della radiazione solare globale con valore diurno pari a circa 230 W/m² a causa della copertura nuvolosa. In assenza di copertura nuvolosa i valori massimi di radiazione solare, che si osservano nelle ore centrali della giornata, variano tra gli 650 e 800 W/m² ca.

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

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITA' RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITA' VENTO
	W/m ²	°C	%	hPa	m/s
Minima media giornaliera	22.8	8.9	40.5	957.6	0.38
Massima media giornaliera	257.3	15.0	95.3	976.6	1.82
Media delle medie giornaliere	125.5	11.0	71.8	970.3	1.27
Giorni validi	17	20	20	20	20
Percentuale giorni validi	85%	100%	100%	100%	100%
Media dei valori orari	125.5	11.0	71.8	970.3	1.27
Massima media oraria	819.0	19.7	100.0	978.0	4.50
Ore valide	408	480	480	480	472
Percentuale ore valide	85%	100%	100%	100%	98%

Figura 4: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità - totale

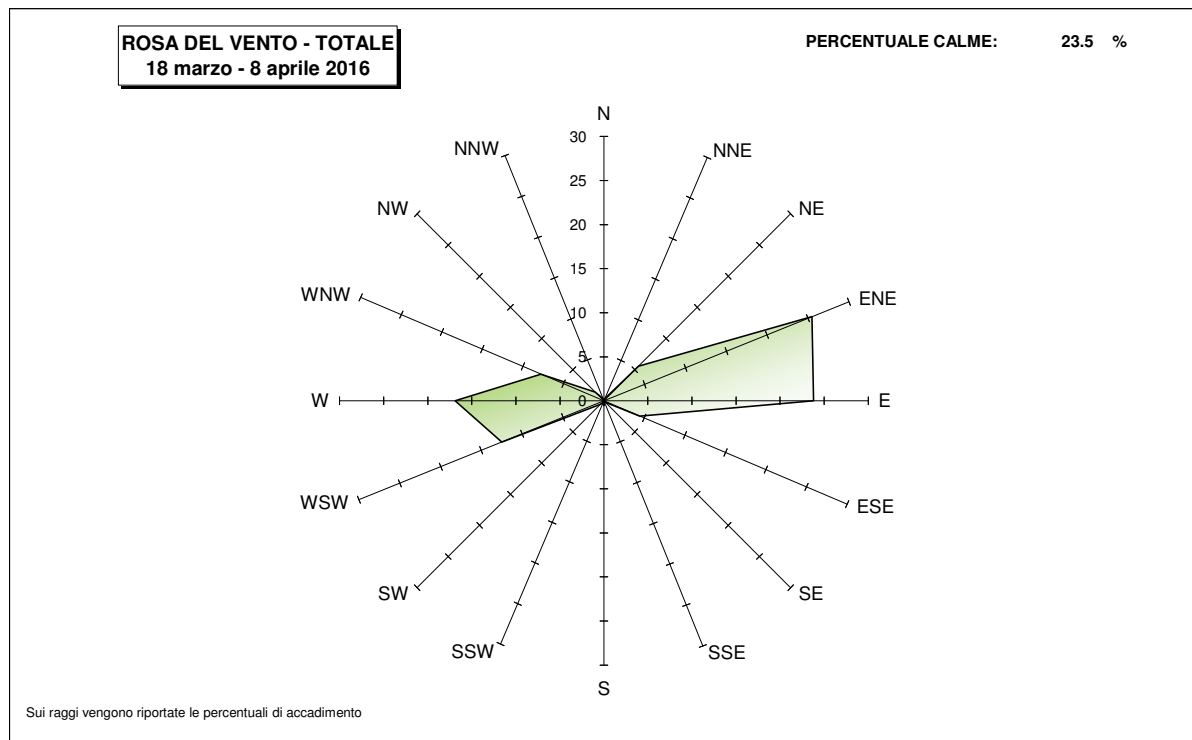


Figura 5: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità - diurna

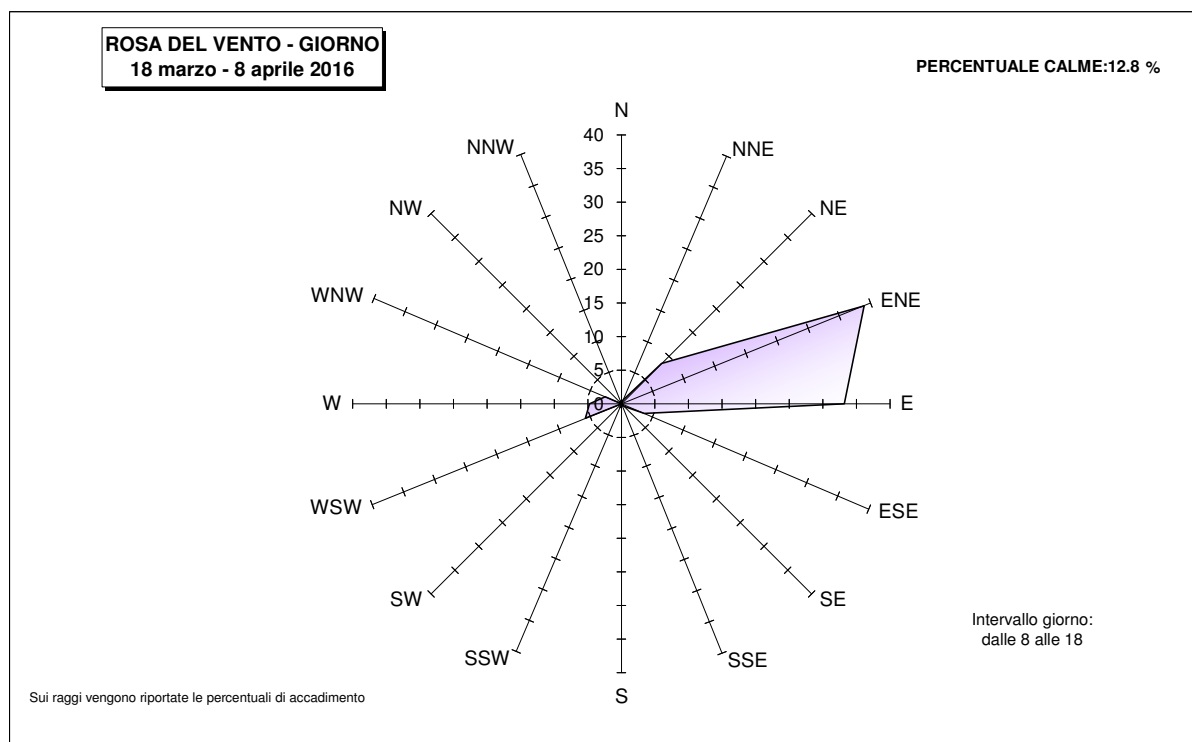


Figura 6: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità - notturna

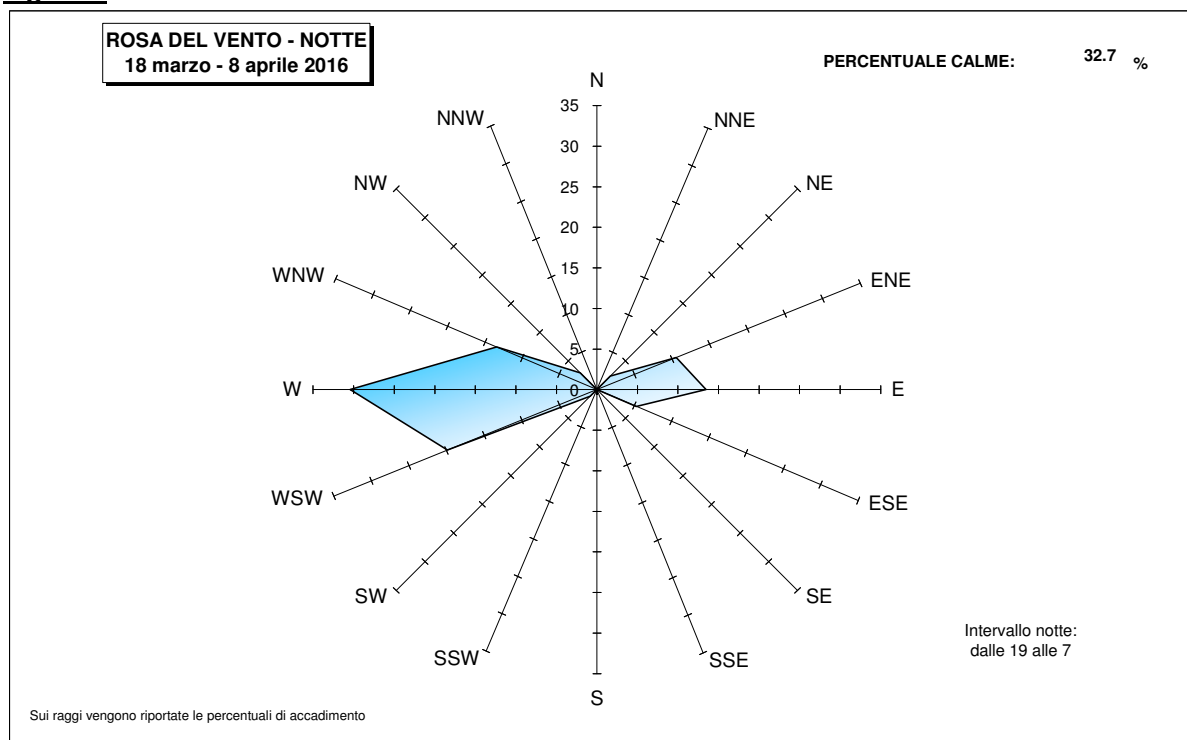


Figura 7: Velocità Vento

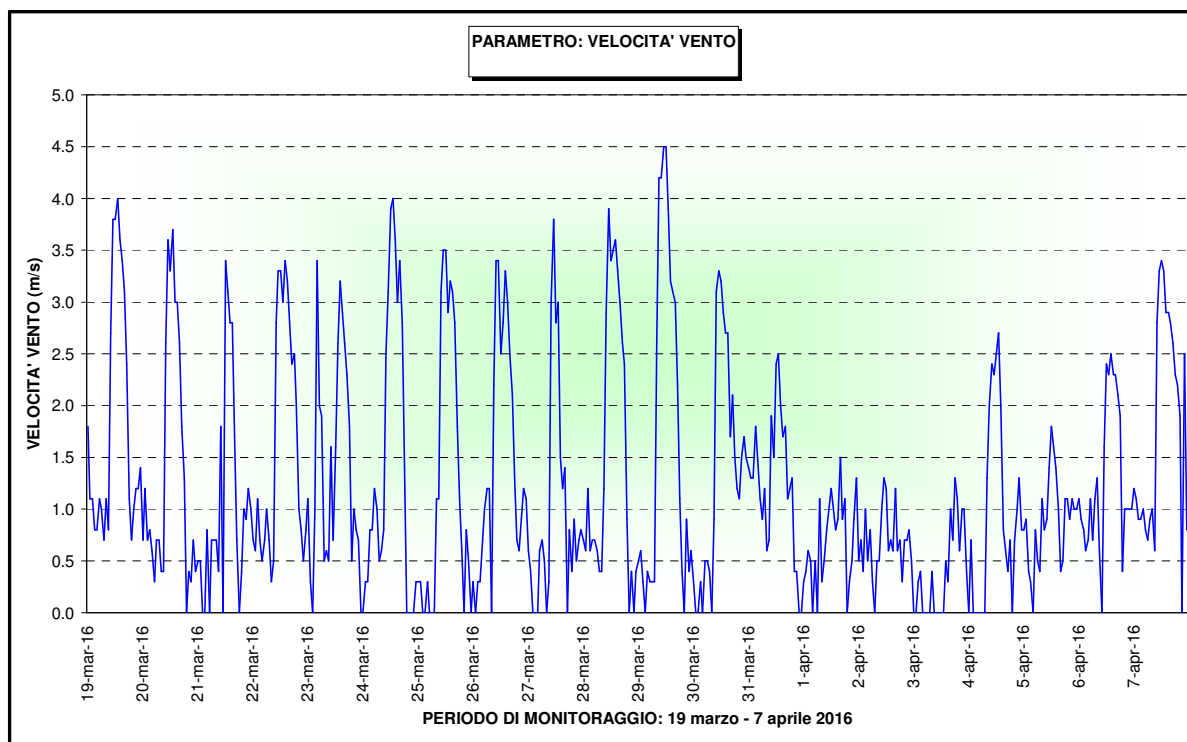


Figura 8: Pressione Atmosferica

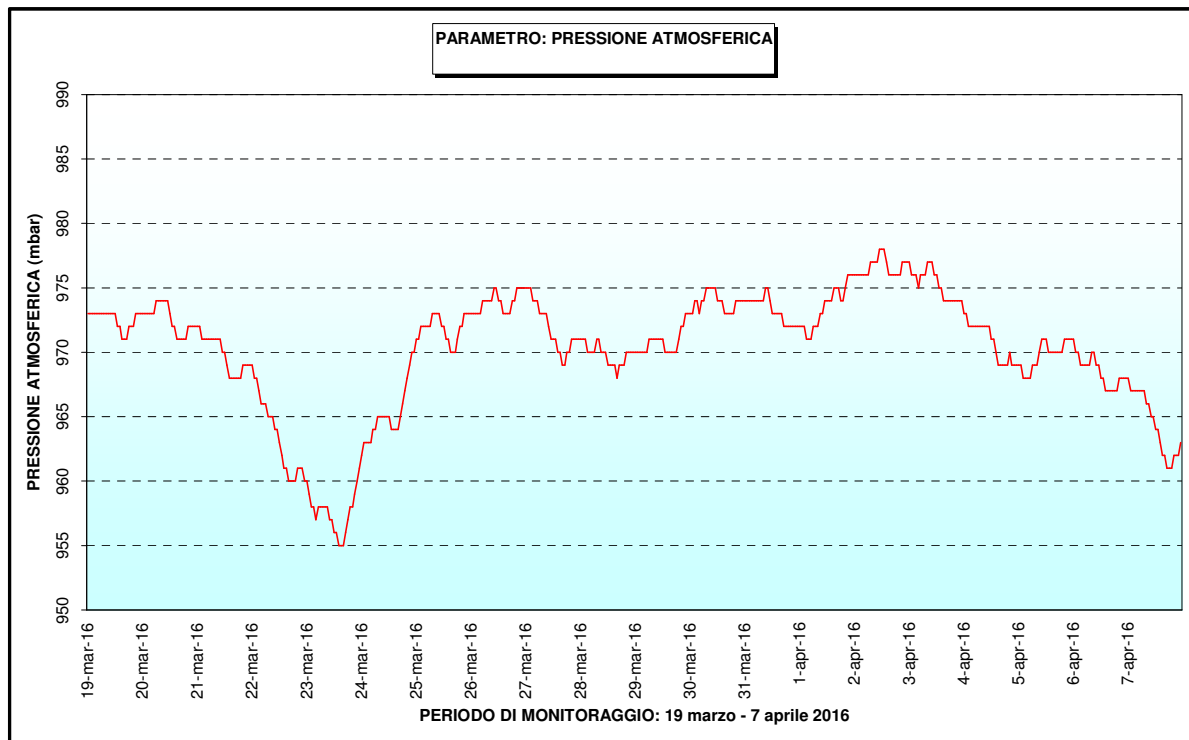


Figura 9: Umidità Relativa - Temperatura aria

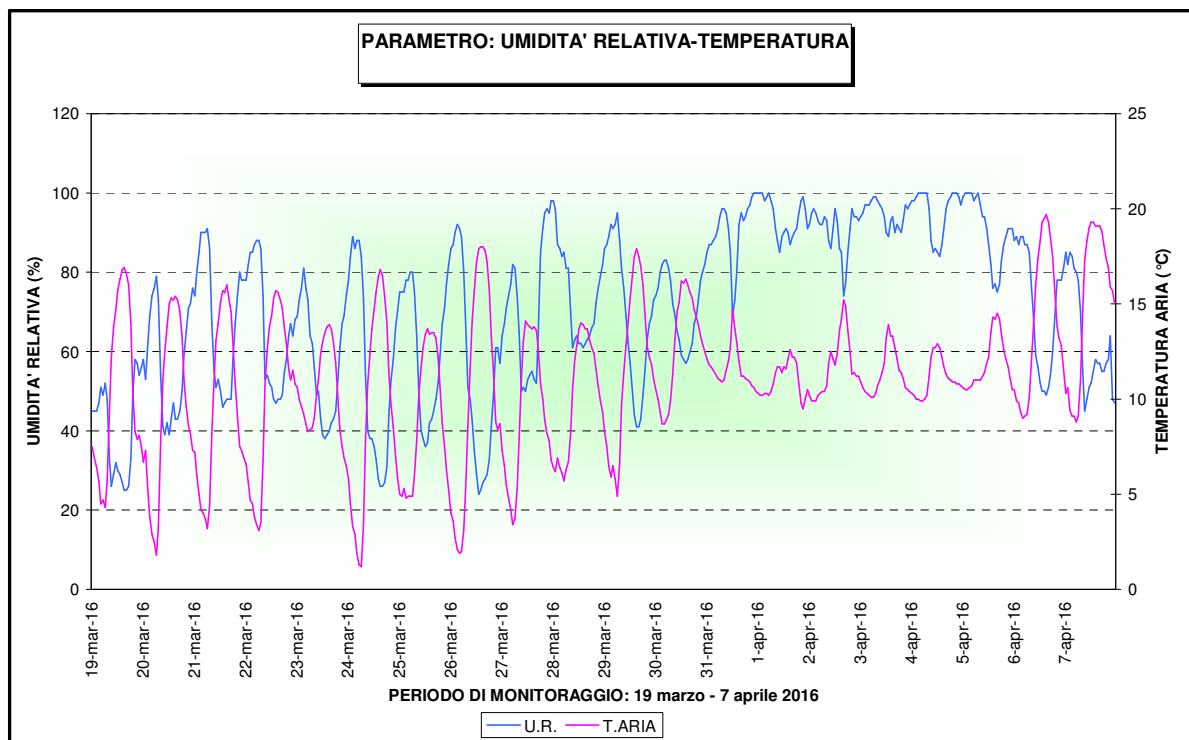


Figura 10: Radiazione Solare Globale - Pioggia

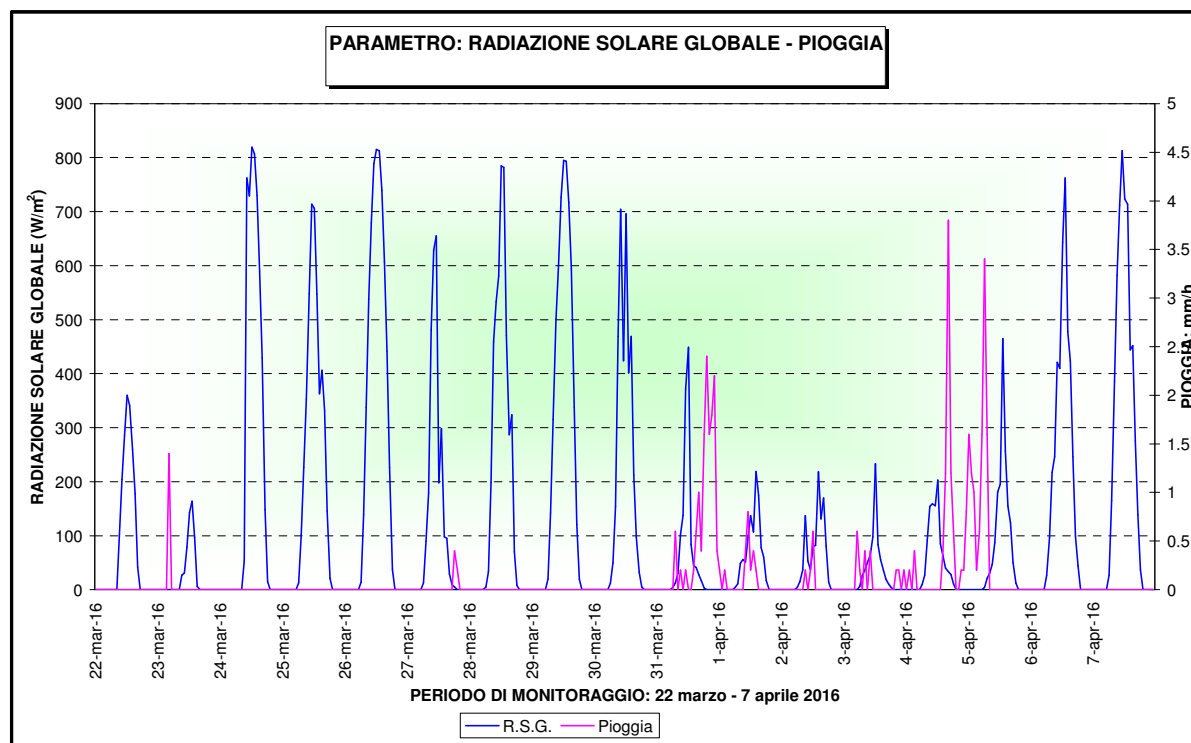
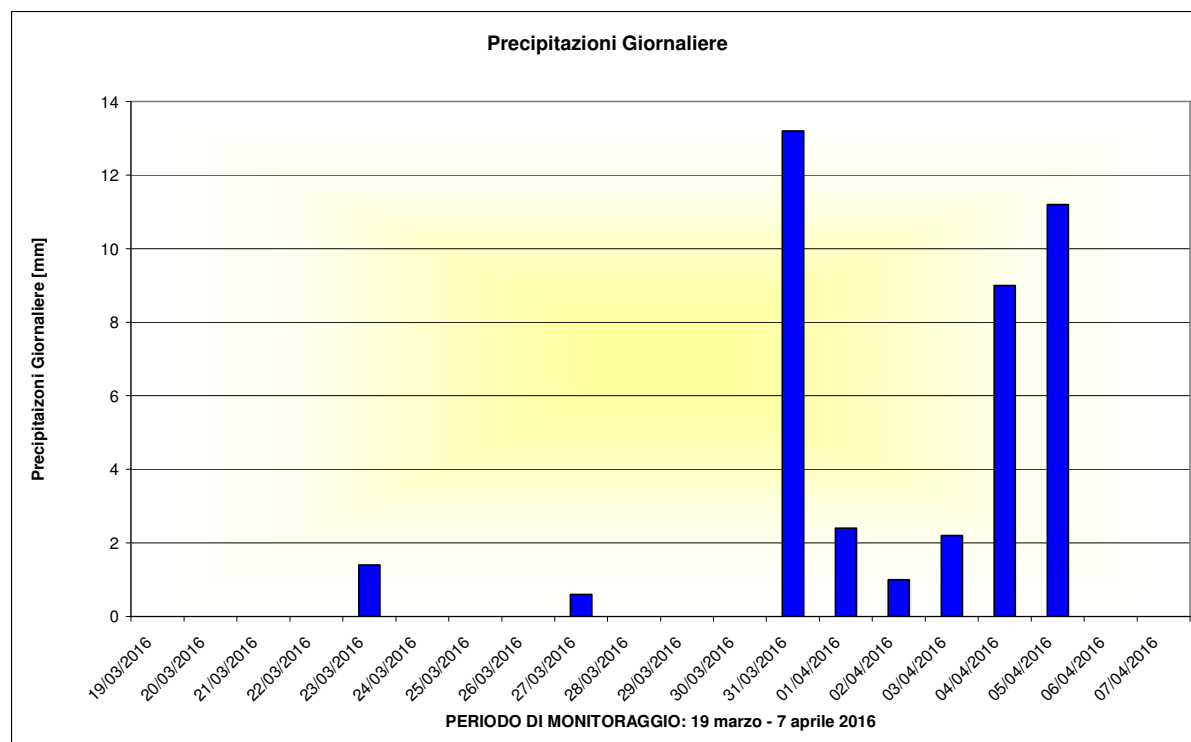


Figura 11: Precipitazioni cumulate nel corso della campagna di monitoraggio



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Condove

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.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti.

Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO_2 derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

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

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

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.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Condove, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (**Tabella 6** e **Figure 12 e 13**). Il massimo valore giornaliero è pari a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La massima media oraria è pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO_2 sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Tabella 6: Dati relativi al biossido di zolfo (SO_2) ($\mu g/m^3$)

Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	7
Media delle medie giornaliere:	5
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	95%
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	10
Ore valide	463
Percentuale ore valide	96%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 12: SO_2 - confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

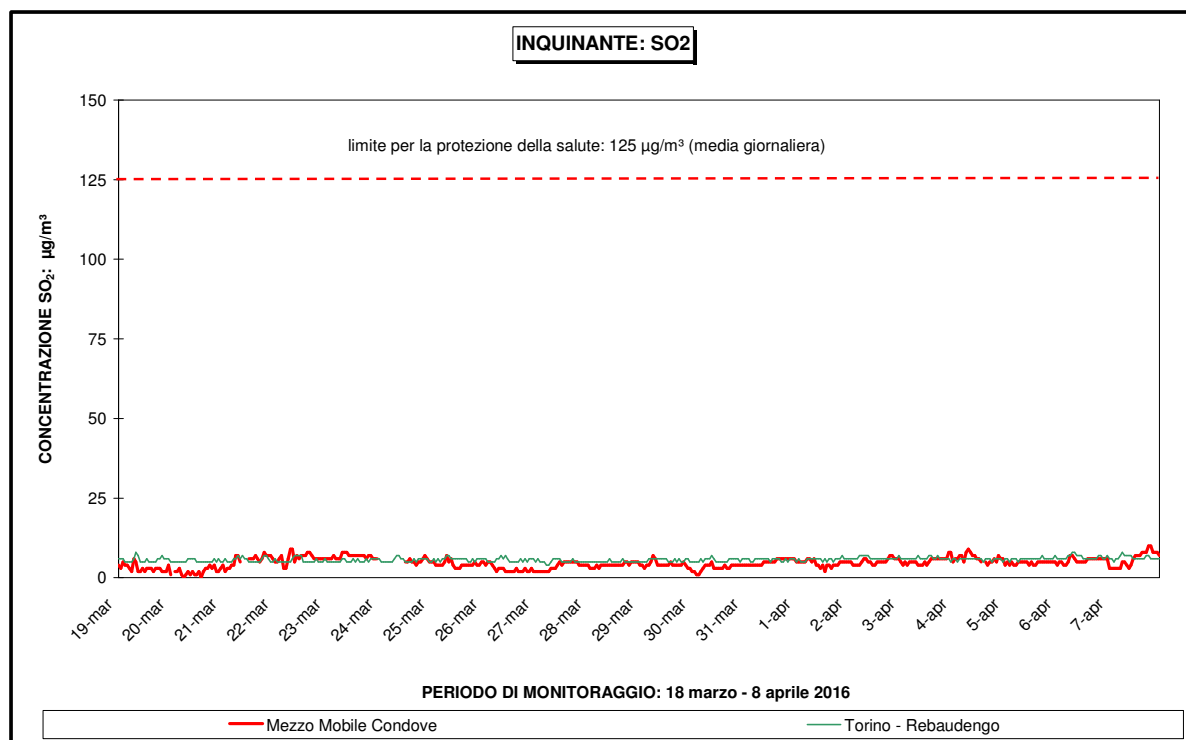
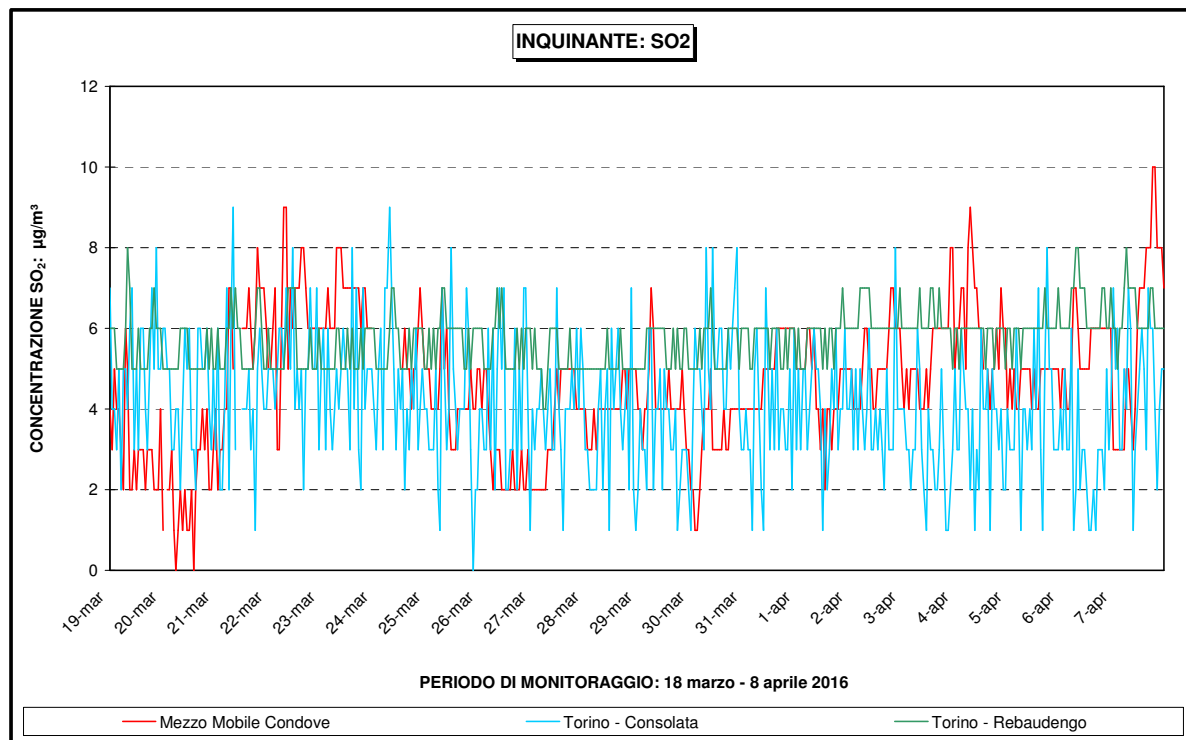


Figura 13: SO_2 - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa



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

Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il monossido di azoto (NO), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel comune di Condove (**Tabella 7**) sono risultati generalmente inferiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore che è stato superato in sei occasioni durante tutta la campagna; durante questi eventi per due volte è stato superato il valore di 100 e una volta i $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 25 marzo con $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che costituisce il massimo orario raggiunto nel corso del monitoraggio. In generale la campagna è stata caratterizzata da elevata dinamicità atmosferica, con eventi pluviometrici e presenza di vento con velocità superiori ai 3 m/s (**Figure 7 e 11**), fattori questi ultimi che hanno influito sulla dispersione/trasporto degli inquinanti. La media dei valori orari risulta pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La **Figura 14** evidenzia come generalmente sia l'andamento, sia i livelli di fondo di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Condove, sono in generale confrontabili con quelli della stazione di monitoraggio fissa ubicata a Torino-Lingotto, classificata come fondo urbano, mentre nelle giornate in cui si sono registrate le concentrazioni più elevate i valori sono confrontabili, e in alcuni casi superiori, con quelli di TO-Consolata (stazione di traffico urbano).

Nelle giornate del 24 e 25 marzo sono stati registrati dei picchi orari (tra cui quello di $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che non trovano corrispondenza nelle concentrazioni e andamenti orari delle altre stazioni di confronto, riportate in **Figura 14**. Negli orari in cui si sono verificati questi particolari incrementi di concentrazioni di monossido di azoto sono stati registrati incrementi di monossido di carbonio e periodi di calma del vento. Questi elementi fanno supporre che la scarsa dinamicità atmosferica abbia facilitato l'accumulo di questi inquinanti primari, verosimilmente provenienti dalla vicina autostrada A32.

L'andamento del giorno medio, rappresentato in **Figura 15**, mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri, in cui il primo che si registra alle 8 del mattino è uguale a quello di Torino-Consolata; nelle ore successive decresce più rapidamente con un andamento più simile a quello delle cabine di Torino-Lingotto e di Borgaro, mentre il massimo della sera che si registra alle 21 è più alto di queste cabine e più basso di quello di Torino-Consolata.

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

Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	37
Media delle medie giornaliere:	16
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	15
Massima media oraria	124
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%

Figura 14: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

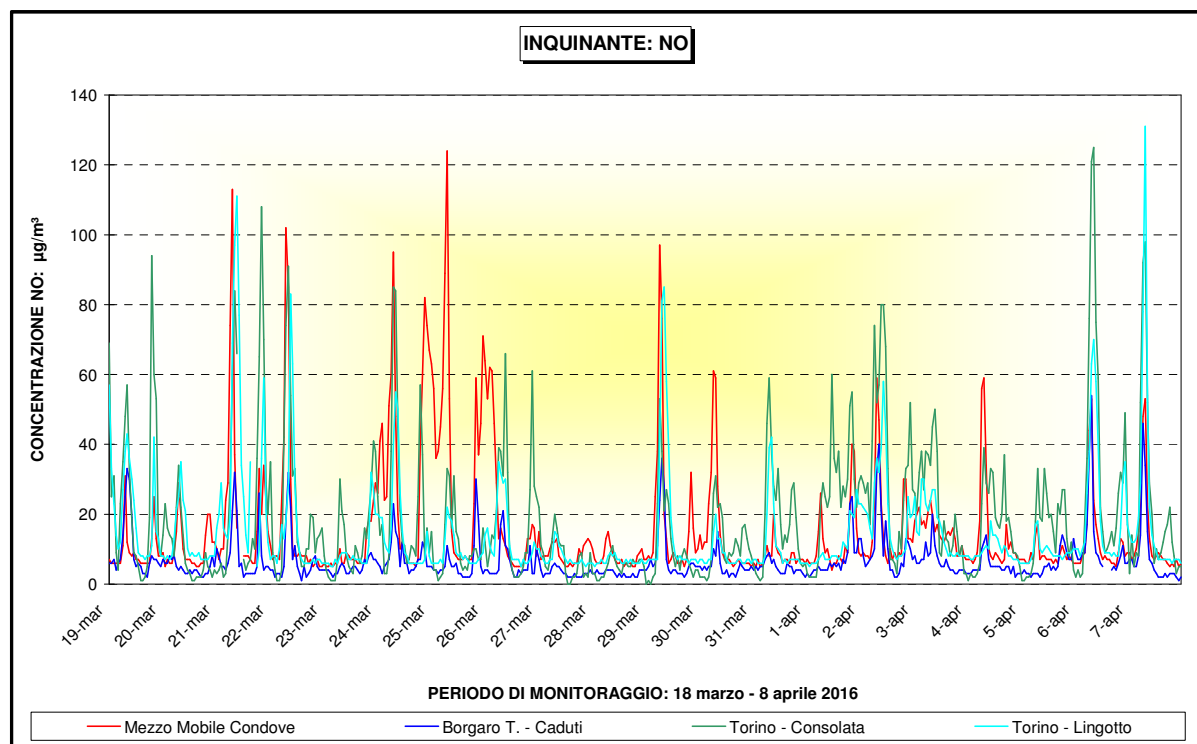
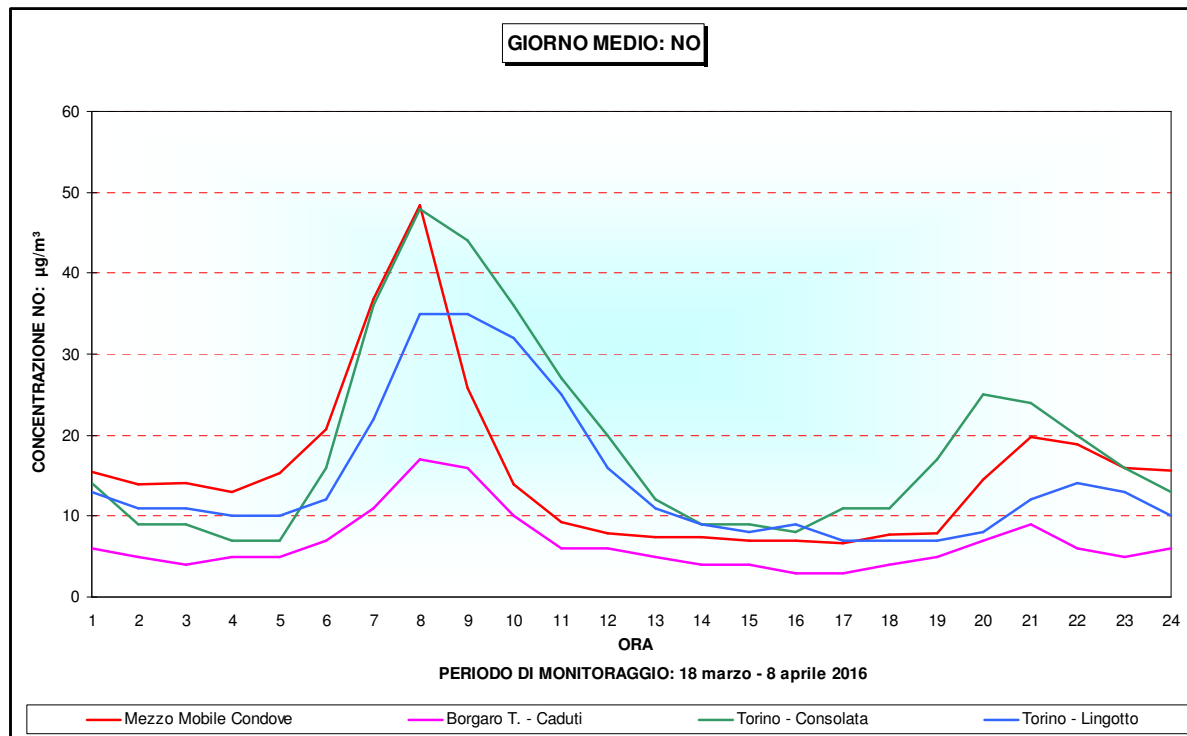


Figura 15: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

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

La formazione di 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.

Per quello che riguarda l'NO₂ (

Tabella 8), durante la campagna di monitoraggio non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata nel comune di Condove di 104 µg/m³, registrata il 25 marzo.

Nel corso della campagna nel Comune di Condove la concentrazione media oraria di NO₂ si è generalmente attestata al di sotto dei 80 µg/m³ (se si escludono alcune giornate dove i massimi orari misurati risultano lievemente superiori ma comunque al di sotto dei 110 µg/m³ - **Figura 16**), con una media oraria dell'intero periodo pari a 31 µg/m³. I fenomeni pluviometrici e la presenza di vento, che hanno caratterizzato alcune giornate della campagna, hanno contribuito alla riduzione delle concentrazioni di NO₂: il valore minimo misurato, pari 8 µg/m³, è stato registrato il 19 marzo.

Le **Figure 16 e 17** permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: come è tipico del periodo primaverile/estivo, le concentrazioni di questo inquinante sono relativamente basse per cui gli andamenti rappresentati sono molto simili e ravvicinati. In generale però, ad eccezione di qualche giornata di picco già evidenziate nella trattazione del monossido d'azoto, i valori orari registrati presso il sito di Condove presentano maggiori analogie con quelli di Torino-Lingotto e Borgaro, rispettivamente classificate di fondo urbano e fondo suburbano, mentre rispetto a Torino-Consolata (stazione di traffico urbano) i valori sono mediamente inferiori. Queste caratteristiche risultano ancora più evidenti nel grafico del giorno medio (**Figura 17**).

La normativa prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata del monitoraggio nel comune di Condove non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

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

Tabella 8: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	21
Massima media giornaliera	49
Media delle medie giornaliere	31
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	31
Massima media oraria	104
Ore valide	478
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 16: NO_2 - confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Borgaro, Torino - Lingotto e Torino - Consolata

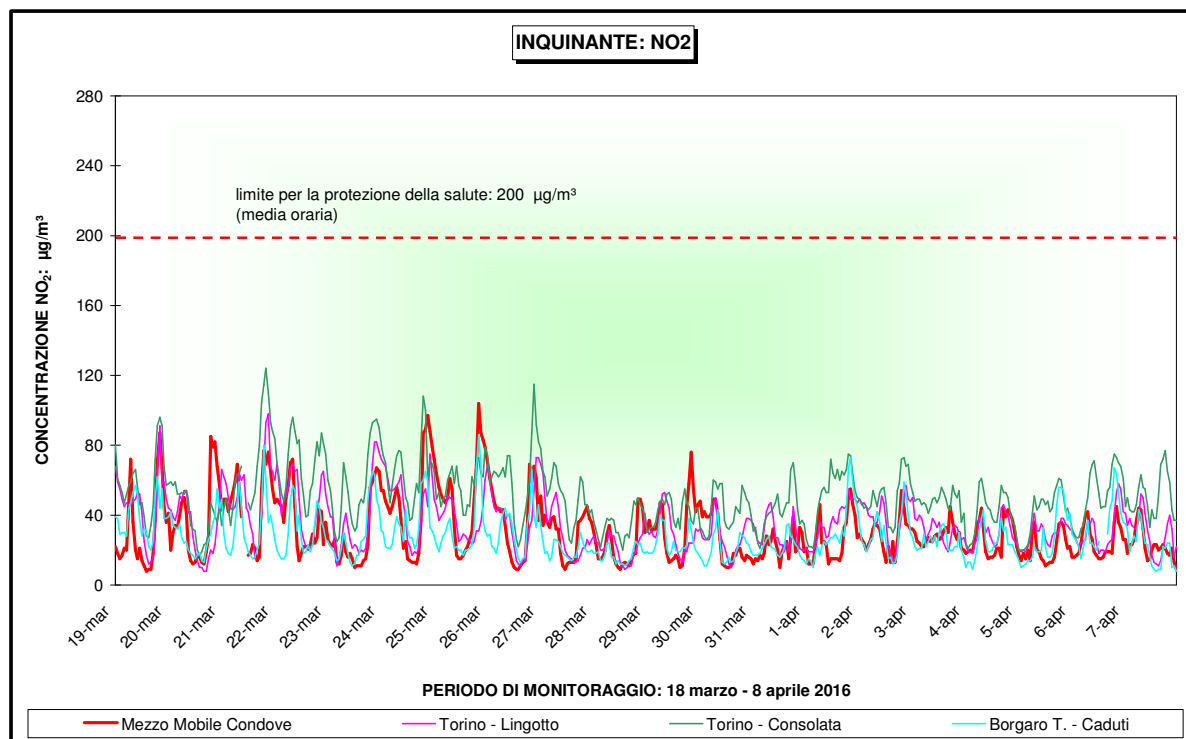
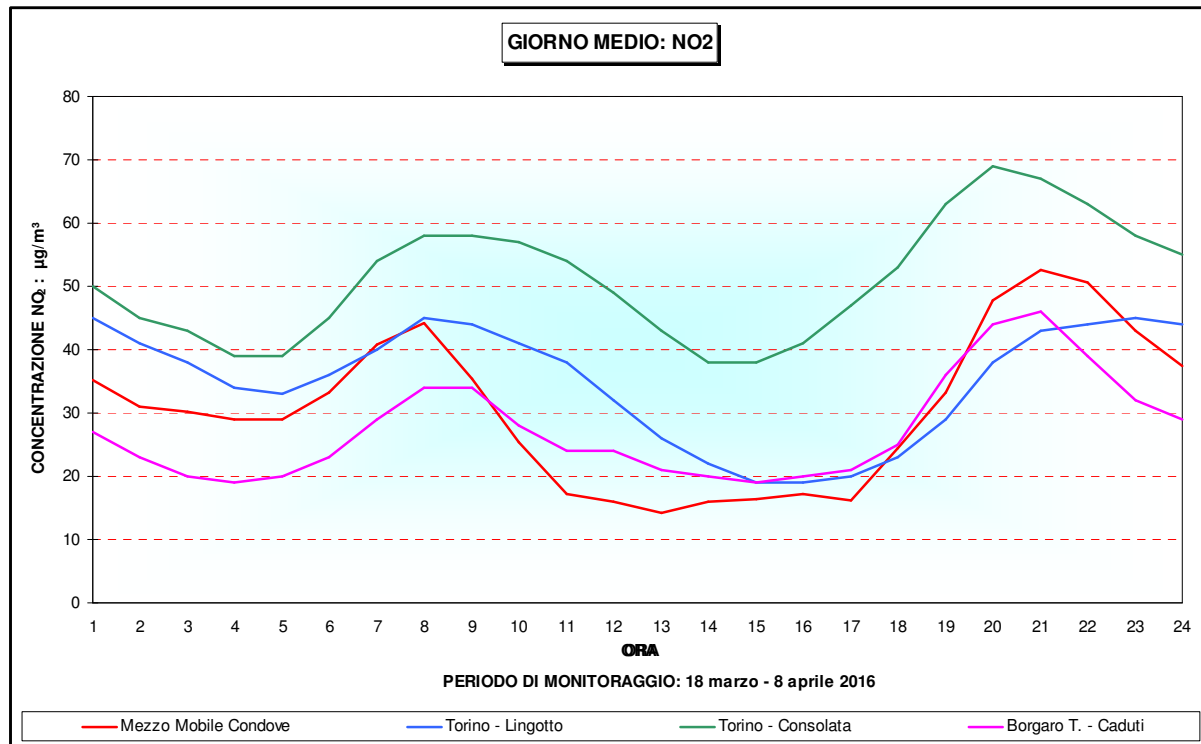


Figura 17: NO₂ - andamento del giorno medio



Nelle figure che seguono (**Figura 18 e 19**) sono state rappresentate graficamente le elaborazioni della direzione e velocità del vento del sito di Condove e successivamente questi parametri sono stati messi in correlazione con le concentrazioni orarie di NO₂ misurate durante la campagna di monitoraggio (**Figura 20**).

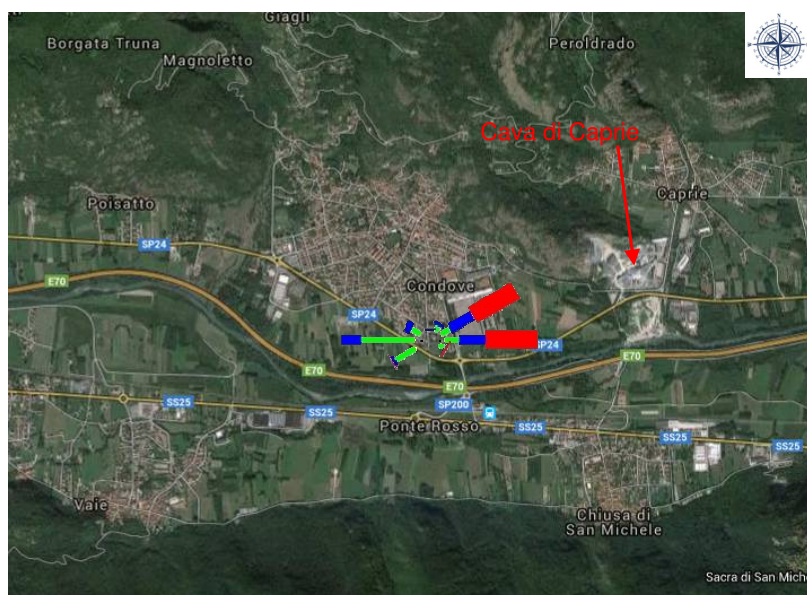
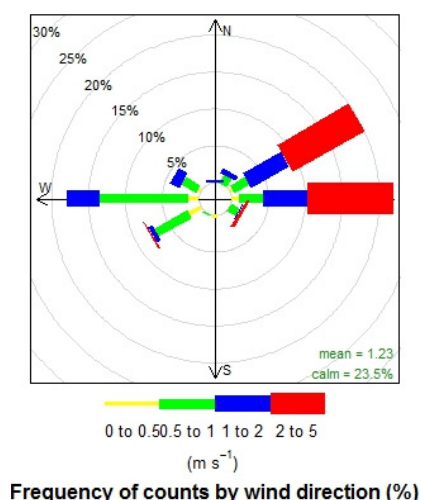
Come già evidenziato nel capitolo dedicato ai parametri meteorologici (cfr. pag 15 e **Figura 4, 5 e 6**), dalla rosa dei venti ottenuta¹ (**Figura 18**) emerge che il vento prevalente proviene dai quadranti Est e Est-NordEst in direzione dell'inizio della valle di Susa, mentre separando le ore notturne dalle diurne (**Figura 19**) si evince il regime di brezza che caratterizza l'anemologia della valle, con venti provenienti prevalentemente da Ovest-NordOvest e Ovest-SudOvest nelle ore notturne (brezza di monte) e nelle ore diurne (brezza di valle) da Est e Est-NordEst.

La **Figura 20** evidenzia l'analisi delle concentrazioni di NO₂ in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. Nel grafico di sinistra le concentrazioni di questo inquinante sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da una angolo che rappresenta la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro che indica la velocità del vento e da un colore che individua la concentrazione media di NO₂ corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Dal grafico di sinistra si evince che le concentrazioni più elevate si sono verificate in corrispondenza di vento proveniente da SudOvest e Sud e con bassa velocità (0.5-1.5 m/s). La bassa velocità, correlabile con la vicinanza della fonte emissiva, e la direzione di provenienza del vento rendono plausibile correlare un contributo significativo di questo inquinante nel sito di Condove alle vicine arterie stradali, la SS24 e soprattutto l'autostrada. Il grafico di destra, che rappresenta la media delle concentrazioni pesata per la frequenza con la quale si verifica ogni direzione e classe del vento, risulta molto simile a quello di sinistra indicando una distribuzione omogenea degli eventi ed un numero elevato di dati validi.

Da queste rappresentazioni grafiche non emergono contributi significati di NO₂ dal quadrante Est-NordEst, direzione in cui si trova ubicata, rispetto al sito di monitoraggio, la cava di Caprie.

Figura 18: Rosa dei venti con le frequenze di velocità e direzione di provenienza del vento registrate dal laboratorio mobile nel sito di Condove. Nella figura di destra la rosa dei venti è rappresentata nel punto di misura sull'ortofoto della zona.



¹ La rosa dei venti rappresenta la percentuale di tempo in cui il vento soffia da una certo angolo e con una data velocità. La velocità è raffigurata dalle differenti larghezze e colore delle palette, secondo la scala indicata sotto la figura. I cerchi grigi indicano le frequenze in percentuale.

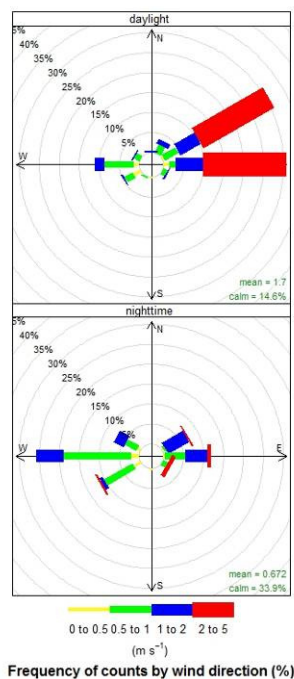
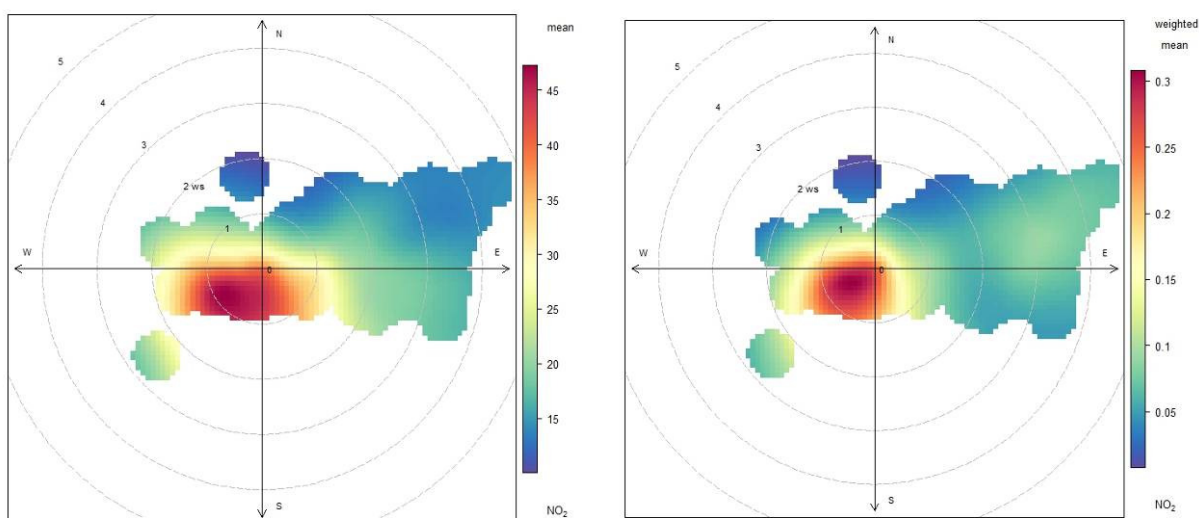


Figura 19: Rosa dei venti suddivisa tra ore diurne e ore notturne

Figura 20: Rosa NO₂ - concentrazioni medie (a sinistra) e concentrazioni medie pesate sulla frequenza (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità



Monossido di Carbonio

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

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

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

I dati misurati durante la campagna di Condove (**Tabella 9**) confermano tale andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $0.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (**Figura 21**) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $0.8 \text{ mg}/\text{m}^3$).

La **Figura 23** mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale fissa (**Figure 22 e 23**) indica concentrazioni inferiori rispetto a Torino-Rebaudengo, stazioni di traffico urbano, e molto simili a quelle di Oulx, stazione classificata di traffico suburbano.

Tabella 9: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.4
Media delle medie giornaliere (b):	0.3
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	0.8
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.2
Media delle medie 8 ore	0.3
Massimo medie 8 ore	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

Figura 21: CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

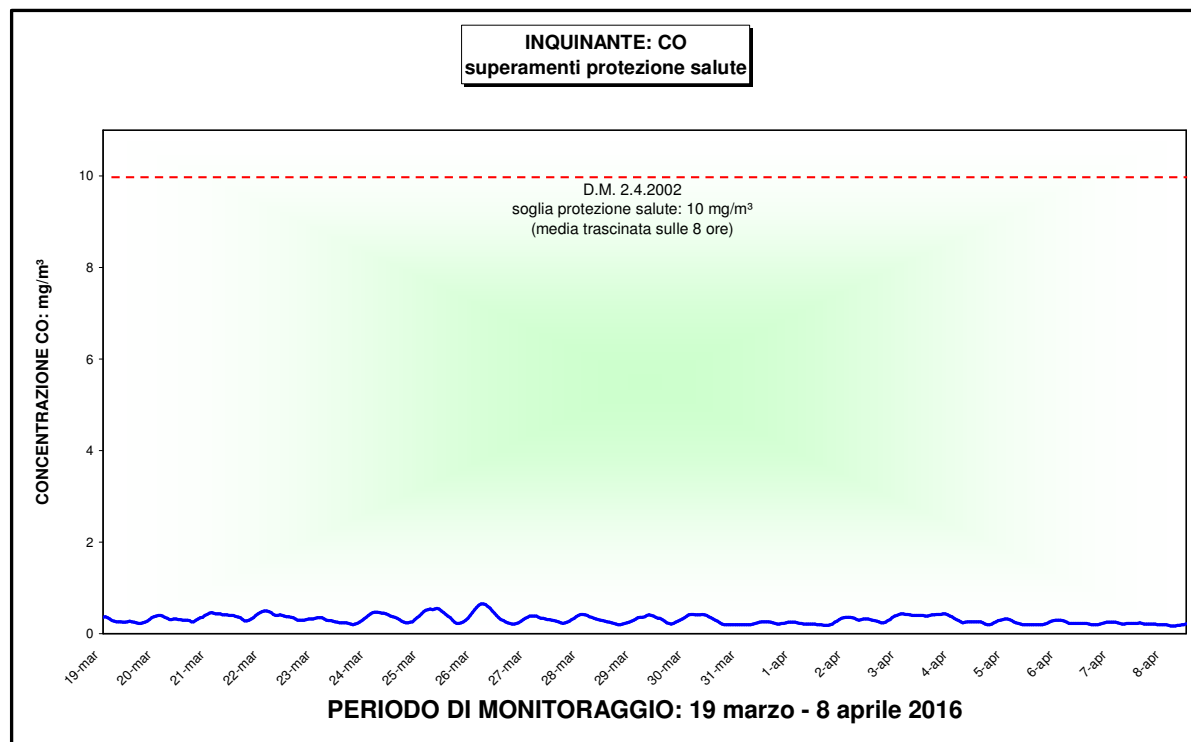


Figura 22: CO - andamento medie orarie

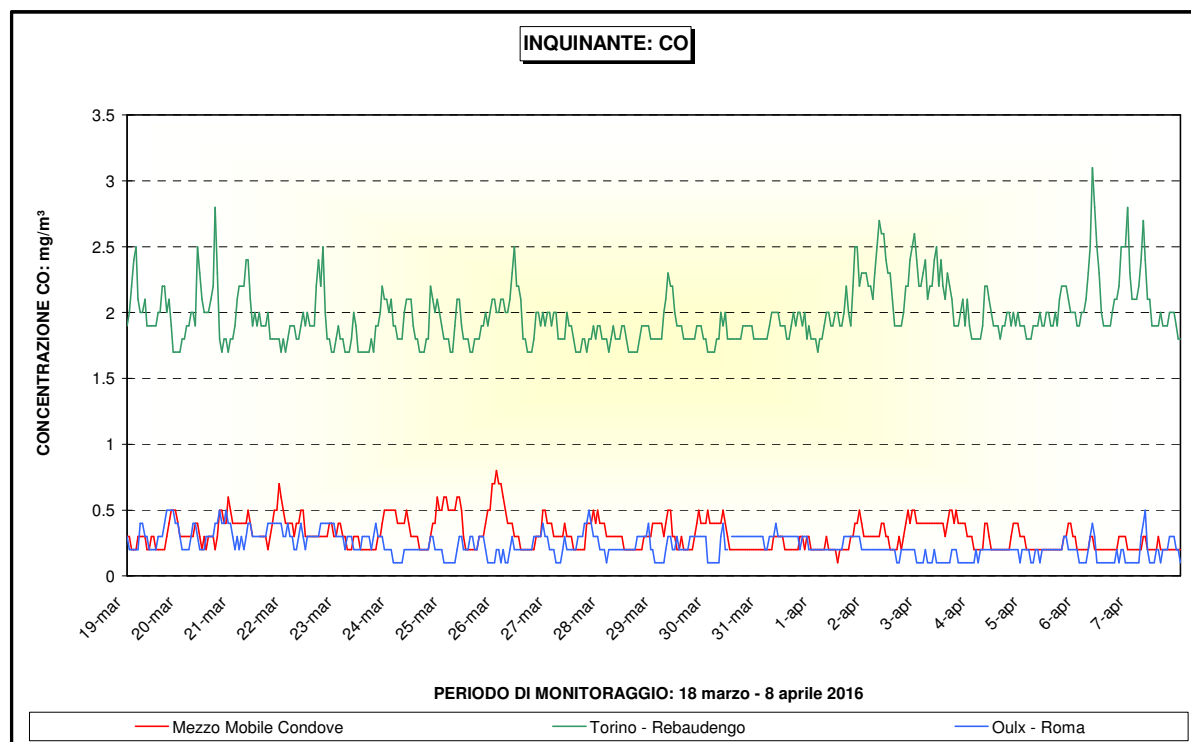
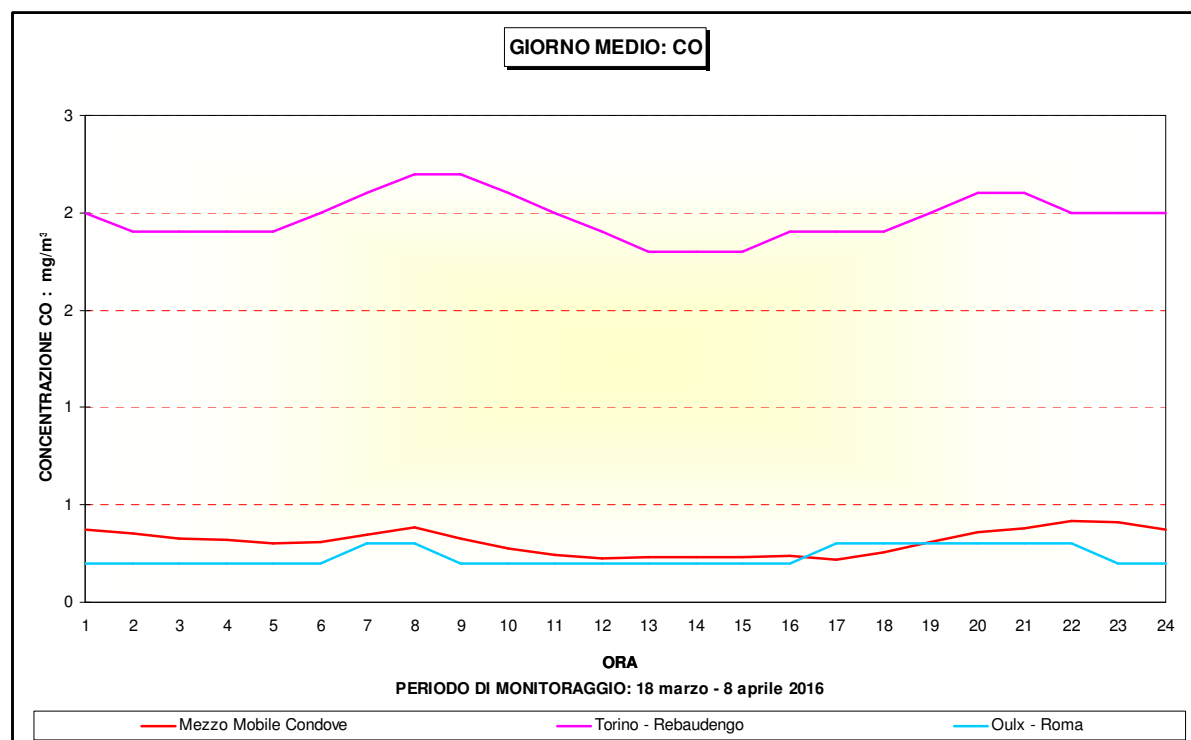


Figura 23: CO - andamento del giorno medio



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.

A causa di problemi tecnici non è stato possibile monitorare questi inquinanti durante la campagna condotta presso Condove.

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 $10\text{ }\mu\text{m}$, 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 $2.5\text{ }\mu\text{m}$) .

Durante il monitoraggio eseguito nel comune di Condove per il particolato PM_{10} sono disponibili 19 misurazioni su 20 giornate di monitoraggio (che corrispondono al 95% di dati validi); non si sono avuti superamenti del valore limite giornaliero di $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 35 volte per anno civile), come indicato in **Tabella 10** e in **Figura 24**.

La medie del periodo dei valori di particolato PM_{10} è stata di $33\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo giornaliero di $45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato il 25 marzo, giornata nella quale si è registrato il massimo di $PM_{2.5}$ e, come si è visto precedentemente, degli ossidi di azoto.

In **Figura 24** vengono confrontati i valori di PM_{10} registrati a Condove con quelli misurati nelle altre stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria: in generale si osserva un andamento confrontabile con quello di Torino-Consolata e di Borgaro T.se, mentre le concentrazioni risultano più alte della stazione di Susa.

Nella **Tabella 11** sono riportati i valori di $PM_{2.5}$; la media dei valori di concentrazione di particolato $PM_{2.5}$ è stata pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un valore massimo giornaliero di $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori sono molto simili a quelli delle stazioni di confronto (Borgaro, Settimo e Torino-Lingotto) (**Figura 25**). Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico $PM_{2.5}$ 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 termini generali per $PM_{2.5}$ e PM_{10} , che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Per quanto riguarda i valori limite annuali di PM_{10} e $PM_{2.5}$, valutazioni sulla concentrazione media annuale – e quindi il confronto con tale valore limite – saranno effettuati al termine della seconda campagna.

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

Minima media giornaliera	22
Massima media giornaliera	45
Media delle medie giornaliere	33
Giorni validi	19
Percentuale giorni validi	95%
<u>Numero di superamenti livello</u> Giornaliero protezione della salute (50)	0

Tabella 11: Dati relativi al particolato sospeso $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	31
Media delle medie giornaliere	23
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%

Figura 24: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

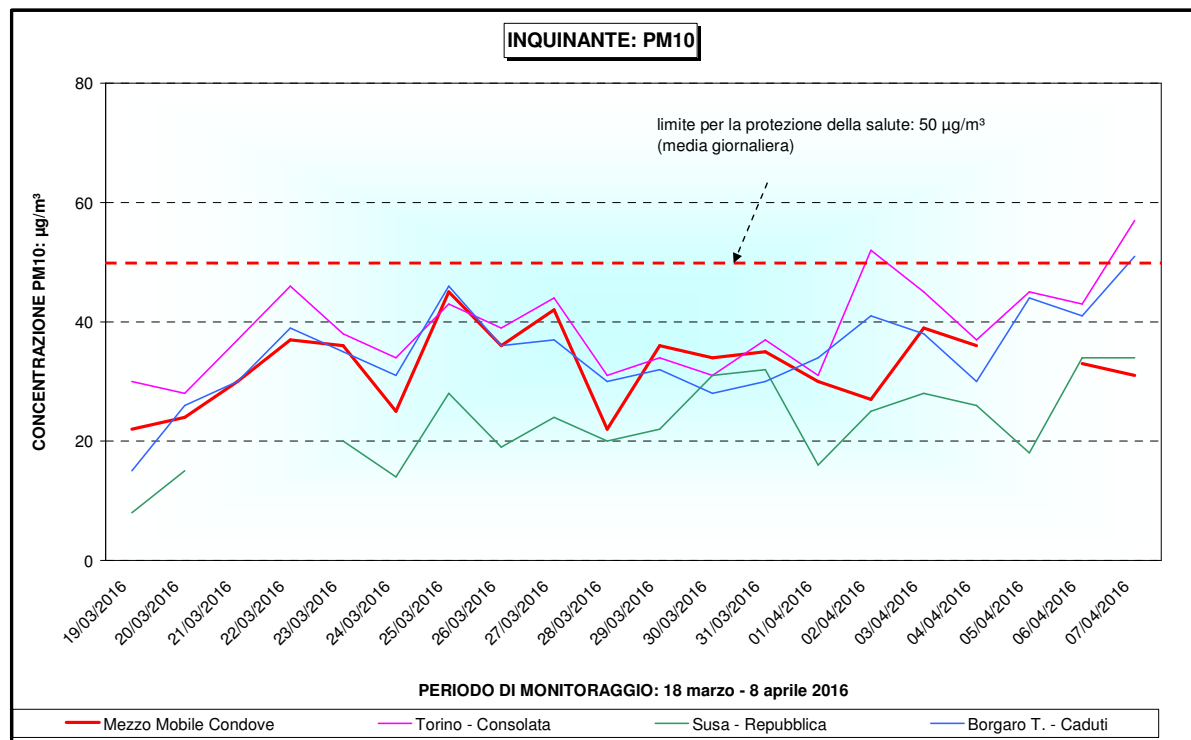


Figura 25: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

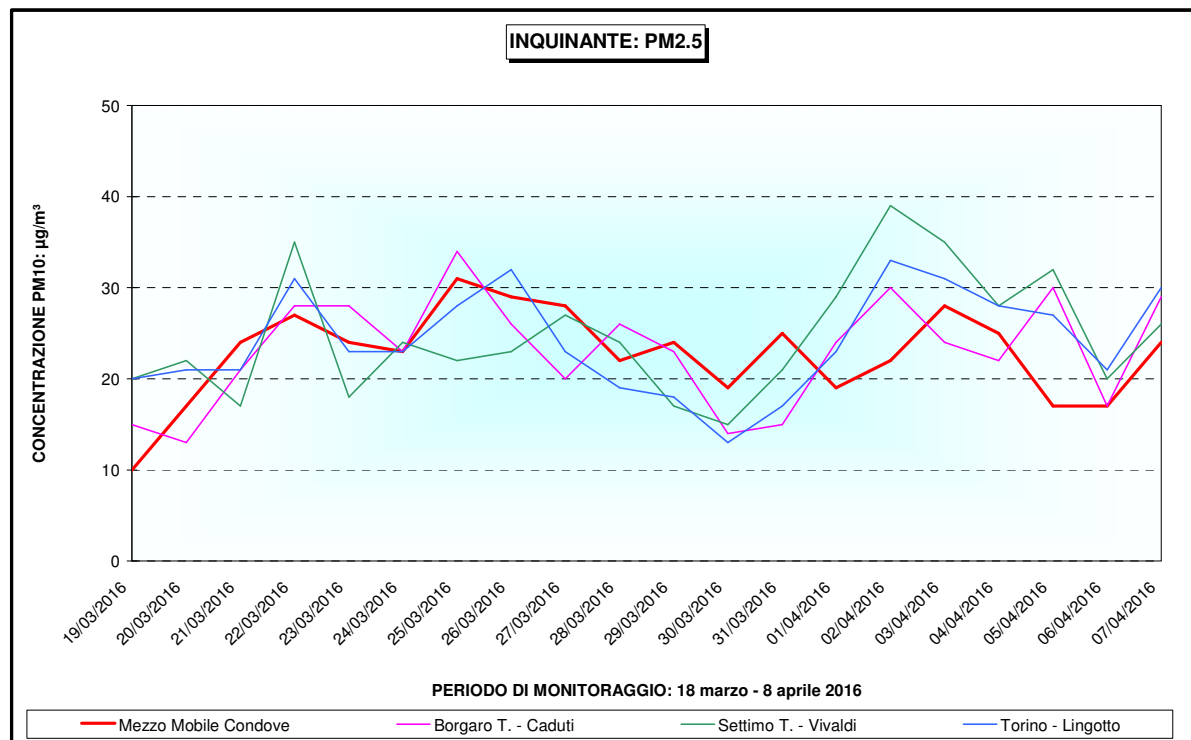
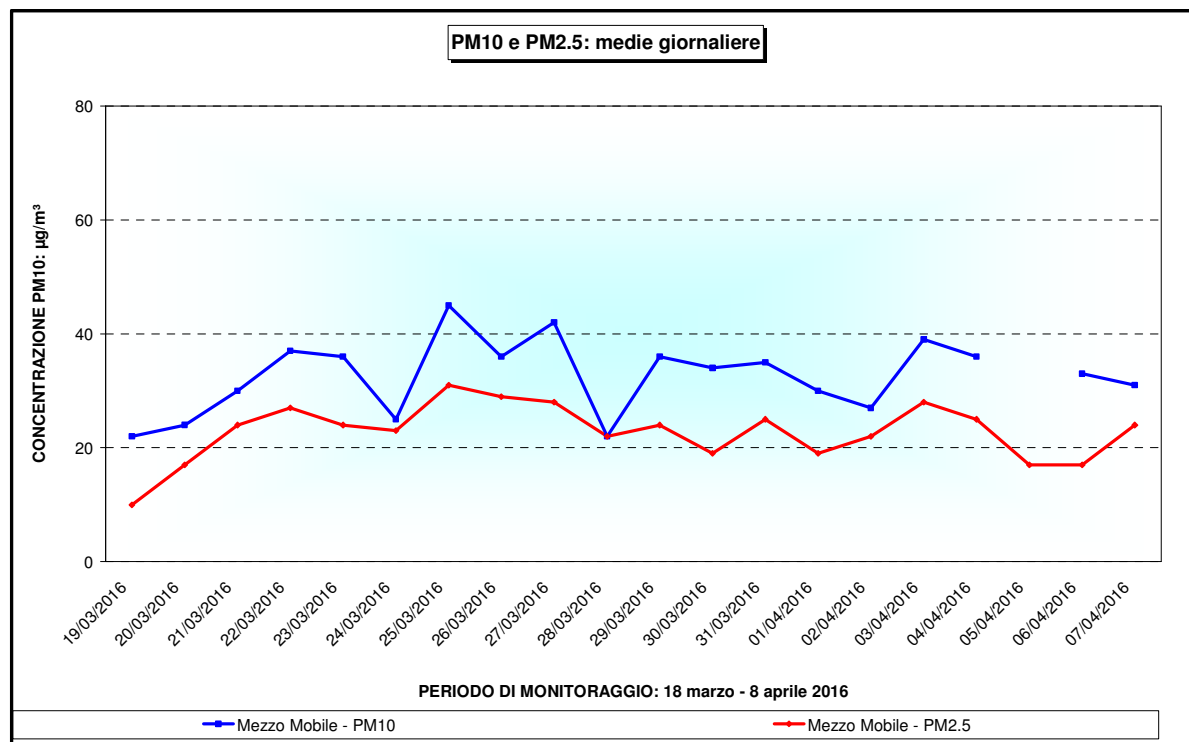


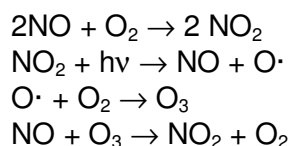
Figura 26: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$ - confronto



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).

Come riassunto nella **Tabella 12** nel corso della campagna la media dei valori orari di ozono è stata di $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$; non si sono registrati superamenti su base oraria del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e del livello di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dal grafico di **Figura 28** si nota come il livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sia stato superato 7 volte.

Nelle **Figure 27 e 29** in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Borgaro e Susa, si osserva che i valori registrati nel comune di Condove hanno una forte variabilità nel corso della giornata, con valori minimi più bassi di Borgaro e valori massimi più elevati di Susa. È da notare come nelle prime giornate di aprile, quando si sono verificati eventi piovosi e la radiazione solare è scesa ai valori minimi, le concentrazioni di ozono siano scese notevolmente e si siano avvicinate a quelle delle stazioni di confronto.

Nella **Figura 30** si riporta il confronto tra le medie del periodo registrate a Condove e quelle di tutte le stazioni di rilevamento della Provincia.

Rispetto alla media del periodo monitorato, il sito di Condove presenta un valore medio superiore a quello delle altre stazioni fisse, ad eccezione di quelle di Susa, Baldissero T. e Ceresole.

I grafici riportati in **Figura 31** e **Figura 32** mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura; infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili.

Tabella 102: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g/m^3$)

Minima media giornaliera	15
Massima media giornaliera	97
Media delle medie giornaliere	56
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	56
Massima media oraria	163
Ore valide	478
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	2
Media delle medie 8 ore	56
Massimo medie 8 ore	148
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	21
<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 27: O_3 - confronto con i limiti di legge

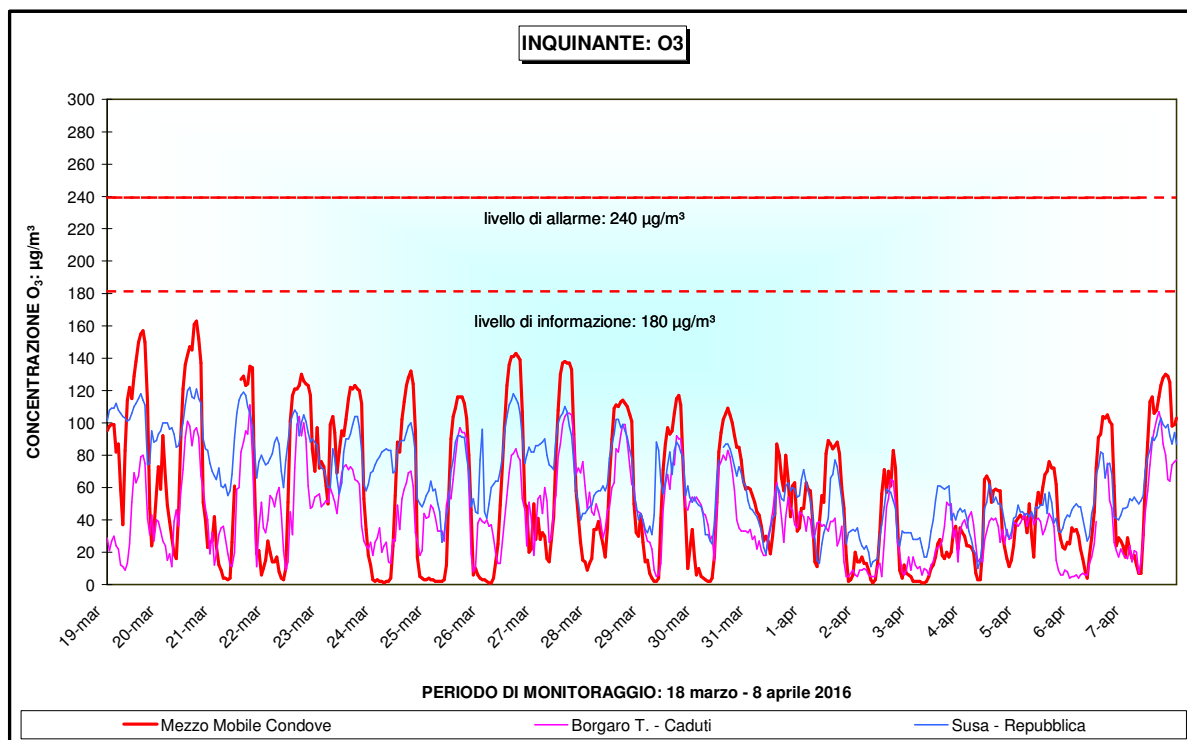


Figura 28: O_3 - superamenti protezione della salute umana

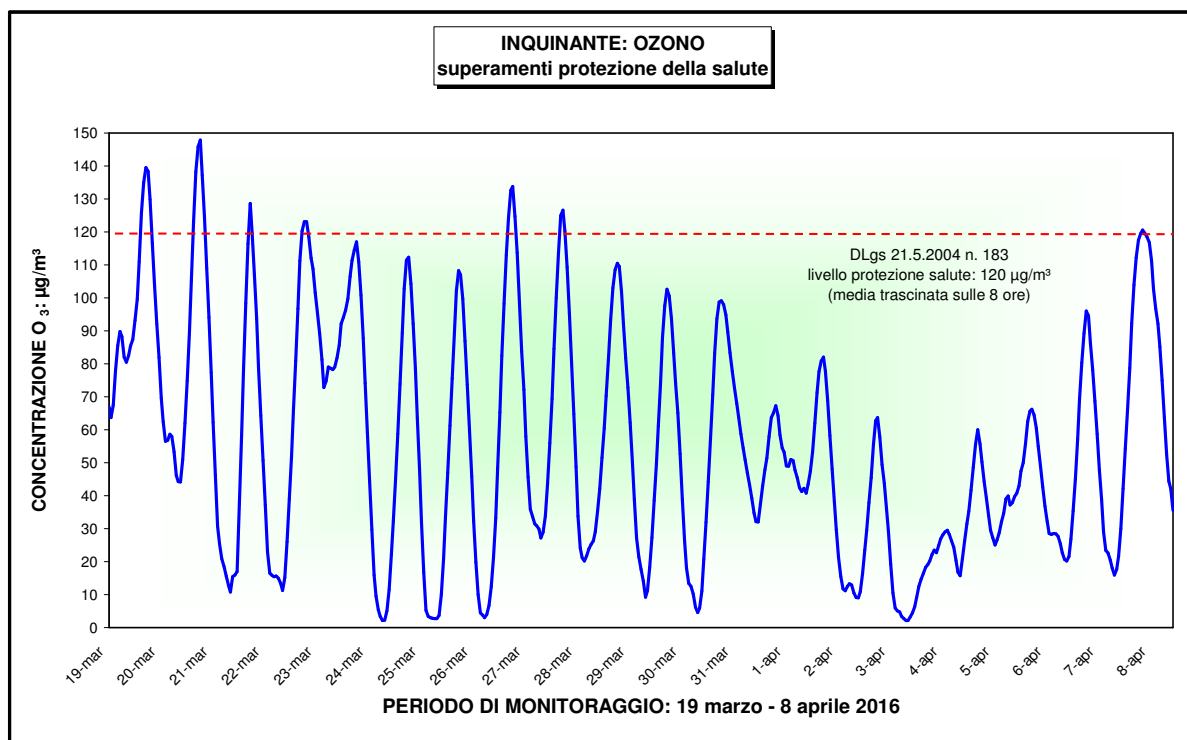


Figura 29: Ozono - giorno medio

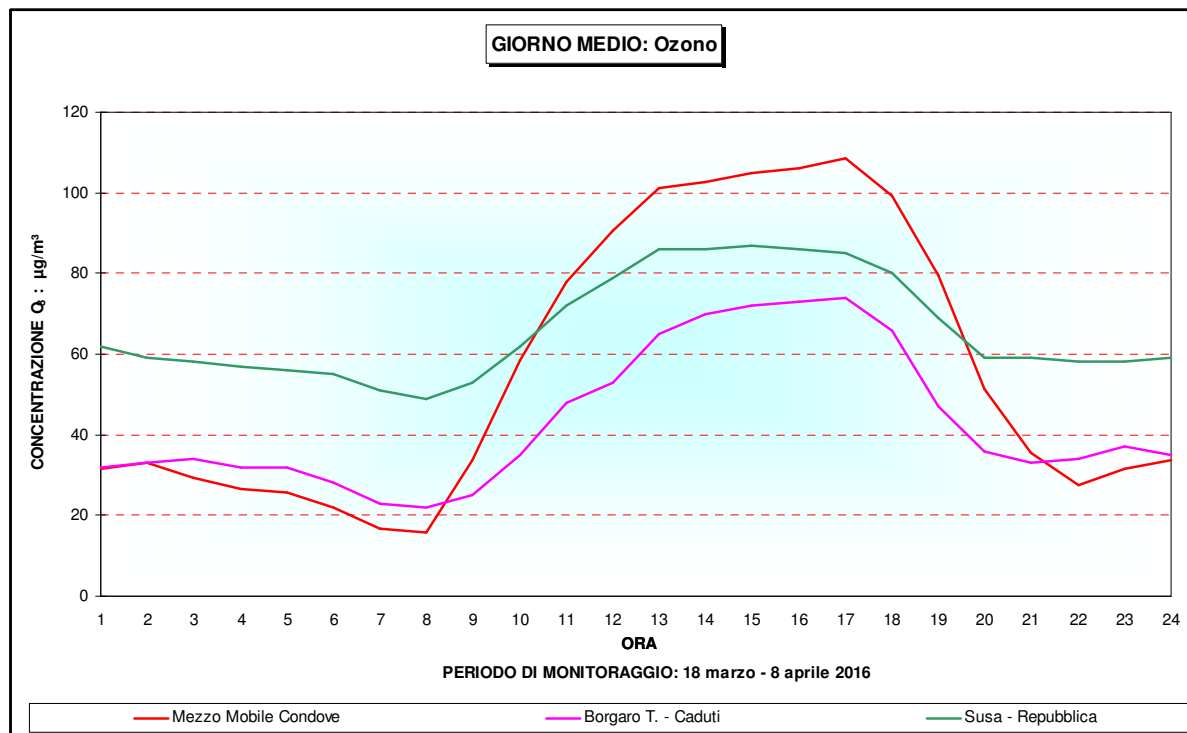


Figura 30: O_3 - confronto medie del periodo nelle stazioni della rete provinciale

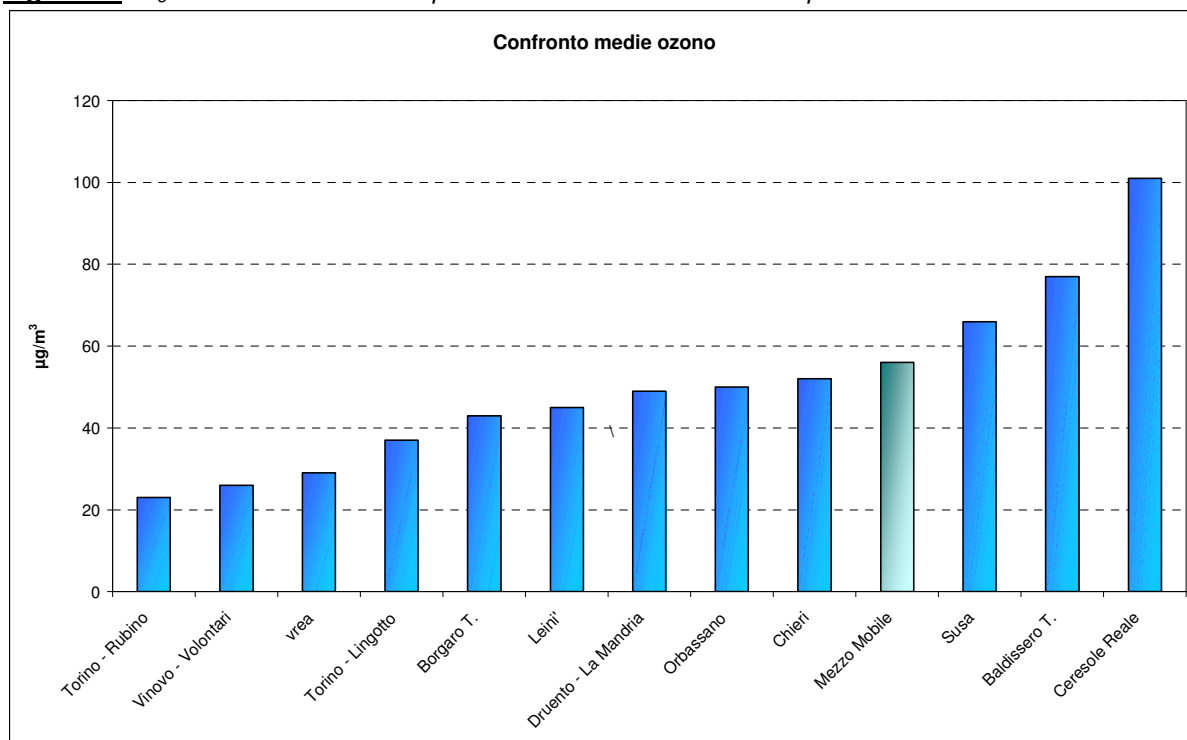


Figura 31: O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

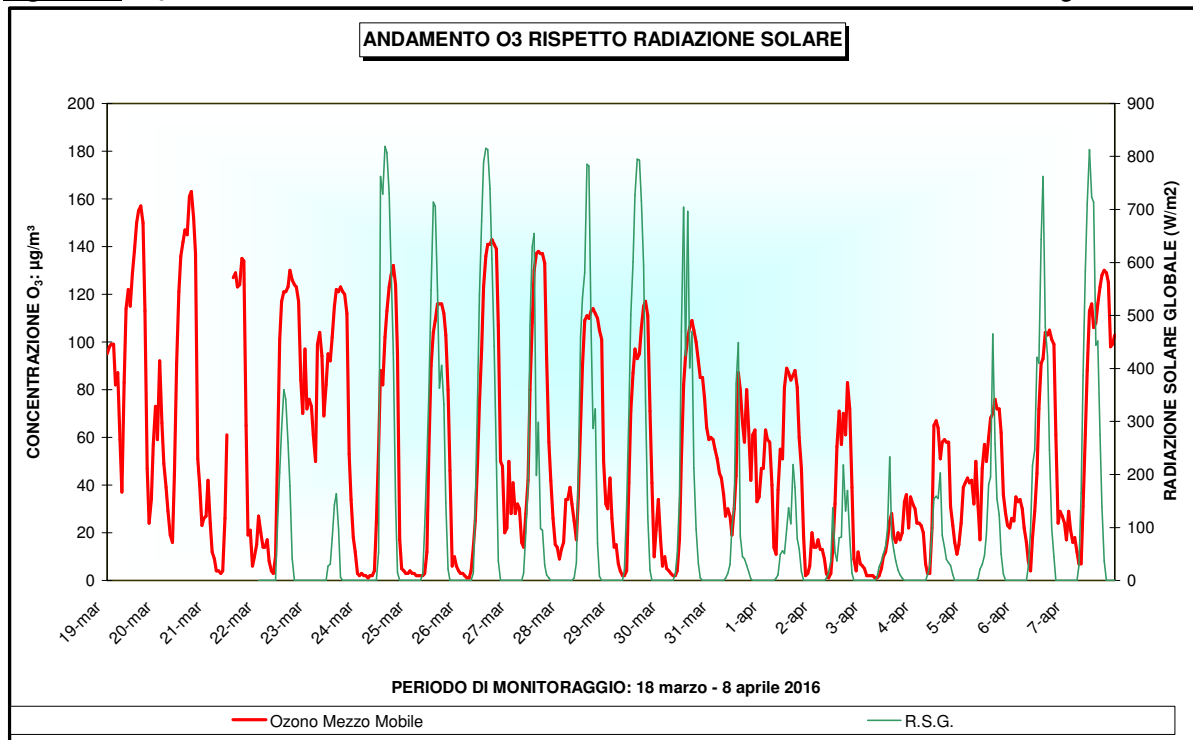
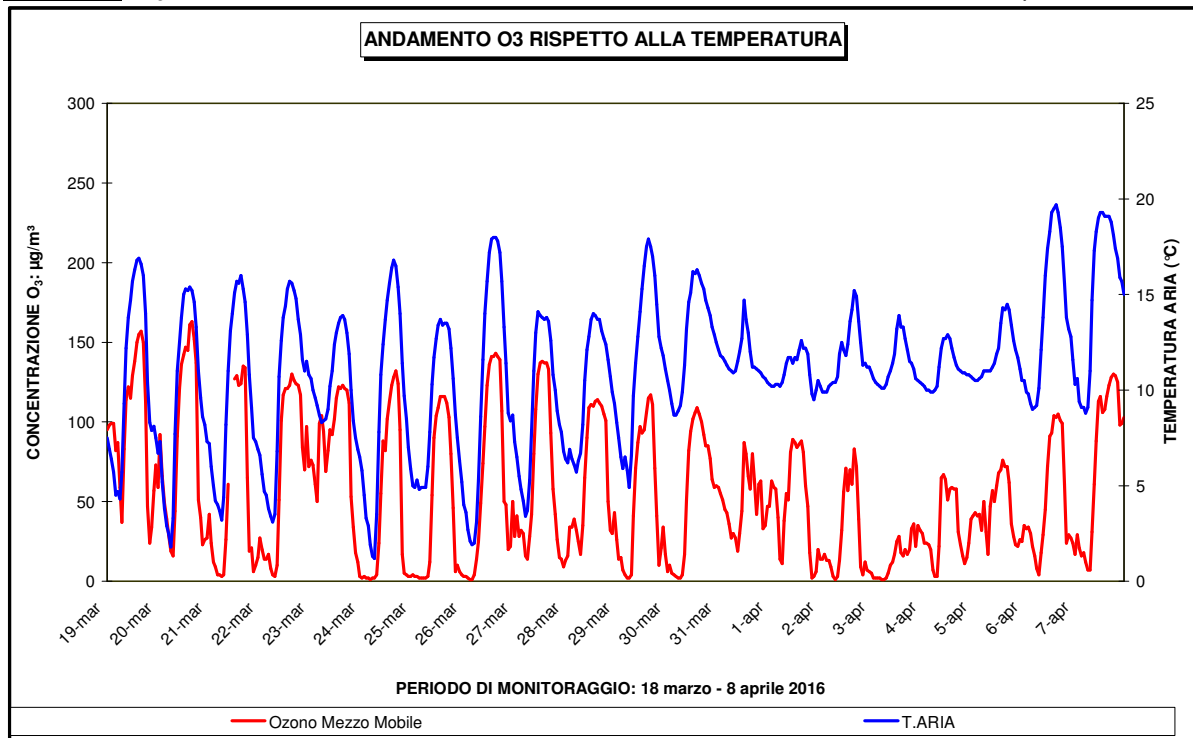


Figura 32: O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione temperatura amb.



Conclusioni

Le criticità evidenziate nel territorio di Condove a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti di valle della provincia di Torino. Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Per il biossido d'azoto non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero, com'è tipico dei mesi primaverili; una valutazione più approfondita sul rispetto dei valori limite – e in particolare di quello su base annuale - potrà essere fatta al termine della seconda campagna.

Per quanto riguarda l'ozono si sono verificati 7 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore).

Va comunque sottolineato che l'ozono, data l'origine secondaria, è un inquinante di fatto ubiquitario e sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo in aree relativamente remote, come quelle vallive o collinari, sia dell'ozono stesso sia dei suoi precursori emessi nelle aree antropizzate.

Relativamente al particolato sospeso PM_{10} il valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) non è stato superato. Anche in questo caso considerazioni sul superamento o meno dei valori limite, sia su base giornaliera che annuale, potranno essere effettuate al termine della seconda campagna di monitoraggio, in quanto i valori più elevati di questo inquinante si raggiungono nei mesi freddi dell'anno.

Una considerazione analoga vale anche per il particolato $\text{PM}_{2.5}$, per il quale la normativa prevede unicamente un valore limite su base annuale.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione priva di specifiche criticità.

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;