

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO:

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO
MOBILE NEL COMUNE DI NONE**

RELAZIONE FINALE CAMPAGNE (10/04/2013 al 10/05/2013 - 10/11/2014 al 10/12/2014)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Francesco Romeo	Data: 16/6/15	Firma: [Redacted]
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 16/6/15	Firma: [Redacted]

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

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di None 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	12
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	13
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	16
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici</i>	24
Biossido di zolfo	25
Monossido di carbonio	28
Ossidi d'azoto	31
Benzene e toluene	38
Particolato sospeso (PM ₁₀) e (PM _{2.5})	42
Ozono	46
<i>Traffico veicolare.....</i>	53
CONCLUSIONI	55
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	57

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.

Oggigiorno 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 Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008. Detti limiti possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (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 l'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

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

Il recente **D.Lgs 155/2010** ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento 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 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova 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. 155/2011). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

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

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D.Lgs. 21/05/04 n.183)	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. 03/08/07, n. 152)	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 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

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

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 03/08/07, n. 152, come modificato dal D.Lgs. 26/06/08, n. 120)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽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 None, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito dell'installazione dell'impianto a biogas nel comune di None da parte della società Agri-Energia.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato dietro la chiesa di San Rocco, nel Comune di None, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di None. Il sito è lo stesso già utilizzato per le campagne effettuate nel 2006 e 2007.

I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 10/04/2013 al 10/05/2013 e dal 10/11/2014 al 10/12/2014, in questa seconda campagna il monitoraggio è stato effettuato vicino la municipio di None.

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. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 11/04/2013 al 09/05/2013 e dal 11/11/2014 al 09/12/2014.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con i 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 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 None.

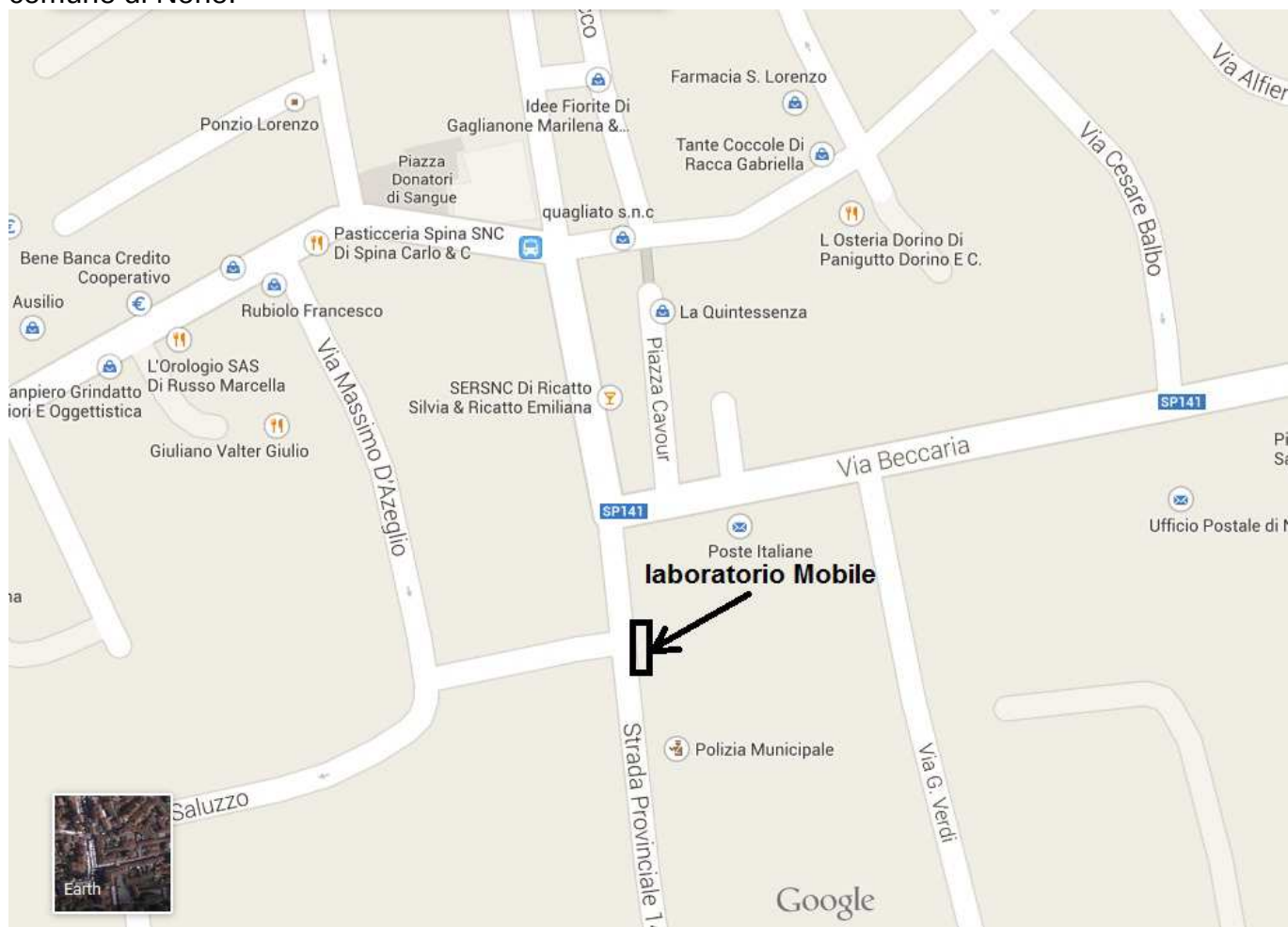


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di None.



Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi. I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

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

Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m²)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.0	20
Massima media giornaliera	12.7	240
Media delle medie giornaliere (b):	6.1	136
Giorni validi	19	25
Percentuale giorni validi	66%	86%
Media dei valori orari	6.1	134
Massima media oraria	69.0	881
Ore valide	456	609
Percentuale ore valide	66%	88%

Tabella 6– Temperatura (°C)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	4.9	10
Massima media giornaliera	12.3	20
Media delle medie giornaliere (b):	8.8	15
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	8.8	15
Massima media oraria	18.5	26
Ore valide	695	608
Percentuale ore valide	100%	87%

Tabella 7– Umidità relativa (%)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	92.5	55
Massima media giornaliera	99	98
Media delle medie giornaliere	97	76
Giorni validi	16	25
Percentuale giorni validi	55%	86%
Media dei valori orari	92.5	76
Massima media oraria	99	99
Ore valide	429	608
Percentuale ore valide	62%	87%

Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	973.7	976
Massima media giornaliera	997.5	999.9
Media delle medie giornaliere (b):	985	989
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	985	989
Massima media oraria	999	1002
Ore valide	696	610
Percentuale ore valide	100%	88%

Tabella 9 – Velocità vento (m/s)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera		0.52
Massima media giornaliera		1.84
Media delle medie giornaliere		0.83
Giorni validi		25
Percentuale giorni validi		86%
Media dei valori orari		0.83
Massima media oraria		3.50
Ore valide		598
Percentuale ore valide		86%

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

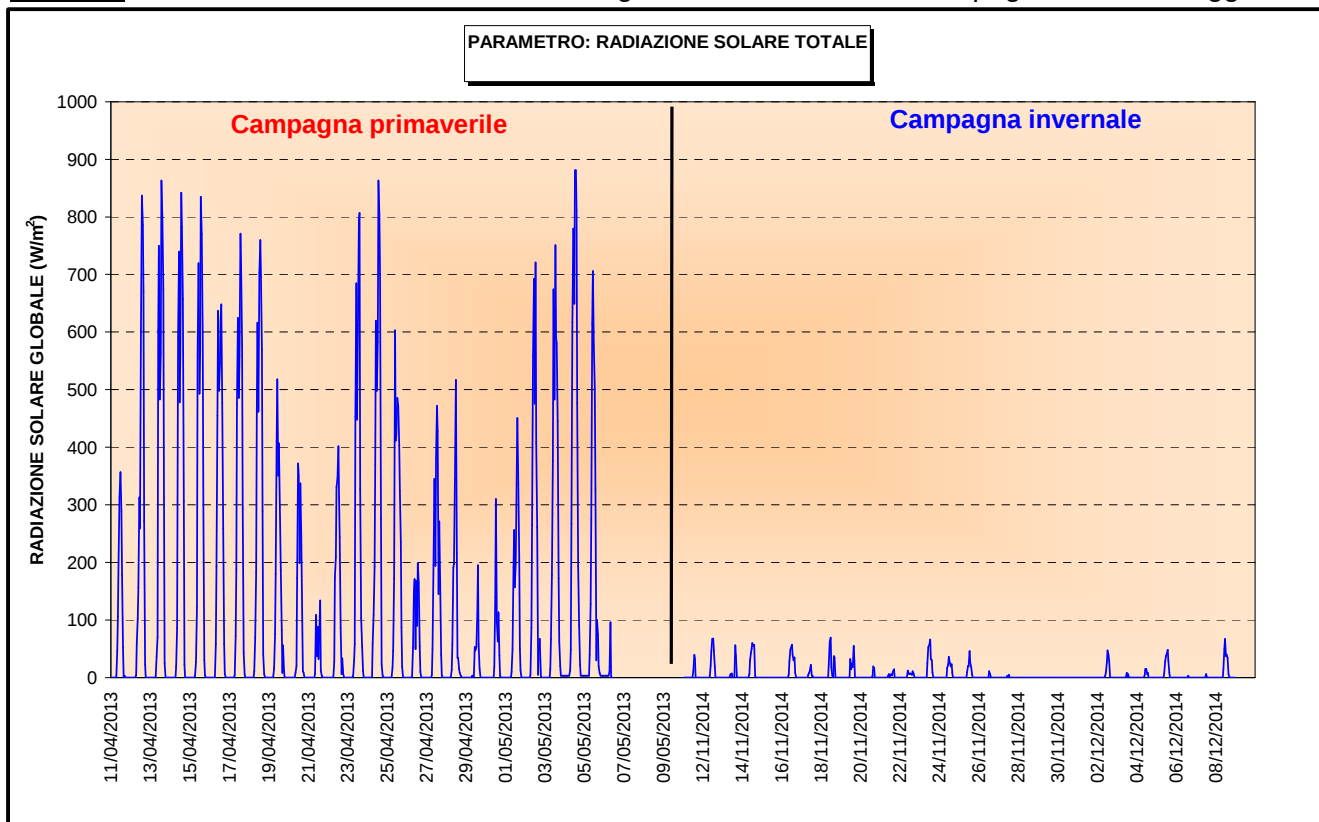


Figura 4 – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio

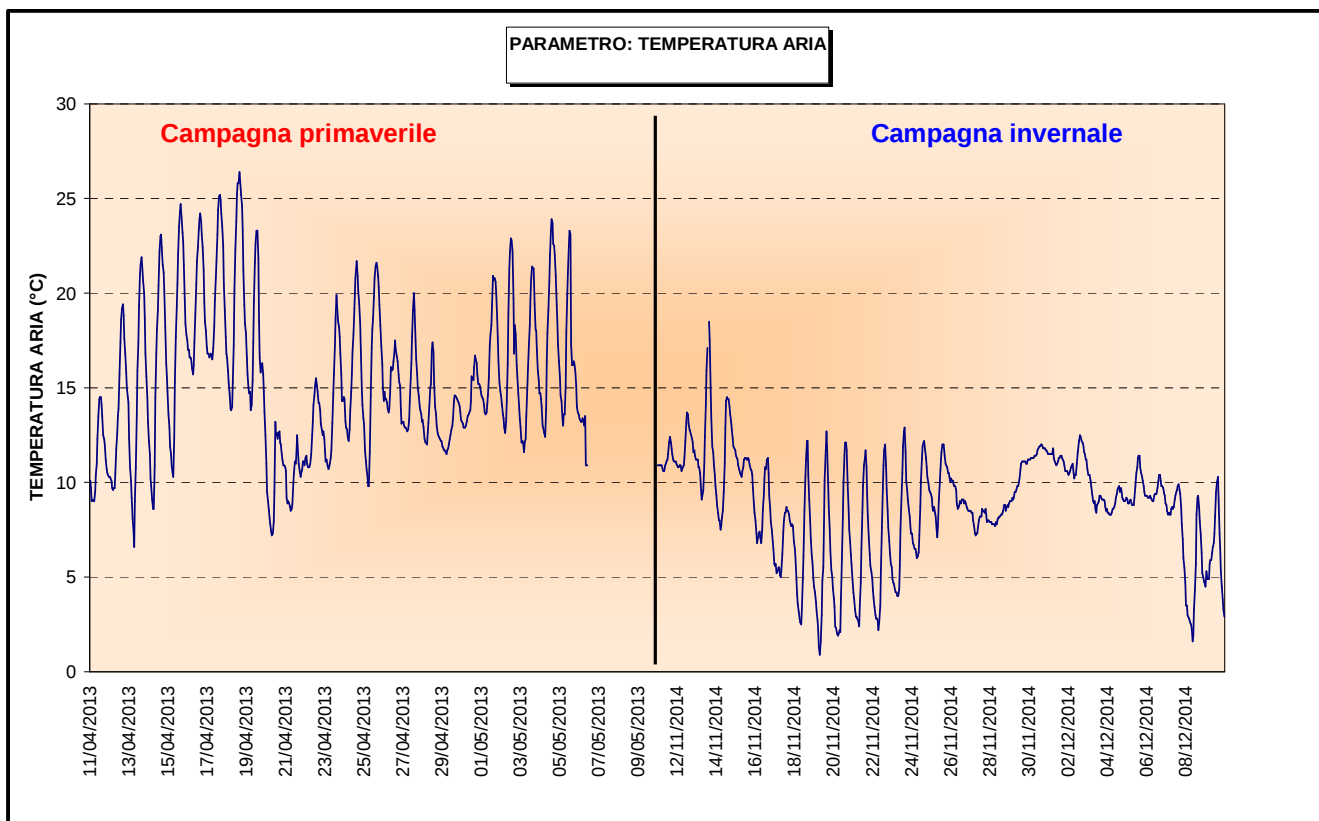


Figura 5 – Andamento dell'umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio

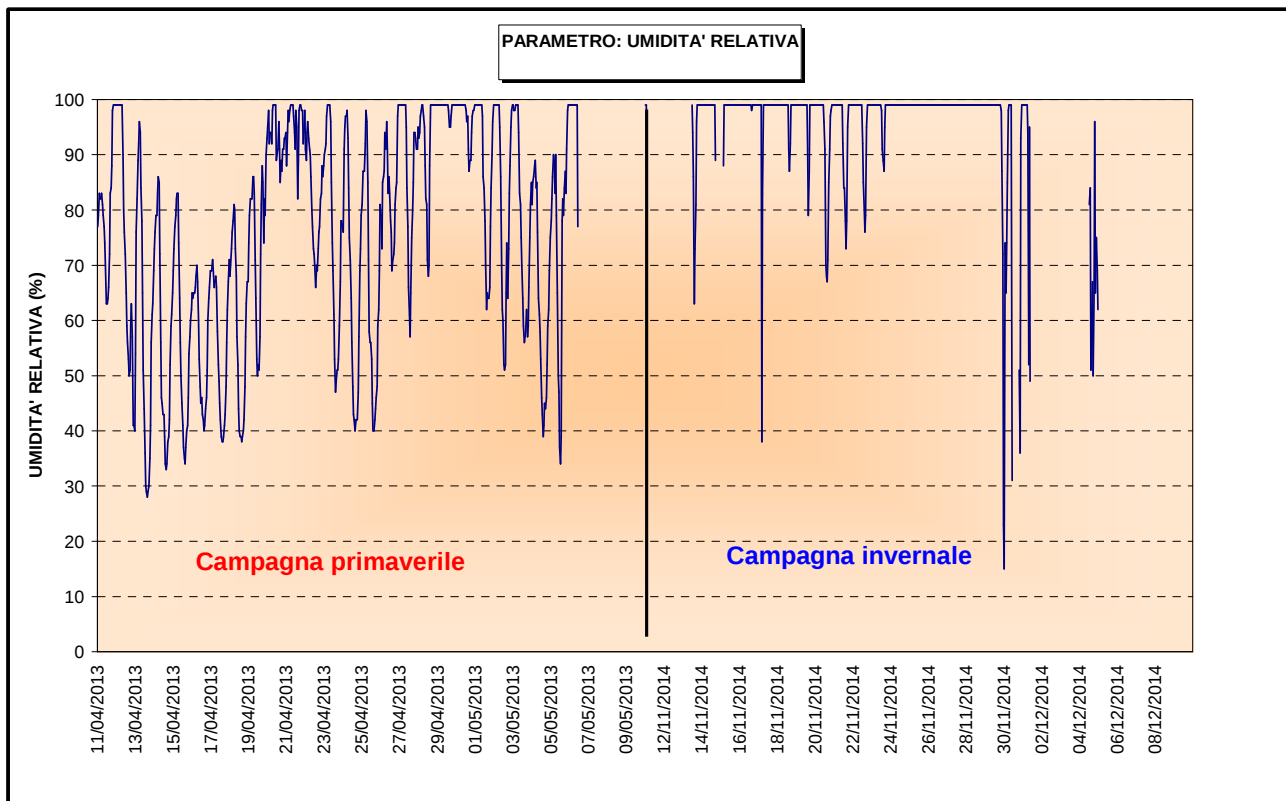


Figura 6 – Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio

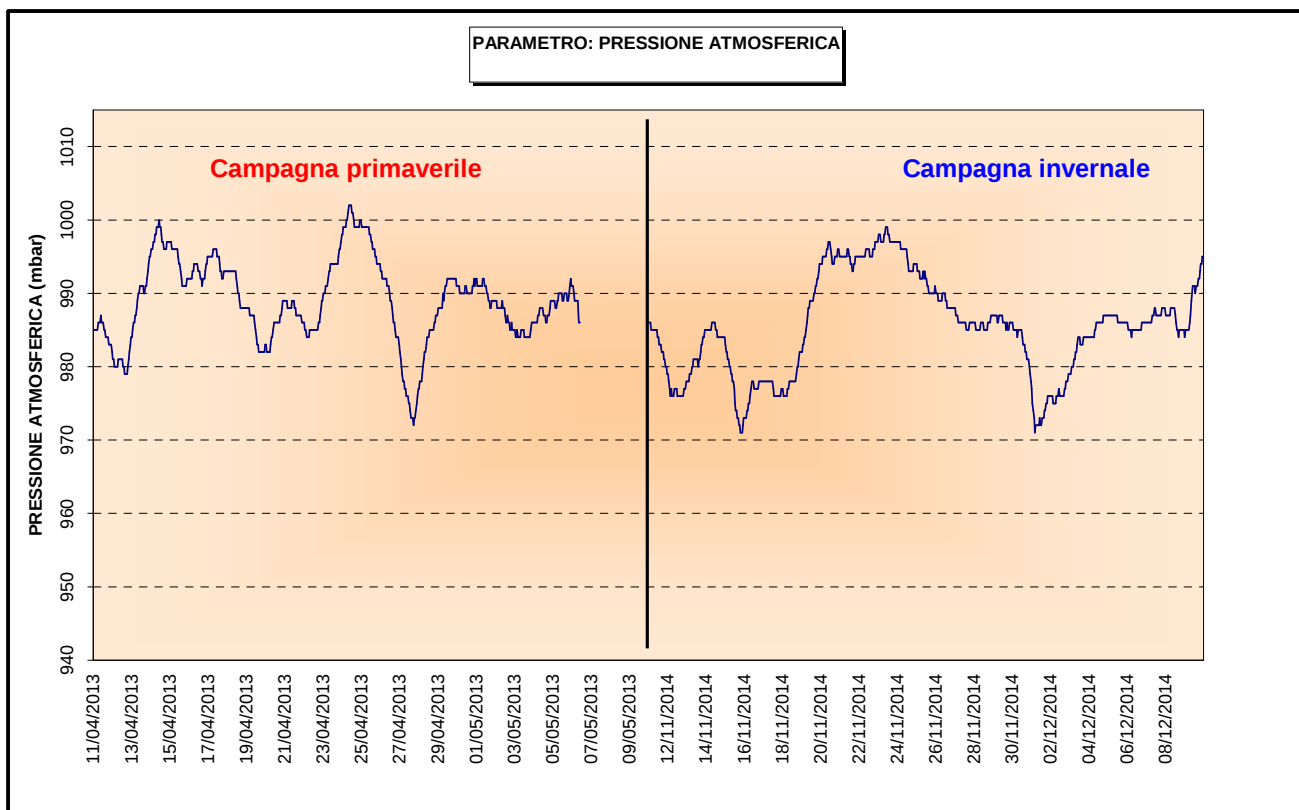


Figura 7 – Precipitazioni cumulate nel corso delle campagne di monitoraggio

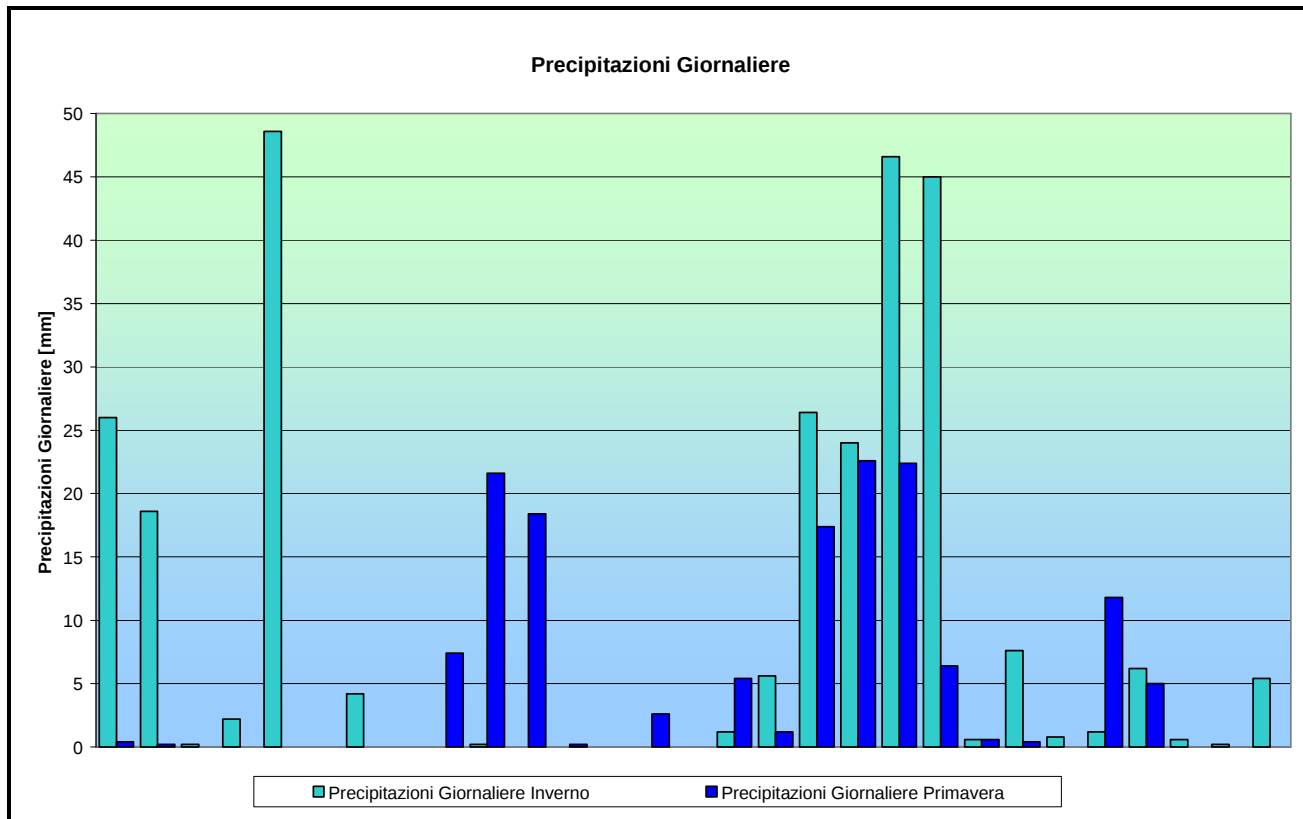


Figura 8 – Andamento della velocità dei venti nel corso della prima campagna di monitoraggio

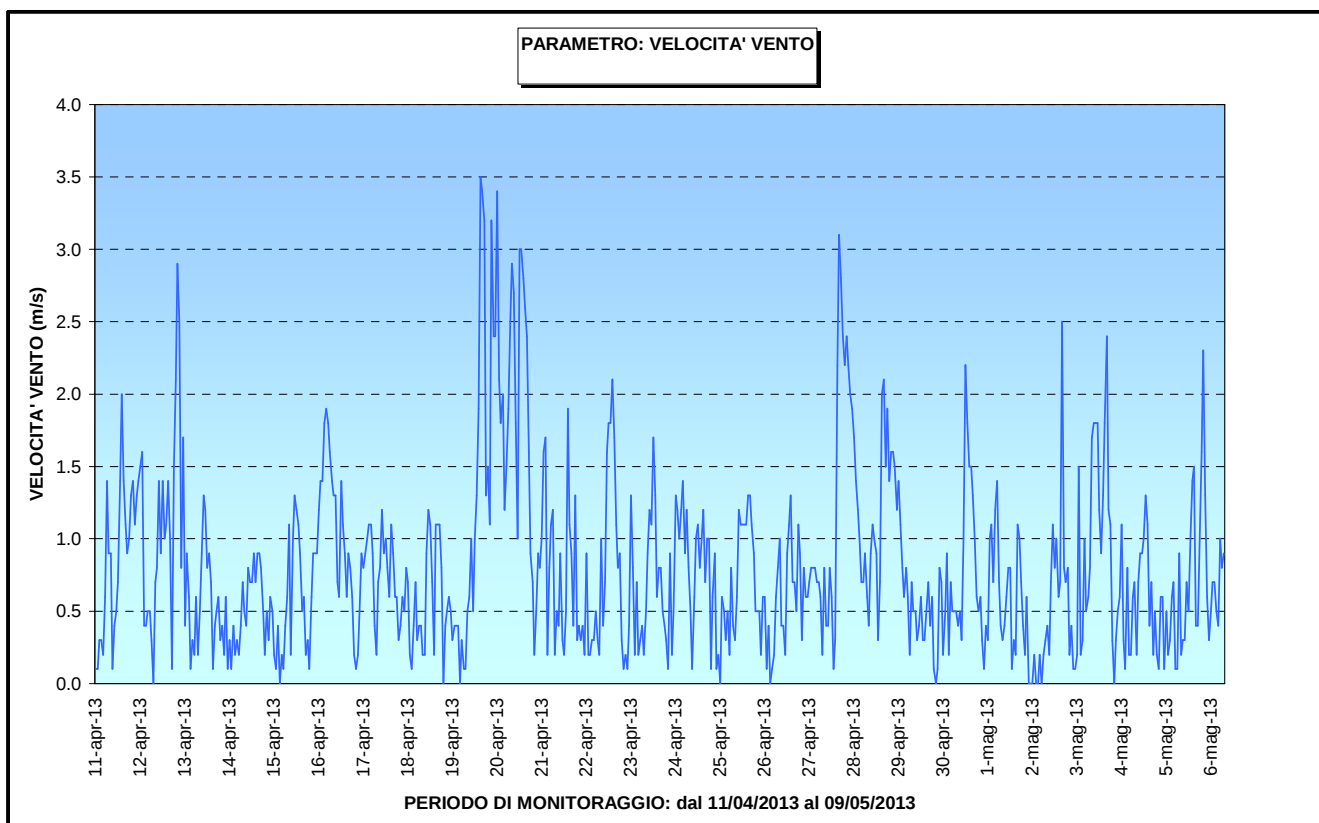


Figura 9 – Rosa dei venti totale nel corso della prima campagna di monitoraggio

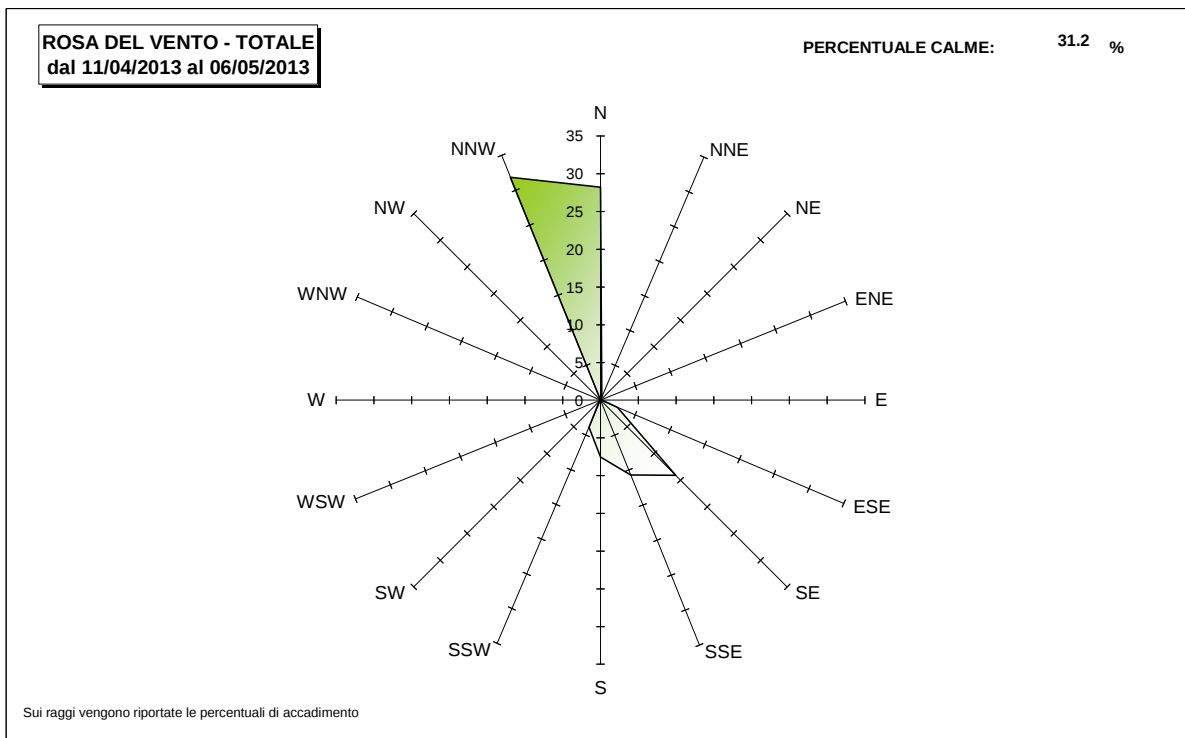


Figura 10 – Rosa dei venti diurna nel corso della prima campagna di monitoraggio

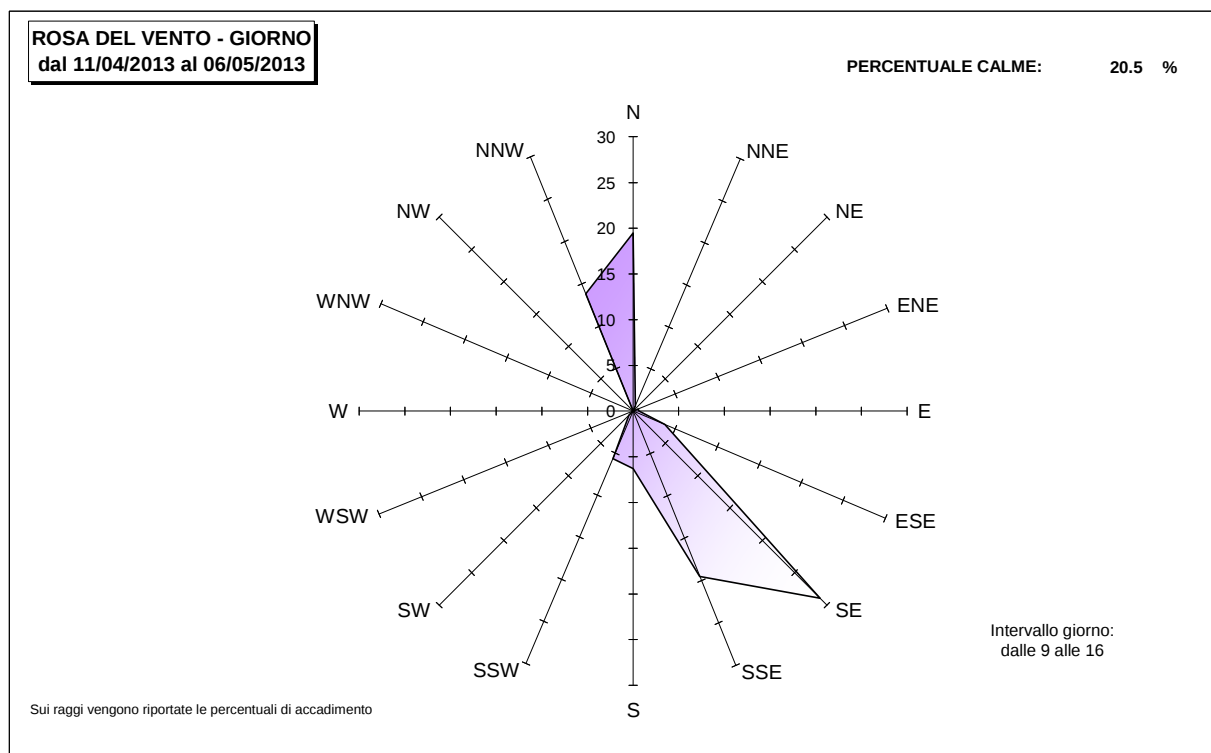
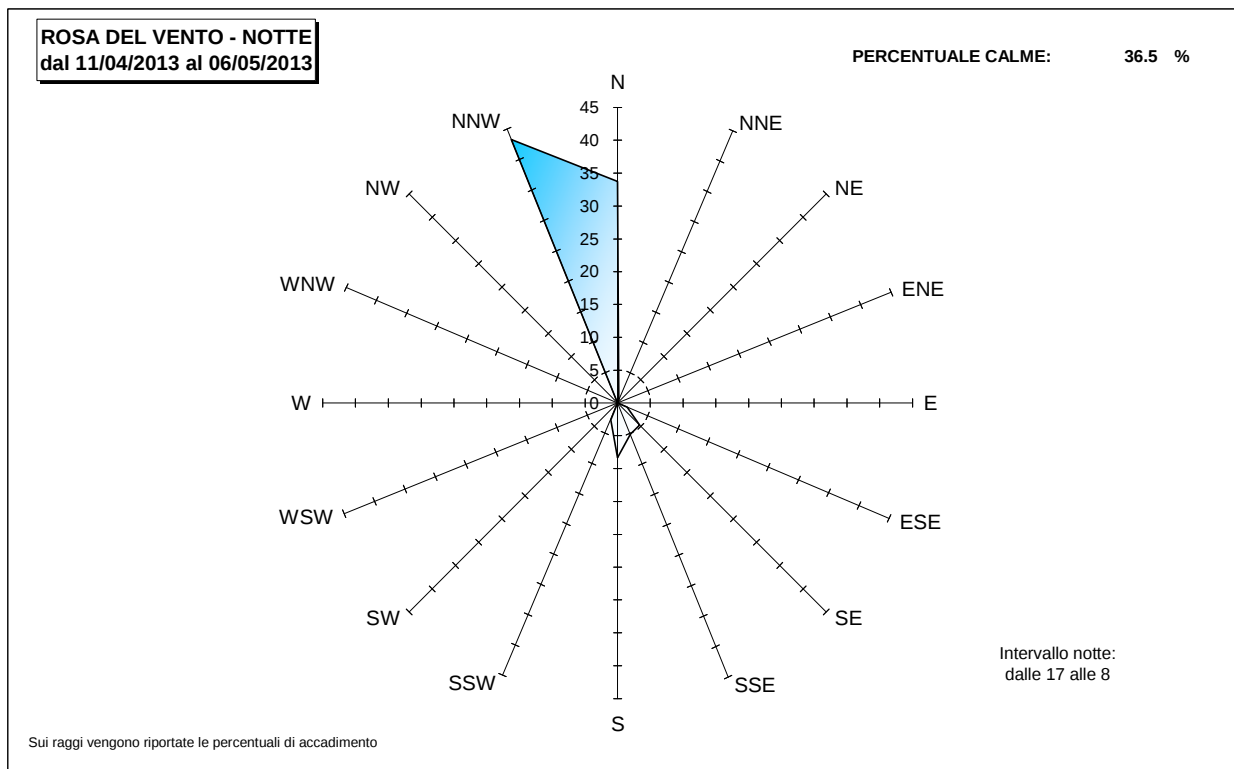


Figura 11 – Rosa dei venti notturna nel corso della prima campagna di monitoraggio



La posizione del mezzo mobile a ridosso della struttura del comune ha reso inutilizzabili i dati di velocità e direzione del vento; sono stati quindi inseriti solo i grafici della rosa dei venti della prima campagna di monitoraggio, alla cui relazione si rimanda per il commento.

Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici

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

C_6H_6	BENZENE
NO_2	BIOSSIDO DI AZOTO
SO_2	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O_3	OZONO
PM_{10}	PARTICOLATO SOSPESO PM_{10}
$C_6H_5CH_3$	TOLUENE

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

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

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

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

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 provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte (nel caso specifico l'impianto a biogas) 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 **2 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 **6 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 decisamente più alti, con un valore medio di **8 µg/m³**, e un valore massimo orario di **17 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 la differenza tra le due campagne di monitoraggio, con valori misurati nella seconda campagna molto più alti rispetto alla prima, in quanto nella stagione invernale i valori di concentrazione risultano più elevati ..

Il grafico di (**Figura 13**), mostra l'andamento dell'SO₂ nella seconda campagna di monitoraggio, con un andamento simile o più basso, rispetto alla stazione di Grugliasco Via Radich, stazione di Background urbano.

Nel grafico di (**Figura 14**), si nota chiaramente come le concentrazioni di SO₂, risultano molto basse rispetto il limite di legge giornaliero dei **125 µg/m³**.

Tabella 10 – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), delle campagne di monitoraggio

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	5	1
Massima media giornaliera	11	3
Media delle medie giornaliere	8	2
Giorni validi	24	16
Percentuale giorni validi	83%	55%
Media dei valori orari	8	2
Massima media oraria	17	6
Ore valide	585	408
Percentuale ore valide	84%	59%
<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 None

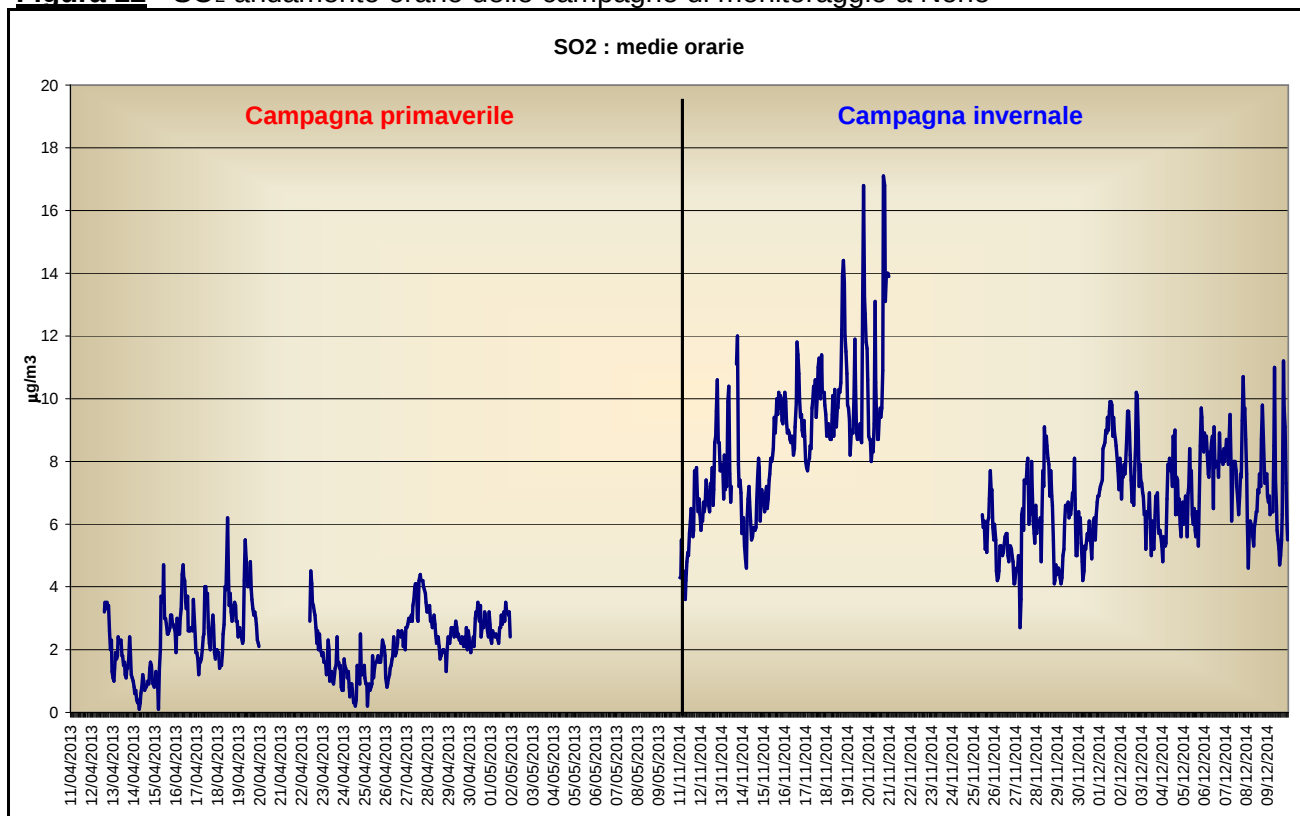


Figura 13 - SO₂ andamento orario nella seconda campagna

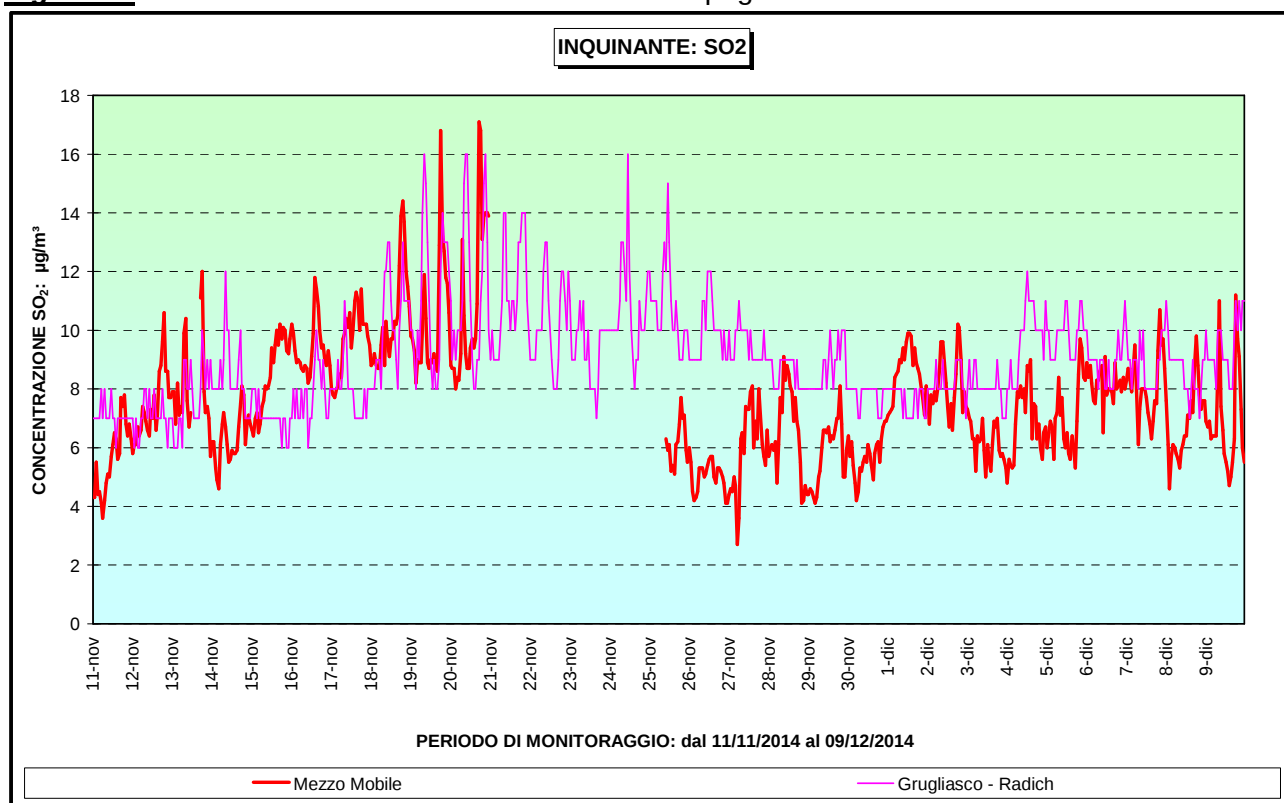
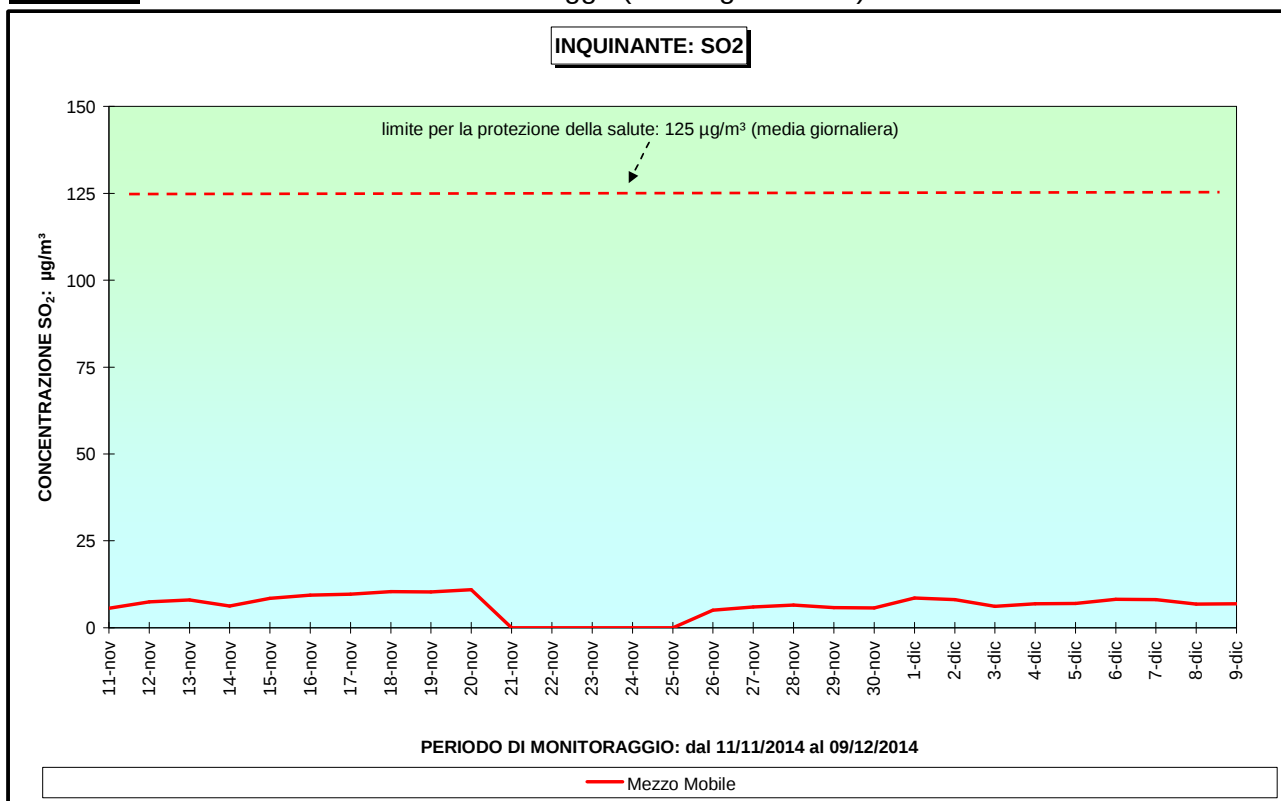


Figura 14 - SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)



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 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.

Durante la prima campagna di monitoraggio nel comune di None, vedi (**Tabella 11**) , abbiamo una media dei valori di **0.6 mg/m³** con un valore massimo di **1.3 mg/m³** e nessun superamento dei limiti di legge.

Durante la seconda campagna di monitoraggio , vedi (**Tabella 11**) , abbiamo una media dei valori di **1 mg/m³** con un valore massimo di **2.4 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 None, raggiungano valori massimi doppi 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 un andamento simile alla stazione di traffico urbano di Settimo T.se, mentre la stazione di traffico urbano di punta Torino-Consolata, registra valori più elevati.

In (**Figura 17**) si vede chiaramente come la stazione di Torino-Consolata si posiziona nella parte superiore del grafico, con valori del giorno medio più alti di tutte le altre stazioni, mentre il sito di None presenta valori intermedi e Oulx i valori più bassi di tutte le altre stazioni.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.7	0.5
Massima media giornaliera	1.5	0.6
Media delle medie giornaliere	1	0.6
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	1	0.6
Massima media oraria	2.4	1.3
Ore valide	694	608
Percentuale ore valide	100%	87%
Minimo medie 8 ore	0.5	0.4
Media delle medie 8 ore	1	0.6
Massimo medie 8 ore	1.9	0.8
Percentuale medie 8 ore valide	100%	88%
<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 None

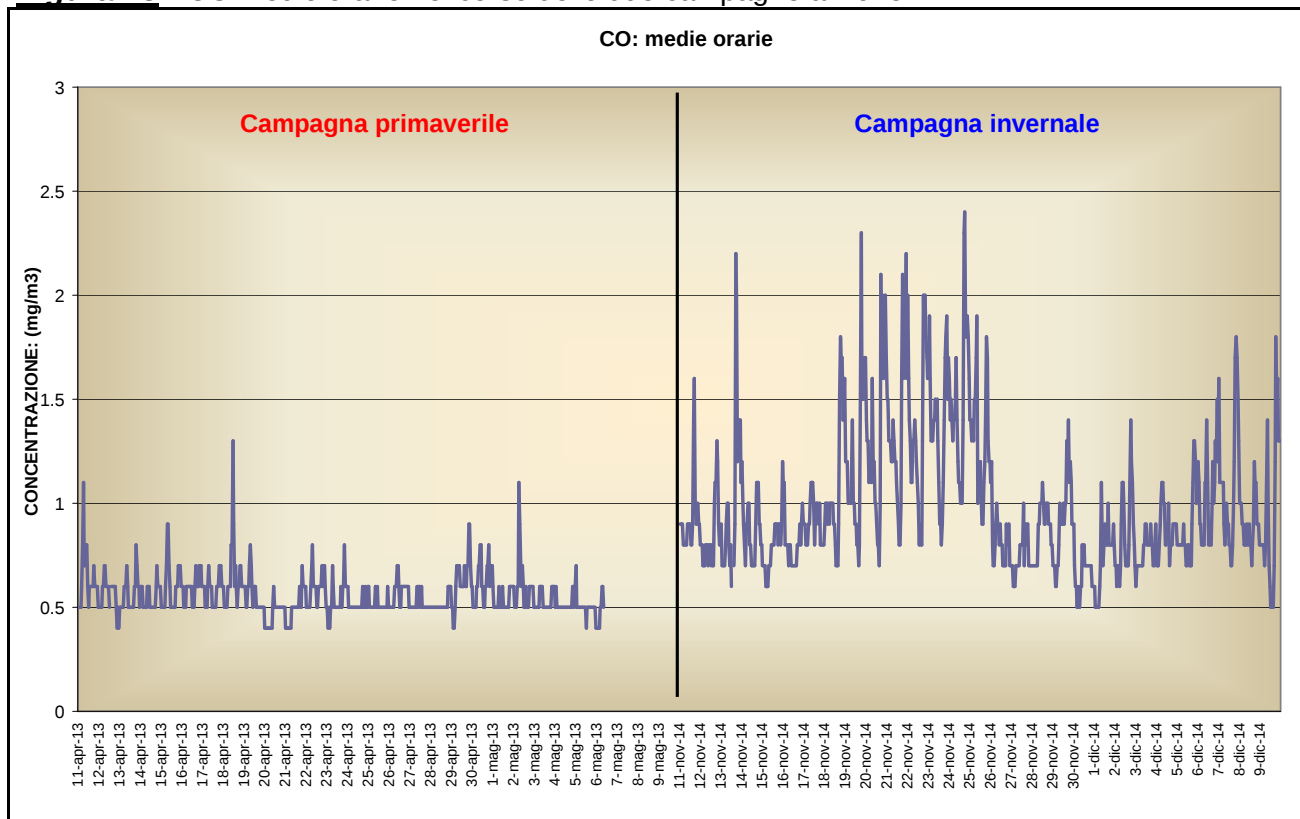


Figura 16 - CO andamento orario nella seconda campagna di monitoraggio.

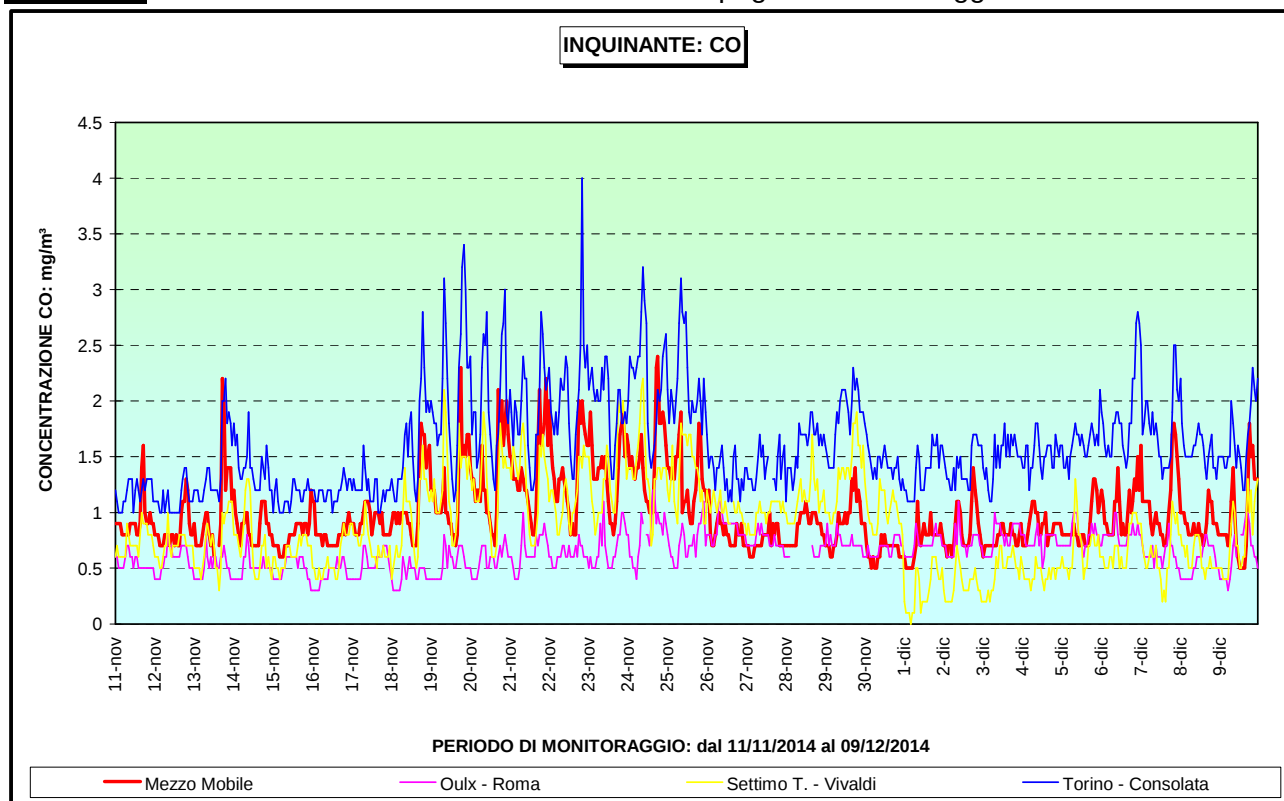
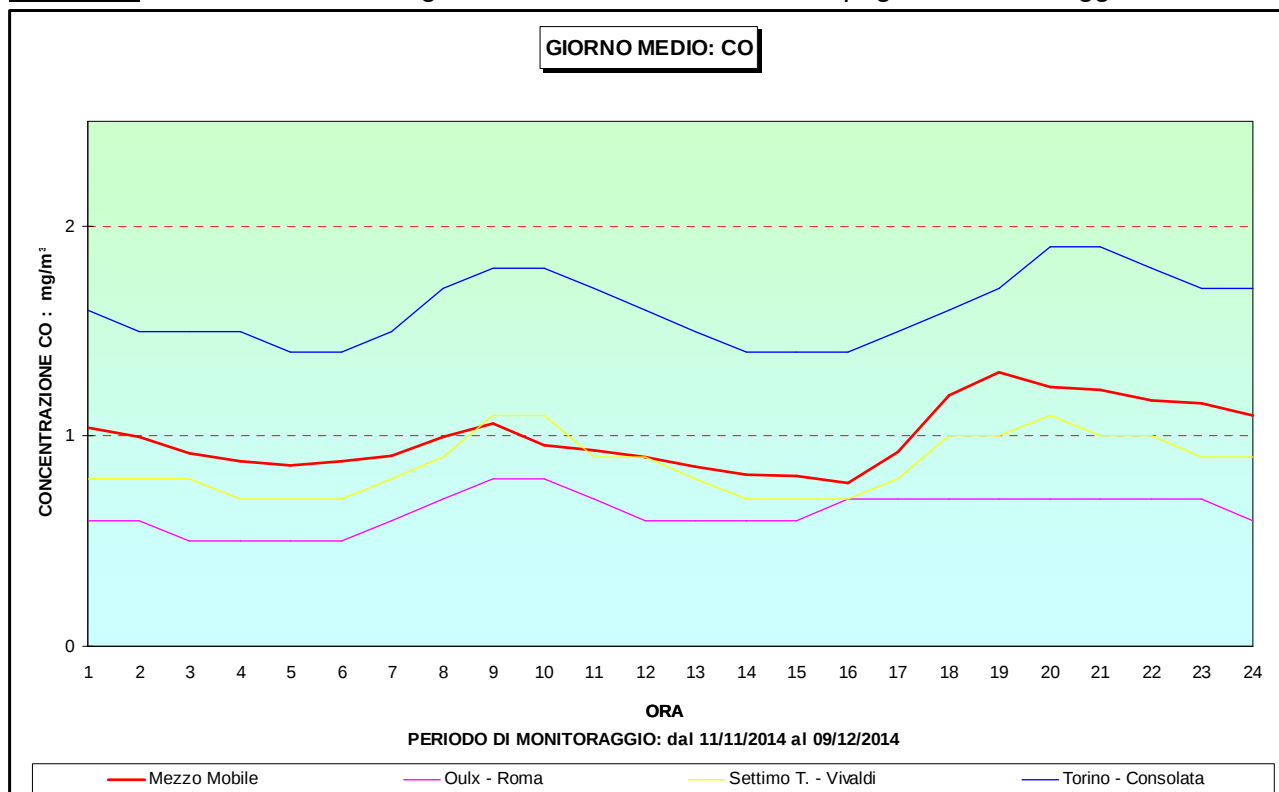


Figura 17 - CO andamento del giorno medio nella seconda campagna di monitoraggio.



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 **40 µg/m³**, con valore massimo di **84 µg/m³**; contro una media di **11 µg/m³** nella campagna primaverile ed un valore massimo di **22 µg/m³**.

In **(Figura 18 e Figura 19)**, possiamo vedere gli andamenti di NO della seconda campagna di monitoraggio con le cabine di monitoraggio di Torino e provincia. La stazione fissa di Orbassano, presenta valori molto simili alla campagna di None, mentre il sito di Beinasco ha valori intermedi quello di None e Torino – Consolata, stazione di traffico urbano.

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 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	13	7
Massima media giornaliera	84	22
Media delle medie giornaliere	40	11
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	40	11
Massima media oraria	234	73
Ore valide	695	607
Percentuale ore valide	100%	87%

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

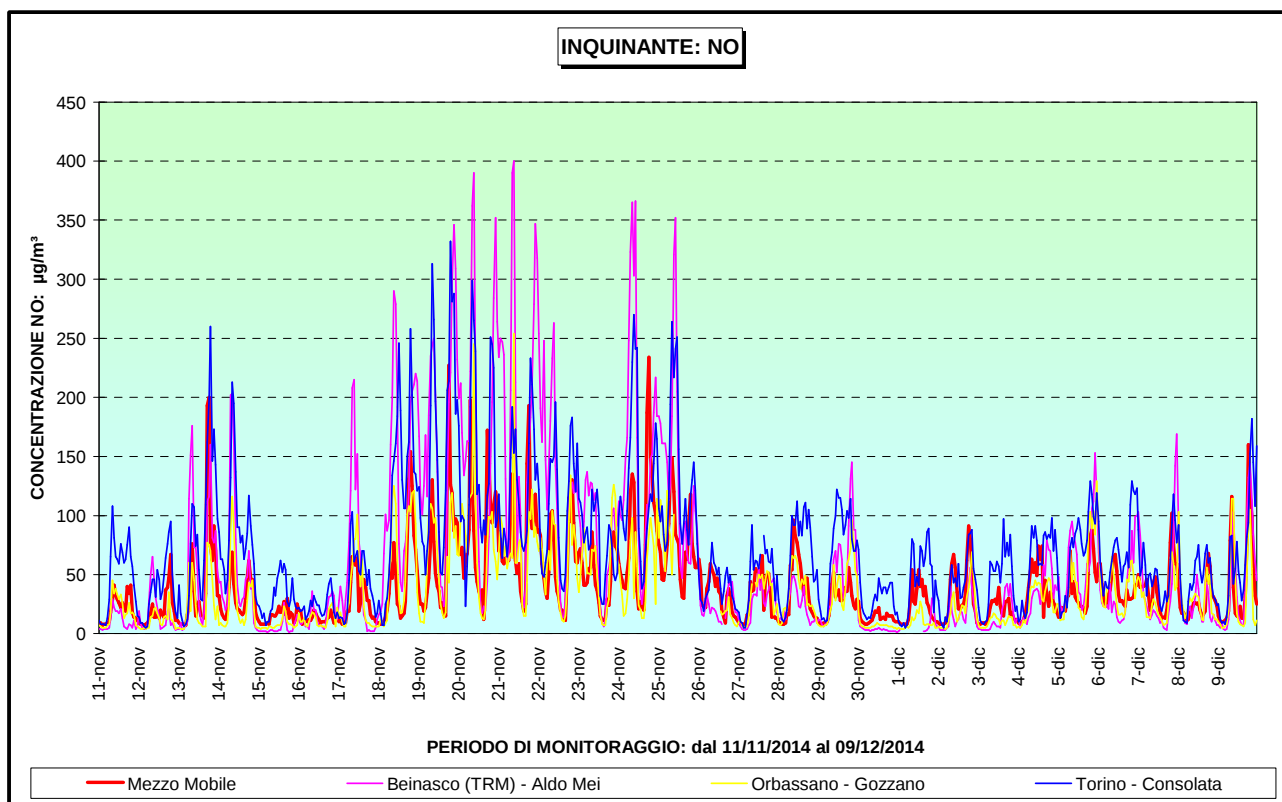


Figura 19 - NO: andamento giorno medio nella seconda campagna - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

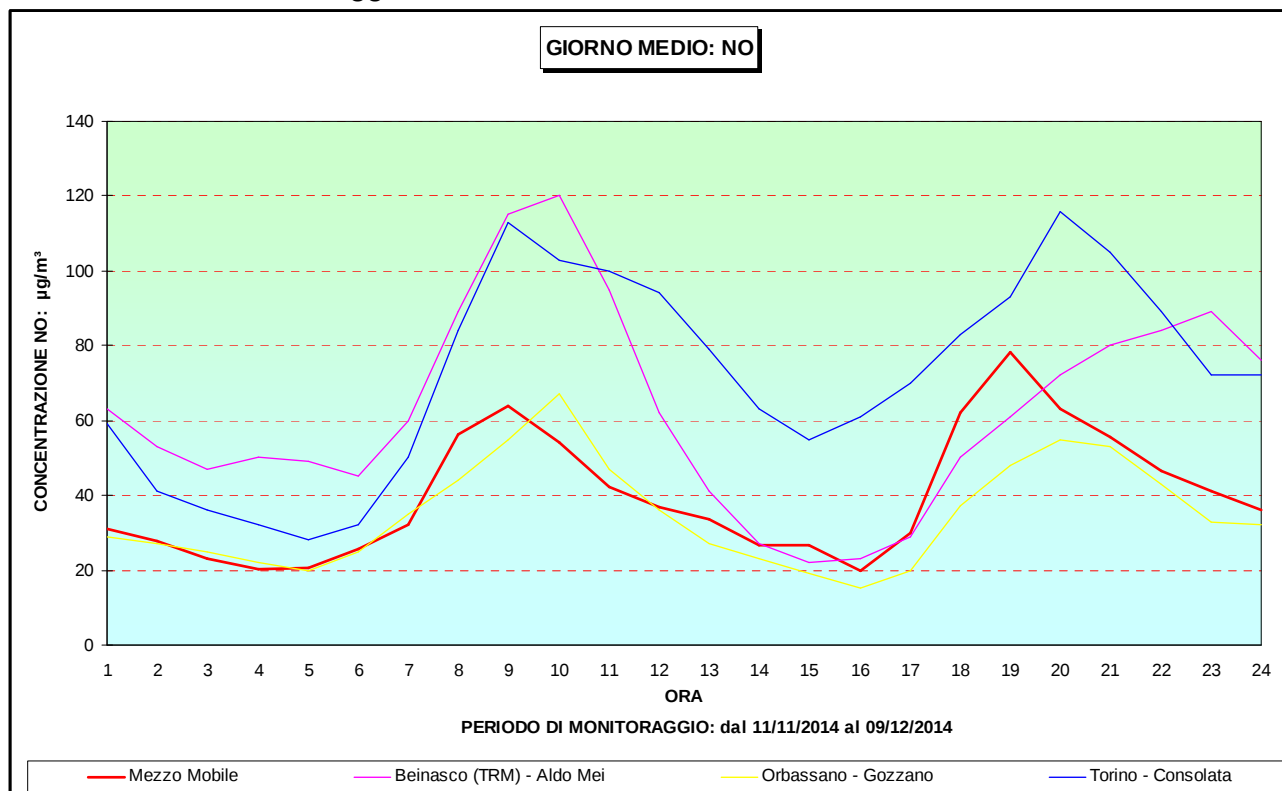
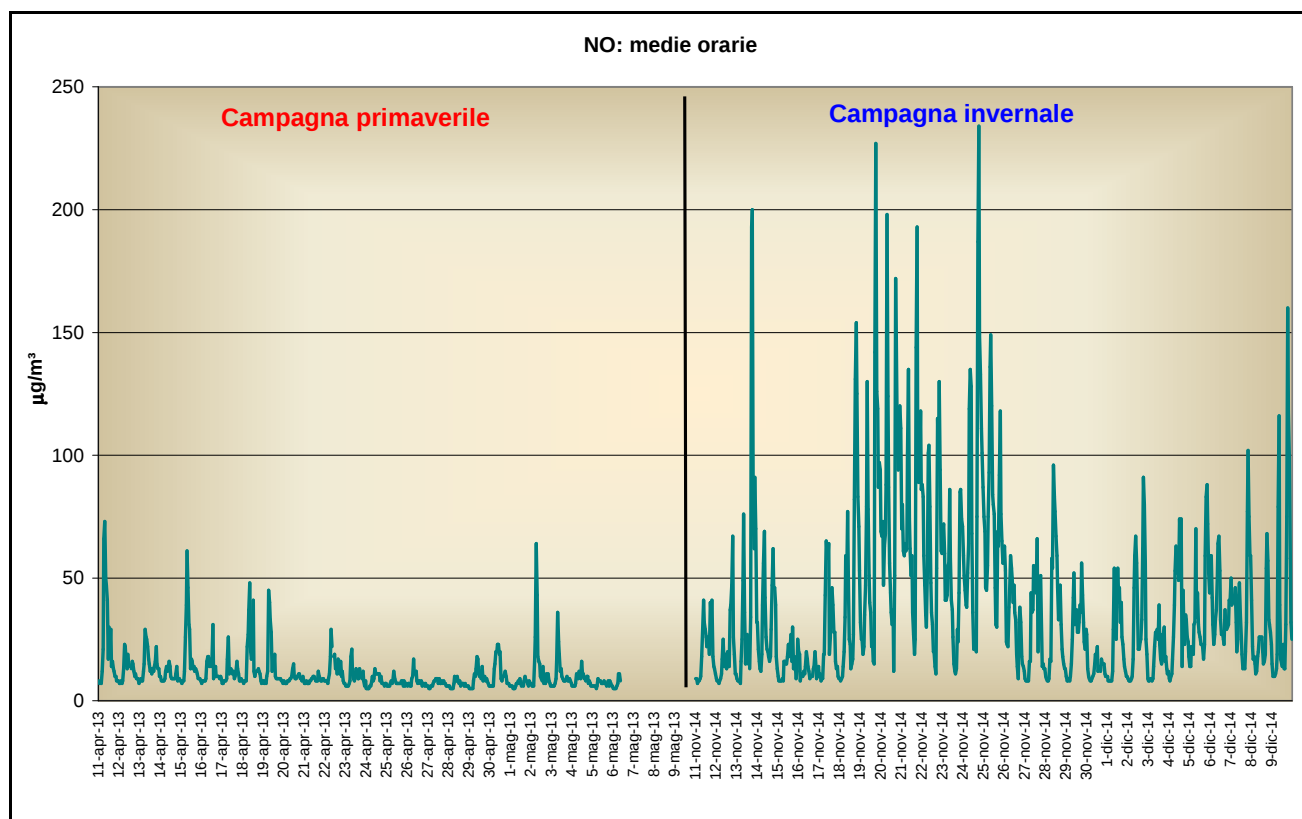


Figura 20 – NO medie orarie nel corso delle due campagne a None



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 None, 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 un po' più bassi di Orbassano, e con Beinasco-TRM 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 le due campagne, sono mediamente simili, con un valore medio più alto registrato nella seconda campagna.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	13	13
Massima media giornaliera	38	42
Media delle medie giornaliere	28	22
Giorni validi	29	22
Percentuale giorni validi	100%	76%
Media dei valori orari	28	22
Massima media oraria	73	90
Ore valide	695	536
Percentuale ore valide	100%	77%
<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

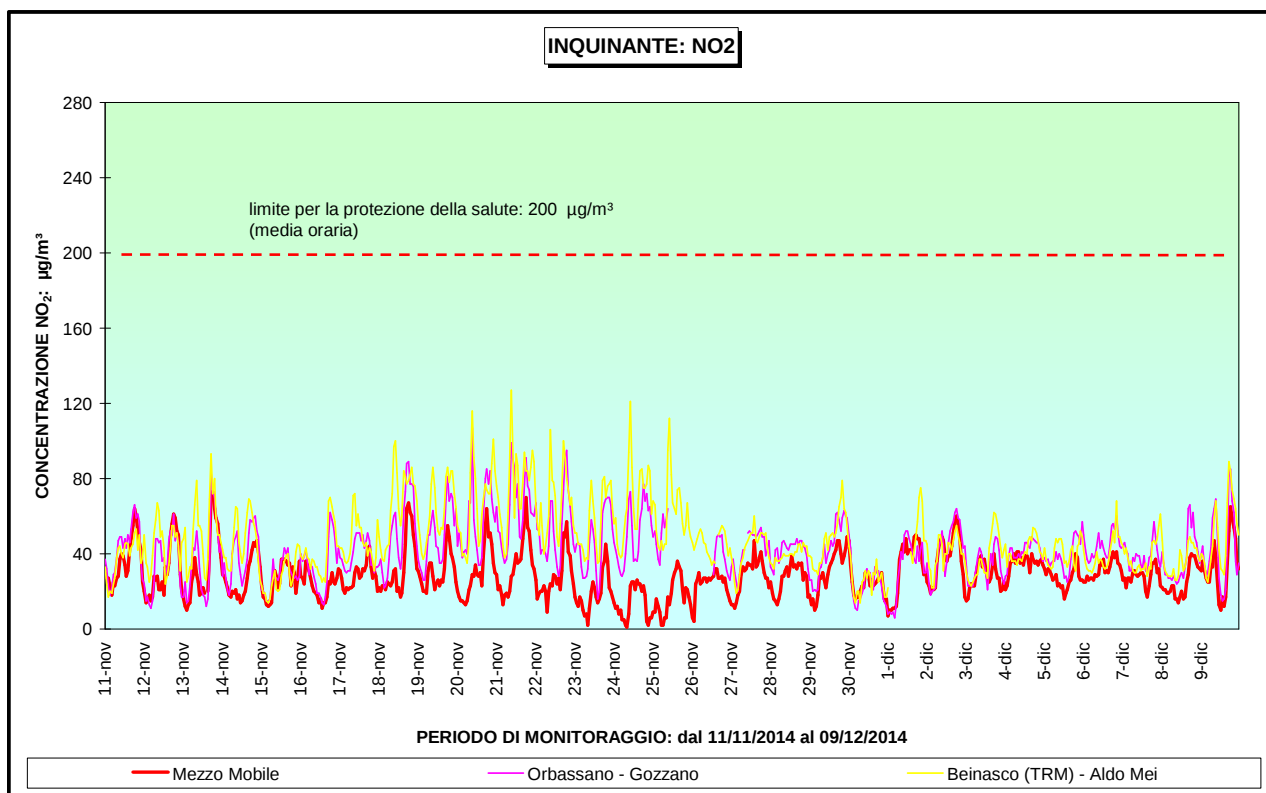


Figura 22 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio, nella seconda campagna.

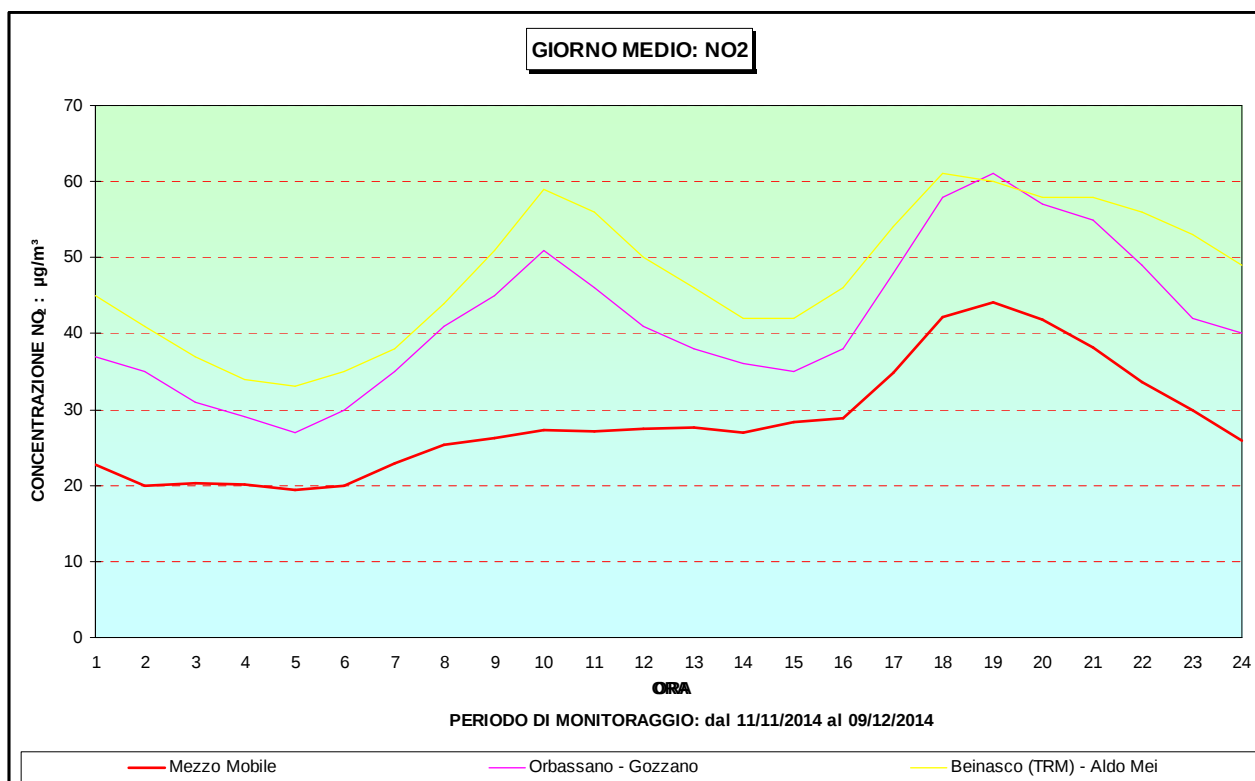


Figura 23 – NO₂ medie orarie nel corso delle due campagne a None.

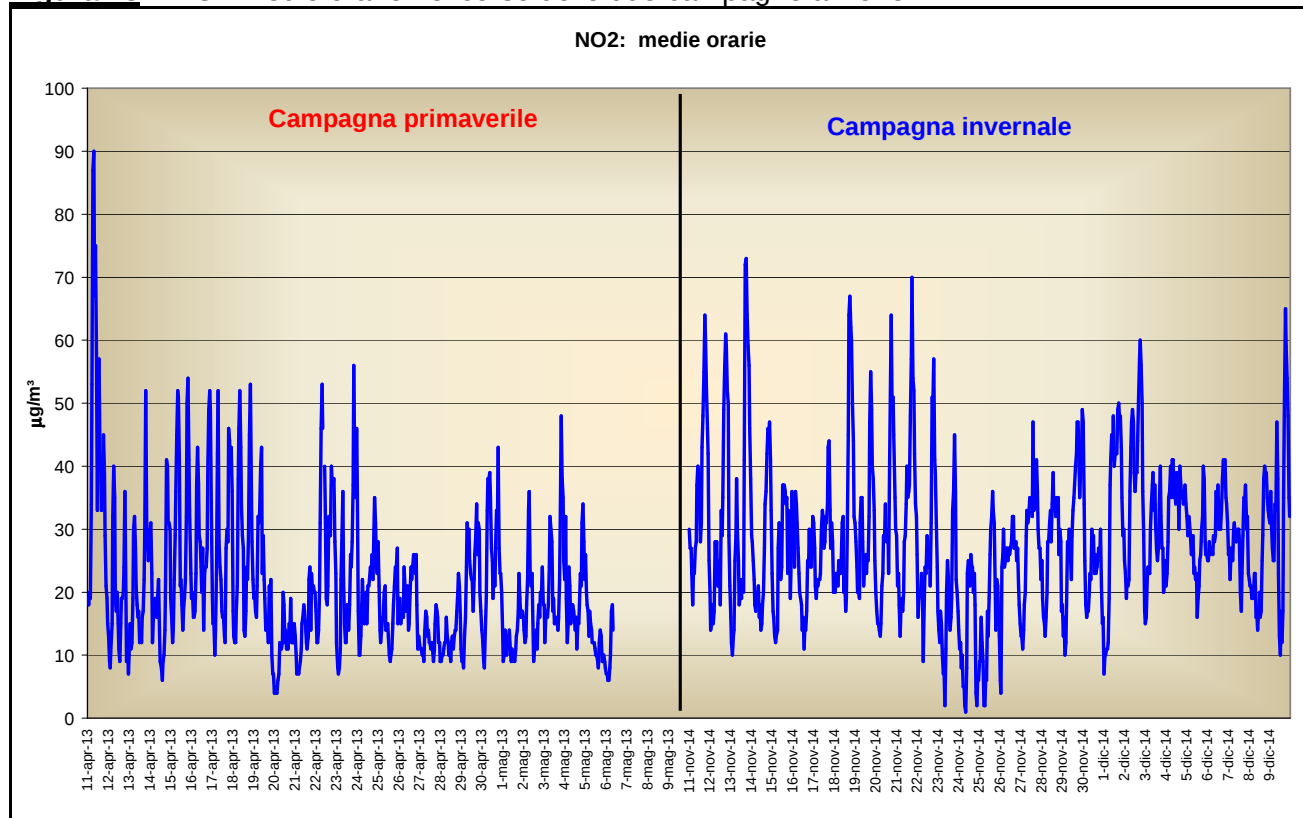
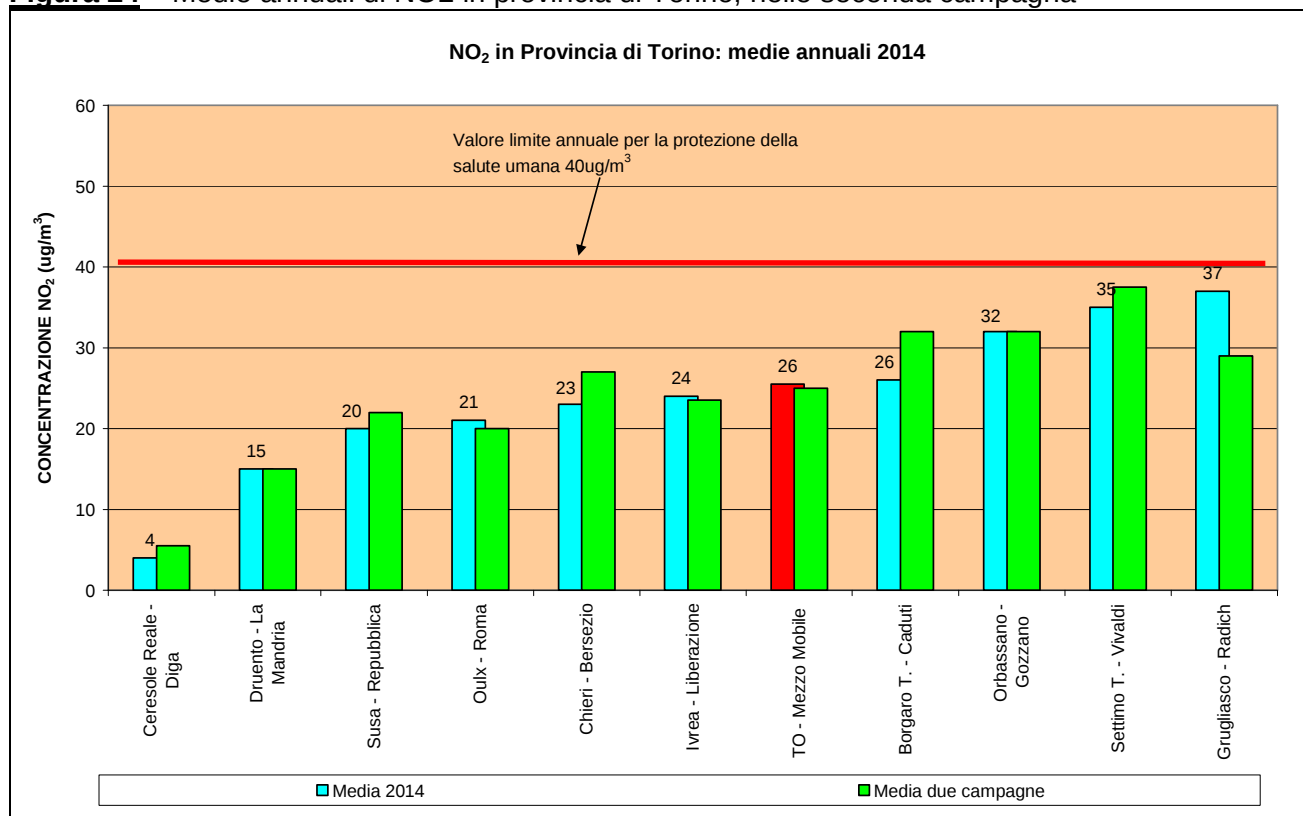


Figura 24 – Medie annuali di NO₂ in provincia di Torino, nelle seconda campagna



La normativa prevede anche 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 None 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 provincia di Torino

Come si vede dal grafico (**Figura 24**), il valore stimato annuo della campagna di None, è ampiamente inferiore al limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valori molto vicini alle cabine di monitoraggio di Borgaro, o Ivrea. Una analoga stima effettuata mediante i dati delle campagne effettuate tra il 2006 e il 2007 fornisce un valore di $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nota relativa alla stima del valore medio annuale

Si sono calcolate le medie di NO_2 , per il periodo della campagna, per la stazione di Ivrea che meglio rappresenta le condizioni meteorologiche (velocità e direzione vento delle valli alpine); dal rapporto con la media dell'anno 2014 di Ivrea si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna di None permette di ricavare la stima annuale;

Nella prima campagna la stazione di riferimento era Orbassano, con valori molto simili alla campagna di None, mentre in questa seconda campagna la stazione di riferimento è la stazione di Ivrea; inoltre bisogna far presente che nel 2014 tutti i valori degli inquinanti risultano più bassi in confronto ai precedenti anni.

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

dove

m_c : media periodo campagna NO_2 di None

M_c : media anno 2014 NO_2 di None

m_p : media periodo campagna NO_2 di Ivrea

M_p : media anno 2014 NO_2 di Ivrea

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 a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore massimo di $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Durante la seconda campagna di monitoraggio, vedi (**Tabella 15**), si registrano valori di Benzene con una media del periodo pari a $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore massimo di $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Valori decisamente più alti rispetto la prima campagna come ci si aspettava, essendo un'inquinante con valori alti nel periodo invernale.

Dalla (**Figura 25**), si può vedere come i valori di Benzene della seconda campagna siano mediamente più elevati rispetto a quelli registrati nelle altre stazioni di monitoraggio, come Torino- Consolata o Borgaro T.se.

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 10 volte rispetto al periodo caldo.

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 $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 15**), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Nella seconda campagna, la massima media giornaliera è risultata essere di $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come per il Benzene anche il Toluene presenta valori di concentrazione alti durante il periodo invernale, come si può vedere anche nel grafico di (**Figura 27**), valori mediamente maggiori anche delle stazioni fisse come Torino- Consolata e Borgaro T.se.

Con le stesse modalità di calcolo delle stime annuali del NO_2 , si è calcolato la stima annuale della concentrazione del benzene usando come stazione di riferimento Borgaro T.se. Il valore di stima annuale è risultato essere di $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore relativamente alto di concentrazione condizionato da una settimana con concentrazione particolarmente elevate; il valore è comunque ampiamente sotto il limite di legge di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	2.9	0.5
Massima media giornaliera	10.8	1.4
Media delle medie giornaliere	5.3	0.9
Giorni validi	29	25
Percentuali giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	5.9	0.9
Massima media oraria	24.4	3.3
Ore valide	687	607
Percentuali ore valide	99%	87%

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	1.8	0.7
Massima media giornaliera	31	4.7
Media delle medie giornaliere	10.6	2.1
Giorni validi	28	25
Percentuali giorni validi	97%	86%
Media dei valori orari	10.5	2.1
Massima media oraria	124.6	20.1
Ore valide	663	593
Percentuali ore valide	95%	85%

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

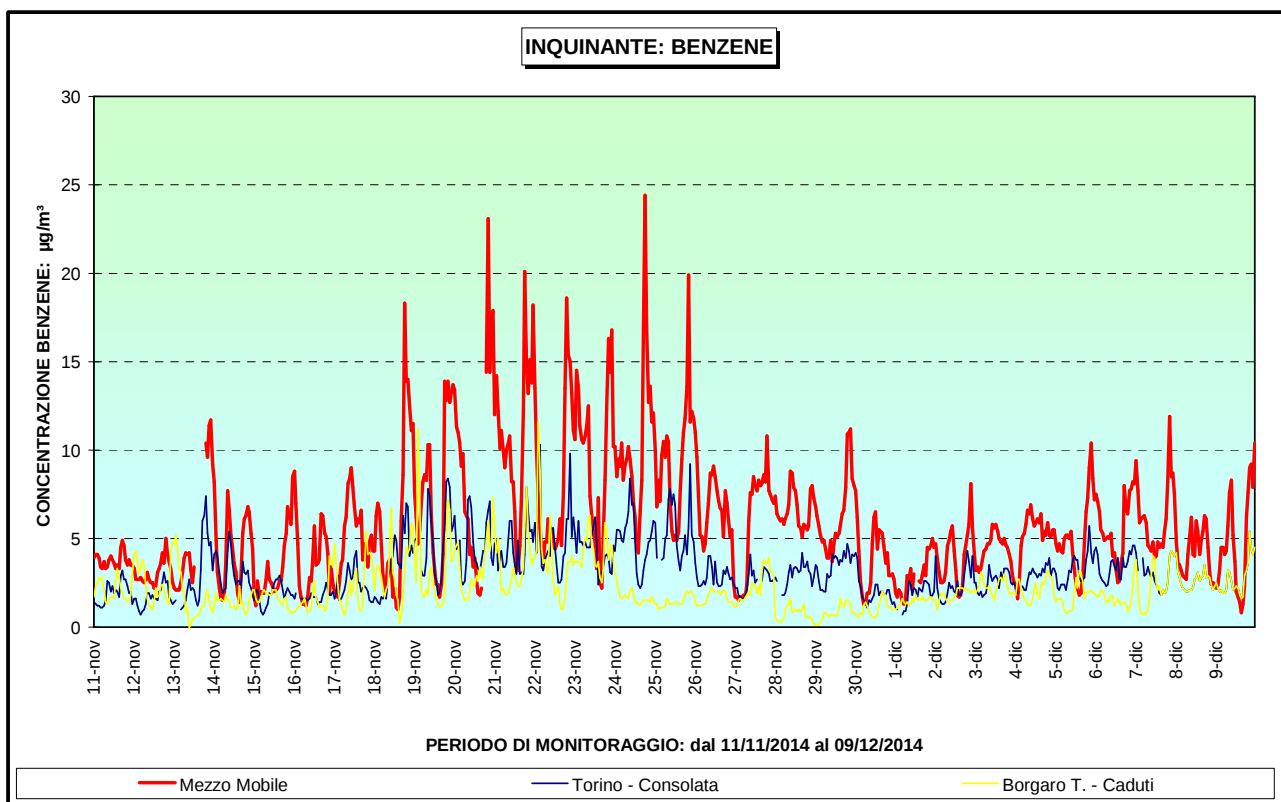


Figura 26 – Benzene medie orarie nel corso delle due campagne a None

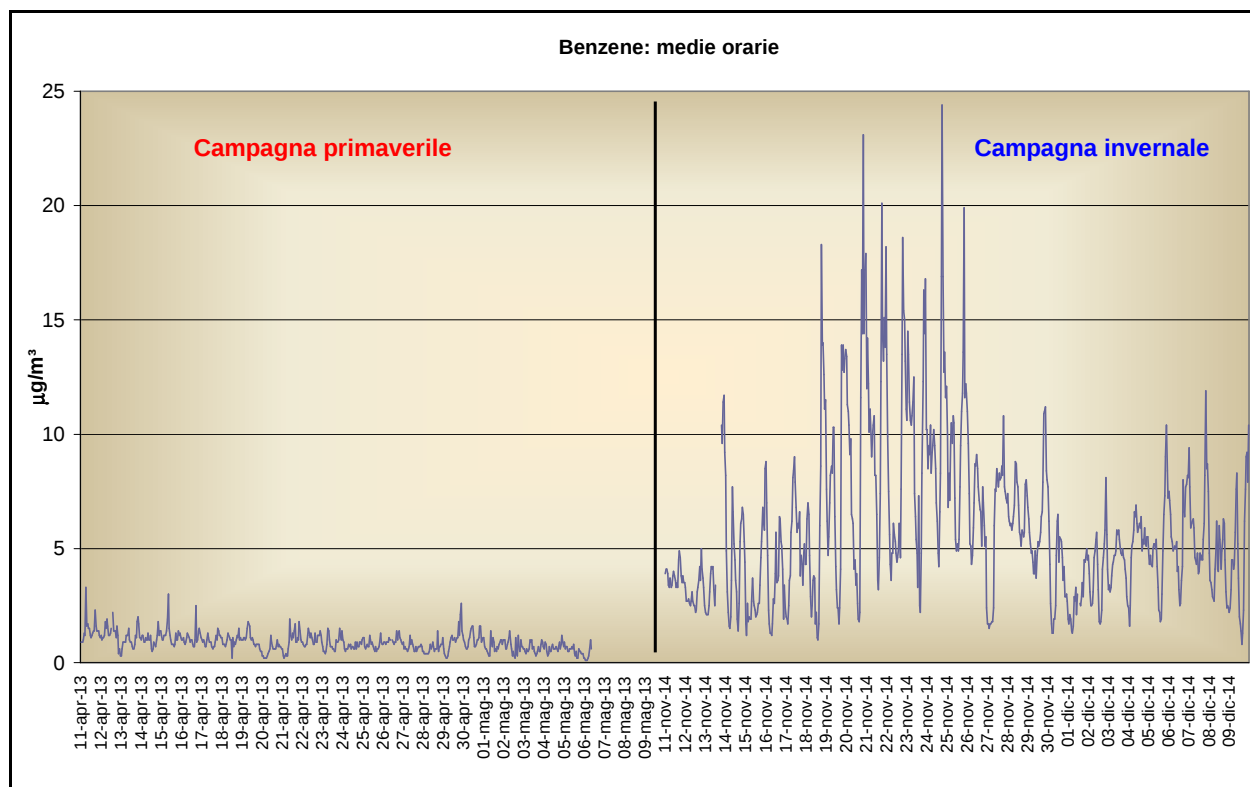
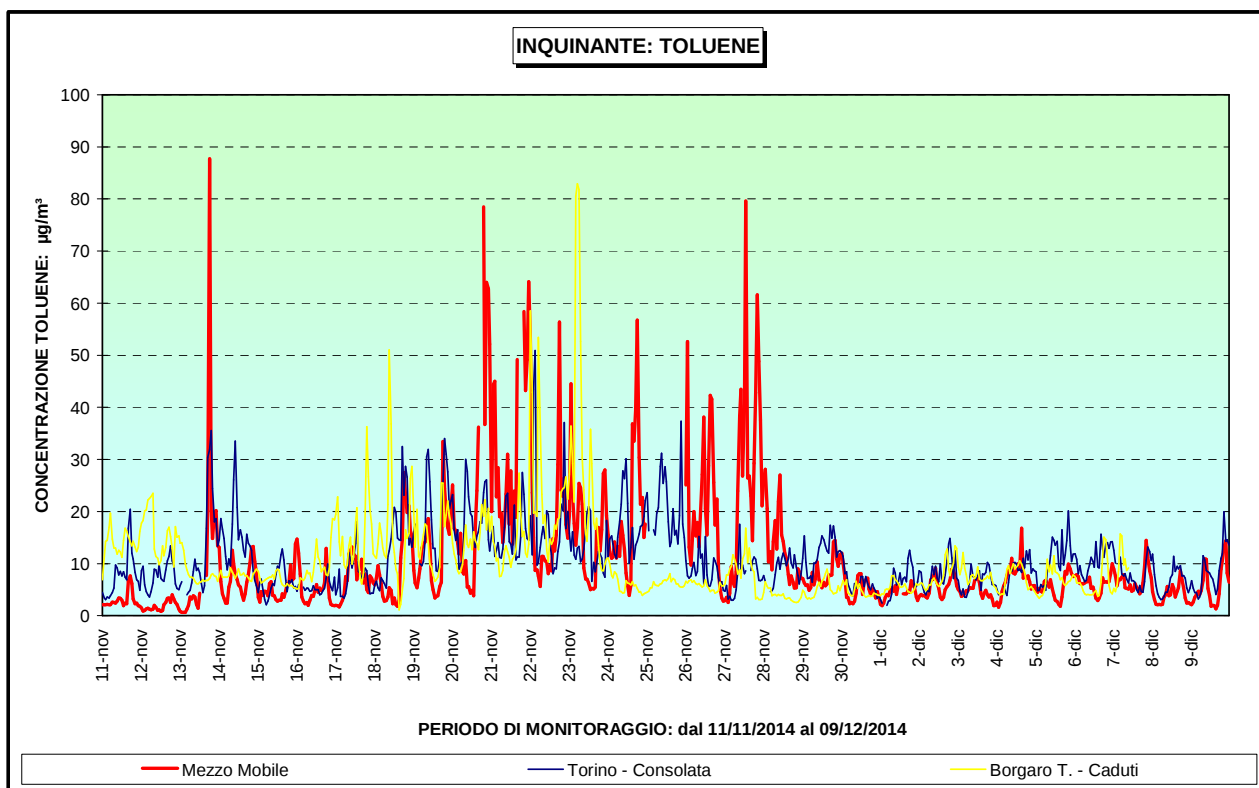


Figura 27 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della seconda campagna di monitoraggio



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 da 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 $10\text{ }\mu\text{m}$, 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 a $2.5\text{ }\mu\text{m}$) calcolati come media annuale pari a $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM_{10} è stata pari a $29\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi **Tabella 16**), con un valore massimo giornaliero di $68\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con 3 superamenti del valore giornaliero dei $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella seconda campagna la media dei valori di concentrazione di particolato PM_{10} è stata pari a $39\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, vedi (**Tabella 16**), con un valore massimo giornaliero di $102\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con 5 superamenti del valore giornaliero dei $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come si può vedere dal grafico di (**Figura 28**), durante la seconda campagna i valori di concentrazione di PM_{10} di None sono molto simili alle stazioni fisse di Torino-Consolata e Torino – Lingotto.

In (**Figura 29**), abbiamo anche la pioggia giornaliera e possiamo notare che durante la campagna ci sono state diverse giornate con precipitazioni copiose, fenomeno che riduce drasticamente il livello di inquinanti in atmosfera.

In (**Figura 30**), il grafico mostra le concentrazioni di PM_{10} 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 (a causa di problemi tecnici i dati validi sono meno del 50%); si può osservare come la media del $PM_{2.5}$, sia più bassa di circa un 10% rispetto alla media del PM_{10} , (vedi **Tabella 16**).

In (**Figura 30**) si nota chiaramente la differenza tra le concentrazioni di PM_{10} 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	8	7
Massima media giornaliera	102	68
Media delle medie giornaliere	39	29
Giorni validi	28	23
Percentuale giorni validi	97%	79%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	5	3

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	7	7
Massima media giornaliera	93	42
Media delle medie giornaliere	33	20
Giorni validi	28	12
Percentuale giorni validi	97%	41%

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

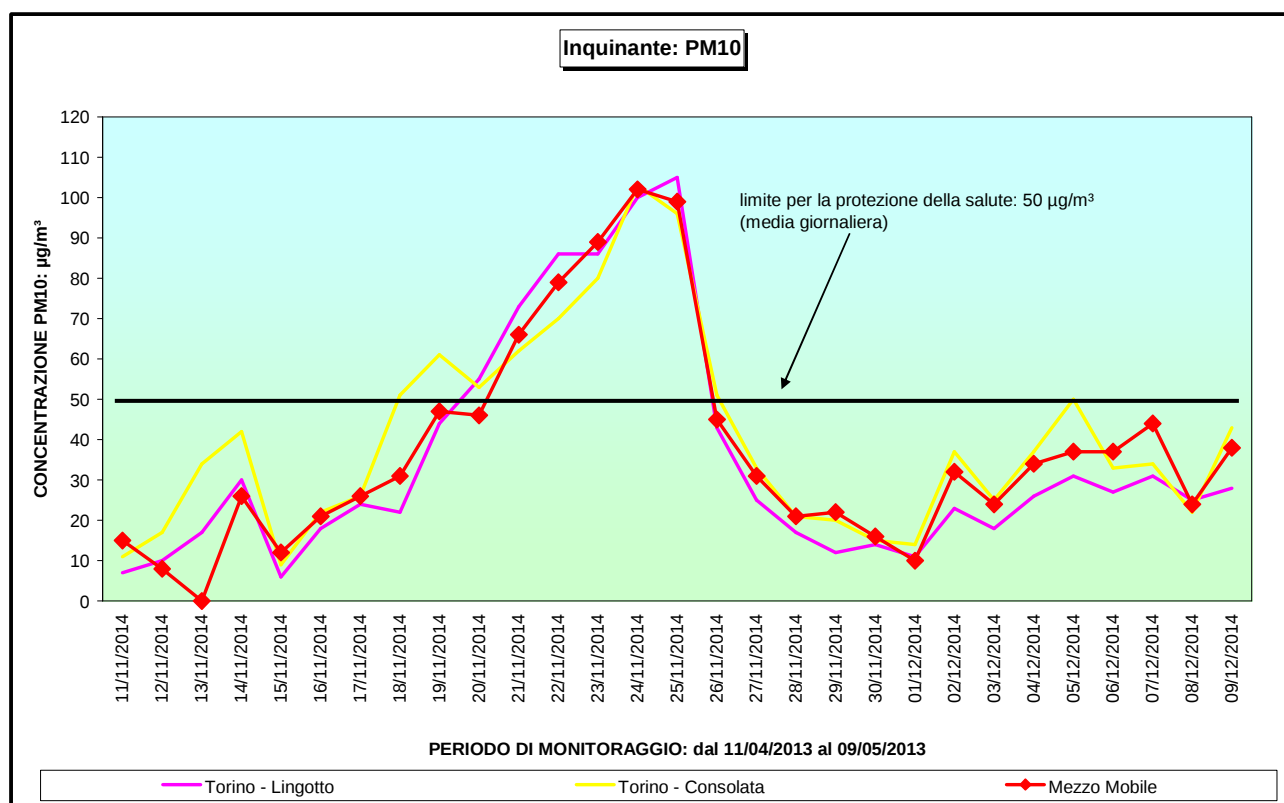


Figura 29 – Particolato sospeso PM₁₀, somma giornaliera delle precipitazioni, nella seconda campagna

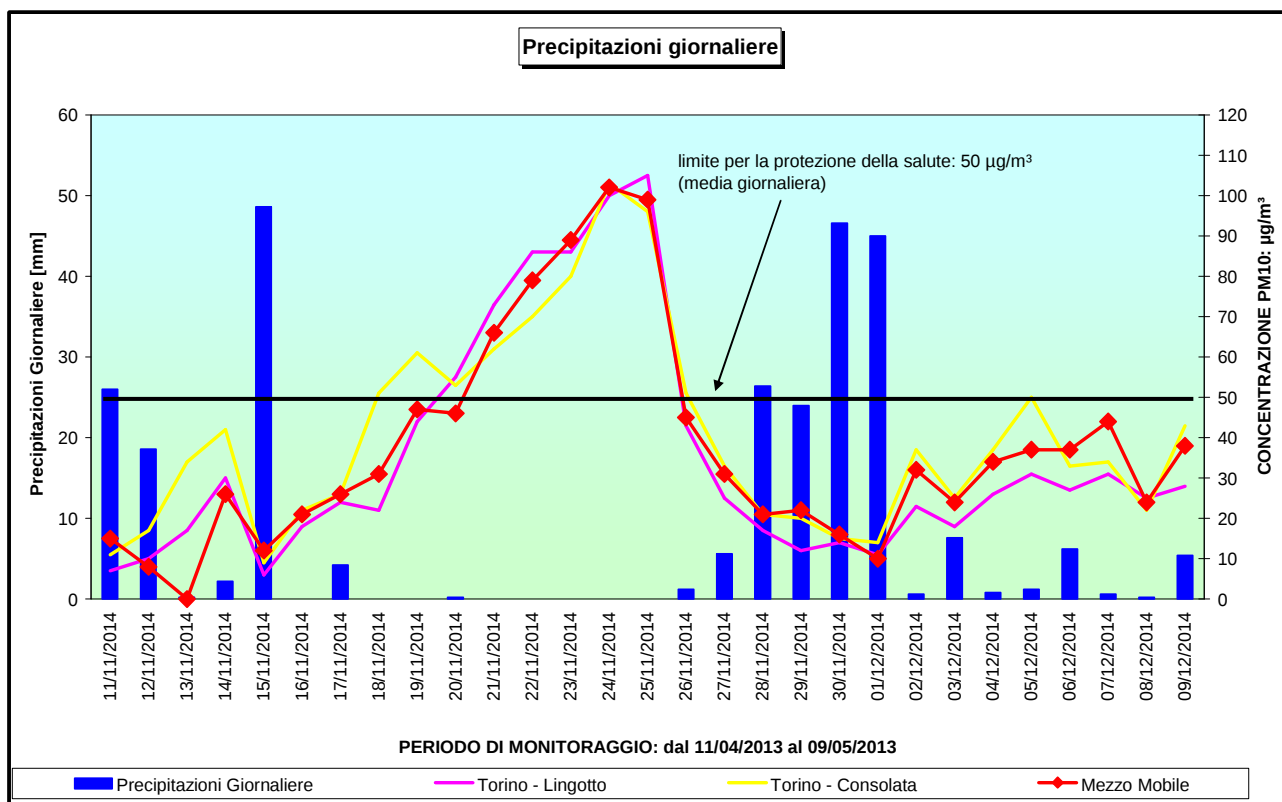


Figura 30 - PM₁₀ medie orarie nel corso delle due campagne a None

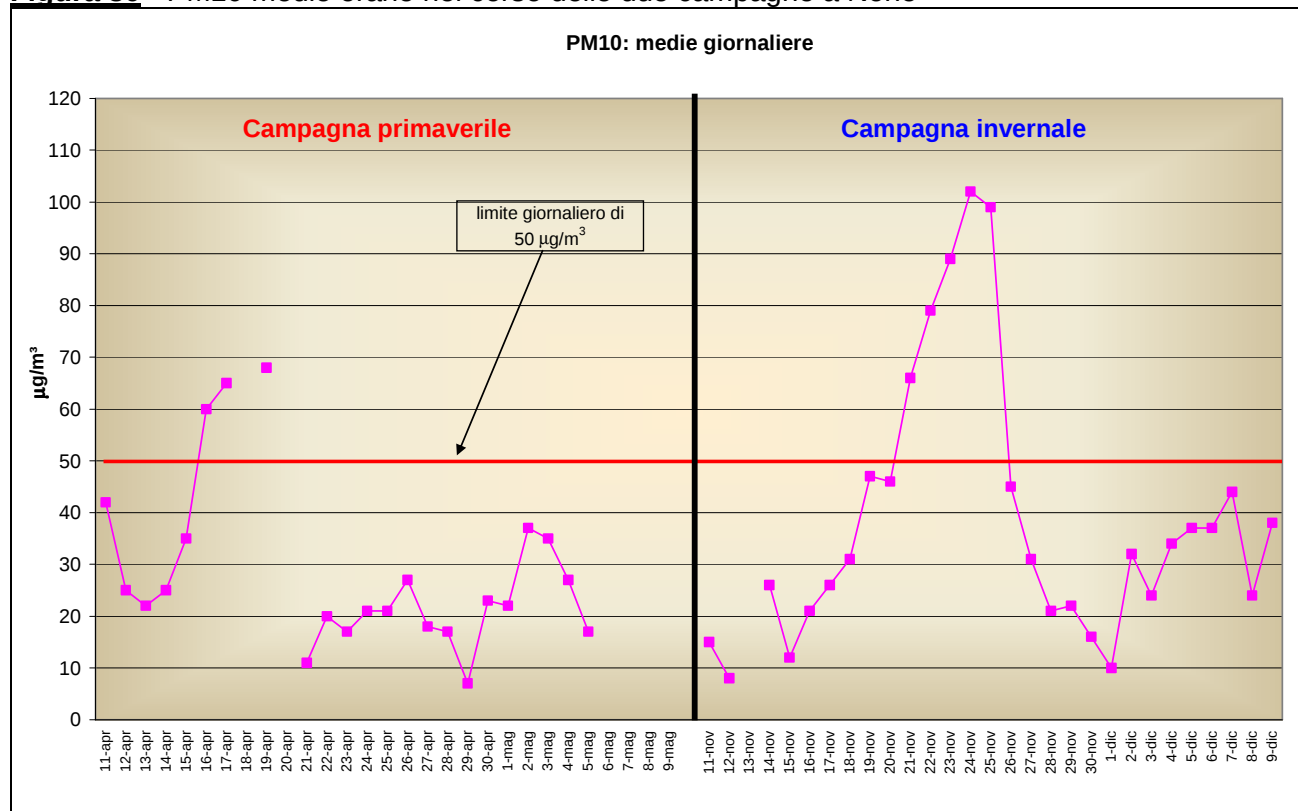
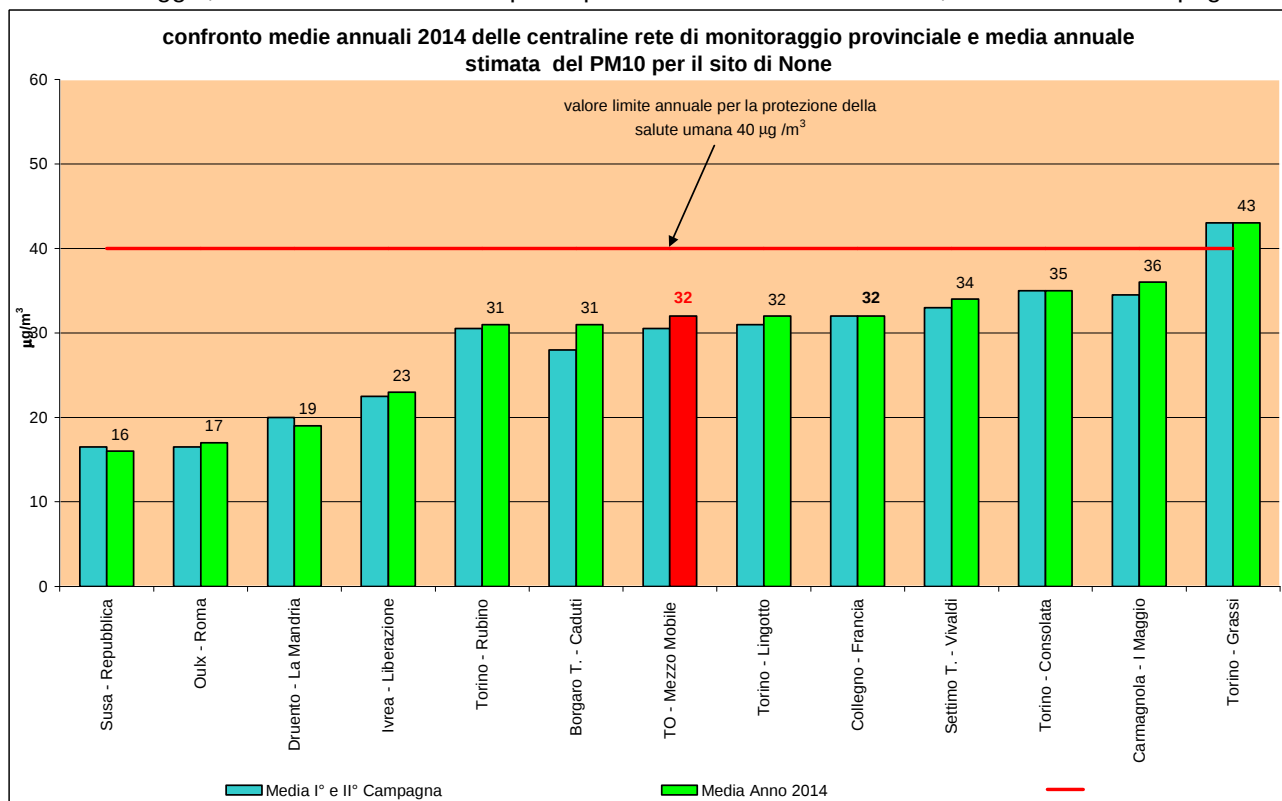


Figura 31 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto medie annuali e medie nel periodo di monitoraggio, del valore limite annuale per la protezione della salute umana, nella seconda campagna



La normativa prevede un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata del monitoraggio nel comune di None 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 provincia di Torino e riportati in **(Figura 31)**.

La media annuale stimata sulla base della campagna (**32 µg/m³**), si posiziona tra quella di stazioni di fondo urbano/suburbano come Torino-Lingotto e di traffico come Torino-Consolata. Una analoga stima effettuata mediante i dati delle campagne effettuate tra il 2006 e il 2007 fornisce un valore di 60 µg/m³.

Per quanto riguarda il valore limite giornaliero (50 µg/m³ da superare per non più di 35 giorni l'anno), poiché entrambe le stazioni tra cui si posiziona il sito di None superano il valore limite giornaliero di PM₁₀, è prevedibile che ciò accada anche nel sito di None.

Con le stesse modalità di calcolo delle stime annuali del PM₁₀, si è calcolato la stima annuale del PM_{2.5}, usando come stazione di riferimento Borgaro T.se; il valore di stima annuale è risultato essere di **26 µg/m³**, a fronte di un valore limite di 25 µg/m³. Tenendo conto dell'incertezza associata alla procedura di stima si può affermare che la media annuale del sito di None si situa nell'intorno del valore limite, che quindi potrà essere superato in anni caratterizzati da condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, come d'altra parte accade per tutti i siti di pianta del territorio provinciale.

Nota relativa alla stima della media annuale

Si sono calcolate le medie di PM10, per il periodo della campagna, per la stazione di Torino-Lingotto; dal rapporto con la media dell'anno 2014 di Torino-Lingotto si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna di None permette di ricavare la stima annuale;

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

dove:

m_p : media periodo campagna PM10 di Torino-Lingotto

m_c : media periodo campagna PM10 di None

M_c : media anno 2014 PM10 di None

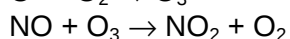
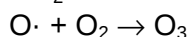
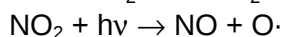
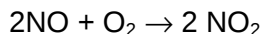
M_p : media anno 2014 PM10 di Torino-Lingotto

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 **81** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e un valore massimo di **183** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi **Tabella 17**), si sono registrati anche **3** superamenti livello informazione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mentre durante la seconda campagna abbiamo una media dei valori orari di **18** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e un valore massimo di **58** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 sono così bassi che restano molto distanti dal limite di legge in entrambe i grafici, in quanto come detto prima nel periodo freddo non raggiungono valori elevati.

In (**Figura 34**), si nota chiaramente la differenza di contrazione tra le due campagne, e il confronto con la Radiazione Solare Globale, con valori chiaramente maggiori nella prima campagna, e di conseguenza una maggiore formazione di Ozono.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	4	40
Massima media giornaliera	26	111
Media delle medie giornaliere	12	81
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	12	81
Massima media oraria	58	183
Ore valide	695	608
Percentuale ore valide	100%	87%
Minimo medie 8 ore	1	19
Media delle medie 8 ore	12	81
Massimo medie 8 ore	46	164
Percentuale medie 8 ore valide	100%	88%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	62
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	10
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	3
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	2
<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

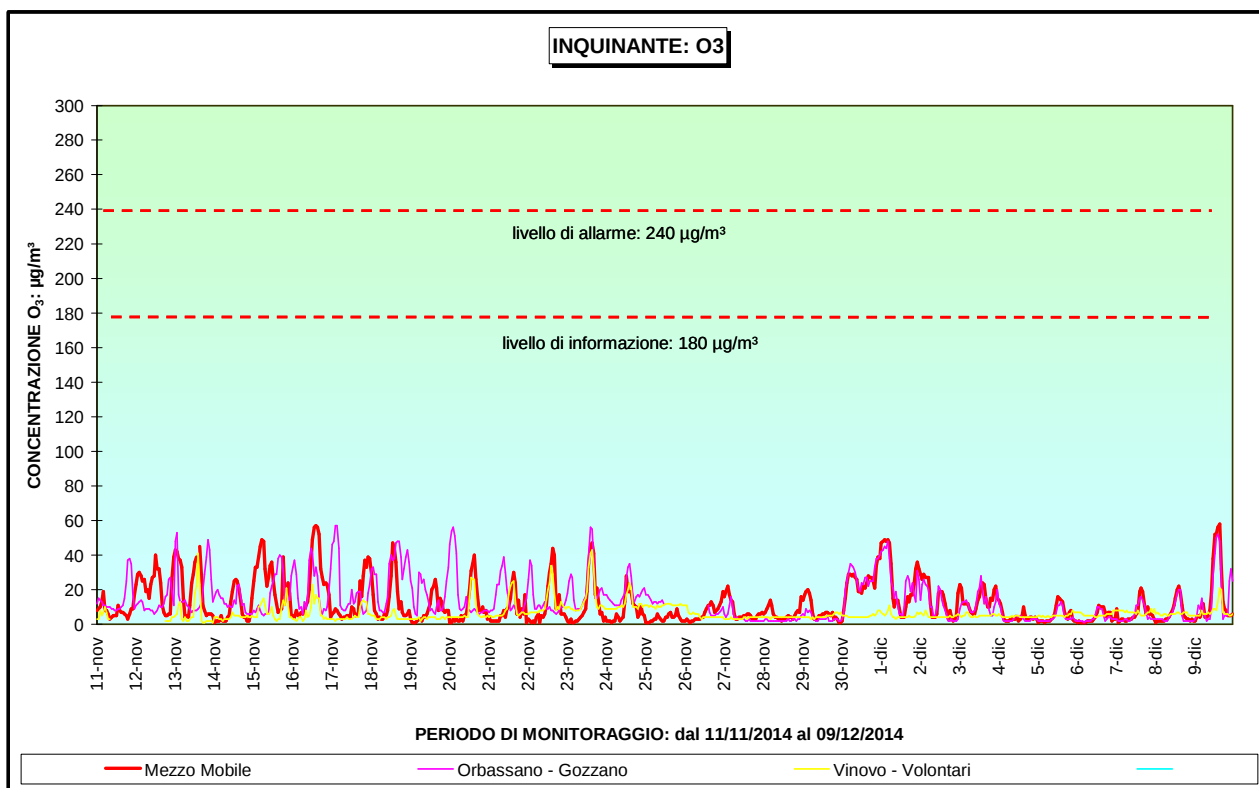


Figura 33 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore), nella seconda campagna

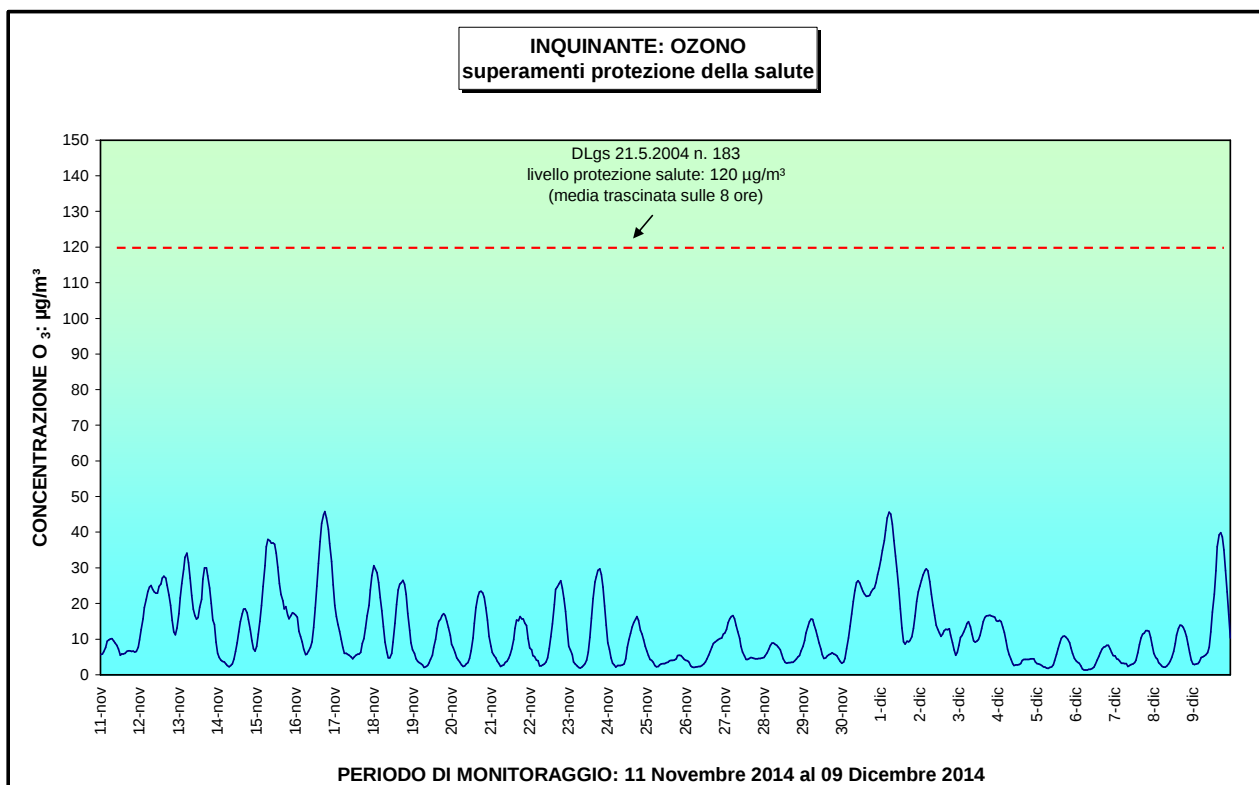
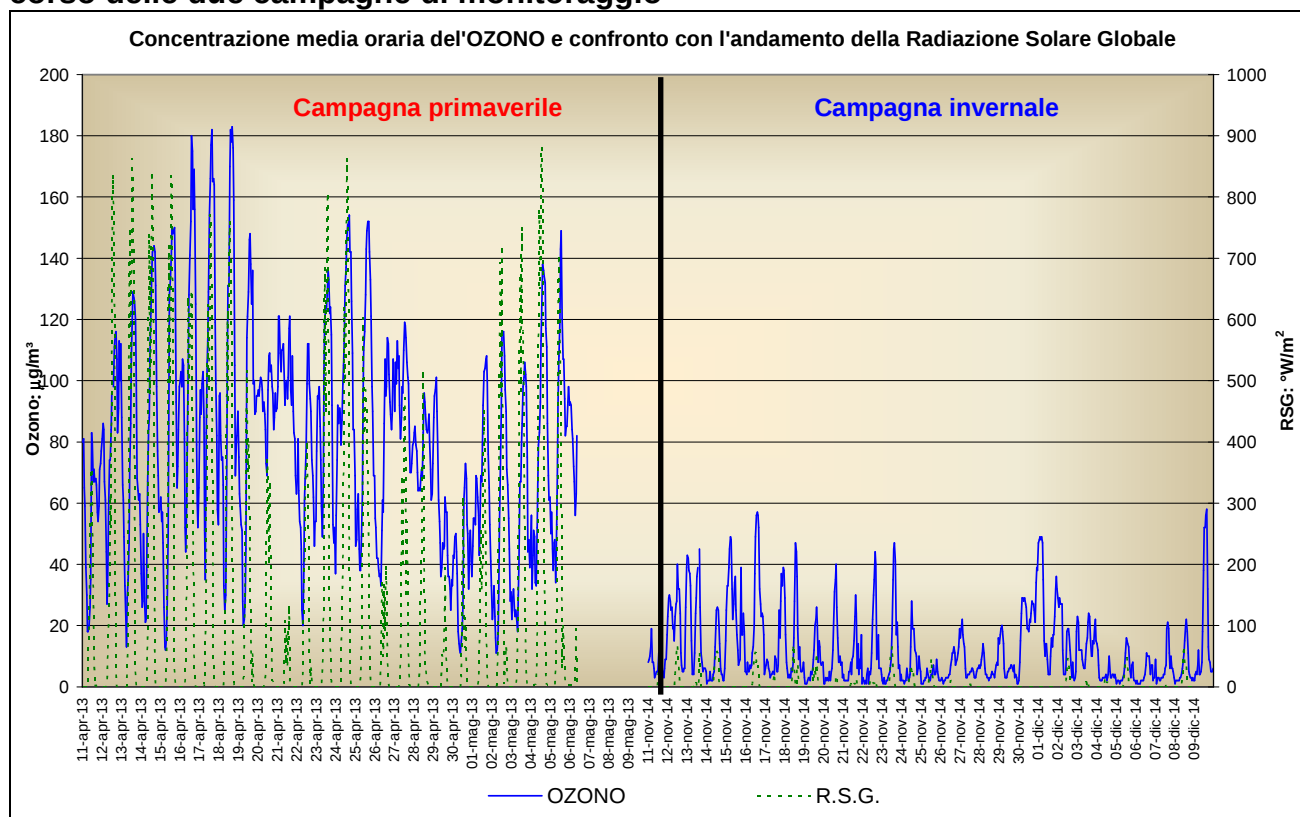


Figura 34 – Andamento orario dell'Ozono rispetto alla Radiazione Solare Globale, nel corso delle due campagne di monitoraggio



Traffico autoveicolare:

Per meglio comprendere l'influenza del traffico veicolare sullo stato della qualità dell'aria rilevato dallo stazione mobile si è provveduto di conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti sul principale asse stradale vicino al sito di monitoraggio, Strada Provinciale 141.

Il contatraffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta GmbH modello Viacount II. Si tratta sostanzialmente di un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale. Il sensore radar misura a scelta i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. Nel nostro caso le misure sono state eseguite conteggiando i veicoli in entrambe le direzioni di marcia. Il Viacount II misura la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari (complessivo nei due sensi di marcia) è pari a **2740 veicoli / giorno**; come termine di confronto in

Torino in corso Vittorio Emanuele II° - una arteria stradale con tre corsie per senso di marcia - all'altezza di C.so Inghilterra i passaggi giornalieri medi sono pari a circa 16000 veicoli / giorno.

Dall'analisi dei dati di traffico si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) Nel grafico a torta di (**Figura 37**), si nota chiaramente come la percentuale maggiore è data dal passaggio delle **autovetture** (73%). Una percentuale significativa è dovuta al traffico commerciale, con i **furgoni** (10%) e un 4% dato dai veicoli pesanti (somma di **autotreni** e **autocarri**); questi ultimi sono la categoria più critica in termini di emissioni sia di ossidi di azoto che di particolato primario.
- 2) Il flusso totale di passaggi suddiviso per giorni della settimana (**Figura 38**) mostra che il picco si registra durante il Martedì e il Venerdì; il dato dei passaggi del Giovedì risulta inferiore a causa della vicinanza del mercato e di conseguenza minore flusso di autoveicoli nelle vicinanze, mentre il Sabato e la Domenica il numero di passaggi di autoveicoli è il più basso.
Come si vede dal grafico a torta, anche a livello di dettaglio giornaliero le autovetture rappresentano la parte più consistente del traffico, seguiti dai motocicli e dai furgoni, per finire con i mezzi pesanti.
- 3) Il grafico di (**Figura 40**), mostra chiaramente la presenza di due picchi di passaggi: il picco più alto verso le 18:00, mentre il picco della mattina è verso le 10:00, con le autovetture che mostrano un numero di passaggi decisamente più alto che nel resto della giornata. Furgoni, autocarri e motociclette evidenziano un numero di passaggi decisamente più bassi, con i due picchi meno accentuati rispetto a quelli delle autovetture;
- 4) L'andamento temporale della concentrazione di PM_{10} non mostra una particolare correlazione con la somma giornaliera dei passaggi dei veicoli (**Figura 39**), ma bisogna tenere presente che nel periodo preso in esame siamo in presenza di giornate molto piovose e quindi il livello di particolato presente in atmosfera viene drasticamente abbattuto. Inoltre nel PM_{10} è presente anche la componente secondaria, originata dalla lenta trasformazione in particelle di inquinanti atmosferici originariamente emessi in fase gassosa; questi fenomeni, per loro natura, avvengono su ampia scala spaziale e temporale e non sono quindi correlati con le fonti inquinanti locali.

Figura 35 – Posizione contatraffico rispetto al mezzo mobile

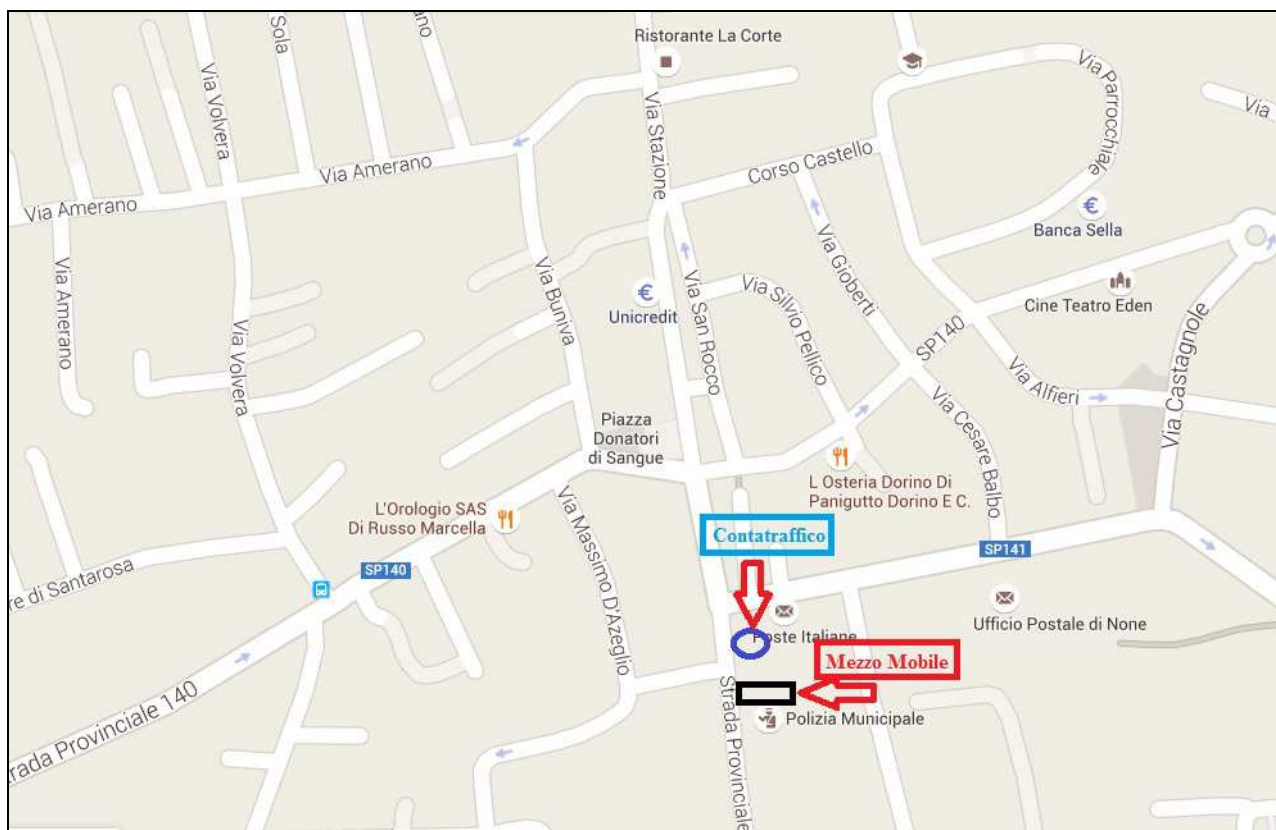


Figura 36 – Ubicazione impianto a biogas della società AGRI - ENERGIA

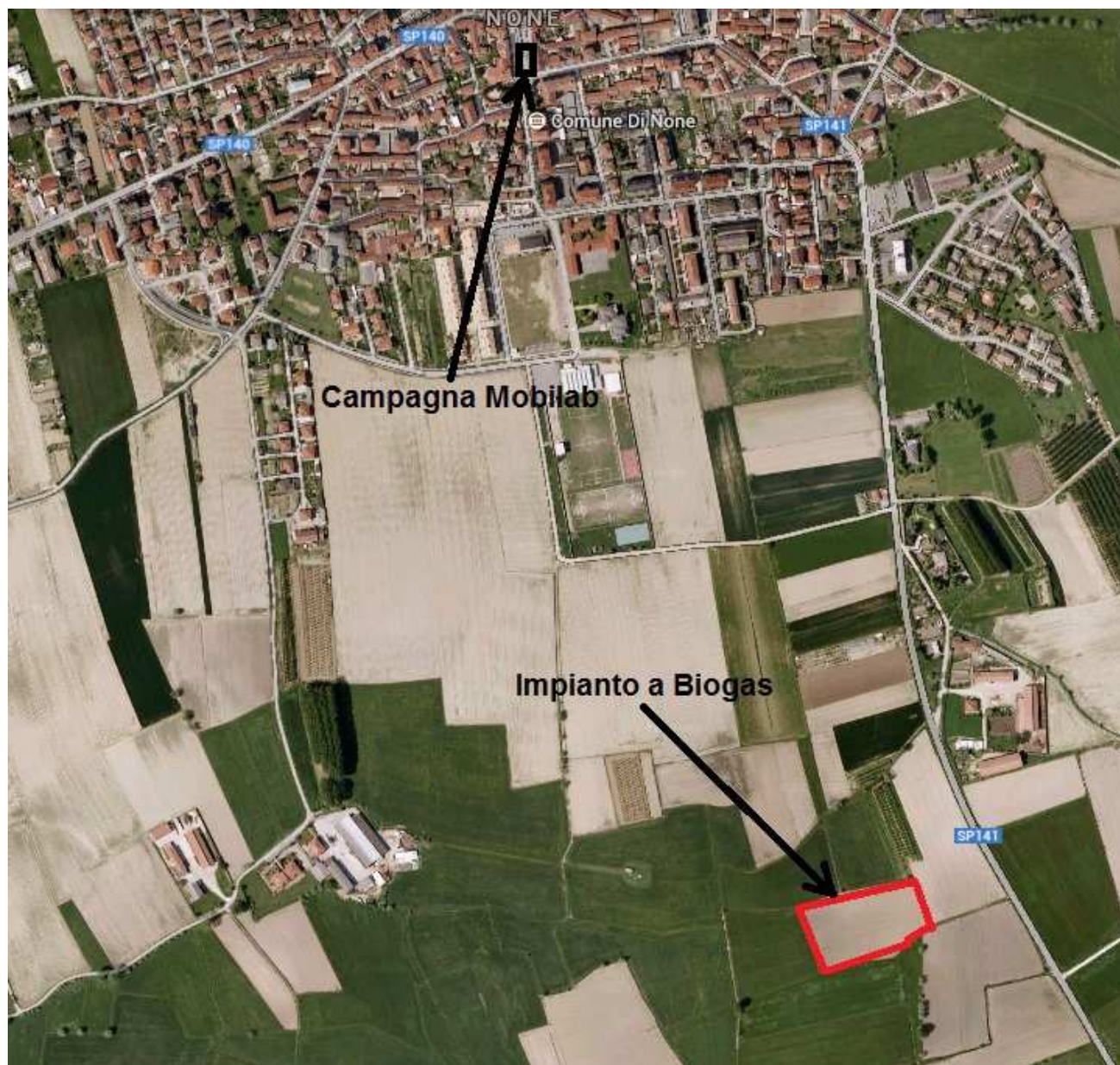


Figura 37 – Distribuzione in percentuale dei passaggi per tipologia di veicoli, nella seconda campagna

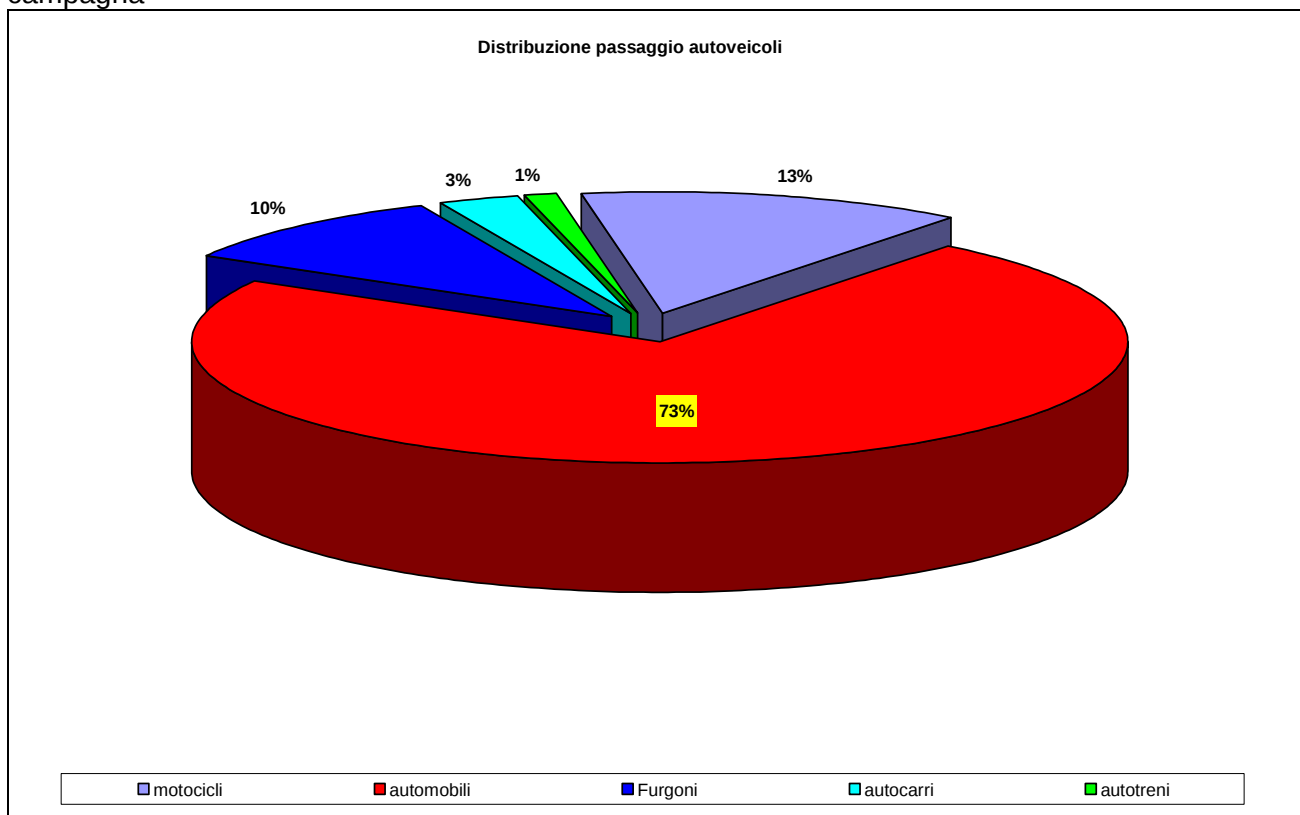


Figura 38 – Media dei passaggi dei veicoli per giorno della settimana, nella seconda campagna

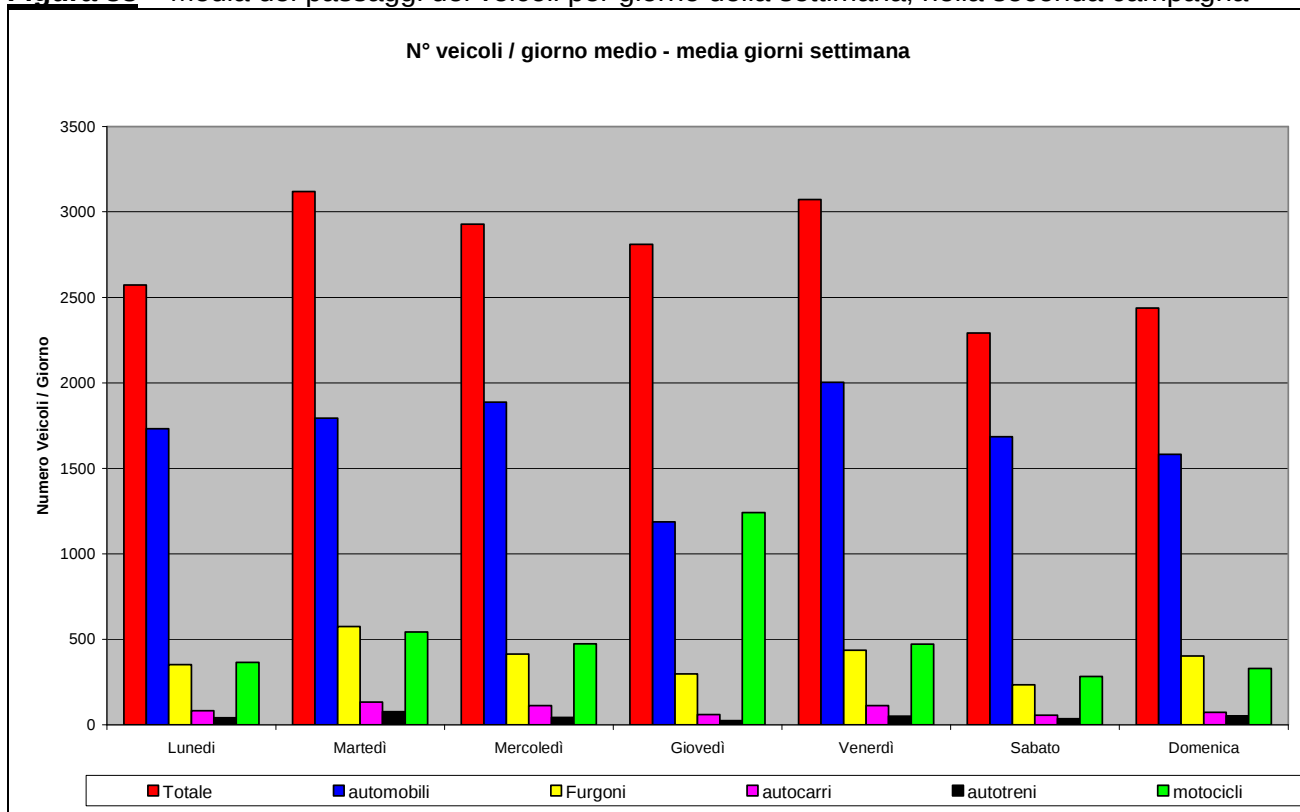


Figura 39 – Numero di passaggi di veicoli e valore di concentrazione di PM₁₀ , nella seconda campagna

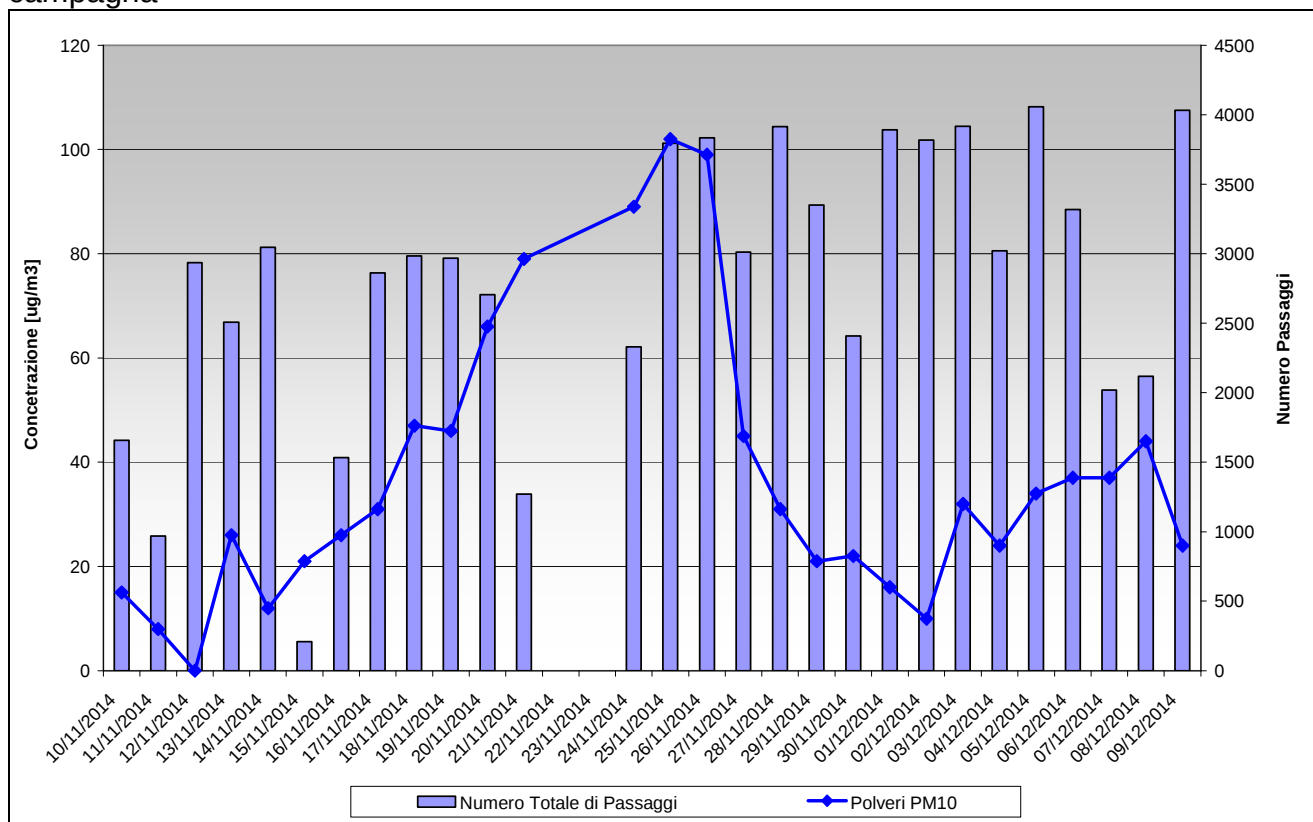
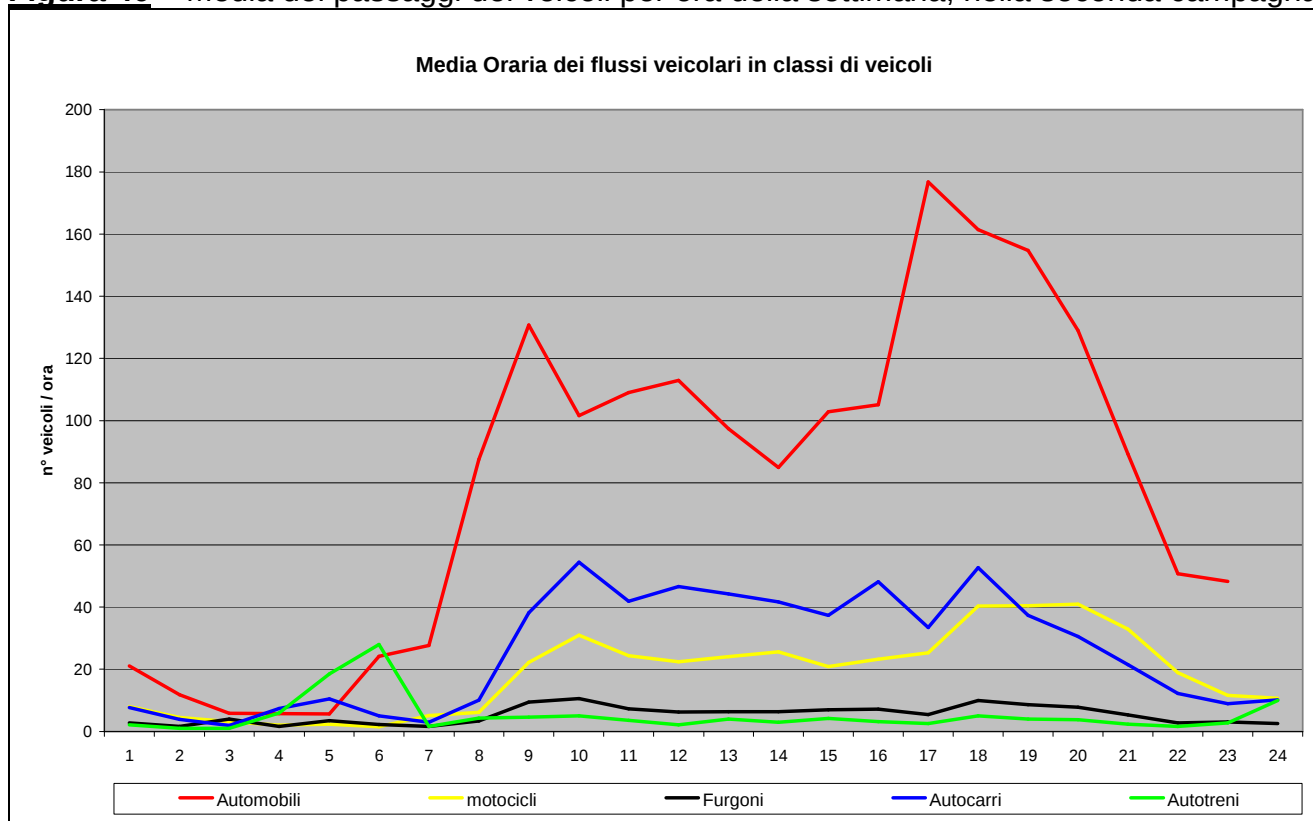


Figura 40 – Media dei passaggi dei veicoli per ora della settimana, nella seconda campagna



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 None risulta simile a quello di siti della provincia di Torino con caratteristiche analoghe di fondo urbano/suburbano, come Torino-Lingotto, Borgaro o Orbassano, 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 di breve e lungo periodo per biossido di zolfo, monossido di carbonio, biossido di azoto e benzene.

Superamenti dei valori di riferimento per la protezione della salute umana, si sono verificati per il PM_{10} che nella seconda campagna presenta cinque 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 None 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 effettuata in questa seconda campagna – che fa riferimento alle medie annuali 2014 - risulta inferiore al valore limite, a differenza di quanto accadeva con i dati della prima campagna del 2013 in cui l'anno di riferimento per la stima era stato il 2012.

Va infatti sottolineato che rispetto alla prima campagna, la situazione meteorologica è risultata molto differente, in quanto il 2014 è stato caratterizzato da condizioni particolarmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti che hanno registrato un calo notevole in tutta la provincia. Tenendo presente questa particolare situazione possiamo comunque dire che nel sito di None sia per l'inquinante PM_{10} , che per il biossido di azoto, abbiamo valori paragonabili alle stazioni fisse di fondo urbano e fondo urbano e suburbano come Torino-Lingotto, Borgaro e Ivrea. E' inoltre possibile che il valore limite annuale di PM_{10} venga superato in anni con condizioni meteorologiche particolarmente critiche. Una considerazione analoga vale per il valore limite su base annuale del $PM_{2.5}$. Per quanto riguarda quest'ultimo parametro a causa di un problema tecnico la percentuale di dati validi nella prima campagna è risultata relativamente bassa, quindi possiamo solo valutare i valori di concentrazione media nella seconda campagna, in cui il $PM_{2.5}$, è risultato più basso rispetto al PM_{10} di circa il 20%, differenza perfettamente in linea con quanto ci si aspetta per un sito con le caratteristiche di quello in esame.

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 verificati dieci 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.

In conclusione, anche questa seconda campagna conferma che ci sono stati sensibili miglioramenti per quanto riguarda sia il PM_{10} che il biossido di azoto rispetto alle campagne effettuate nel 2006 e 2007, mentre l'ozono non mostra variazioni significative; va sottolineato che tale evoluzione temporale non è caratteristica del sito di None ma è comune a tutto il territorio provinciale.

Nella prima campagna sono stati misurati anche i flussi di traffico lungo il principale asse stradale prossimo al sito di monitoraggio, in Via Roma. In media si osserva un numero di passaggi giornalieri dell'ordine dei 4700, con una netta prevalenza delle autovetture, che sono quasi il 70% del totale, e una presenza non trascurabile di traffico commerciale leggero (17%) e pesante (9%). Il giovedì si osserva un calo del traffico rispetto agli altri giorni lavorativi, presumibilmente legato al mercato che si allestisce quel giorno.

A livello di andamento giornaliero si osserva in media un massimo assoluto di traffico nel pomeriggio e un massimo relativo attorno alle 10:00 della mattina.

Nella seconda campagna, il conta traffico è stato installato in Strada provinciale 41, vicino alla sede del comune di None, non molto lontano dal posizionamento della prima campagna.

Anche nella seconda campagna il passaggio delle autovetture rappresenta la fetta maggiore del traffico con il 73% del totale; a seguire un 13% di motocicli, traffico commerciale leggero con il 10% e traffico pesante con il 4%. Come per la prima campagna il giovedì a causa della presenza del mercato si registra un traffico veicolare più basso dei giorni lavorativi, i picchi di traffico sono uguali a alla prima campagna con il picco massimo verso le 18:00.

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**

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 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

Gascromatografo 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