

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

Struttura Semplice di Produzione

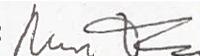
OGGETTO:

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO

MOBILE NEL COMUNE DI BOLLENGO

RELAZIONE FINALE CAMPAGNE (dal 15/06/2015 al 05/07/2015 – dal 10/01/2016 al 05/02/2016)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Francesco Romeo	Data: 4/10/16	Firma: 
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 4/10/16	Firma: 

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto Tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento del Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, dott.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	6
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	7
<i>Il quadro normativo</i>	7
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	11
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	14
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici</i>	21
Biossido di zolfo	22
Monossido di carbonio	25
Ossidi d'azoto	28
Benzene e toluene	36
Particolato sospeso (PM ₁₀) e (PM _{2.5})	40
Ozono	45
CONCLUSIONI	49
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	50

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

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

Nella

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2011", elaborata congiuntamente dalla Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Città Metropolitana di Torino.

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

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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino 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 territoriali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile 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 impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM10 e PM2.5, 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.

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 **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 e in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 20 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero

dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 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 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 (PM10)	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

Le campagne di monitoraggio condotte nel comune di Bollengo, finalizzate al controllo della qualità dell'aria, sono state effettuate a seguito della richiesta inoltrata dal Comune di Bollengo ad Arpa Piemonte con nota protocollo Arpa n°67336 del 11/08/2014 (protocollo Comune di Bollengo n°2470 del 06/08/2014) in relazione al disturbo causato dalla circolazione e dallo stazionamento dei mezzi della ditta Transervice.

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 nel periodo estivo, e una seconda campagna nel periodo invernale.

Come sito di posizionamento del mobilab per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato il piazzale della ditta Transervice vicina al sito dell'esponente, in Via Rialetto, 2 nel comune di Bollengo, come concordato con l'amministrazione comunale durante il sopralluogo.

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

I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal **16/06/2015 al 04/07/2015 – 11/01/2016 al 04/02/2016**.

Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

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

I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete 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 Bollengo.

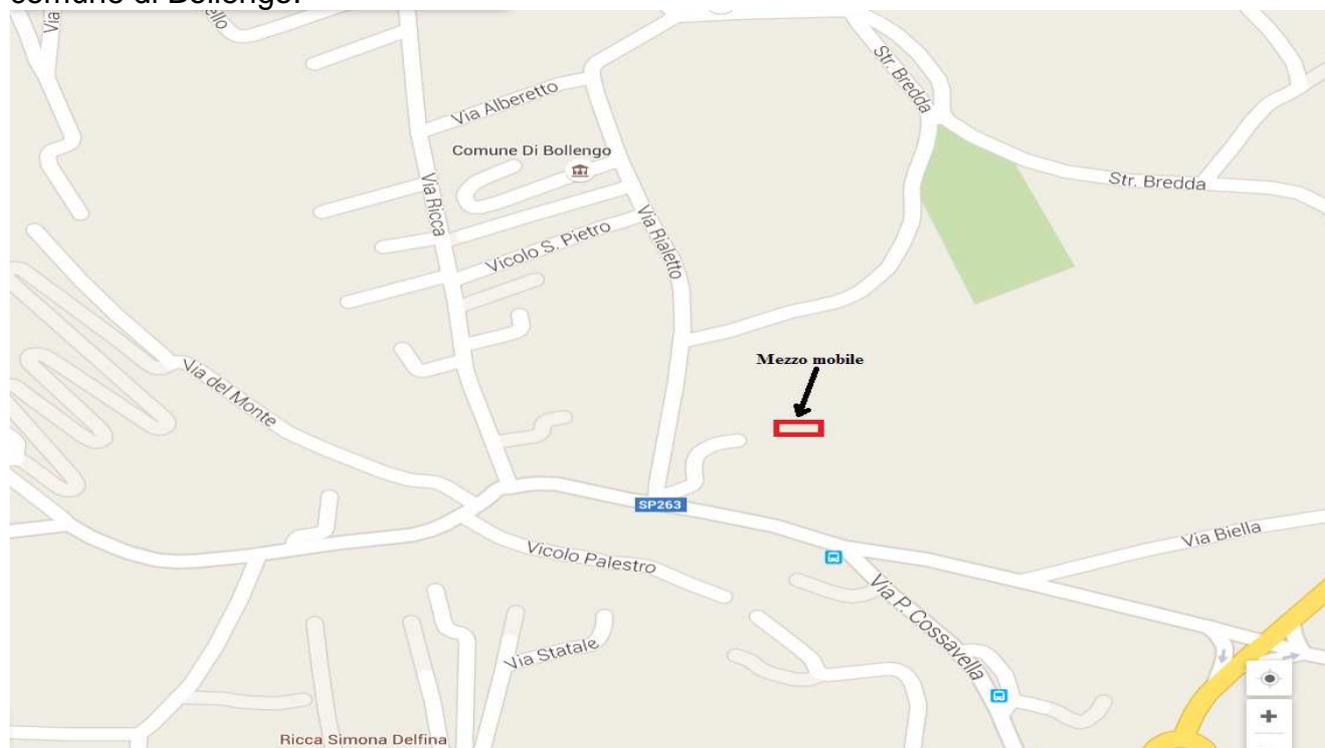
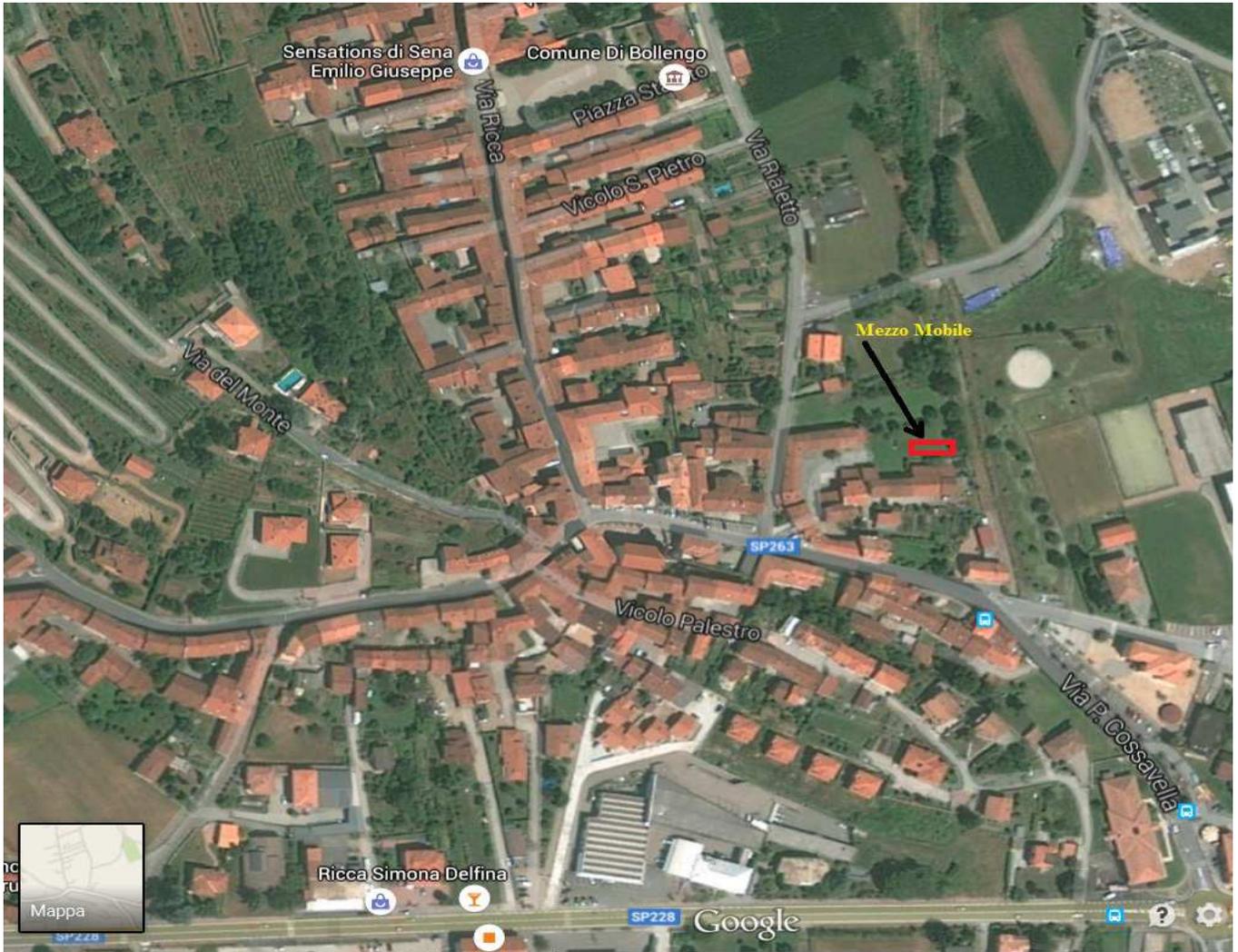


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Bollengo.



Elaborazione dei dati meteorologici

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

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

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

Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m²)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.8	71.0
Massima media giornaliera	92.1	258.8
Media delle medie giornaliere (b):	56.0	207.5
Giorni validi	16	18
Percentuale giorni validi	64%	90%
Media dei valori orari	54.2	207.5
Massima media oraria	426.0	704.0
Ore valide	401	426
Percentuale ore valide	67%	89%

Tabella 6– Temperatura (°C)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	-1.6	19.2
Massima media giornaliera	10.2	27.2
Media delle medie giornaliere (b):	4.3	22.5
Giorni validi	25	18
Percentuale giorni validi	100%	90%
Media dei valori orari	4.3	22.5
Massima media oraria	14.5	32.6
Ore valide	596	426
Percentuale ore valide	99%	89%

Tabella 7– Umidità relativa (%)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	25.2	55.2
Massima media giornaliera	97.2	84.7
Media delle medie giornaliere	63.5	64.2
Giorni validi	25	18
Percentuale giorni validi	100%	90%
Media dei valori orari	63.4	64.1
Massima media oraria	100.0	96.0
Ore valide	597	426
Percentuale ore valide	100%	89%

Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	970.9	980
Massima media giornaliera	1005.3	995
Media delle medie giornaliere (b):	992.5	989
Giorni validi	25	18
Percentuale giorni validi	100%	90%
Media dei valori orari	992.6	988.6
Massima media oraria	1007.0	996
Ore valide	597	426
Percentuale ore valide	100%	89%

Tabella 9 – Velocità vento (m/s)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.24	0.4
Massima media giornaliera	2.89	1.1
Media delle medie giornaliere	0.93	0.8
Giorni validi	25	18
Percentuale giorni validi	100%	90%
Media dei valori orari	0.93	0.8
Massima media oraria	5.30	3.2
Ore valide	591	422
Percentuale ore valide	98%	88%

Figura 3 – Andamento della radiazione solare globale nel corso delle campagne di monitoraggio

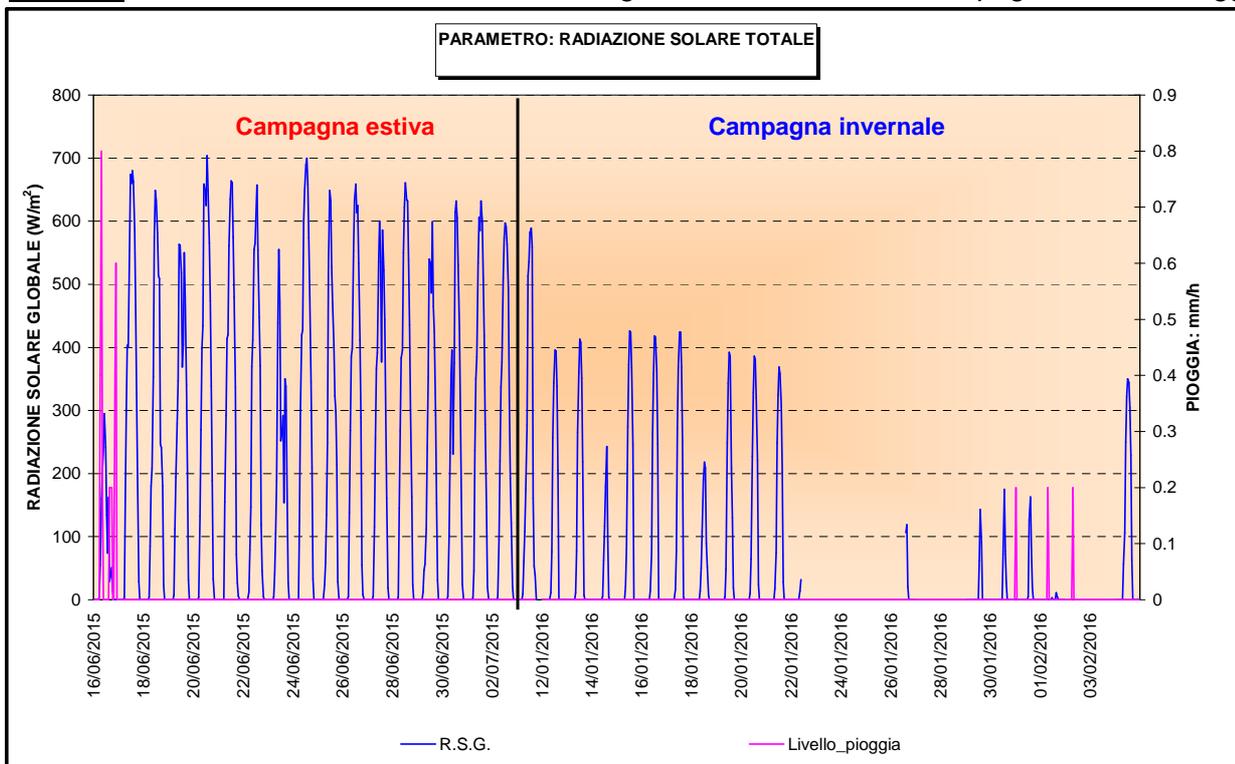


Figura 4 – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio

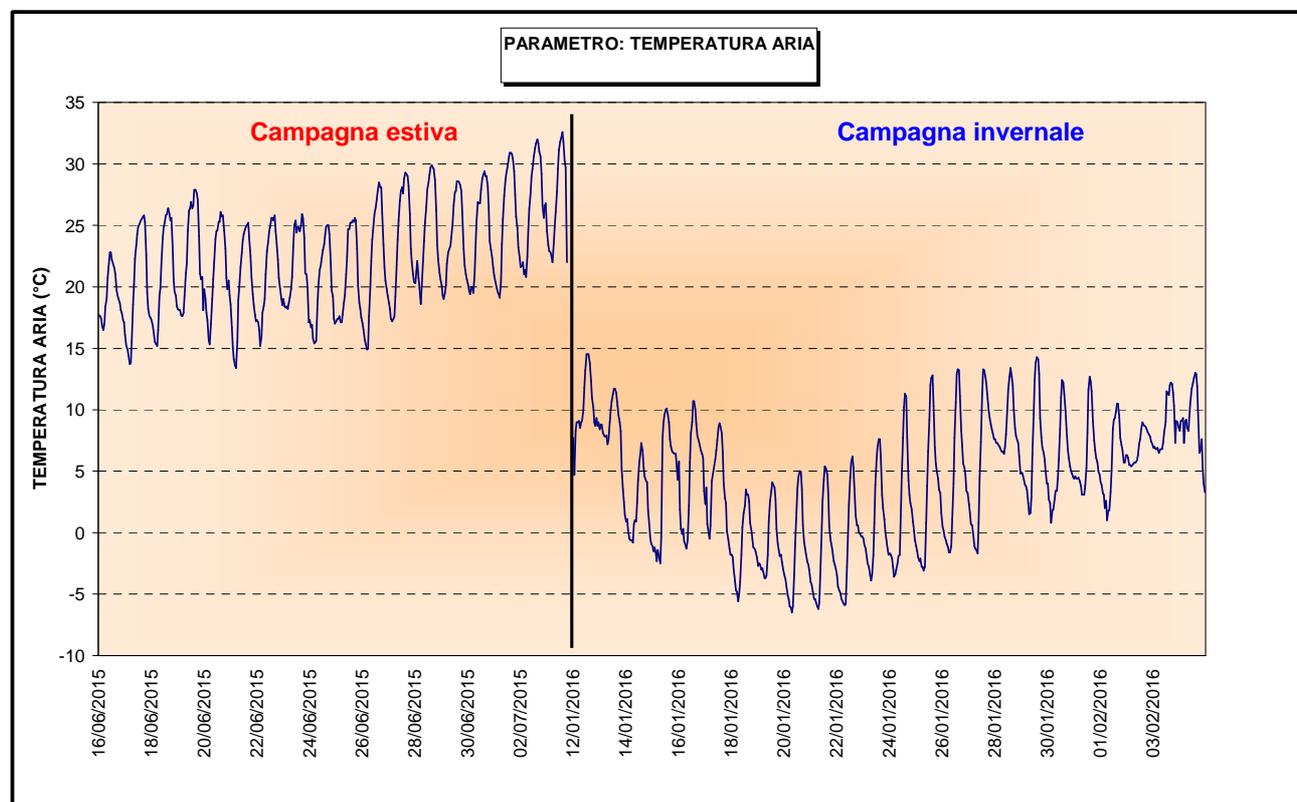


Figura 5 – Andamento dell'umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio

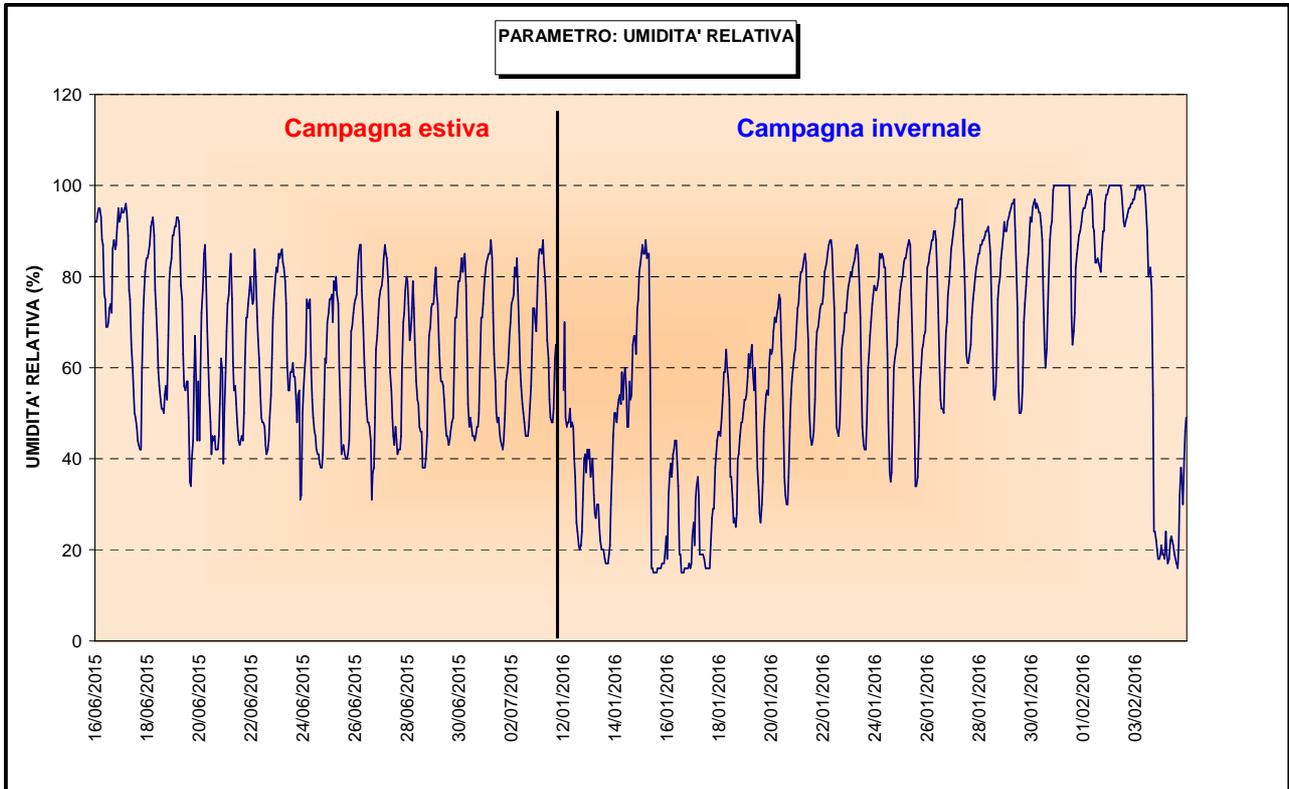


Figura 6 – Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio

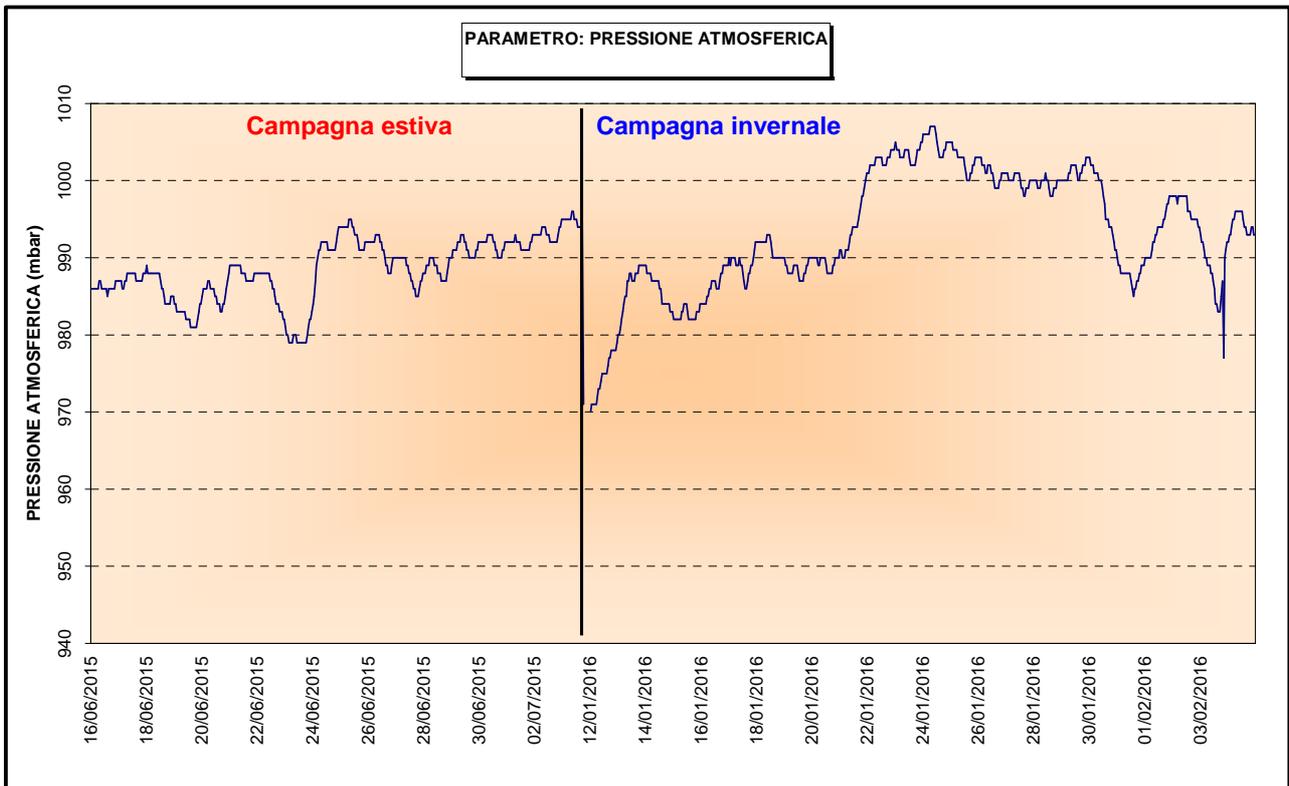


Figura 7 – Precipitazioni cumulate nel corso delle campagne di monitoraggio

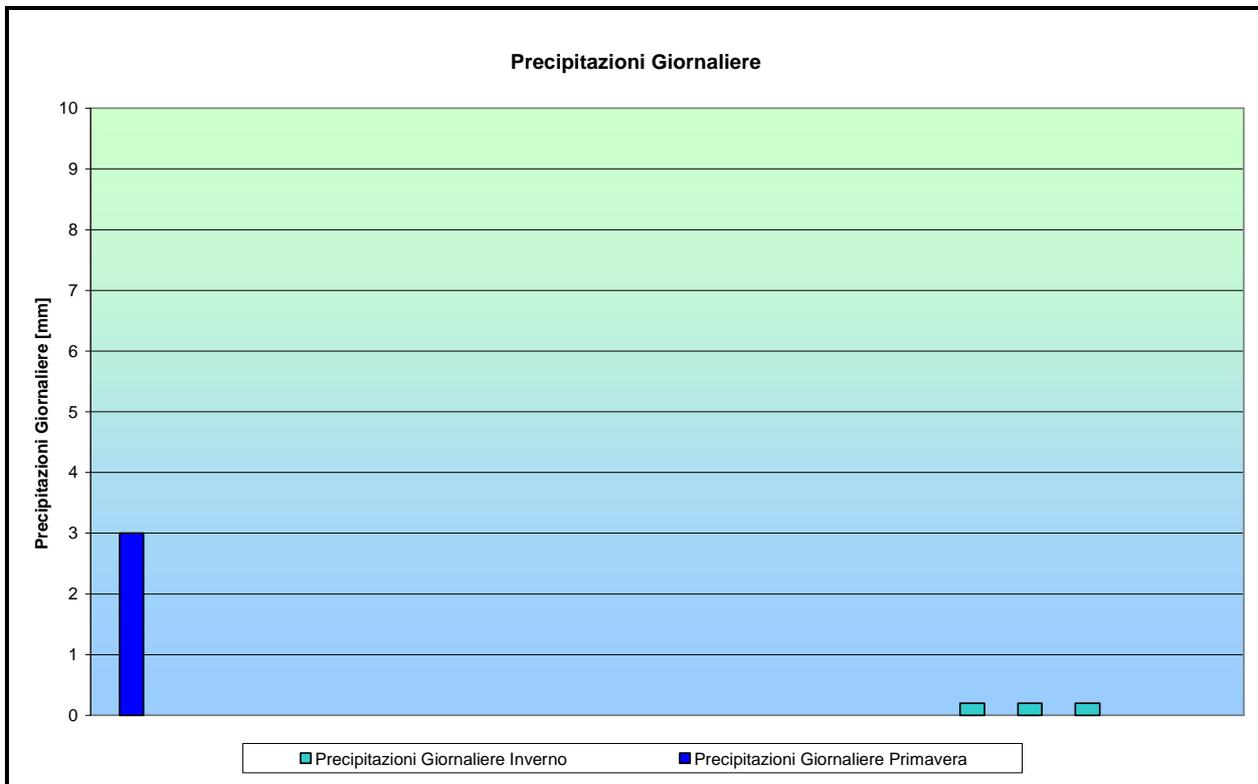


Figura 8 – Andamento della velocità dei venti nel corso delle prima campagne di monitoraggio

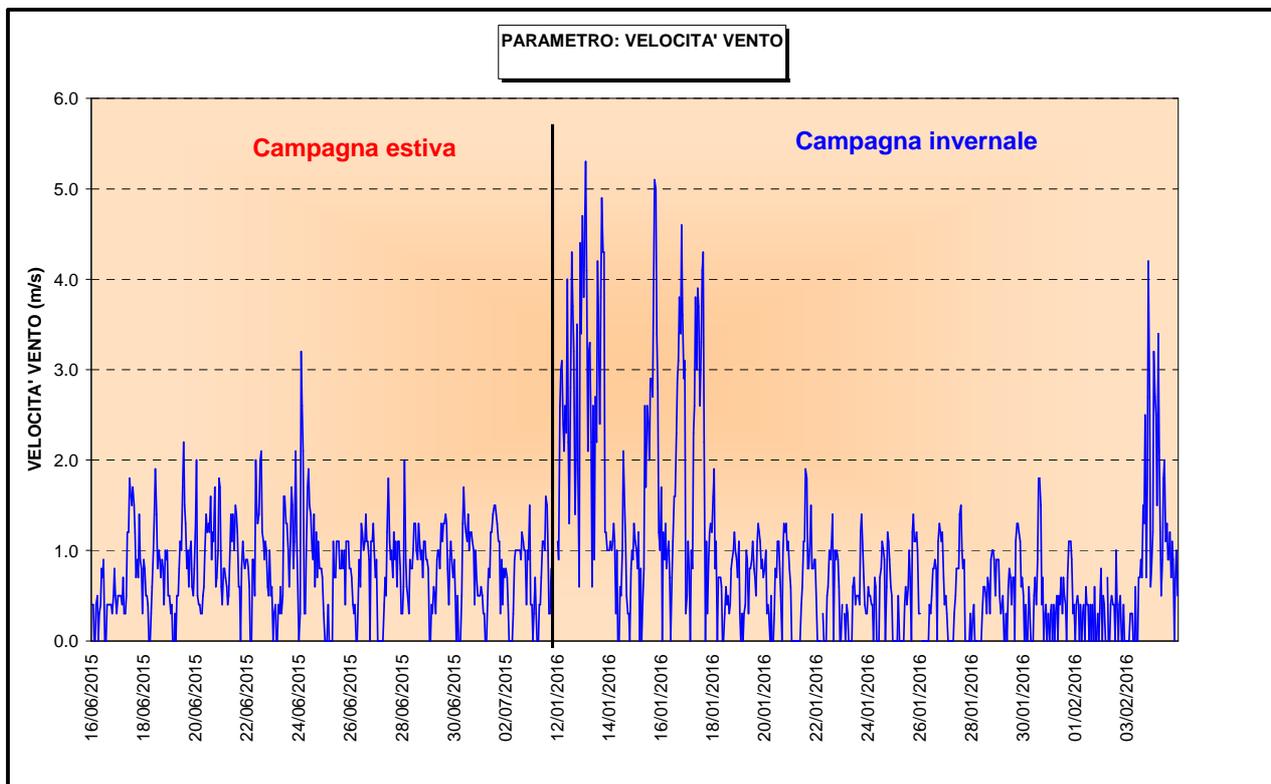


Figura 9 – Rosa dei venti totale nel corso delle campagne di monitoraggio

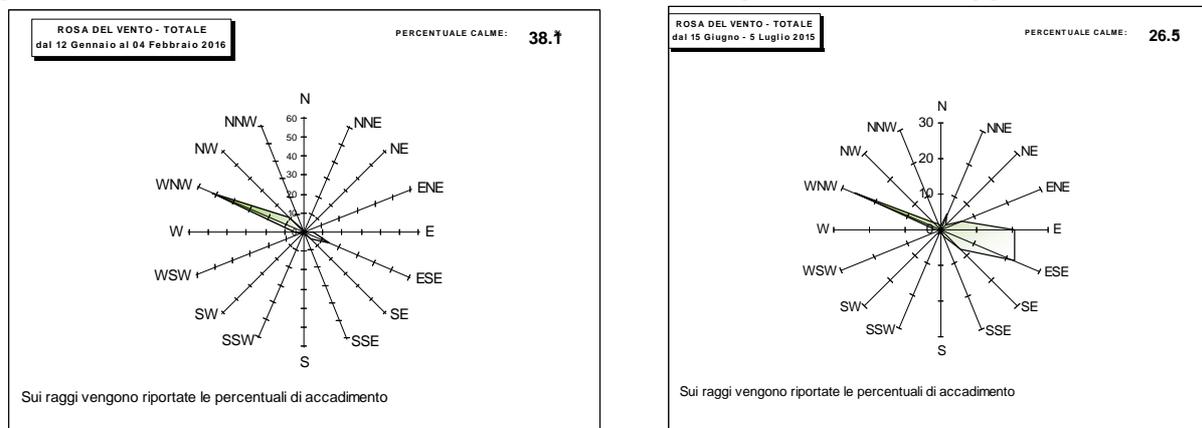


Figura 10 – Rosa dei venti diurna nel corso delle campagne di monitoraggio

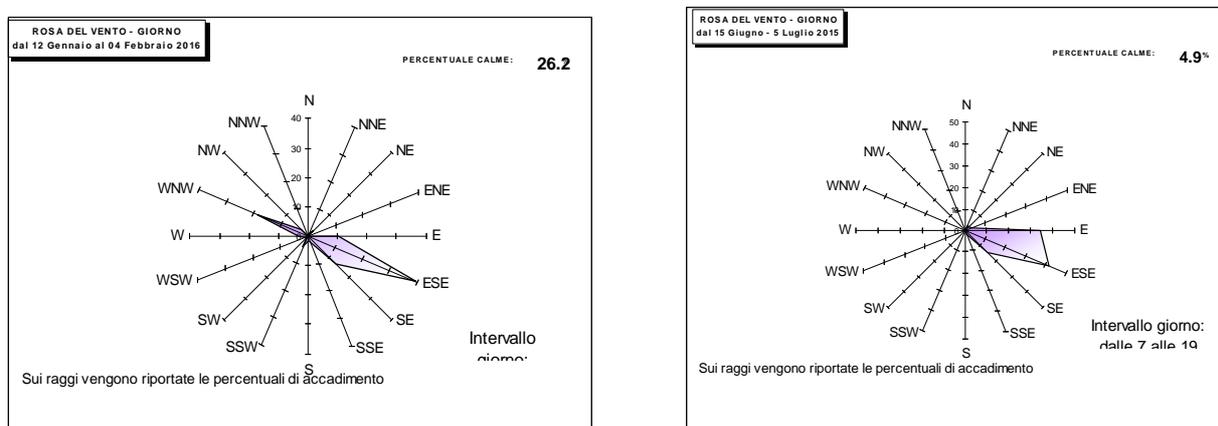
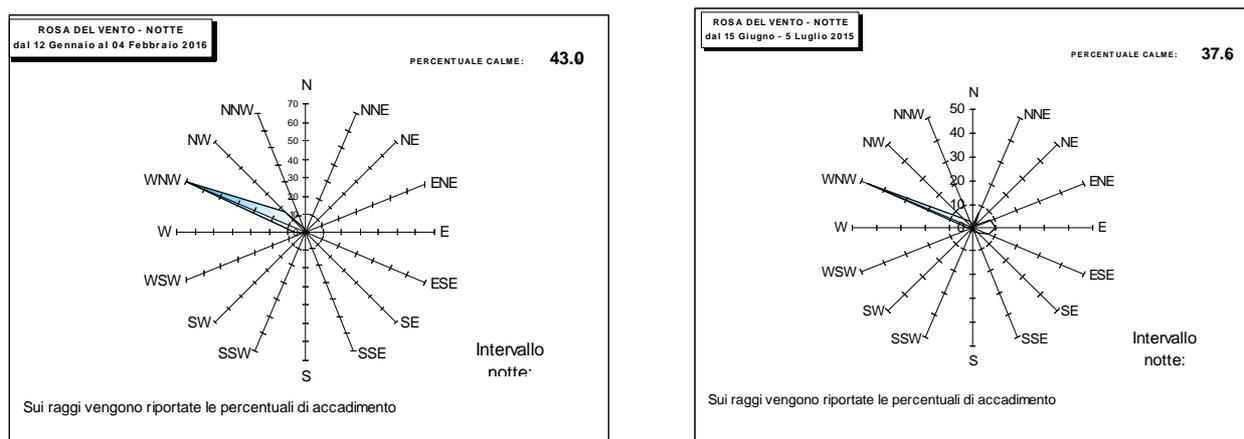


Figura 11 – Rosa dei venti notturna nel corso delle campagne di monitoraggio



La posizione del mezzo mobile a ridosso della cascina può aver condizionato la misura di direzione e velocità del vento; dalle rose dei venti si vedono chiaramente i venti di brezza diurna (Figura 10) con direzione Sud Est, mentre la rosa dei venti notturna evidenzia chiaramente una prevalenza dei venti provenienti da Nord Est in corrispondenza della valle d'Aosta

Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici

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

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

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

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

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

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

Ai fini di una corretta interpretazione degli obiettivi della campagna si ricorda che le misure che sono state effettuate permettono di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio della Città Metropolitana di Torino ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte, rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Le strumentazioni di misura utilizzate nel monitoraggio della qualità dell'aria infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Biossido di zolfo

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

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

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

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

Durante la prima campagna di monitoraggio, il massimo valore giornaliero è stato pari a **8 µg/m³** (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. Il valore massimo orario è pari a **11 µg/m³**, quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in (**Tabella 10 e Figura 13**) evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Durante la seconda campagna di monitoraggio, i valori di concentrazione risultano molto simili alla prima campagna, con un valore medio di **8 µg/m³**, e un valore massimo orario di **10 µg/m³**, anche in questa seconda campagna, come nella prima campagna, i valori registrati sono ampiamente inferiori a quelli previsti dalla normativa.

Il grafico di (**Figura 12**), mostra chiaramente una differenza tra le due campagne di monitoraggio minima, con valori misurati simili durante le due campagne.

Il grafico di (**Figura 13**), mostra l'andamento del biossido di zolfo nella seconda campagna di monitoraggio, con un andamento simile, rispetto alla stazione di Torino Consolata, stazione di traffico urbano .

Nel grafico di (**Figura 14**), si nota chiaramente come le concentrazioni di biossido di zolfo risultano molto basse rispetto il limite di legge giornaliero dei **125 µg/m³**.

Tabella 10 – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO₂ (µg/m³), delle campagne di monitoraggio

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	2	5
Massima media giornaliera	8	8
Media delle medie giornaliere	5	7
Giorni validi	19	17
Percentuale giorni validi	79%	94%
Media dei valori orari	5	7
Massima media oraria	10	11
Ore valide	477	403
Percentuale ore valide	83%	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 12 - SO₂ andamento orario delle campagne di monitoraggio a Bollengo

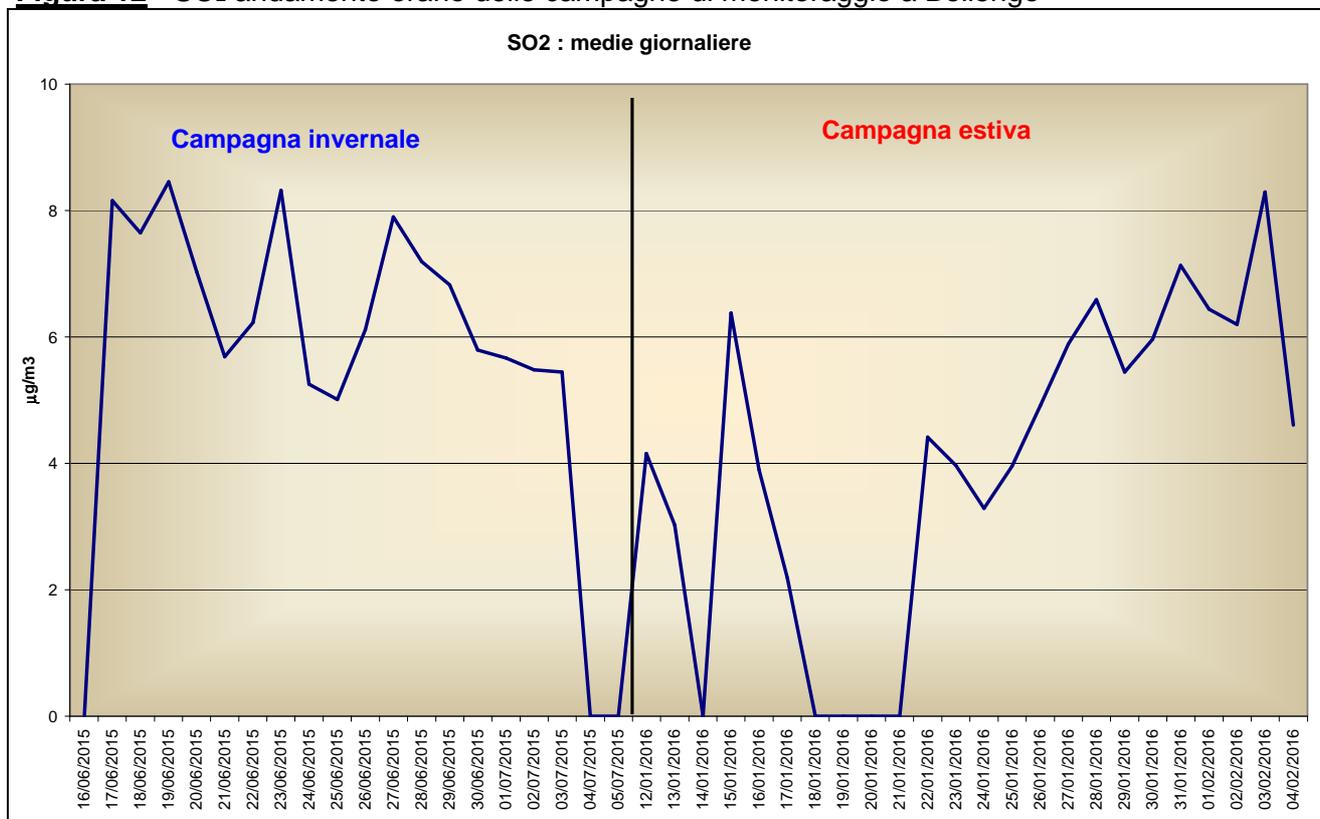


Figura 13 - SO₂ andamento orario nella seconda campagna

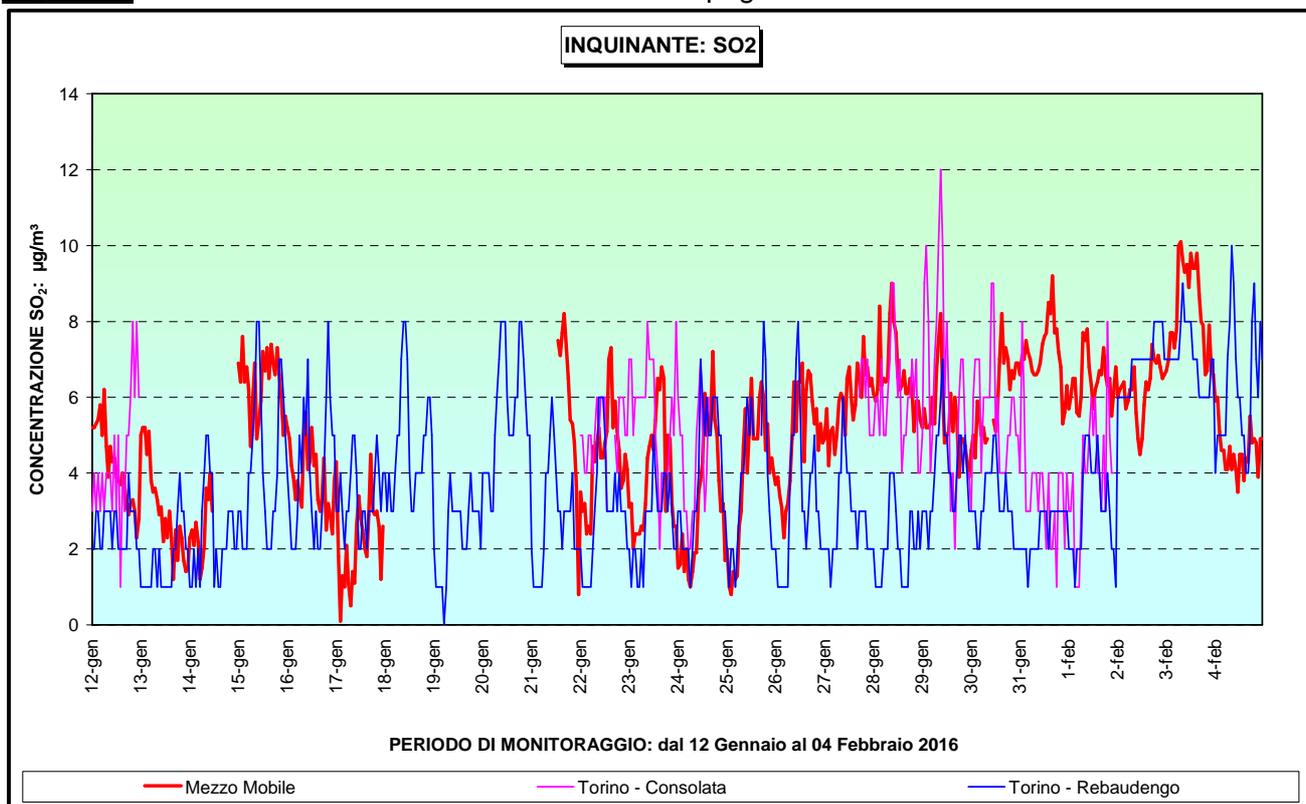
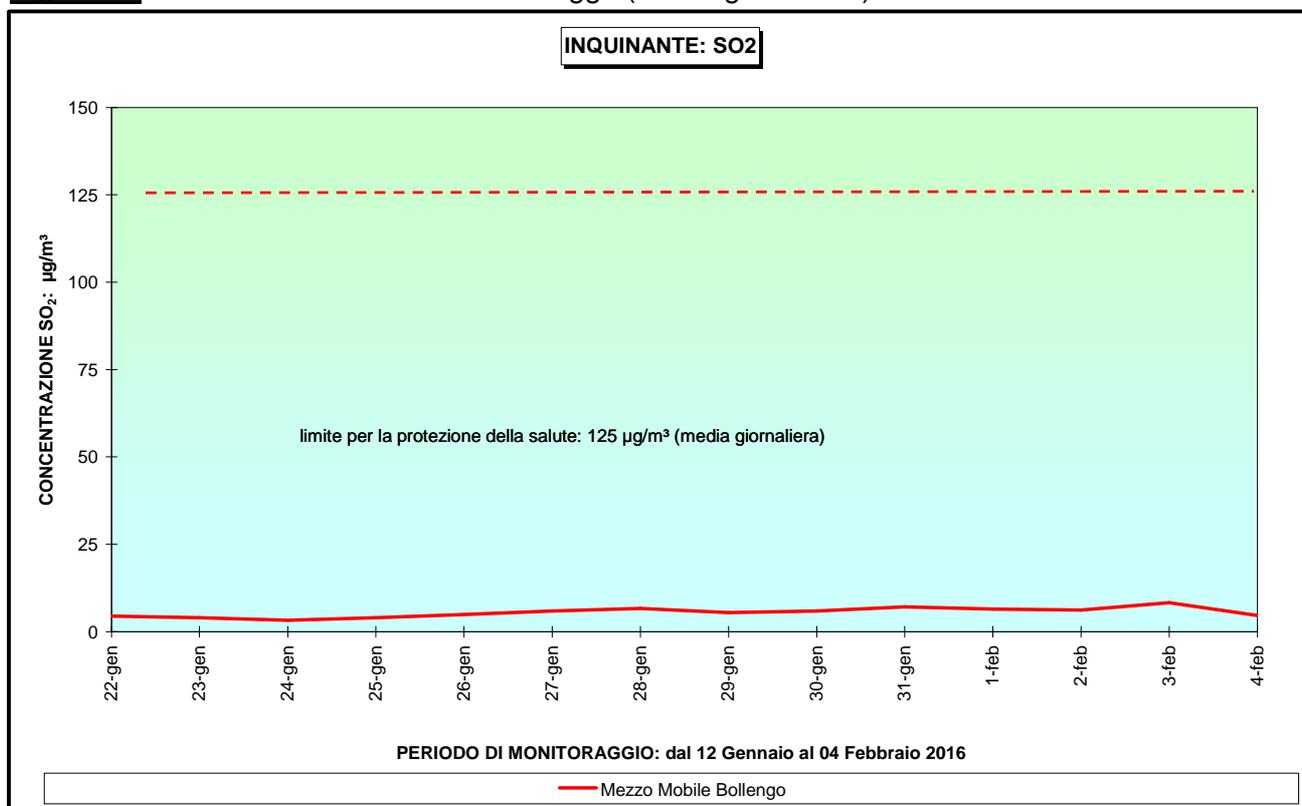


Figura 14 - SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)



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/m³), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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

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

Durante la prima campagna di monitoraggio nel comune di Bollengo, vedi (**Tabella 11**), abbiamo una media dei valori di **0.4 mg/m³** con un valore massimo di **0.6 mg/m³** e nessun superamento dei limiti di legge.

Durante la seconda campagna di monitoraggio, vedi (**Tabella 11**), abbiamo una media dei valori di **0.7 mg/m³** con un valore massimo di **1.6 mg/m³** e nessun superamento dei limiti di legge.

In (**Figura 15**) si nota chiaramente come le medie dei valori di concentrazione nel corso della seconda campagna di monitoraggio nel comune di Bollengo, raggiungano valori massimi che superano più del doppio rispetto alla prima campagna.

Il CO come SO₂, è un inquinante che presentano valori più elevati durante il periodo invernale.

La (**Figura 16**) mostra l'andamento del CO durante la seconda campagna di monitoraggio. Come per la prima campagna, possiamo notare come abbia un andamento con valori molto più bassi rispetto alle due stazioni di traffico urbano, i quali registrano valori più elevati.

In (**Figura 17**) si vede chiaramente come le stazioni di Torino-Consolata e Torino-Rebaudengo - due stazioni di traffico urbano - abbiano valori del giorno medio più alti di circa il doppio, rispetto al sito di Bollengo.

Tabella 11 – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m³), delle campagne di monitoraggio

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.3	0.3
Massima media giornaliera	1.1	0.5
Media delle medie giornaliere	0.7	0.3
Giorni validi	25	15
Percentuale giorni validi	100%	75%
Media dei valori orari	0.7	0.4
Massima media oraria	1.6	0.6
Ore valide	593	381
Percentuale ore valide	99%	79%
Minimo medie 8 ore	0.3	0.2
Media delle medie 8 ore	0.7	0.4
Massimo medie 8 ore	1.4	0.6
Percentuale medie 8 ore valide	99%	78%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Figura 15 - CO medie orarie nel corso delle due campagne a Bollengo

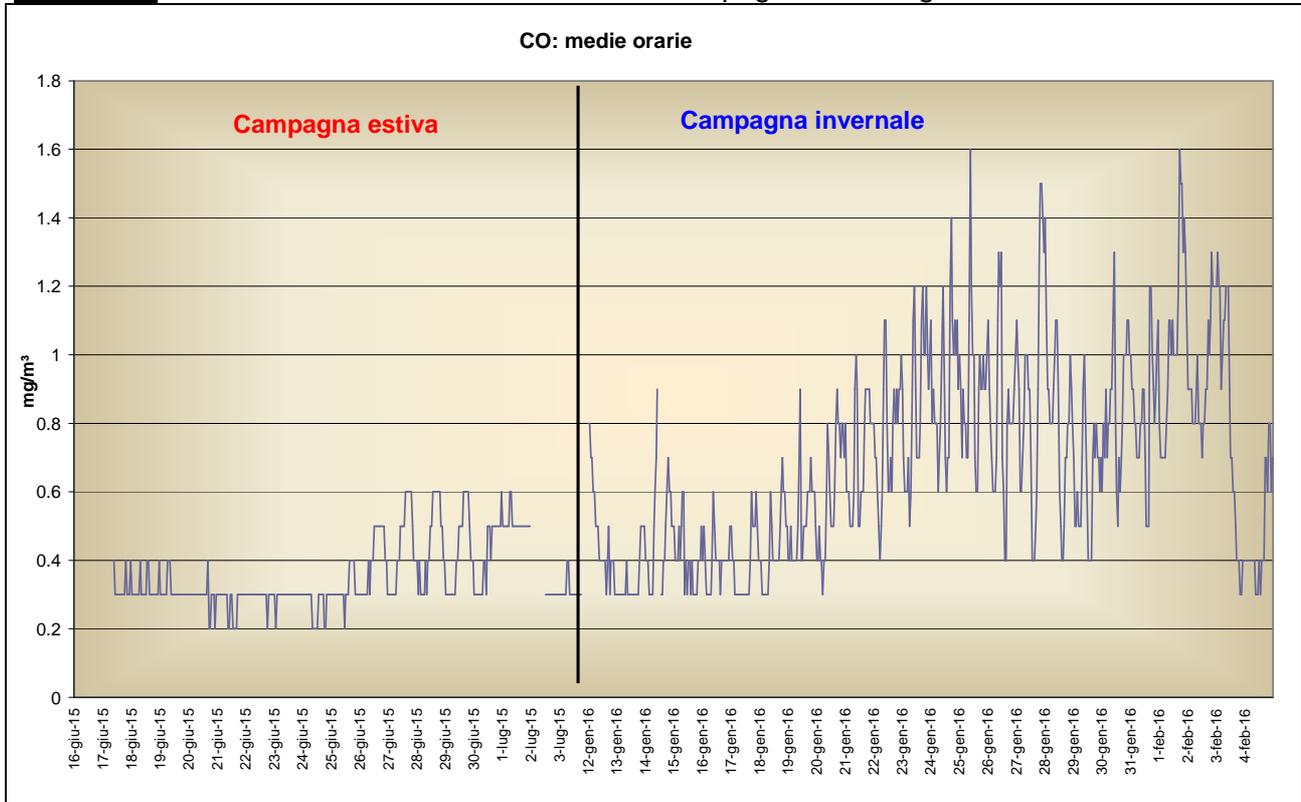


Figura 16 - CO andamento orario nella seconda campagna di monitoraggio.

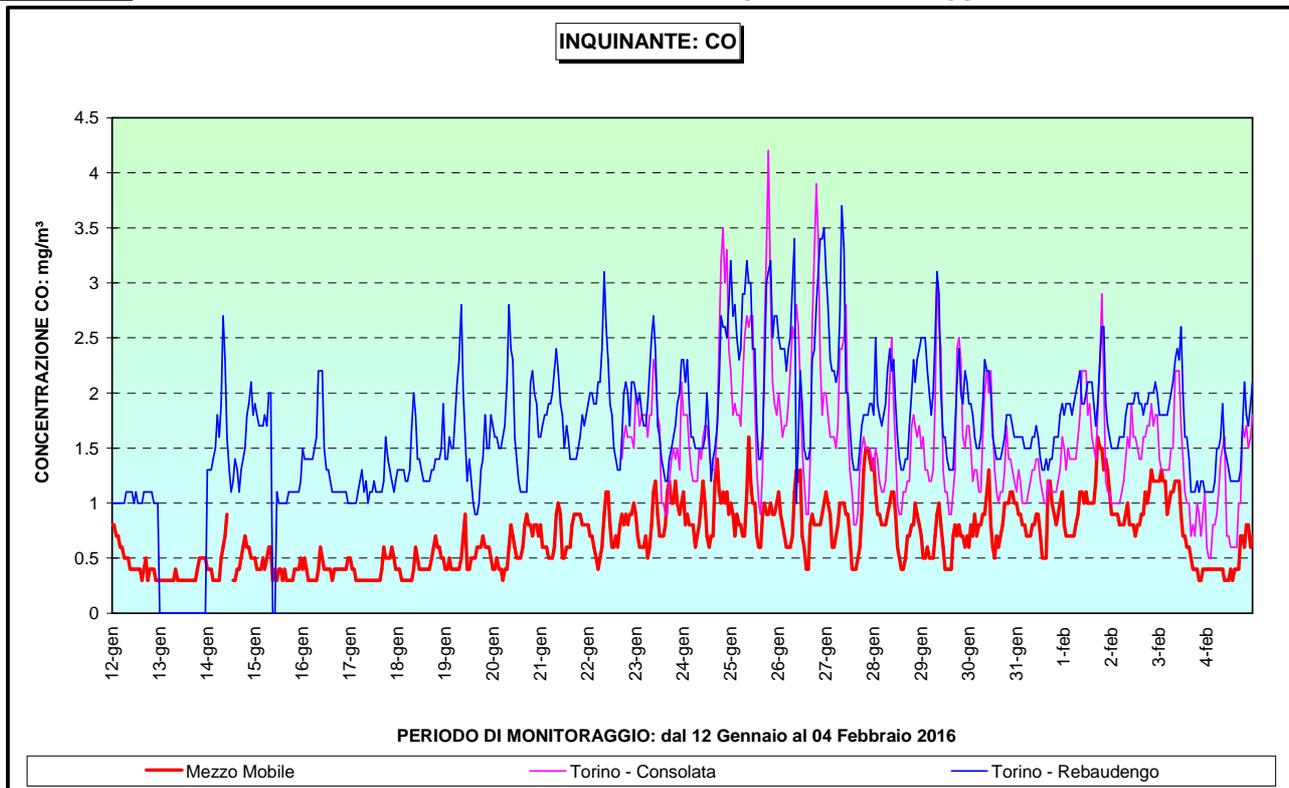
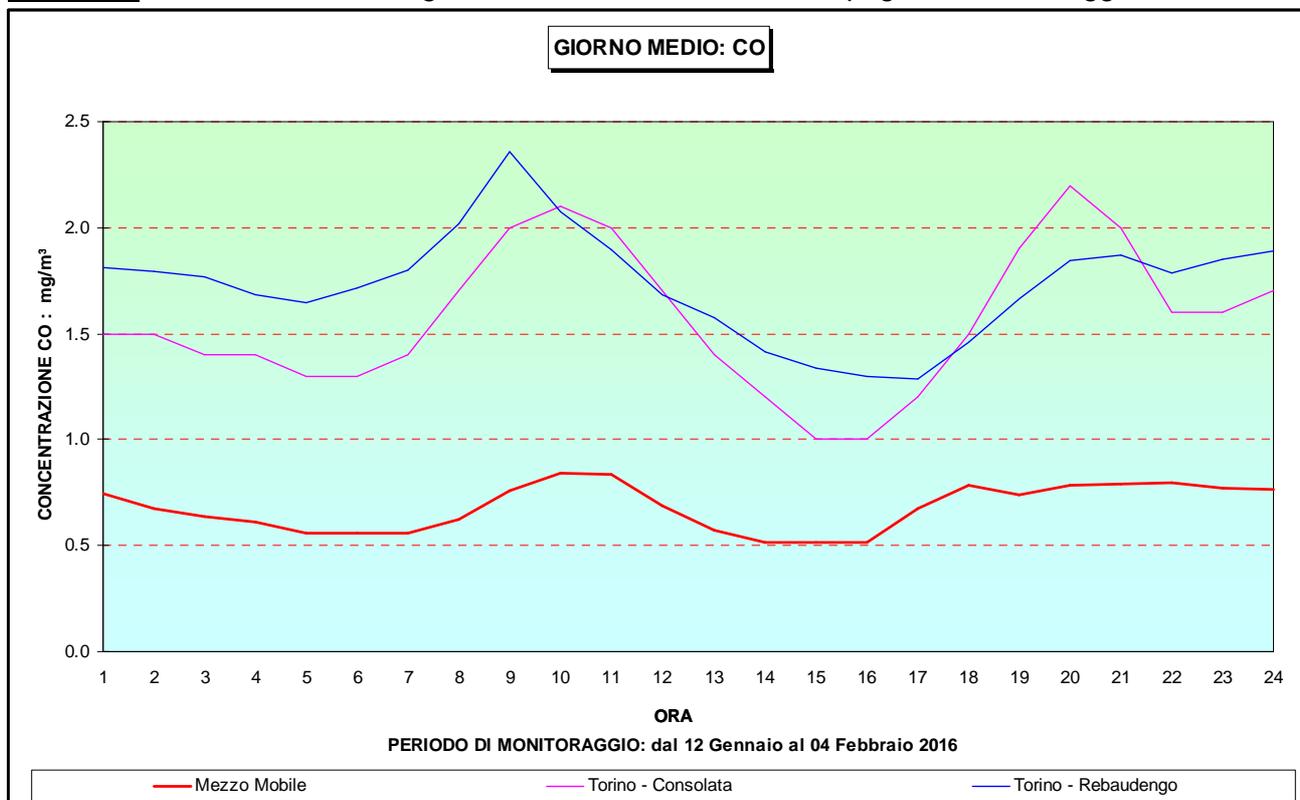


Figura 17 - CO andamento del giorno medio nella seconda campagna di monitoraggio.



Ossidi di Azoto

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

Per il **monossido di azoto** la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

Il Monossido di Azoto (NO), presenta valori elevati nel periodo invernale, dalla **(Tabella 12)**, si vede come nella campagna invernale abbiamo una media di **22 µg/m³**, con valore massimo di **188 µg/m³**; contro una media di **3 µg/m³** nella campagna primaverile e un valore massimo di **24 µg/m³**.

In **(Figura 18 e Figura 19)**, possiamo vedere gli andamenti di NO della seconda campagna di monitoraggio con le cabine di monitoraggio della ciTTà Metropolitana di Torino . Le stazioni fisse di Ivrea e Borgaro, presentano valori molto simili alla campagna di Bollengo, mentre il sito di Torino – Consolata, stazione di traffico urbano registra com'è prevedibile valori di concentrazione decisamente più alti.

In **(Figura 20)** il grafico mostra chiaramente la differenza tra le due campagne di monitoraggio, con la prima campagna che registra valori decisamente più bassi rispetto alla seconda campagna, essendo il monossido di azoto uno degli inquinanti che presenta valori più elevati durante il periodo invernale.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	3	3
Massima media giornaliera	67	5
Media delle medie giornaliere	22	3
Giorni validi	25	16
Percentuale giorni validi	100%	80%
Media dei valori orari	22	3
Massima media oraria	188	24
Ore valide	594	392
Percentuale ore valide	99%	82%

Figura 18 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della seconda campagna di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

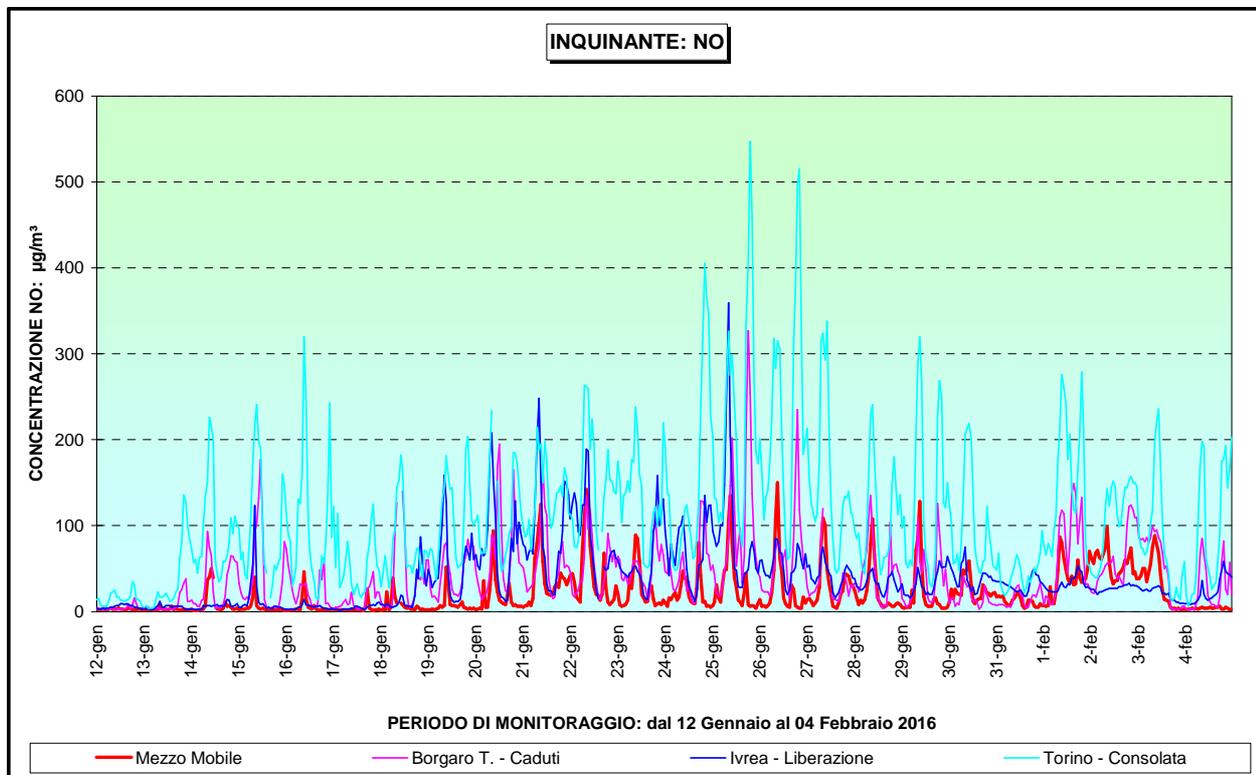


Figura 19 - NO: andamento giorno medio nella seconda campagna - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

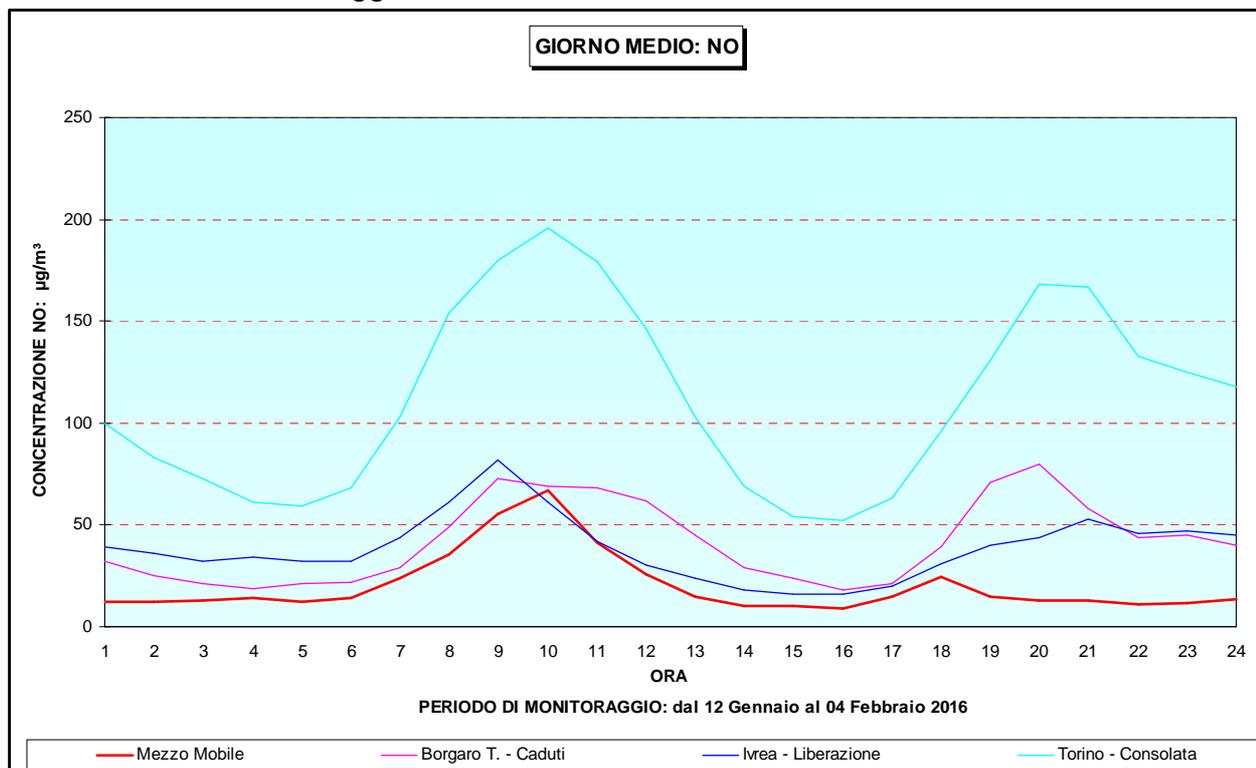
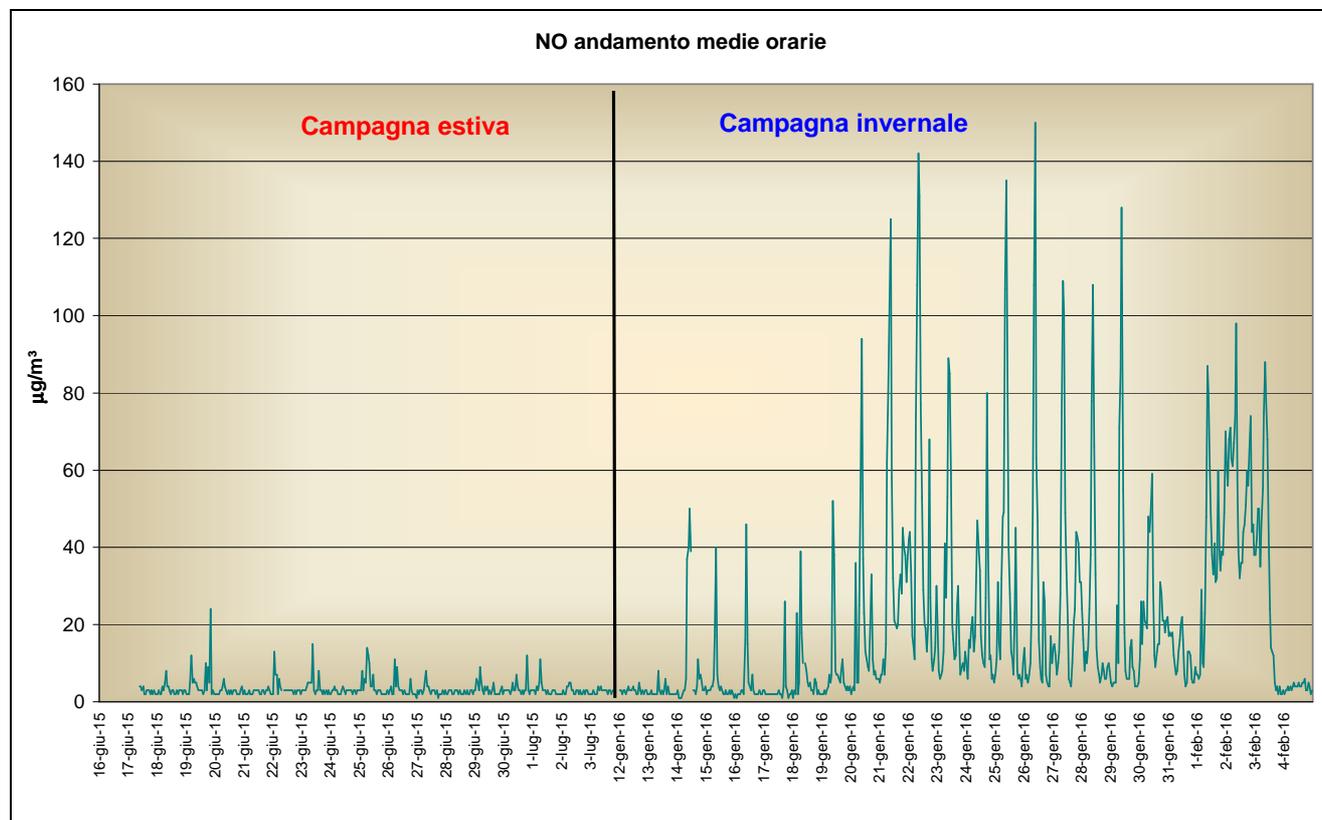


Figura 20 – NO medie orarie nel corso delle due campagne a Bollengo



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

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

Nel corso delle due *campagne di monitoraggio* nel Comune di Bollengo, non si è registrato nessun superamento dei limiti, vedi (**Tabella 13**).

L’andamento dell’NO₂ nella seconda campagna, come si può vedere dalla (**Figura 21**), si è tenuto ampiamente al disotto dei limiti di legge, con livelli di concentrazione simili alla stazione di Susa, con valori più bassi rispetto alla stazione di Torino-Consolata con i valori più alti del gruppo in esame, vedi (**Figura 22**).

Mentre in (**Figura 23**), si nota che i livelli di concentrazione di NO₂ durante la seconda campagna, sono molto più alti rispetto al periodo caldo della prima campagna, analogamente a quanto accade per il monossido di azoto

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	8	5
Massima media giornaliera	57	13
Media delle medie giornaliere	30	10
Giorni validi	25	16
Percentuale giorni validi	100%	80%
Media dei valori orari	30	10
Massima media oraria	76	40
Ore valide	595	392
Percentuale ore valide	99%	82%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Figura 21 – NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio, nella seconda campagna

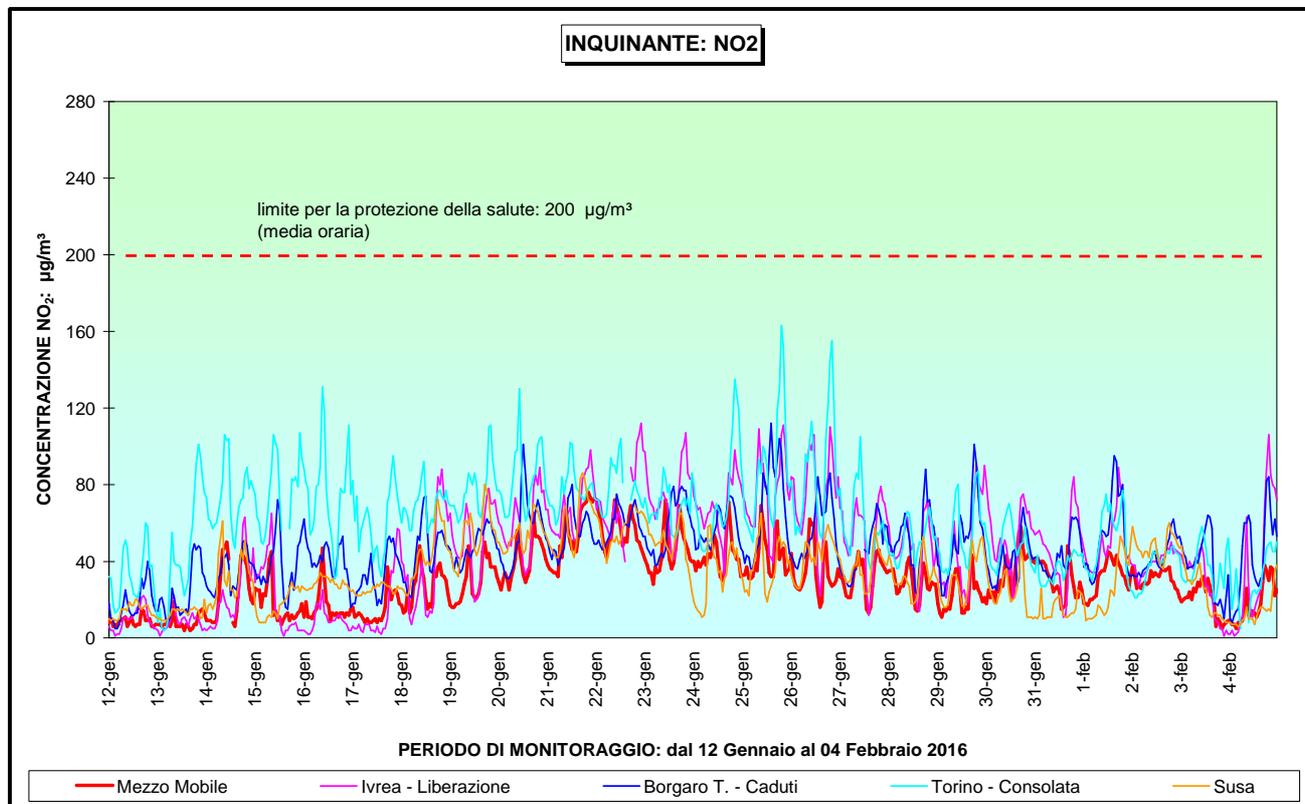


Figura 22 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio, nella seconda campagna.

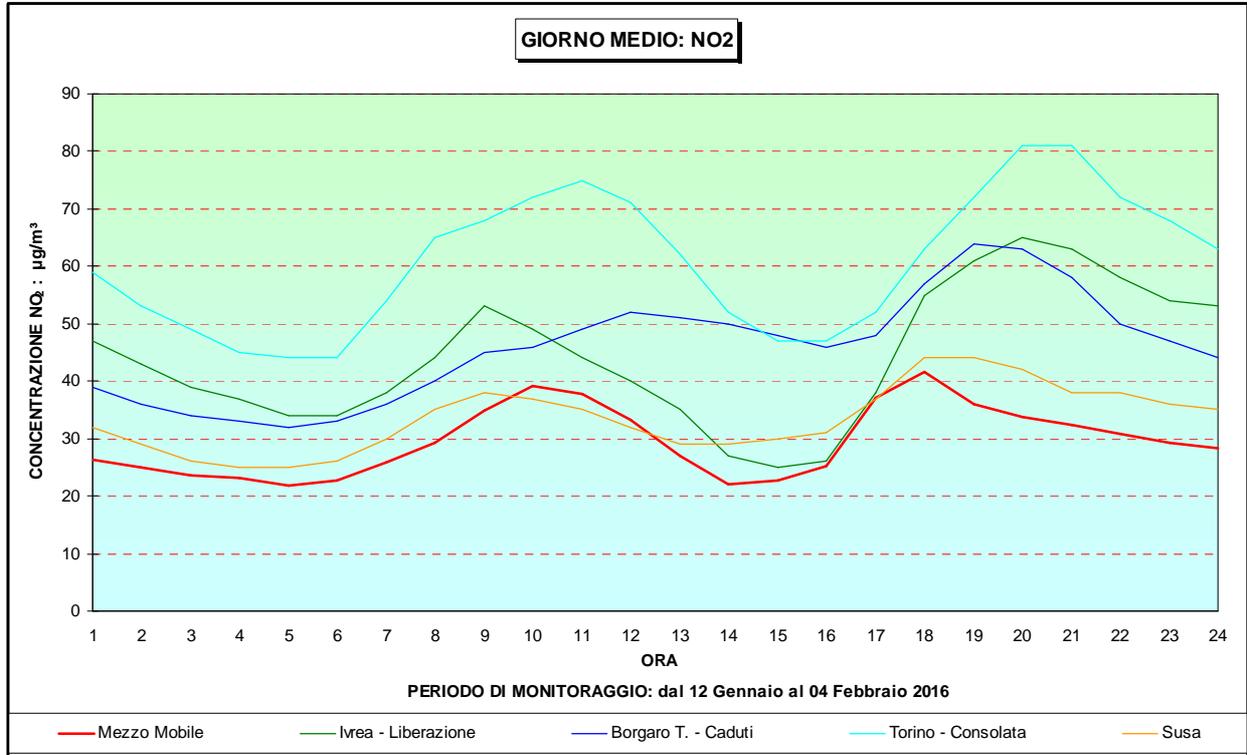


Figura 23 – NO₂ medie orarie nel corso delle due campagne a Bollengo.

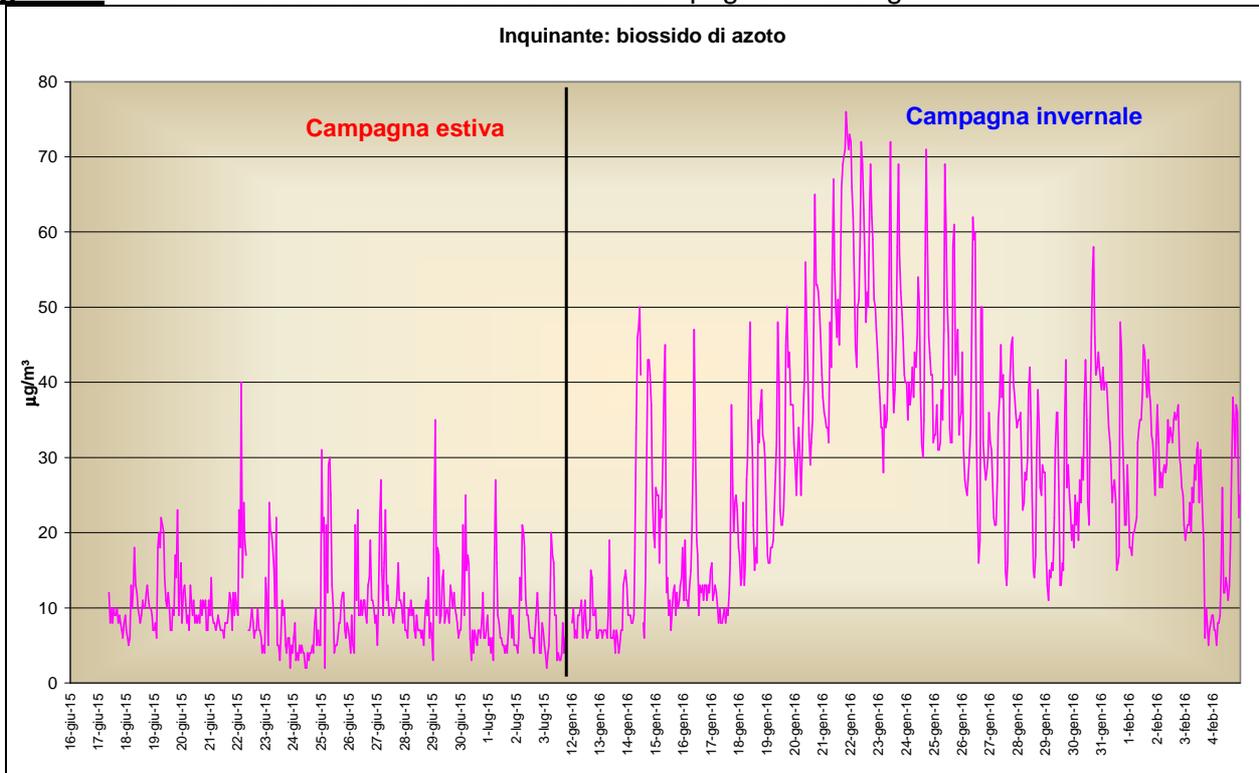
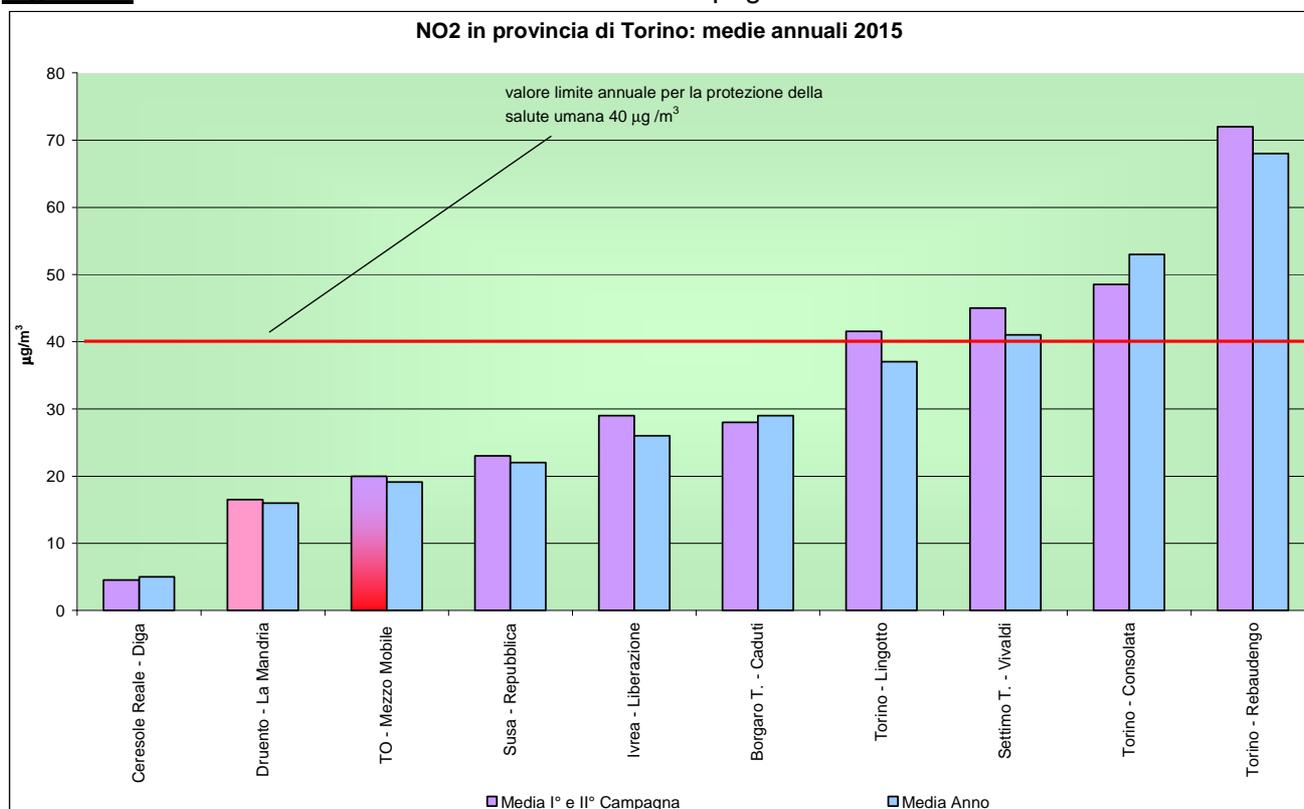


Figura 24 – Medie annuali di NO₂ nella seconda campagna



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 Bollengo non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso; Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Torino

Come si vede dal grafico (**Figura 24**), il valore stimato annuo della campagna di Bollengo, è ampiamente inferiore al limite di 40 µg/m³, con valori molto vicini alle cabine di monitoraggio di Druento, o Susa.

Nota relativa alla stima del valore medio annuale

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, per la stazione di Susa; dal rapporto con la media dell'anno 2015 di Susa si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna di Bollengo permette di ricavare la stima annuale.

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagna NO₂ di Bollengo

M_c : media anno 2015 NO₂ di Bollengo

m_p : media periodo campagna NO₂ di Susa

M_p : media anno 2015 NO₂ di Susa

Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

Nella prima campagna di monitoraggio, vedi (**Tabella 14**), si registrano valori di Benzene con una media del periodo pari a $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore massimo di $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Durante la seconda campagna di monitoraggio, vedi (**Tabella 15**), si registrano valori di Benzene con una media del periodo pari a $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore massimo di $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valori decisamente più alti rispetto la prima campagna come ci si aspettava, essendo il benzene un'inquinante con valori più alti nel periodo invernale.

Dalla (**Figura 25**), si può vedere come i valori di Benzene della seconda campagna siano mediamente simili rispetto a quelli registrati in stazioni di monitoraggio di fondo urbano, come Torino- Rubino.

In (**Figura 26**), si nota chiaramente la differenza tra le due campagne: i valori sono decisamente bassi nel periodo caldo, mentre nel periodo invernale abbiamo valori massimi più alti di 5 volte rispetto al periodo caldo.

Poiché il valore medio registrato nel monitoraggio invernale – che fornisce le concentrazioni prossime ai massimi annuali - è ampiamente inferiore al valore limite calcolato su base annua, è del tutto prevedibile che il valore limite stesso sia rispettato, come d'altra parte avviene su tutto il territorio della Città Metropolitana di Torino grazie alle politiche di miglioramento della qualità dei combustibili per autotrazione.

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

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

Durante la prima campagna la massima media giornaliera è risultata essere di **3.4** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di **11.1** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 15**), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Nella seconda campagna, la massima media giornaliera è risultata essere di **6.7** $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come per il Benzene anche il Toluene presenta valori di concentrazione alti durante il periodo invernale, nel grafico di (**Figura 27**) i valori di concentrazione sono sempre minori rispetto alle stazioni fisse come Torino- Consolata, stazione di traffico urbano, come anche la stazione di fondo urbano di Torino-Rubino.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.9	0.5
Massima media giornaliera	5.7	1.2
Media delle medie giornaliere	3.3	0.7
Giorni validi	19	17
Percentuali giorni validi	76%	77%
Media dei valori orari	3.3	0.7
Massima media oraria	10.5	2.9
Ore valide	497	395
Percentuali ore valide	83%	75%

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.4	2.2
Massima media giornaliera	6.7	4.4
Media delle medie giornaliere	3.3	3.5
Giorni validi	19	15
Percentuali giorni validi	76%	75%
Media dei valori orari	3.3	3.4
Massima media oraria	30.6	11.1
Ore valide	497	365
Percentuali ore valide	83%	76%

Figura 25 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della seconda campagna di monitoraggio

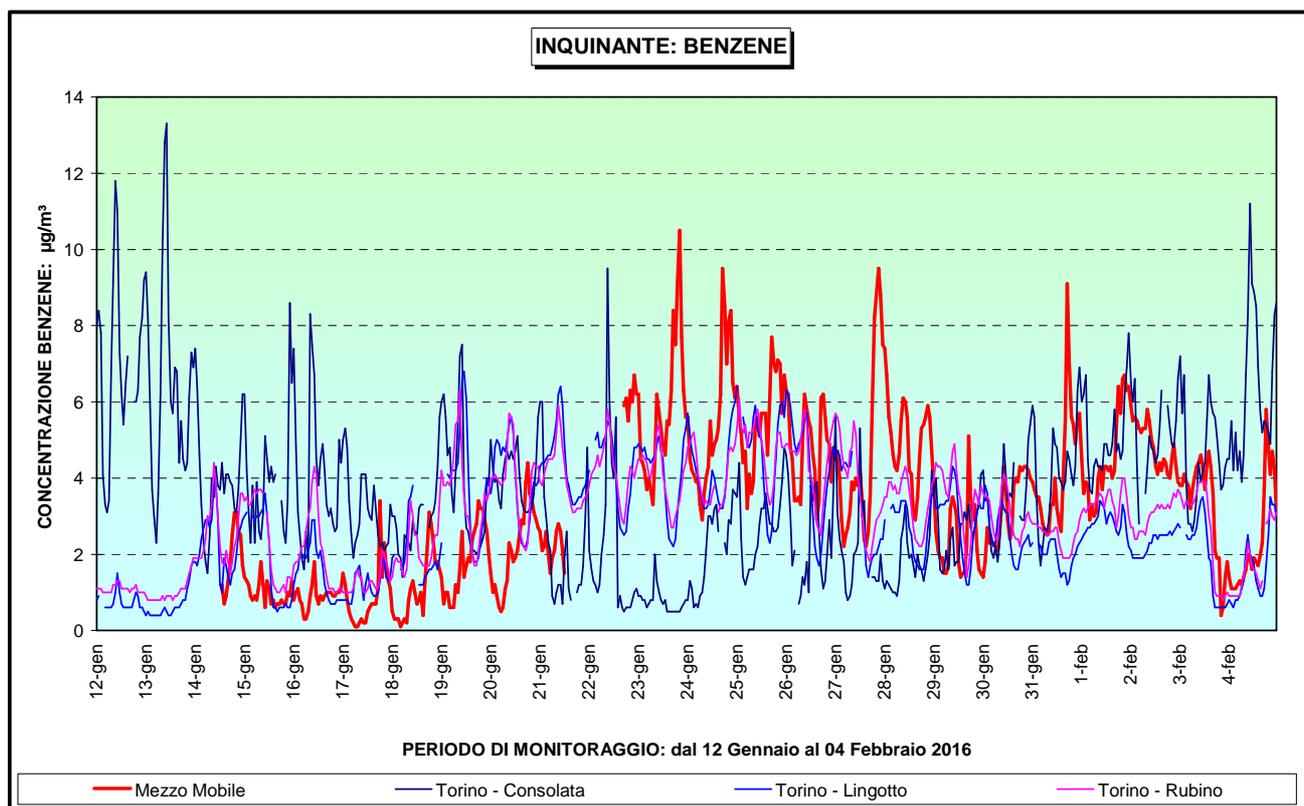


Figura 26 – Benzene medie orarie nel corso delle due campagne a Bollengo

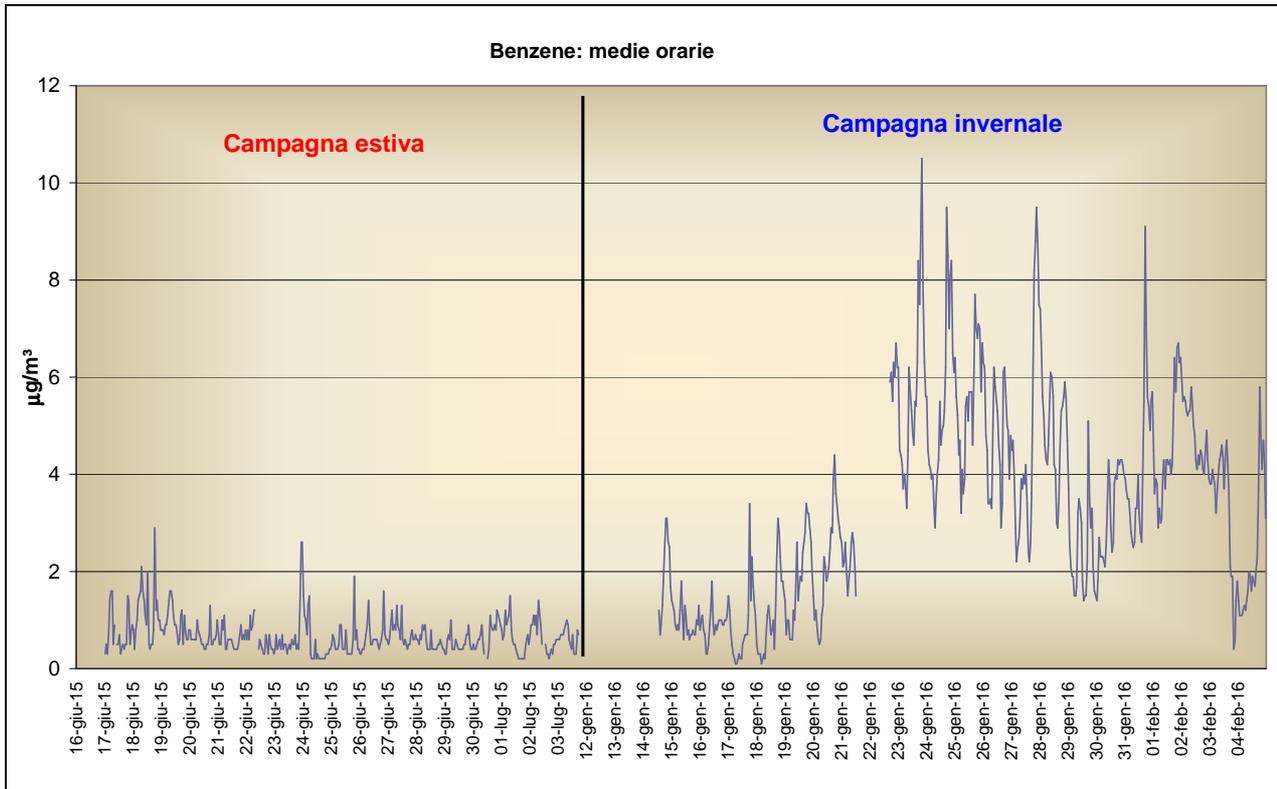
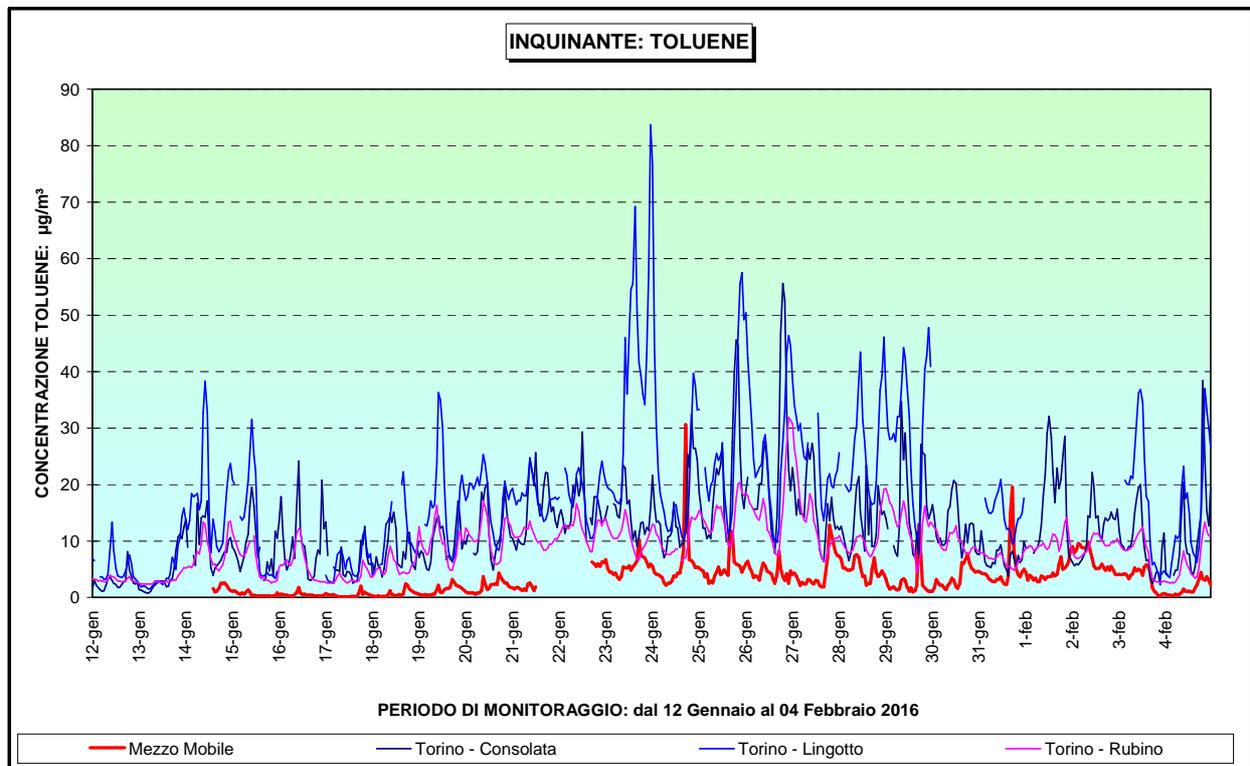


Figura 27 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della seconda campagna di monitoraggio



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

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

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il $PM_{2.5}$ (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm) calcolati come media annuale pari a 25 $\mu g/m^3$.

Nella prima campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM_{10} è stata pari a 17 $\mu g/m^3$, (vedi **Tabella 16**), con un valore massimo giornaliero di 31 $\mu g/m^3$ e nessun superamento del valore giornaliero dei 50 $\mu g/m^3$.

Nella seconda campagna la media dei valori di concentrazione di particolato PM_{10} è stata pari a 45 $\mu g/m^3$, vedi (**Tabella 16**), con un valore massimo giornaliero di 83 $\mu g/m^3$ e 12 superamenti del valore giornaliero dei 50 $\mu g/m^3$.

Come si può vedere dal grafico di (**Figura 28**), durante la seconda campagna i valori di concentrazione di PM_{10} di Bollengo si posizionano tra le stazioni fisse di Torino-Consolata e Carmagnola.

In (**Figura 29**), abbiamo anche il dato delle precipitazioni atmosferiche e possiamo notare che durante la campagna ci sono state poche giornate di pioggia, per cui l'influenza delle precipitazioni atmosferiche sul livello di concentrazione delle polveri in atmosfera è stata molto bassa

In (**Figura 30**), il grafico mostra le concentrazioni di PM₁₀ durante le due campagne, con una seconda campagna con valori di concentrazione mediamente più elevati.

In (**Tabella 17**) sono riportati i dati relativi al PM_{2.5}, durante la prima campagna la concentrazione di PM_{2.5} è stata pari a **10** µg/m³, con un valore massimo di **19** µg/m³, nella seconda campagna la concentrazione di particolato è stata di **36** µg/m³, con valore massimo di **69** µg/m³.

In (**Figura 30**) si nota chiaramente la differenza tra le concentrazioni di PM₁₀ tra le due campagne, con valori decisamente elevati nella seconda campagna, come è normale aspettarsi .

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	5	9
Massima media giornaliera	83	31
Media delle medie giornaliere	45	17
Giorni validi	23	15
Percentuale giorni validi	92%	75%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	12	0

Tabella 17 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	69	19
Media delle medie giornaliere	36	10
Giorni validi	22	13
Percentuale giorni validi	88%	68%

Figura 28 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute, nella seconda campagna

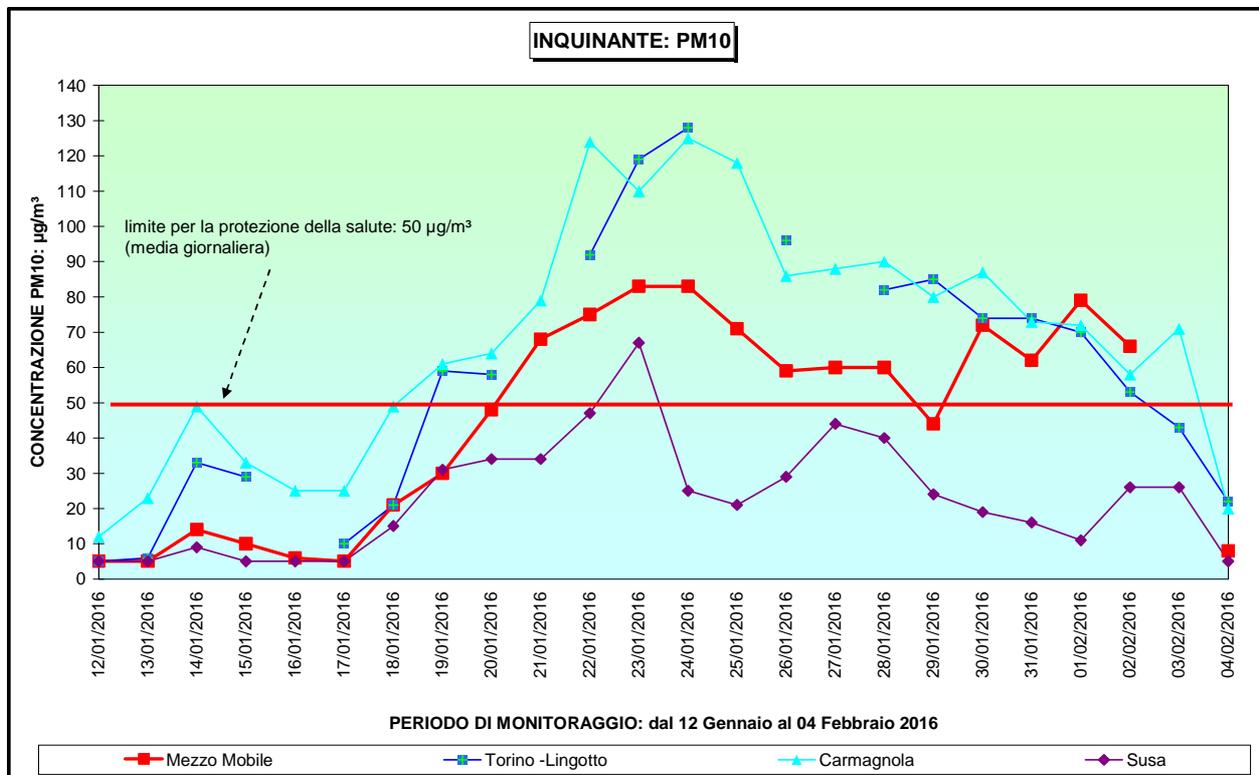


Figura 29 – Particolato sospeso PM₁₀, somma giornaliera delle precipitazioni, nella seconda campagna

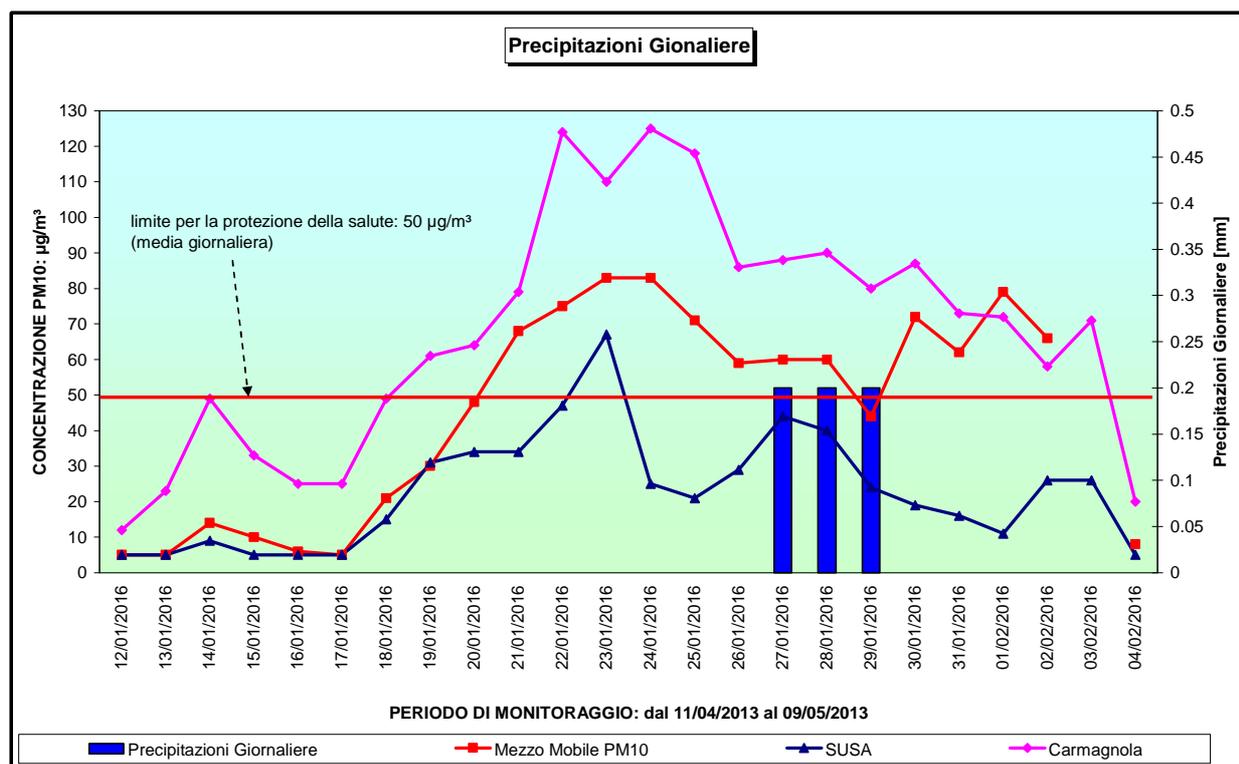


Figura 30 - PM10 medie orarie nel corso delle due campagne a Bollengo

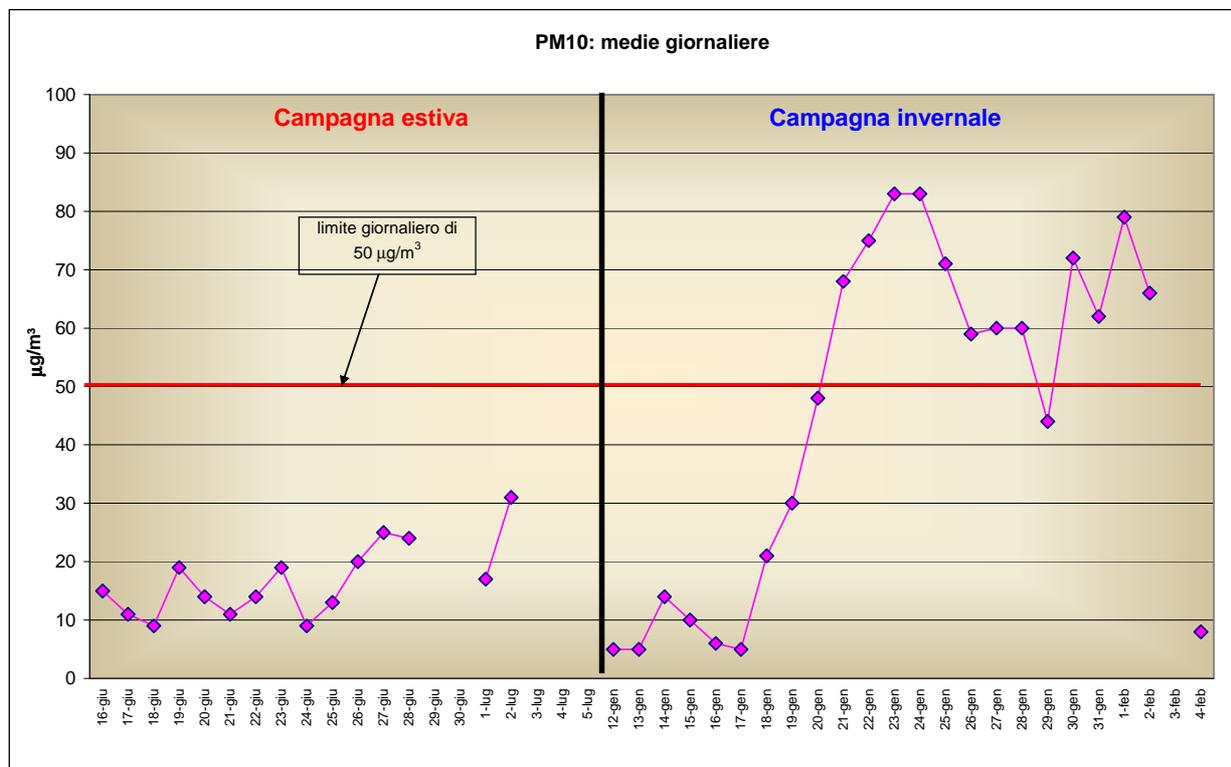
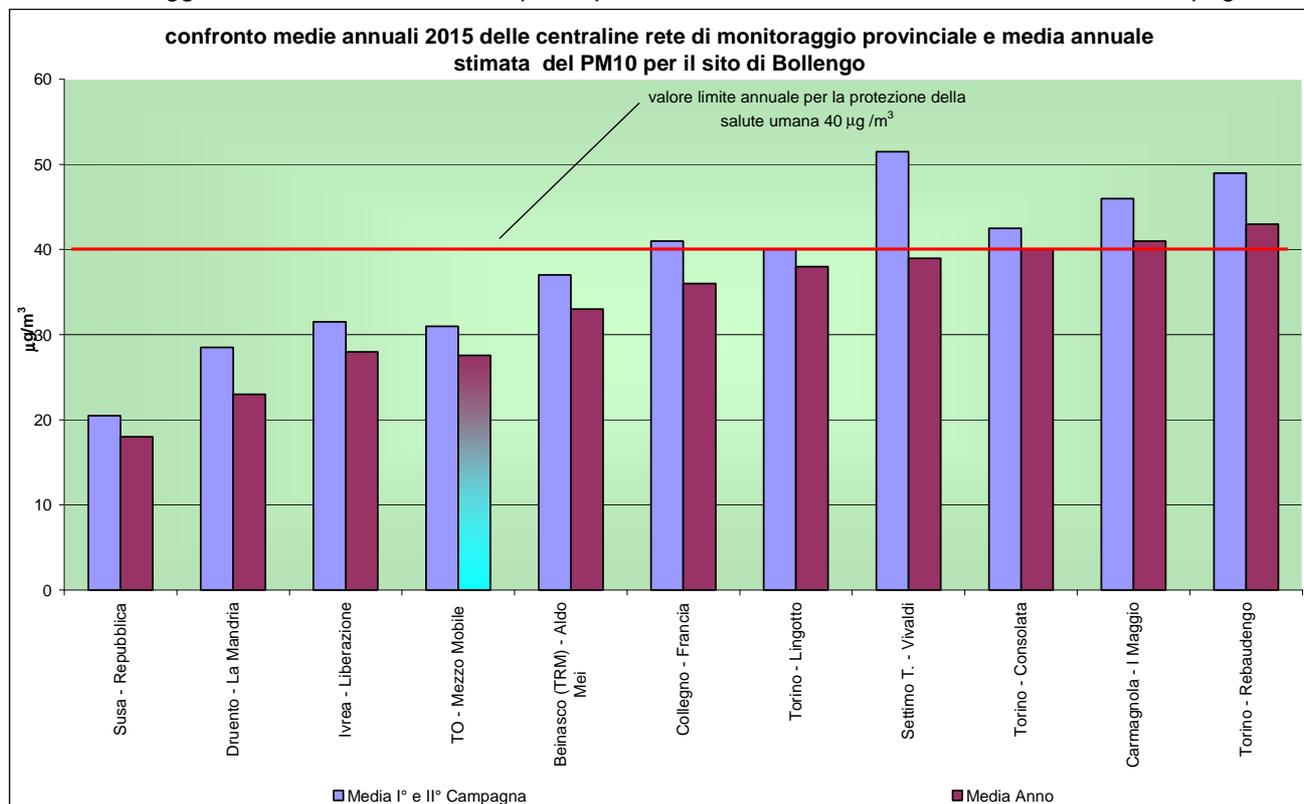


Figura 31 – Particolato sospeso PM10: confronto medie annuali e medie nel periodo di monitoraggio, del valore limite annuale per la protezione della salute umana, nella seconda campagna



La normativa prevede un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata del monitoraggio nel comune di Bollengo non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso; Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Torino e riportati in **(Figura 31)**.

La media annuale stimata sulla base delle due campagne ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$), si posiziona tra quella di stazioni di fondo urbano/suburbano come Ivrea e di traffico come Collegno e evidenzia che il valore limite annuale è ampiamente rispettato.

Per quanto riguarda il valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da superare per non più di 35 giorni l'anno), poiché entrambe le stazioni tra cui si posiziona il sito di Bollengo superano il valore limite giornaliero di PM_{10} , è prevedibile che ciò accada anche nel sito di Bollengo. Un metodo alternativo per stimare i superamenti nel corso dell'anno consiste nel fare riferimento alle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero¹. Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM_{10} , che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a livello piemontese; la media annuale stimata per Bollengo, che è superiore a tale valore, conferma che il valore limite giornaliero è con tutta probabilità superato, come da'altra parte avviene in gran parte del territorio di pianura piemontese

Con le stesse modalità di calcolo delle stime annuali del PM_{10} , si è calcolato la stima annuale del $\text{PM}_{2,5}$, usando come stazione di riferimento Ivrea; il valore di stima annuale è risultato essere di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a fronte di un valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tenendo conto dell'incertezza associata alla procedura di stima si può affermare che la media annuale del sito di Bollengo si situa vicino al valore limite, per cui è possibile che in caso di annate caratterizzate da condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti il limite possa essere superato

Nota relativa alla stima della media annuale

Si sono calcolate le medie di PM_{10} , per il periodo della campagna, per la stazione di Ivrea; dal rapporto con la media dell'anno 2015 di Ivrea si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna di Bollengo permette di ricavare la stima annuale;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove:

m_p : media periodo campagna PM_{10} di Ivrea
 m_c : media periodo campagna PM_{10} di Bollengo
 M_c : media anno 2015 PM_{10} di Bollengo
 M_p : media anno 2015 PM_{10} di Ivrea

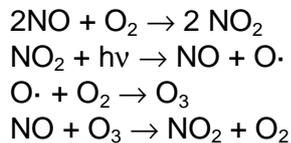
¹ Tali elaborazioni – la cui sintesi è contenuta negli Atti del VII Convegno nazionale sul particolato atmosferico - si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM_{10} – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo".

Ozono

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

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

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



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

Durante la prima campagna, si sono registrati diversi superamenti dei valori di riferimento della normativa, con un valore medio di **103** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e un valore massimo di **229** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi **Tabella 17**), si sono registrati anche **27** superamenti livello informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre durante la seconda campagna abbiamo una media dei valori orari di **34** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e un valore massimo di **88** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e come ci sia aspettava non abbiamo nessun superamento dei limiti di legge, essendo l'ozono un'inquinante che presenta valori elevati nel periodo caldo.

Dal grafico di (**Figura 32 e 33**), si può vedere come i valori di concentrazione rispettano in entrambi i periodi il livello di attenzione, mentre il valore obiettivo per la protezione della salute umana presenta 12 superamenti

In (**Figura 34**), si nota chiaramente la differenza tra le due campagne, con valori di ozono più elevati in corrispondenza di un maggiore irraggiamento.

Tabella 17 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3	68
Massima media giornaliera	88	135
Media delle medie giornaliere	34	103
Giorni validi	25	15
Percentuale giorni validi	100%	75%
Media dei valori orari	34	103
Massima media oraria	103	229
Ore valide	595	351
Percentuale ore valide	99%	73%
Minimo medie 8 ore	1	35
Media delle medie 8 ore	34	104
Massimo medie 8 ore	96	218
Percentuale medie 8 ore valide	99%	73%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	108
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	12
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	27
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	4
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 32 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge, nella seconda campagna

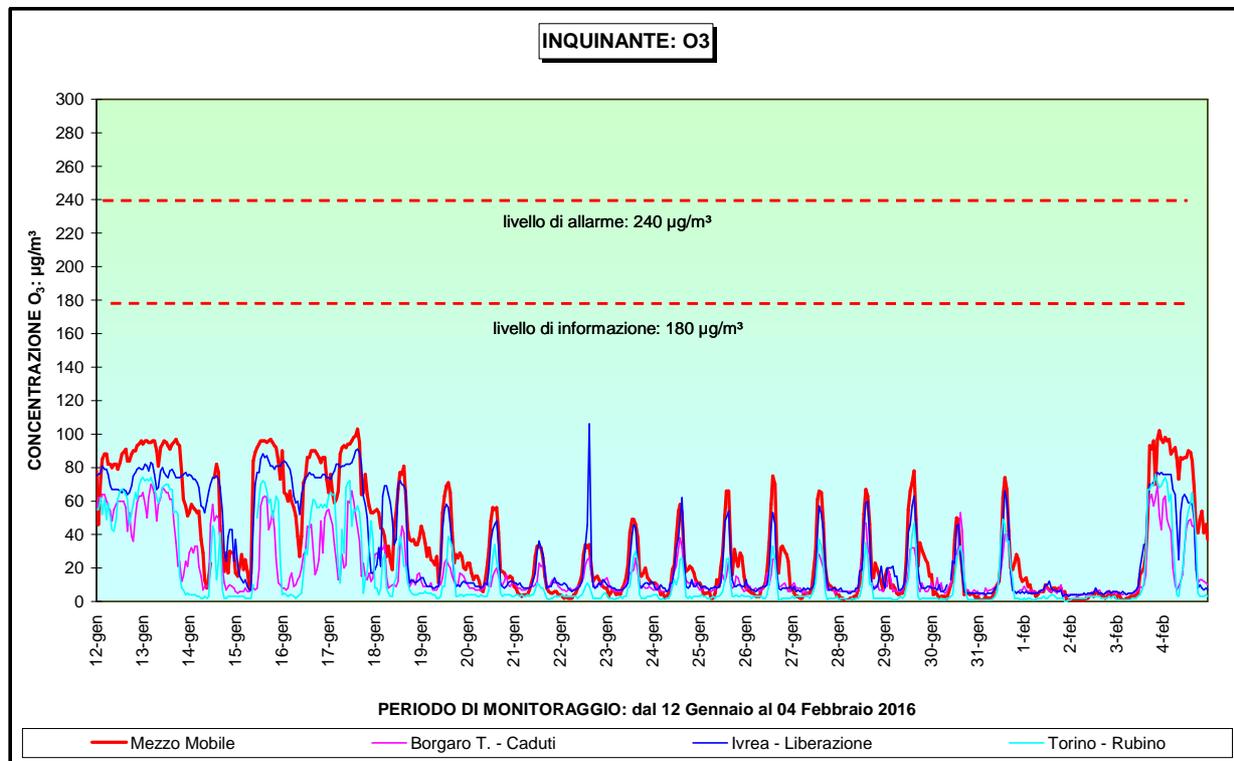


Figura 33 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore), nella seconda campagna

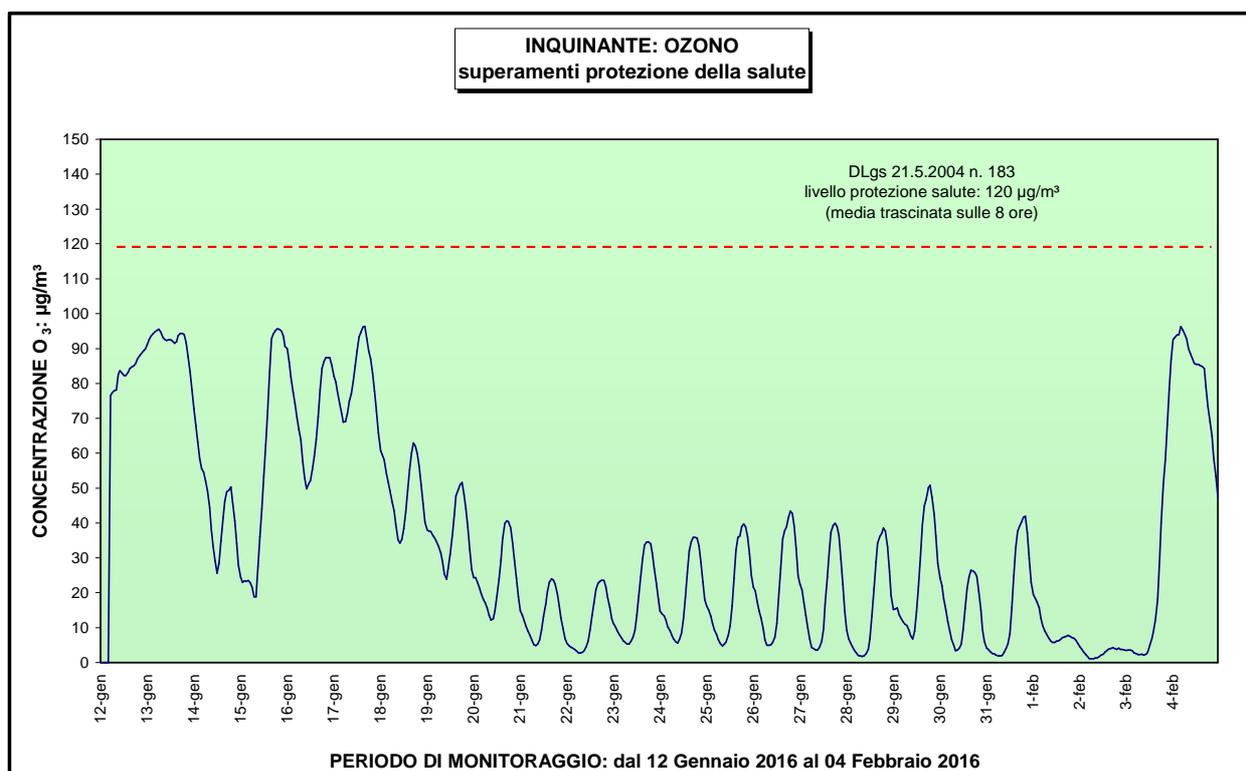
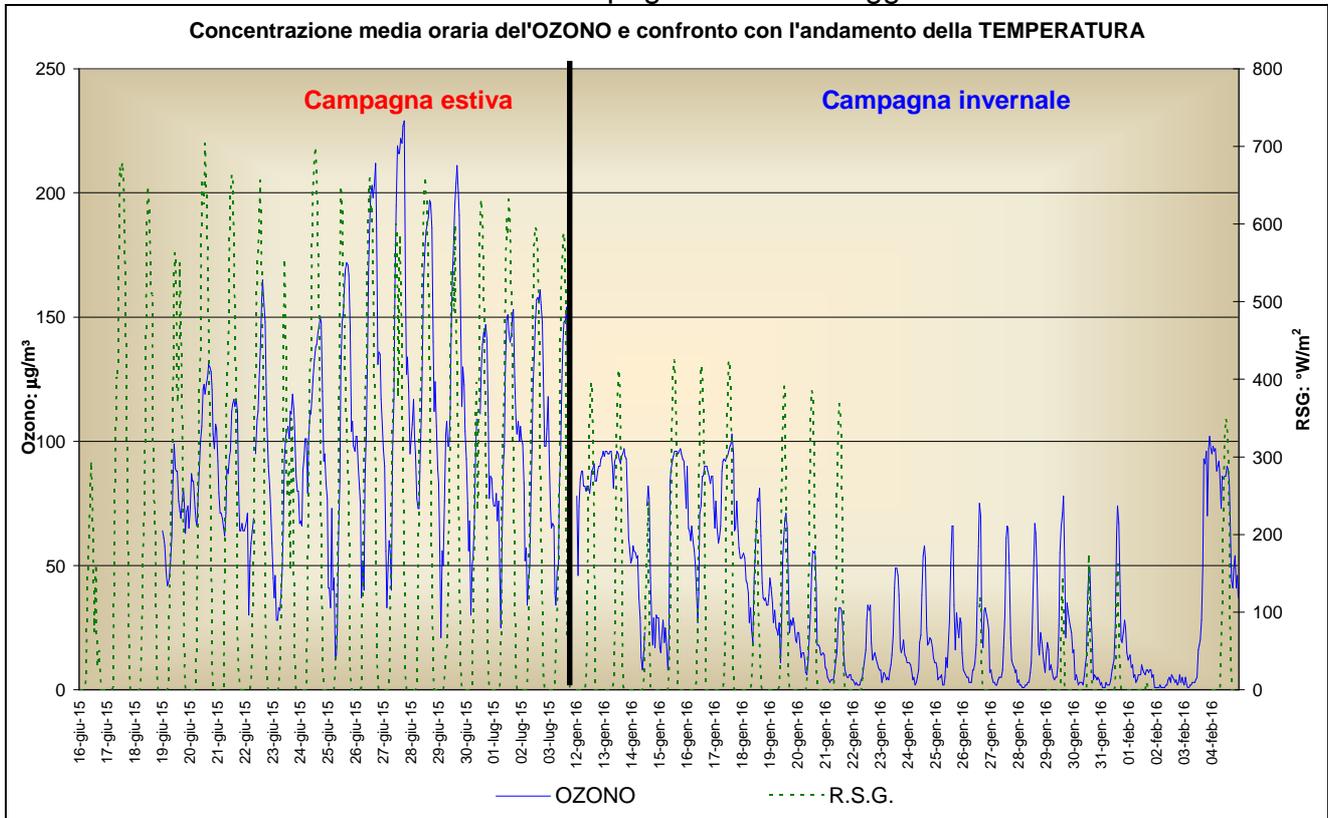


Figura 34 – Andamento orario dell'Ozono rispetto alla Radiazione Solare Globale, nel corso delle due campagne di monitoraggio



CONCLUSIONI

Come già rilevato nella prima relazione quello che emerge da questa seconda campagna di monitoraggio conferma che lo stato della qualità dell'aria nel comune di Bollengo non presenta criticità specifiche e risulta simile a quello di siti della Città Metropolitana di Torino con caratteristiche analoghe di fondo urbano/suburbano, come Ivrea, mentre risulta migliore di quella rilevabile in siti di traffico urbano come Torino-Consolata o Torino-Rebaudengo.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite. Sono inoltre rispettati i valori limite sia di breve che di lungo periodo per biossido di zolfo, monossido di carbonio, biossido di azoto e benzene e i valori limite annuali di PM_{10} e $PM_{2.5}$.

Superamenti dei valori di riferimento di breve periodo per la protezione della salute umana si sono verificati per il PM_{10} , che nella seconda campagna presenta dodici superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu g/m^3$). Dal confronto con le stazioni fisse che presentano valori confrontabili con il sito di Bollengo risulta del tutto presumibile 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.

Per quanto riguarda il valore limite annuale di $40 \mu g/m^3$, la stima (pari a $28 \mu g/m^3$) effettuata in questa seconda campagna – che fa riferimento alle medie annuali 2015 – risulta ampiamente inferiore al valore limite.

In generale nel sito di Bollengo sia per l'inquinante PM_{10} , che per il biossido di azoto abbiamo valori paragonabili alle stazioni fisse di fondo suburbano come Ivrea. E' inoltre possibile che il valore limite annuale di $PM_{2.5}$ venga superato in anni con condizioni meteorologiche particolarmente critiche in quanto il valore stimato per le due campagne è di poco inferiore al valore limite stesso.

Per quanto riguarda l'ozono in questa seconda campagna, essendo questo un inquinante tipico del periodo estivo, non si sono verificati superamenti dei limiti di legge al contrario di quanto successo nella prima campagna dove si sono registrati dodici superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

Come già esposto nella prima relazione, il confronto con le stazioni fisse fa supporre che il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa ai fini della protezione della salute nel caso dell'ozono non sia rispettato, ricordando comunque che tale inquinante è origine secondaria e quindi la sua criticità 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** **API 200**

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

 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 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 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo conforme allo standard EN 12341.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.
- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.
- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 955 serie 600**

Gas Cromatografo 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