

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 AVIGLIANA, Viale Martin Luther King
RELAZIONE 1ª CAMPAGNA (dal 30/07/2011 – al 04/09/2011)



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

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 Avigliana 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>	8
<i>Il quadro normativo</i>	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	14
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	17
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	25
Biossido di zolfo	26
Monossido di carbonio	27
Ossidi d'azoto	28
Benzene e toluene	32
Particolato sospeso (PM ₁₀)	35
Ozono	37
CONCLUSIONI	40
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	41

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^3) al 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 2009", 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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali 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 2010".

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 Avigliana, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e il Comune di Avigliana.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato nel viale Martin Luther King nel Comune di Avigliana, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Avigliana.

Il monitoraggio ha interessato il periodo dal 29/07/2011 al 05/09/2011.

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 30/07/2011 al 04/09/2011.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle singole campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, 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, in questa prima fase elaborativa, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Durante la campagna di monitoraggio, a causa di problemi tecnici sull'analizzatore di Biossido di Zolfo (**SO₂**) e sul monossido di carbonio (**CO**), sono stati invalidati i valori; in questa prima relazione non verranno quindi presi in considerazione questi parametri che verranno determinati nel corso della seconda campagna.

Si sottolinea comunque che i parametri in questione non presentano di norma criticità nel periodo estivo

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Avigliana.

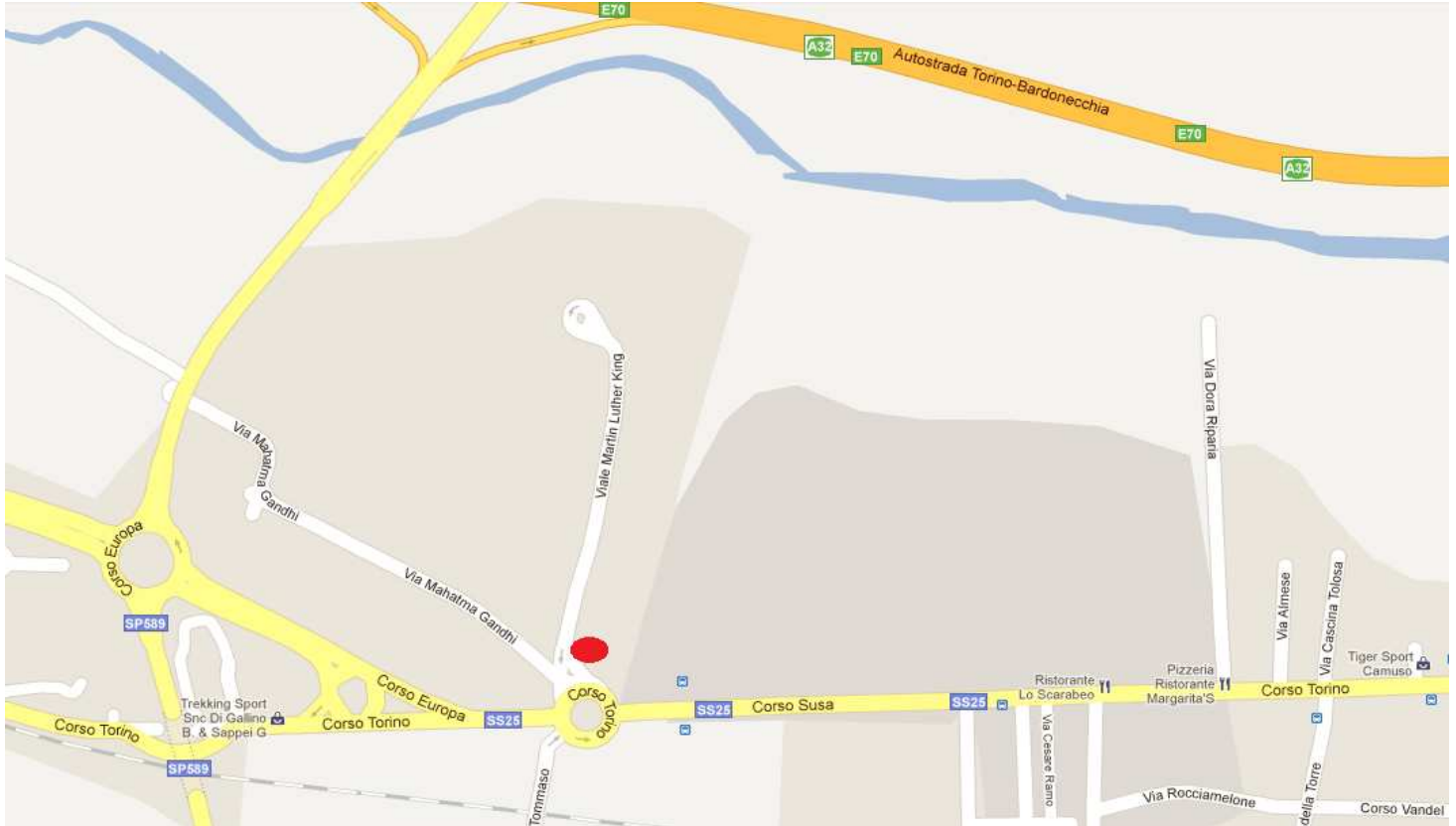


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Avigliana.



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)

Minima media giornaliera	32.6
Massima media giornaliera	243.2
Media delle medie giornaliere	178.0
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	178.0
Massima media oraria	863.0
Ore valide	888
Percentuale ore valide	100%

Tabella 6– Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	19.3
Massima media giornaliera	27.0
Media delle medie giornaliere	23.0
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	23.0
Massima media oraria	33.4
Ore valide	888
Percentuale ore valide	100%

Tabella 7– Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	28.1
Massima media giornaliera	93.7
Media delle medie giornaliere	64.6
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	64.6
Massima media oraria	97.0
Ore valide	864
Percentuale ore valide	97%

Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	970.1
Massima media giornaliera	981.3
Media delle medie giornaliere	975.6
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	975.6
Massima media oraria	983.0
Ore valide	888
Percentuale ore valide	100%

Tabella 9 – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	5.0
Media delle medie giornaliere	1.2
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.2
Massima media oraria	7.7
Ore valide	888
Percentuale ore valide	100%

Figura 2 – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio

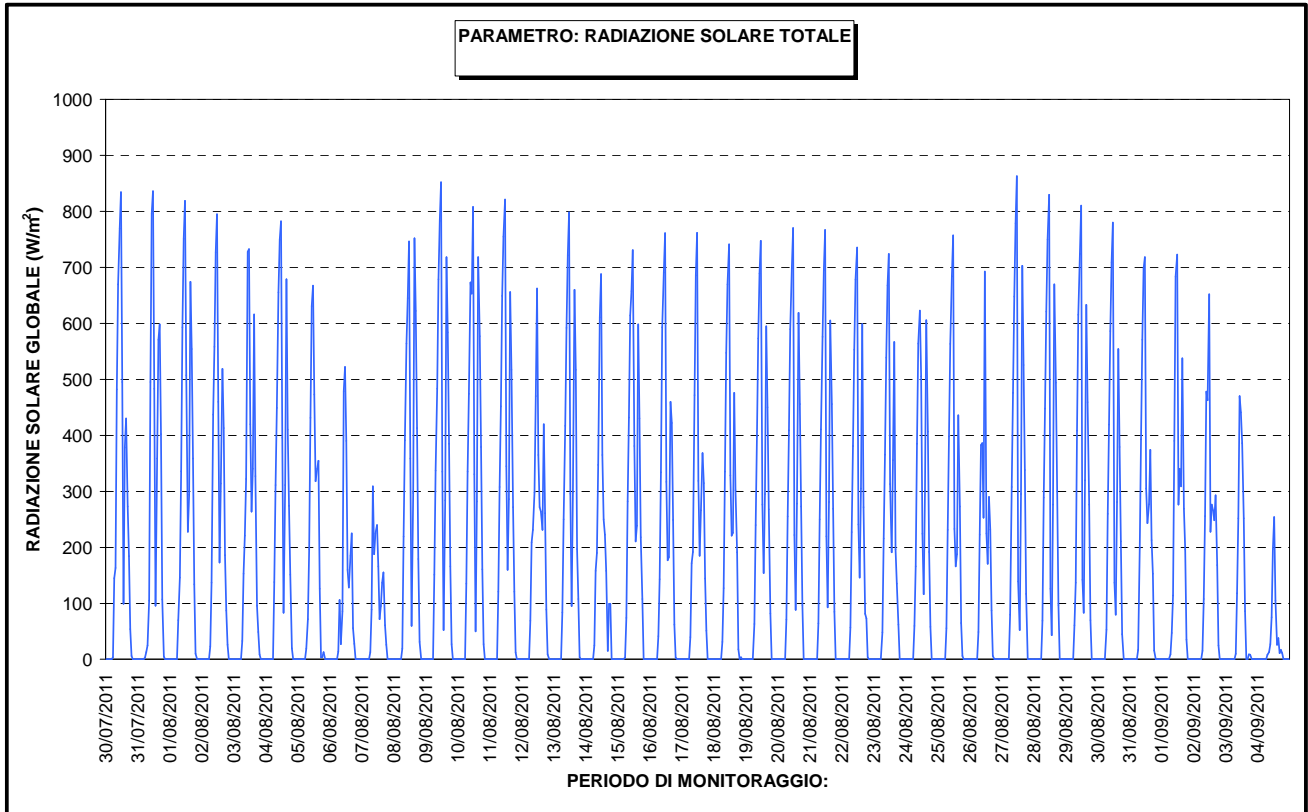


Figura 3 – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio

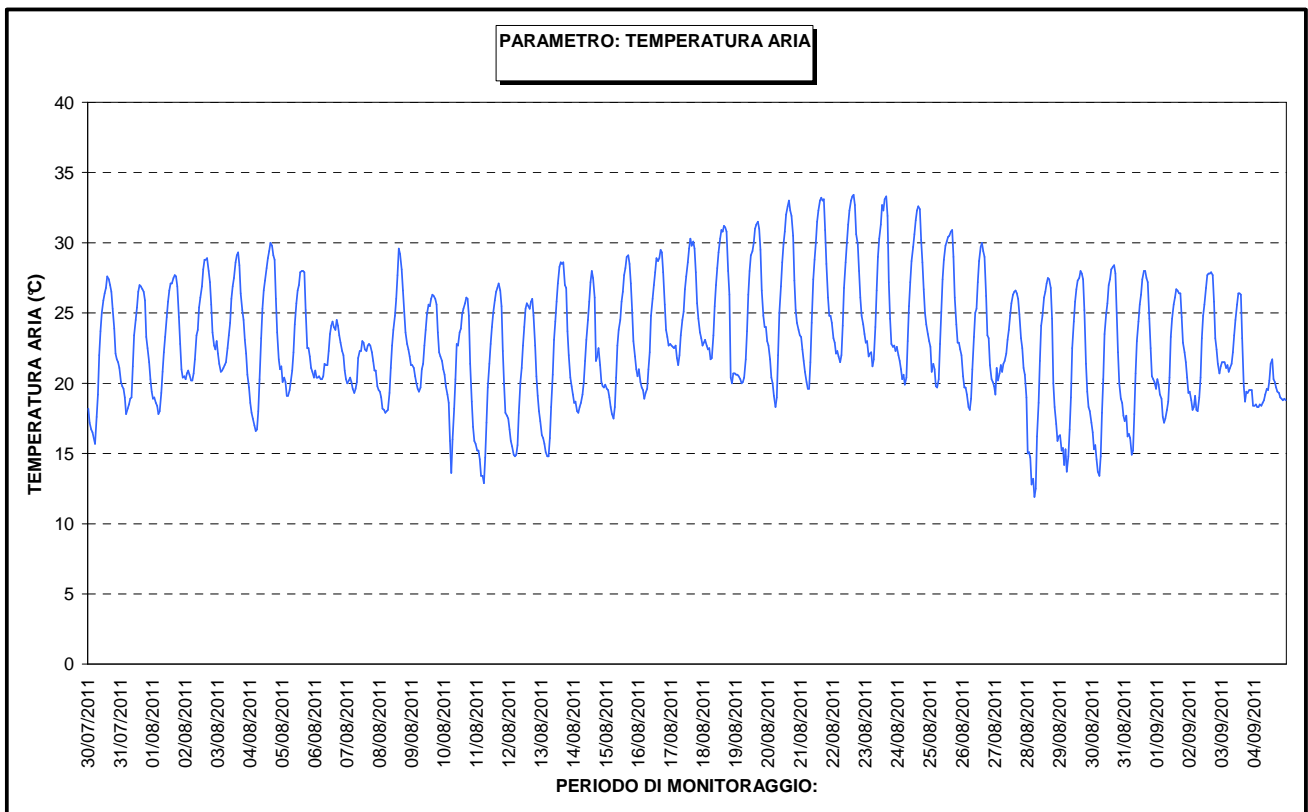


Figura 4 – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio

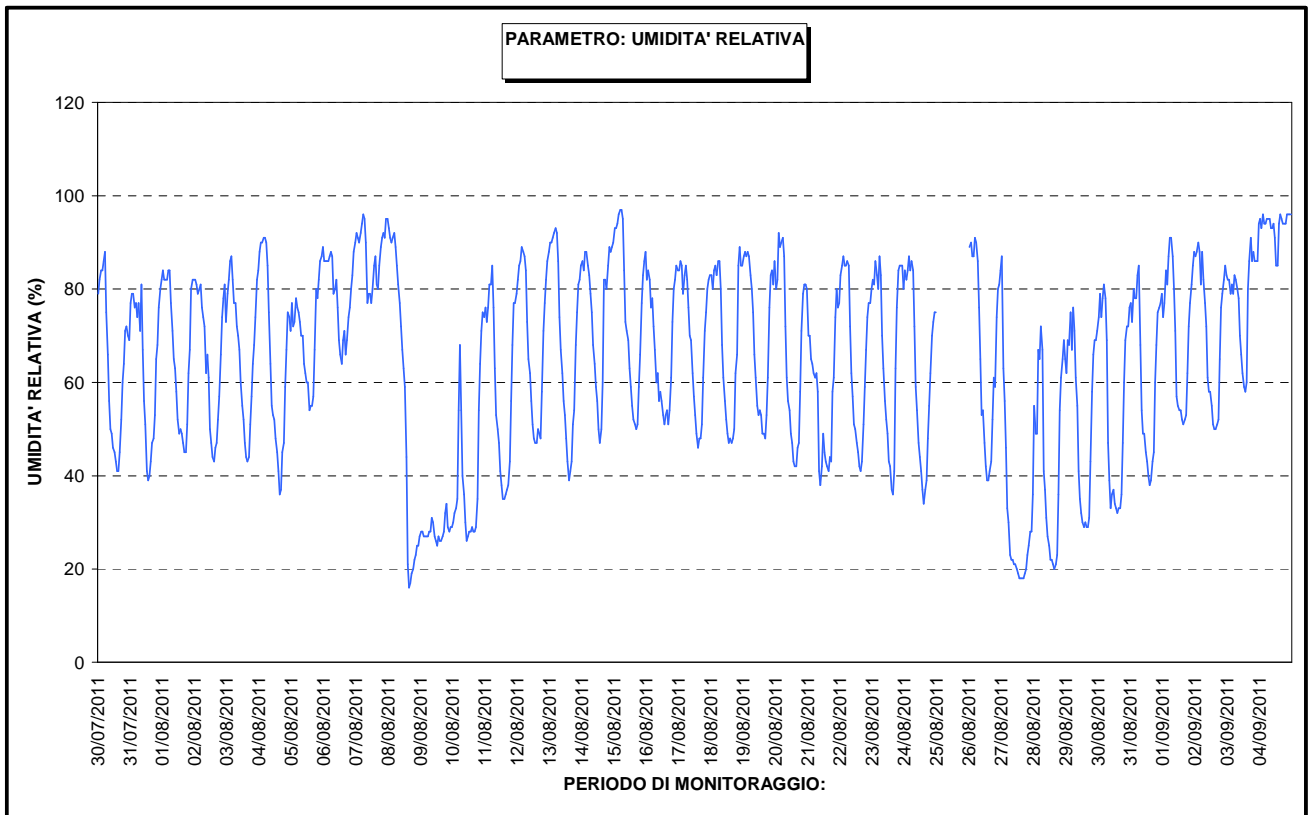


Figura 5 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio

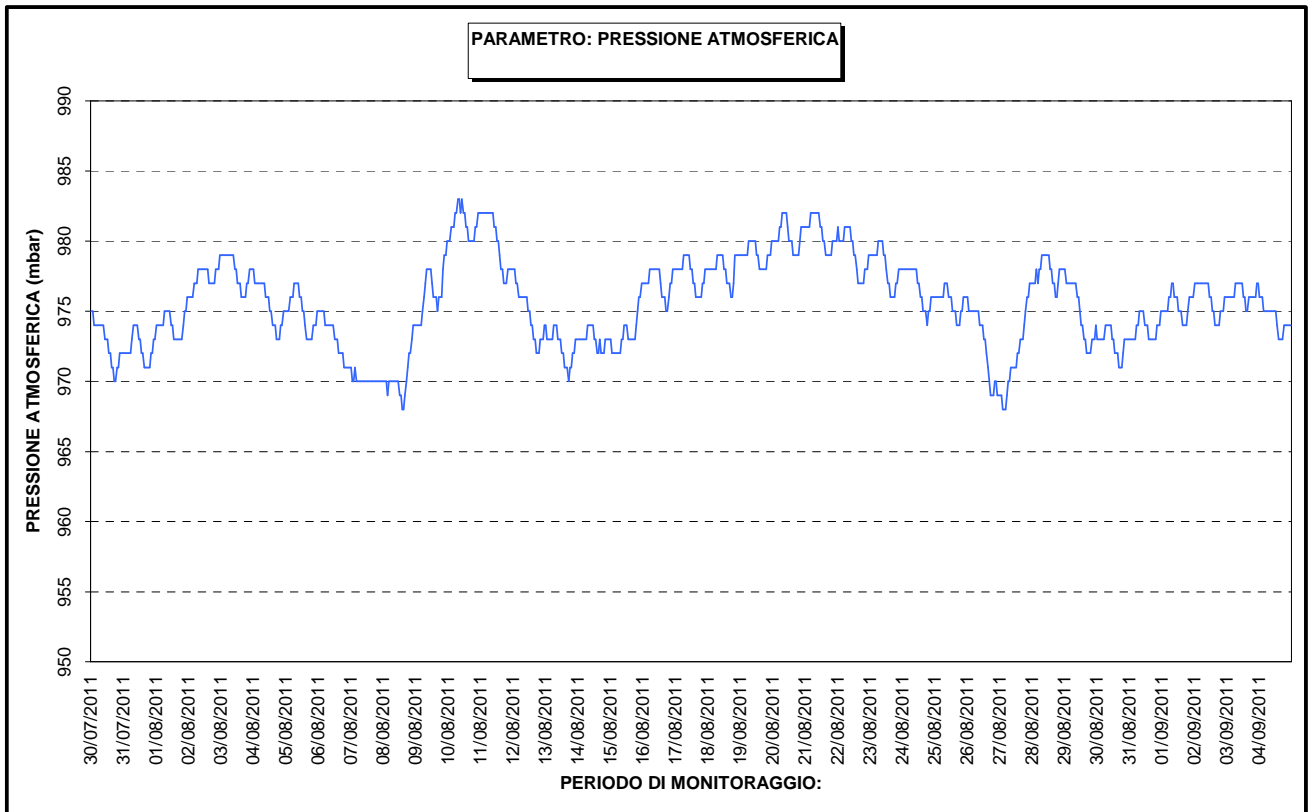


Figura 6 – Precipitazioni cumulate nel corso della campagna di monitoraggio

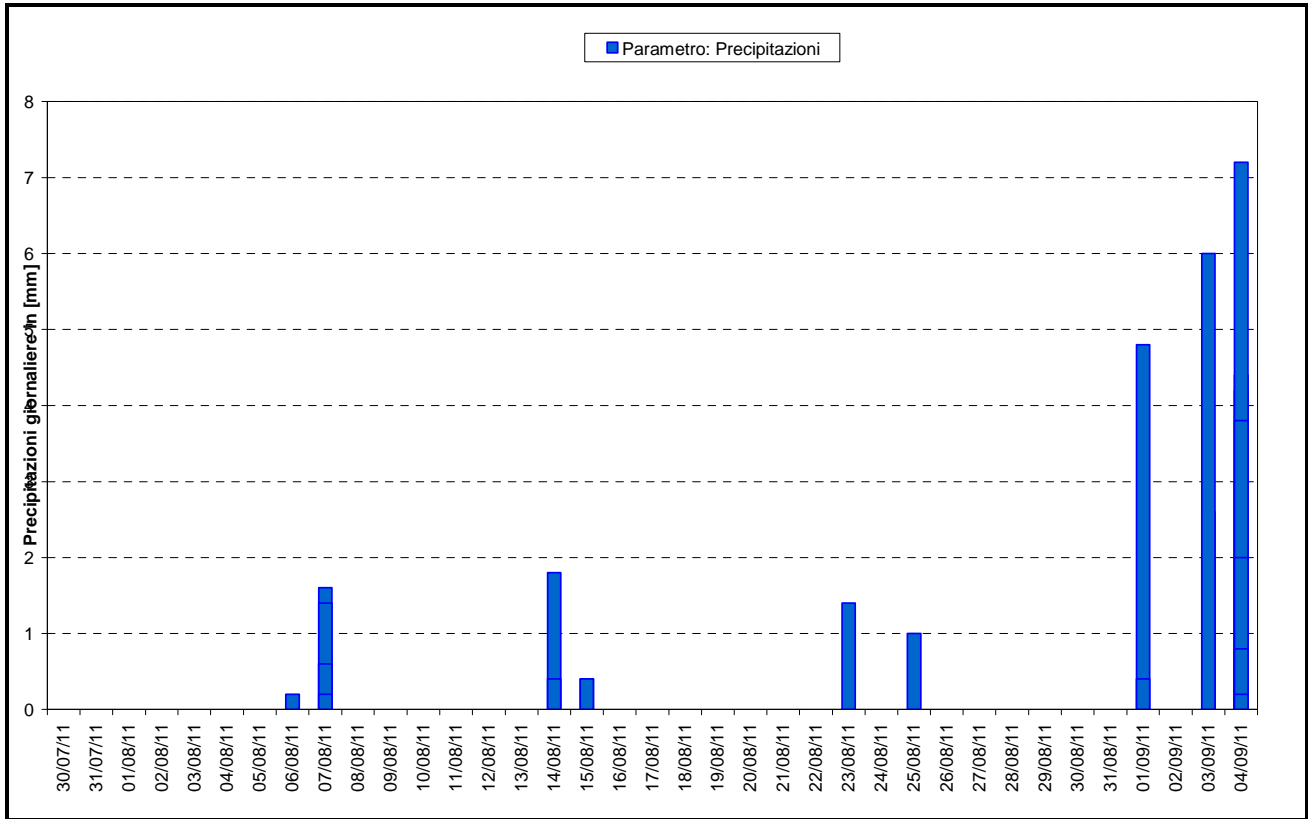


Figura 7 – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio

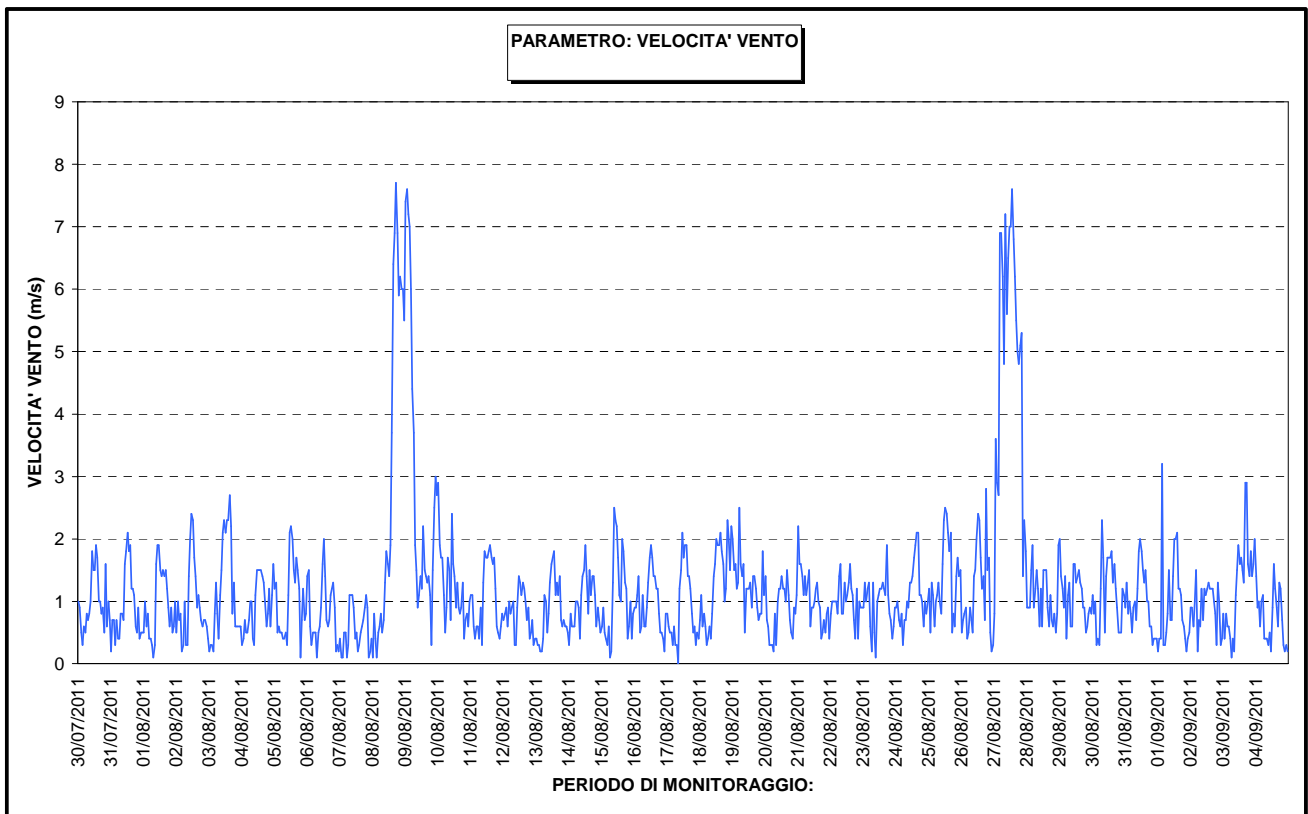


Figura 8 – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio

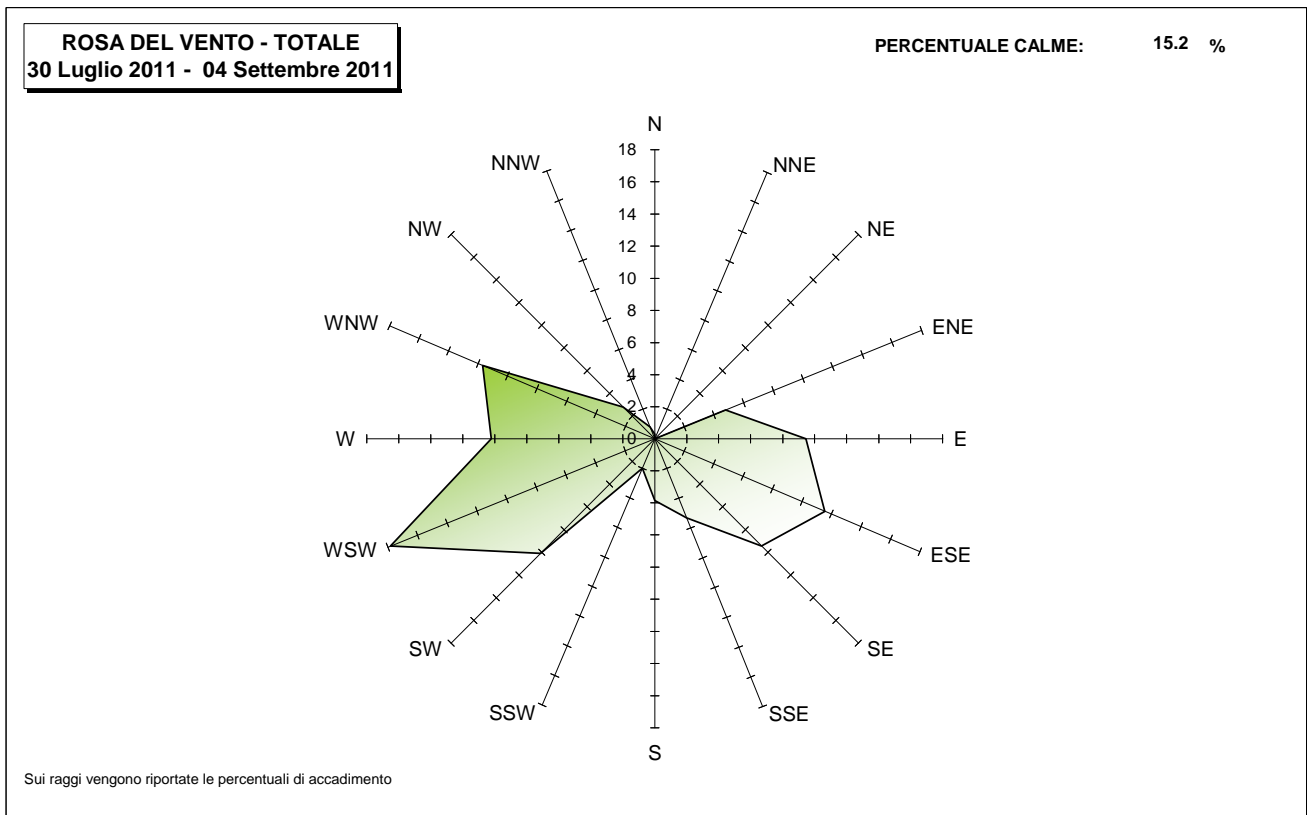


Figura 9 – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio

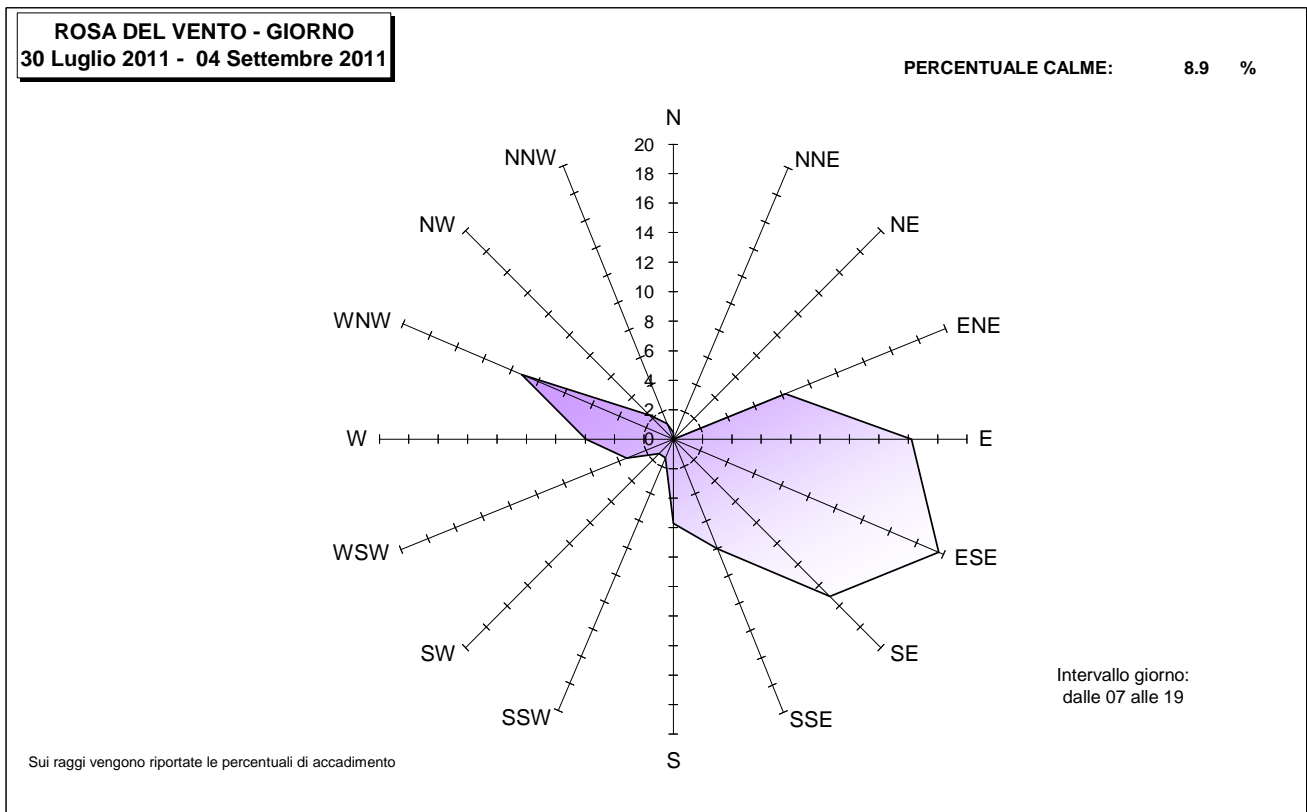
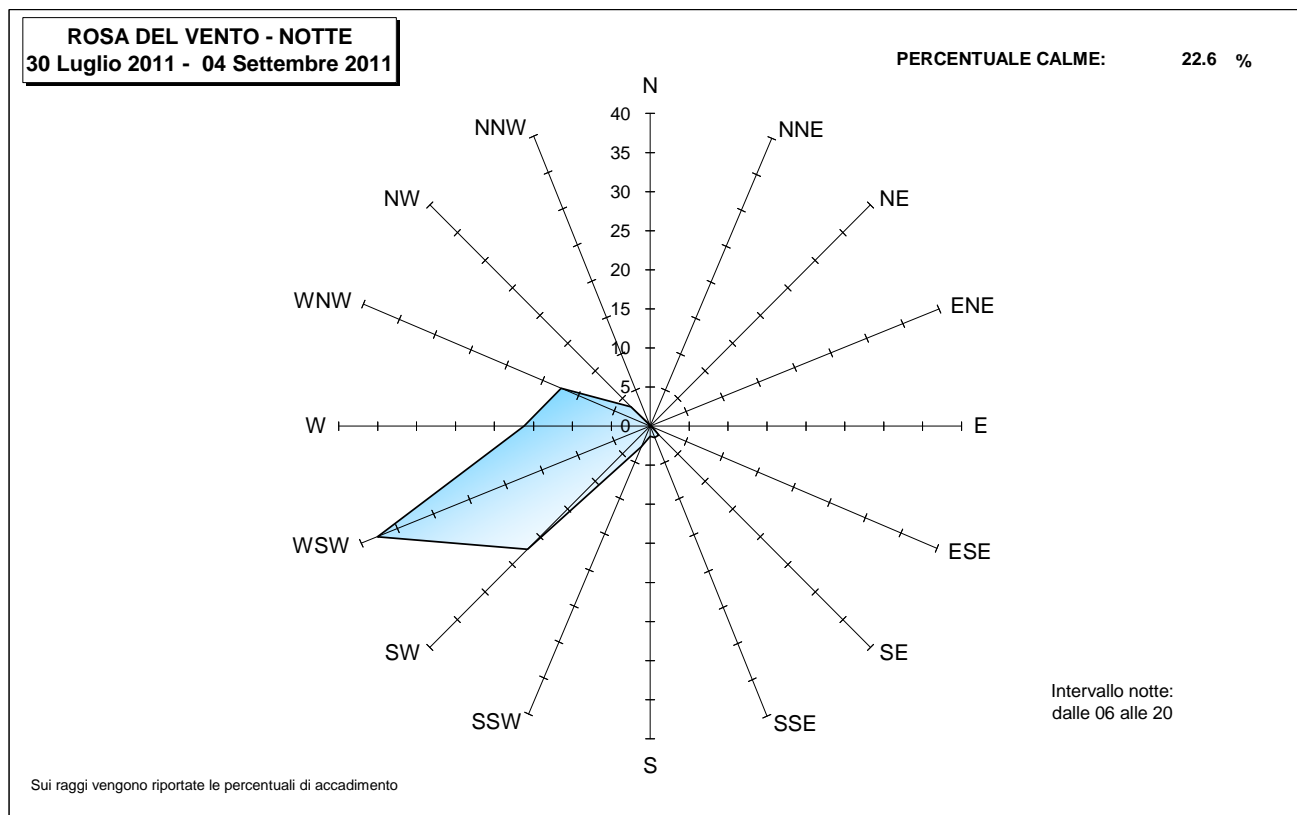


Figura 10 – Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio



Le rose dei venti evidenziano la presenza di un regime anemologico relativamente complesso che risente nelle ore diurne principalmente della brezza di valle della Val di Susa e in quelle notturne di brezze di pendio legate alla presenza dei rilievi a Ovest-Sud ovest del sito. La componente da Ovest Nord-Ovest, presente sia nella rosa dei venti diurna che in quella notturna, è invece relativa agli episodi di fohn verificatisi tra l'8 e il 9 agosto e tra il 27 e il 28 agosto (fig. 4 e fig. 7) con valori medi giornalieri di velocità del vento dell'ordine dei 5 m/s.

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.

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.

Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare 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.

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.

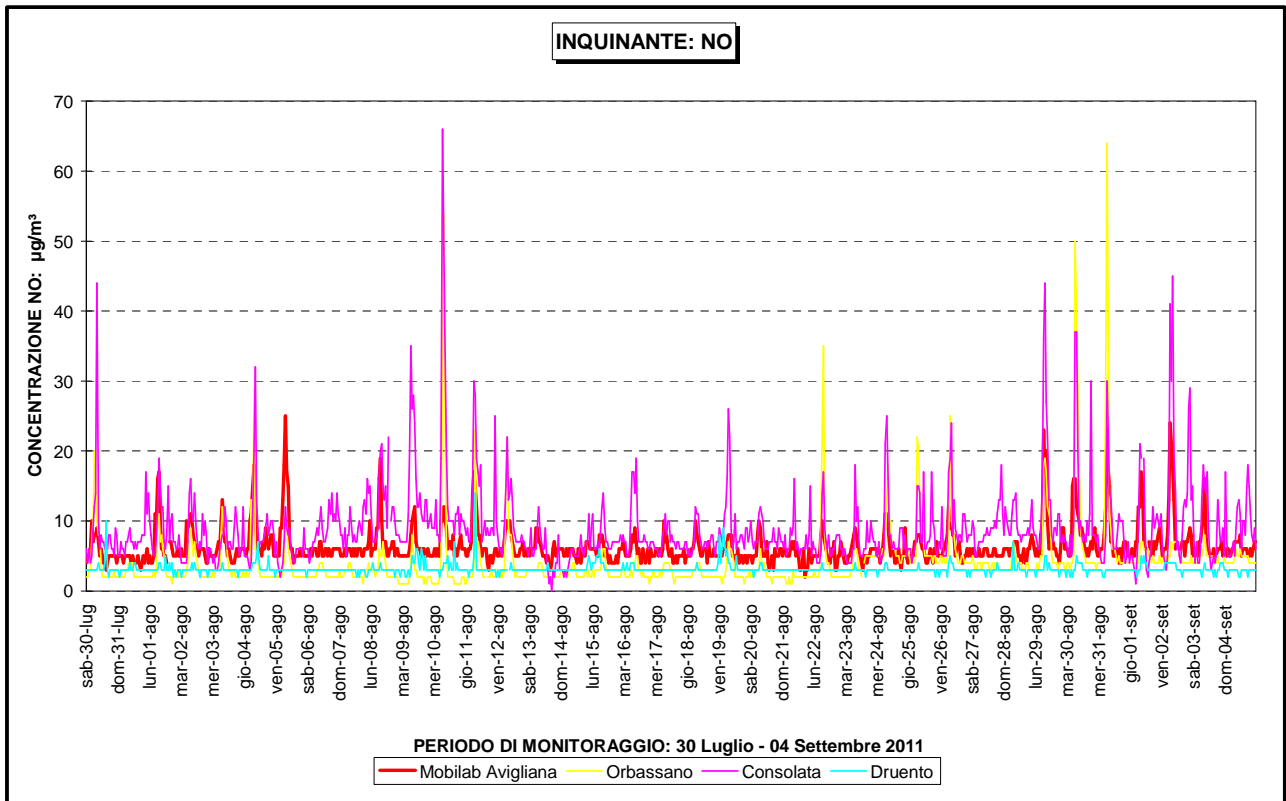
I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Avigliana (Tabella 10) risultano molto bassi con un valore massimo pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; questi valori si registrano di solito nel periodo estivo.

La Figura 11 evidenzia come l'andamento dell'inquinante durante la campagna, sia a livelli superiori rispetto a centraline di fondo suburbano come Orbassano, e ancora più alto rispetto a centraline di Background rurale come Druento, e decisamente più basso rispetto a centraline di traffico urbano come Torino Consolata.

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

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	9
Media delle medie giornaliere	6
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	6
Massima media oraria	25
Ore valide	886
Percentuale ore valide	100%

Figura 11 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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

La formazione di 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 della campagna nel Comune di Avigliana, l’andamento dell’NO₂ rispetto alle stazioni fisse prese in considerazione, rispecchia quanto già analizzato con l’inquinante monossido di azoto (NO). Dal grafico di Figura 12, si nota che la stazione fissa di fondo di Druento presenta i valori più bassi mentre la stazione fissa di Torino Consolata registra valori decisamente più alti, essendo una stazione di traffico urbano; il sito in esame si situa in posizione intermedia, con valori di concentrazione mediamente superiori alle stazione di fondo di Orbassano e di Druento ma significativamente inferiori a quelli della stazione di traffico urbano di Torino Consolata.

Dalla Tabella13 risulta che la media dei valori registrati è molto bassa (16 µg/m³) e non si registra nessun superamento dei limiti di legge, il periodo più critico per questo inquinante è quello dei mesi freddi dell’anno ,per cui eventuali criticità potranno essere evidenziate nel corso della seconda campagna di monitoraggio

Dal grafico (Figura 13) del giorno medio, si evidenzia come si posiziona il sito di Avigliana Avigliana, rispetto alle altre stazioni fisse della rete di monitoraggio della provincia di Torino,

Tabella 11 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	6
Massima media giornaliera	26
Media delle medie giornaliere	16
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	16
Massima media oraria	55
Ore valide	862
Percentuale ore valide	97%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Figura 12 – NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio

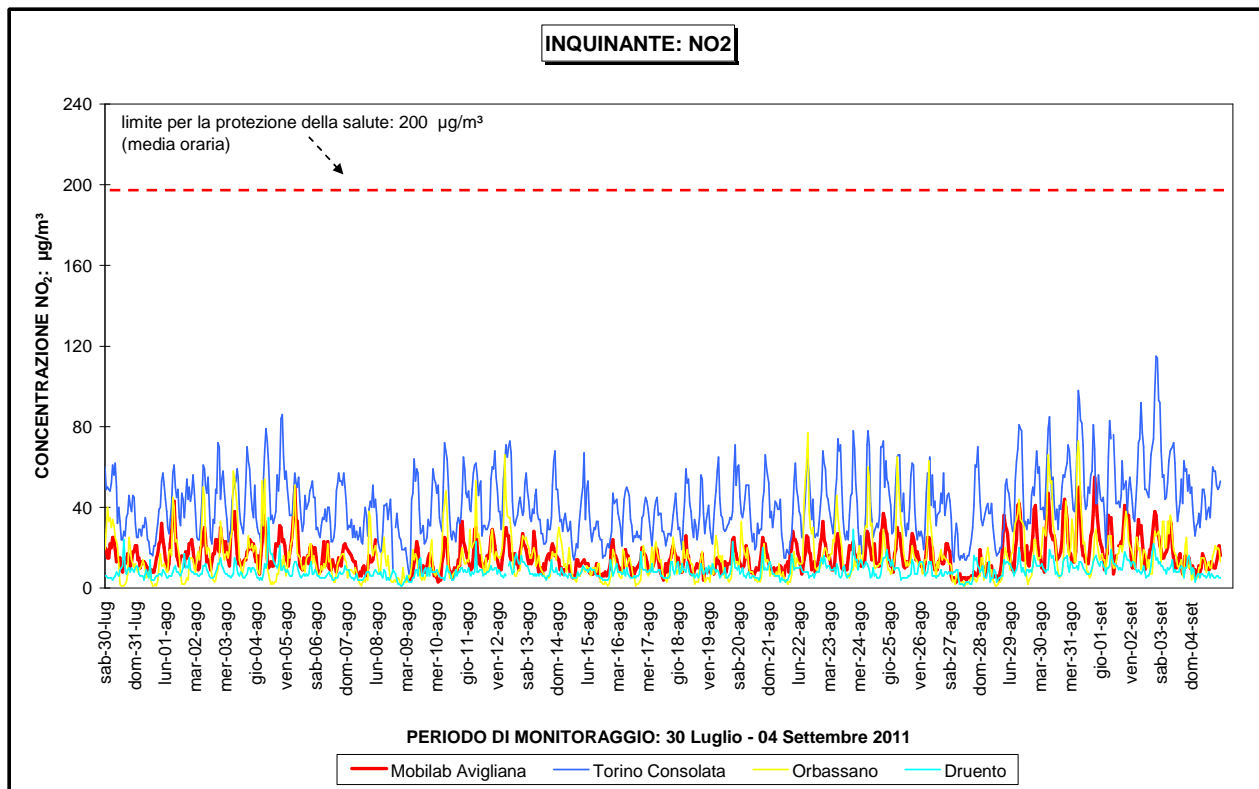
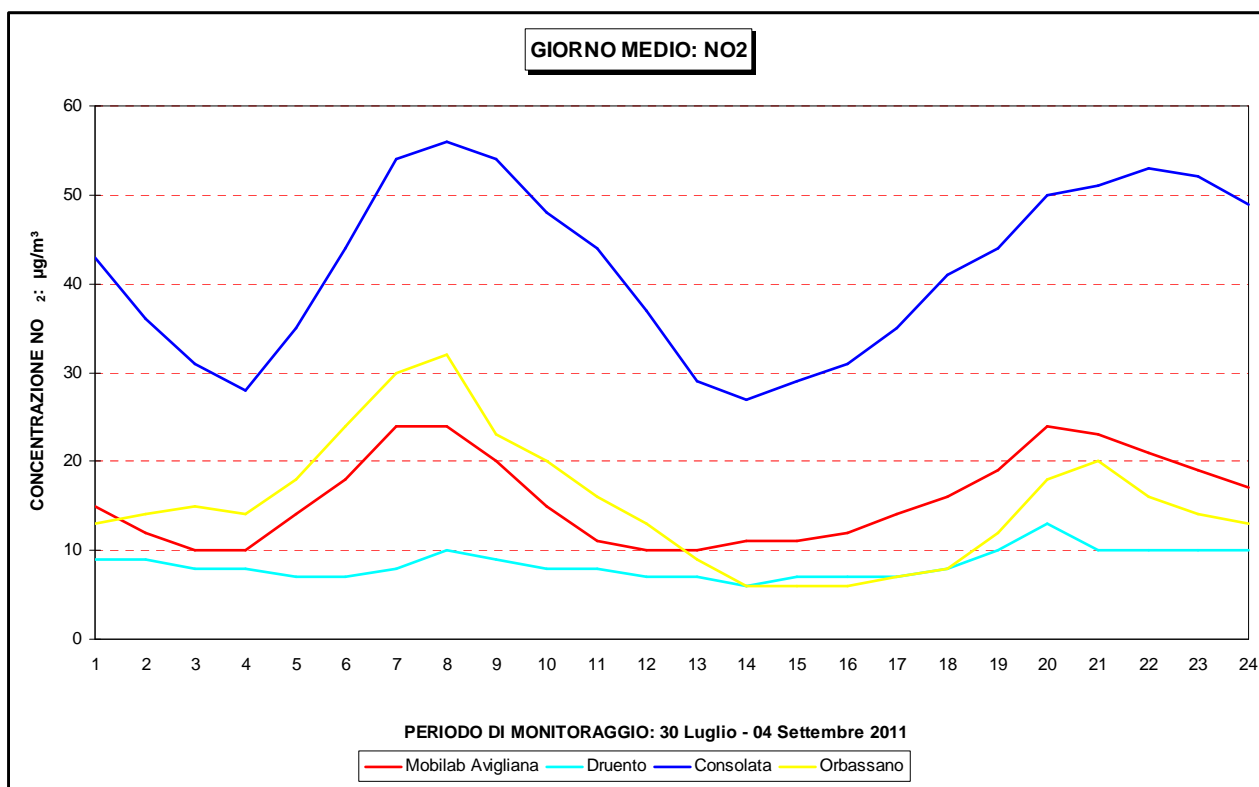


Figura 13 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Avigliana è stata registrata una concentrazione media pari a $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 12); poiché il valore limite è riferito a un intervallo annuale e, come per gli ossidi di azoto anche per questo parametro i valori più alti si registrano durante i mesi freddi dell'anno, si rimanda per un'analisi completa alla relazione che verrà prodotta al termine della seconda campagna.

Il confronto con la stazione fissa di fondo urbano di Torino Rubino, mostra un'andamento mediamente confrontabile, ad eccezione di alcune giornate in cui a Torino Rubino si registrano valori significativamente più elevati e tipici delle aree urbane ad elevato traffico auto veicolare.

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

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

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 13), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 12 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	1.0
Media delle medie giornaliere	0.7
Giorni validi	34
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	1.7
Ore valide	822
Percentuale ore valide	93%

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

Minima media giornaliera	3.4
Massima media giornaliera	5.4
Media delle medie giornaliere	4.2
Giorni validi	34
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	4.2
Massima media oraria	14.2
Ore valide	822
Percentuale ore valide	93%

Figura 14 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio

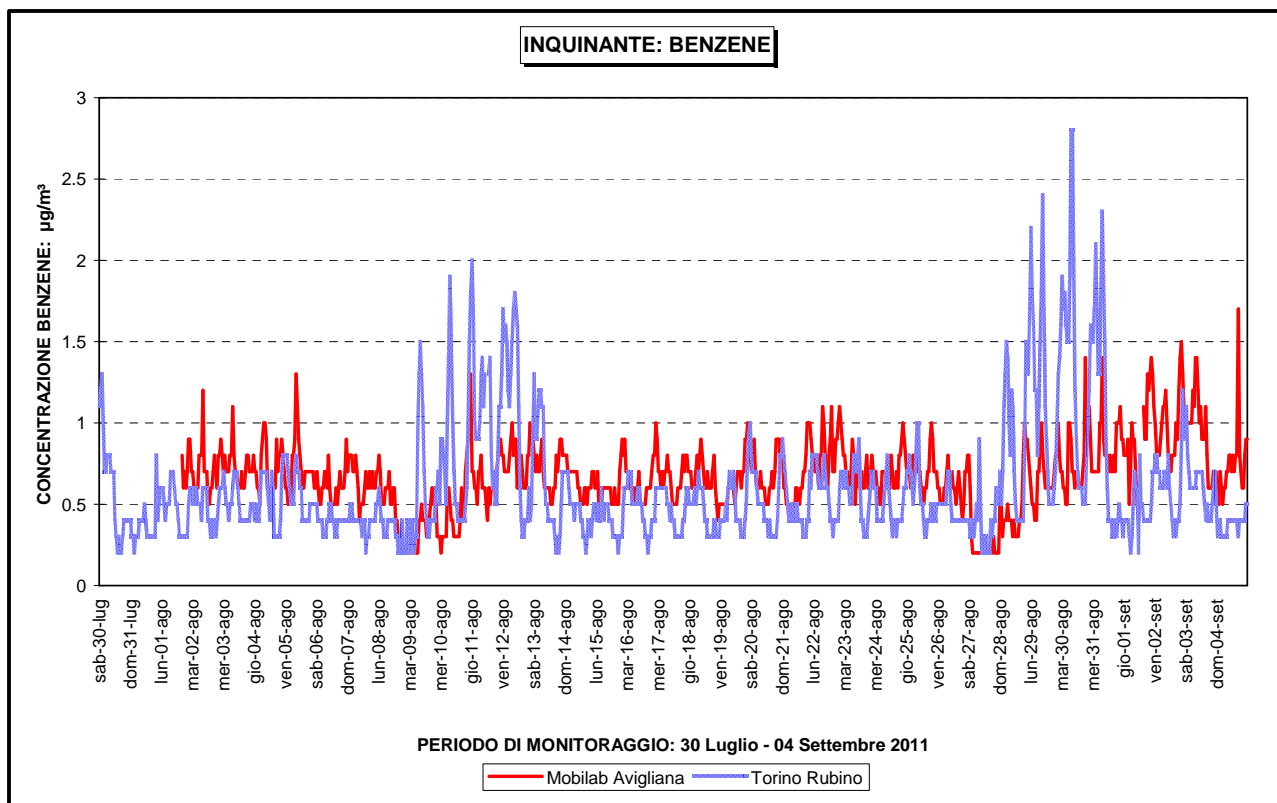
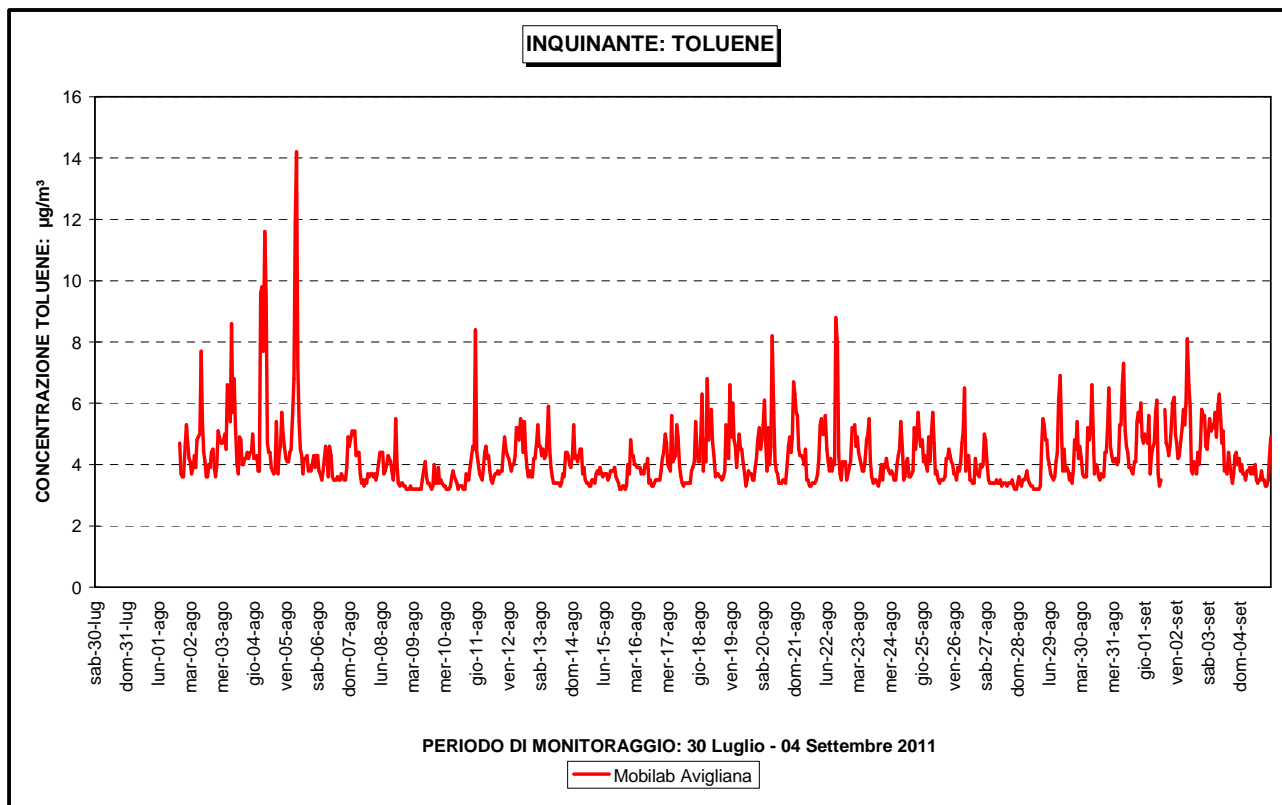


Figura 15 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



Particolato Sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

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

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM₁₀, 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 a 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna la media dei valori di concentrazione di particolato PM₁₀ è stata pari a 19,3 µg/m³, vedi (Tabella 16), con un valore massimo giornaliero di 32 µg/m³, e di conseguenza nessun superamento del valore giornaliero dei 50 µg/m³.

Dal grafico (Figura 16), si nota come l'andamento della campagna di monitoraggio e l'andamento della stazione fissa di Torino Rubino, stazione di background urbano siano molto simili, mentre l'andamento delle concentrazioni della stazione fissa di Consolata, sono evidentemente più alti, come è logico aspettarsi dato che si tratta di una stazione di traffico urbano.

Anche questo parametro presenta i valori più elevati nel corso dei mesi freddi, per cui un trattazione completa sarà possibile al termine della seconda campagna.

In (Figura 17), oltre all'andamento della concentrazione del particolato PM10, è rappresentato il livello di pioggia. In presenza di precipitazioni significative si osserva una significativa diminuzione delle concentrazioni

Tabella 14 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

Minima media giornaliera	6.0
Massima media giornaliera	32.0
Media delle medie giornaliere	19.3
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	97%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

Figura 16 – Particolato sospeso PM₁₀ : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

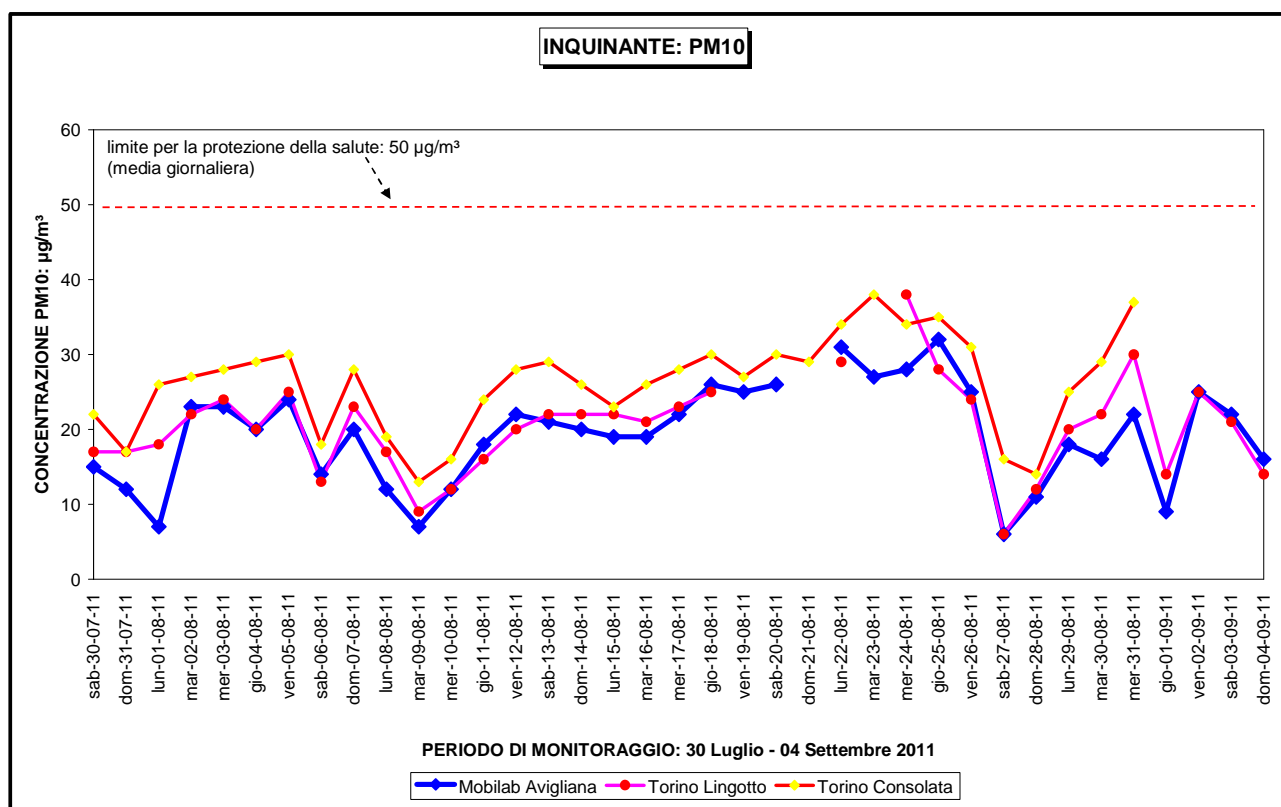
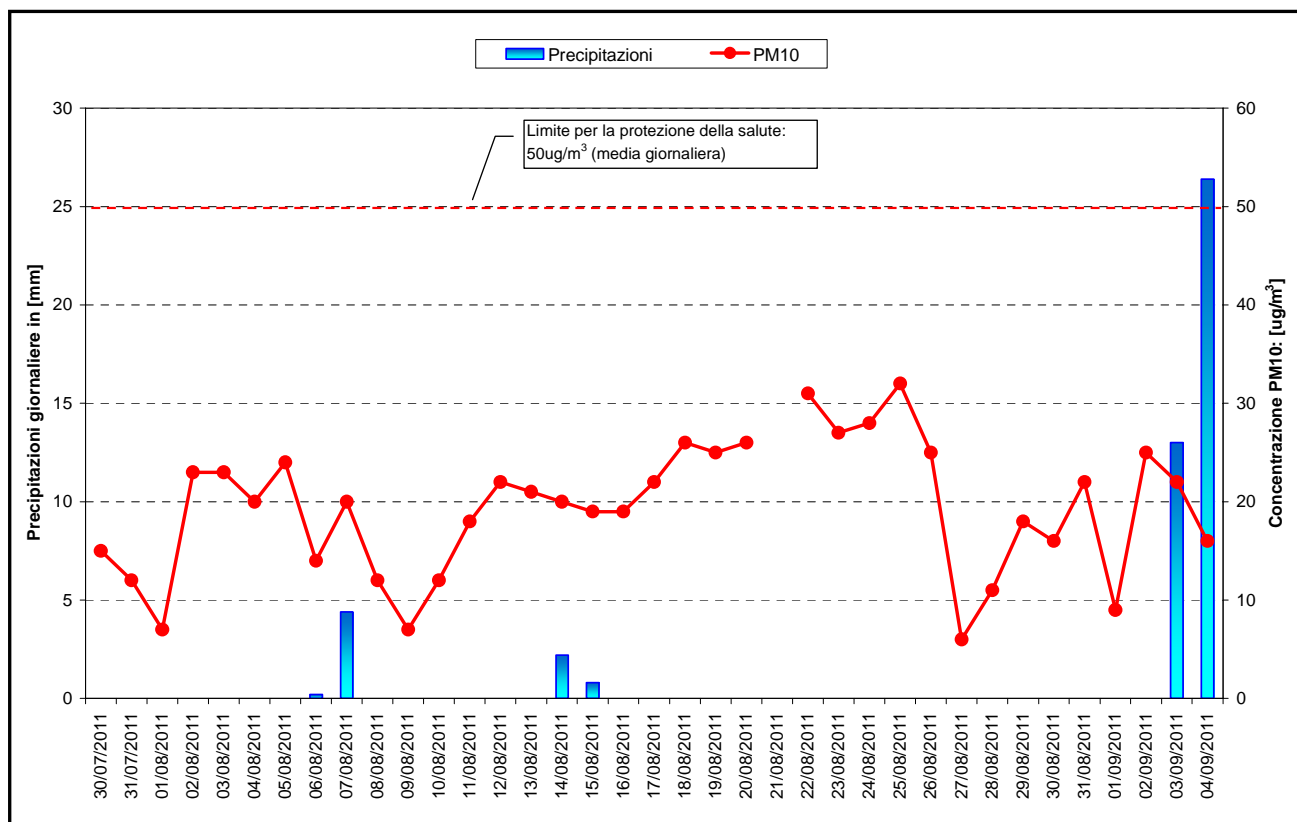


Figura 17 – Particolato sospeso PM₁₀ e somma giornaliera delle precipitazioni

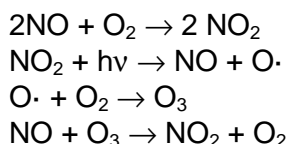


Ozono

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).

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Avigliana, la media dei valori di ozono è stata di $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 15 e Figura 18) con una massima media oraria di $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si sono registrati 18 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), non si è verificato nessun superamento del livello d'informazione (pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria), nessun superamento del livello di allarme (pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per almeno tre ore consecutive).

In Figura 18 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono, confrontata con la stazione fissa di Alpignano; si può notare come i due siti sono comparabili per quanto concerne l'andamento, ma durante la campagna di Avigliana, si sono registrati dei picchi più alti rispetto alla stazione fissa di Alpignano. I complessi meccanismi di formazione e distruzione dell'ozono fanno sì che l'ozono, in ragione della sua origine fotochimica, durante la stagione calda presenta situazioni problematiche, a causa del maggiore irraggiamento solare e delle alte temperature; in effetti l'unico inquinante dove si sono osservati, nel corso della campagna oggetto della presente relazione, superamenti dei valori limite di legge è stato appunto l'ozono.

Tabella 15 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	41.1
Massima media giornaliera	97.5
Media delle medie giornaliere	76.4
Giorni validi	37
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	76.4
Massima media oraria	178.5
Ore valide	886
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	14.1
Media delle medie 8 ore	76.5
Massimo medie 8 ore	154.7
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	95
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	18
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

Figura 18 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

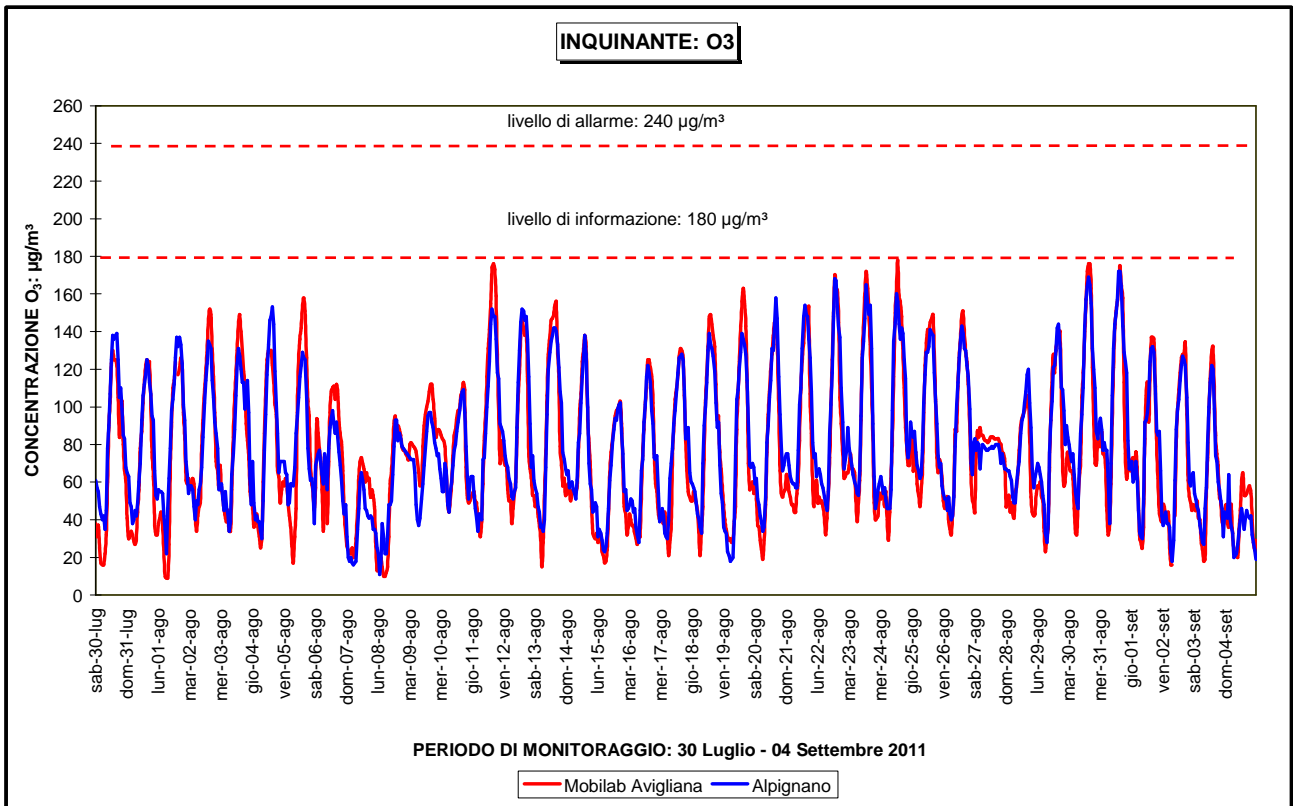
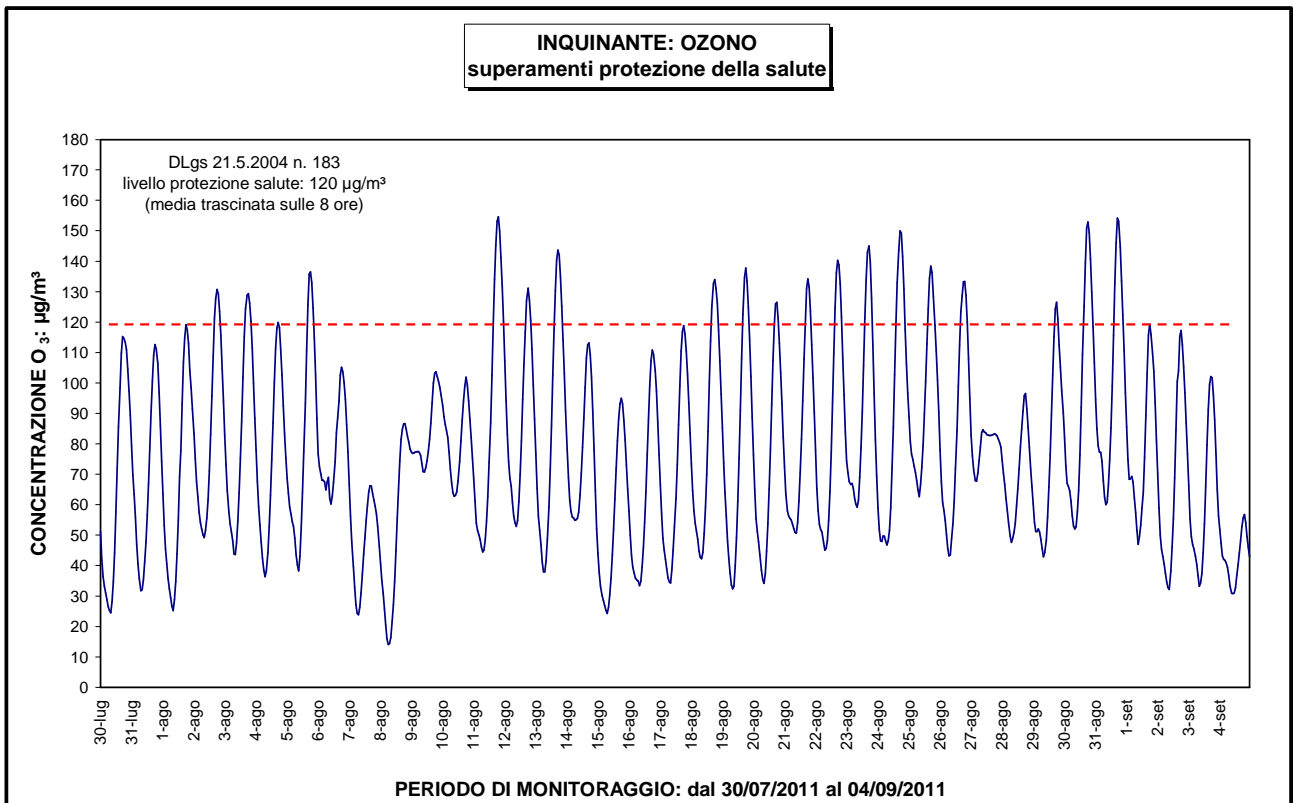


Figura 19 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria monitorato durante la campagna nel comune di Avigliana con il laboratorio mobile, per quanto riguarda la campagna oggetto della presente relazione, risulta simile a quello di siti analoghi della provincia di Torino e, com'è prevedibile, migliore di quello rilevabile in siti di traffico urbano come Torino Consolata,

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite.

Per quanto riguarda i valori limite per la protezione della salute umana, l'ozono è l'unico inquinante per il quale si sono registrati superamenti. Va comunque sottolineato che la criticità dell'ozono nei mesi estivi non è caratteristica del sito in esame ma è estesa a tutto il territorio provinciale e regionale. L'ozono infatti, data la sua origine secondaria, è un inquinante di fatto ubiquitario e sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo in aree relativamente remote, come quelle vallive o collinari, sia dell'ozono stesso sia dei suoi precursori emessi nelle aree antropizzate.

Si ricorda che, come evidenziato in premessa, a causa di problemi tecnici degli analizzatore di monossido di carbonio e di biossido di zolfo i relativi valori sono stati invalidati. Si sottolinea comunque che questi inquinanti, come anche ossidi di azoto e PM10, presentano i valori più elevati durante i mesi freddi dell'anno, per cui per le considerazioni relative si rimanda alla relazione finale che verrà trasmessa dopo la seconda campagna

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**
Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.
 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

- **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**
Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.
 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**
Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.
 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio** **API 300 A**
Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.
 - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
 - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- **Particolato sospeso PM10** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**
Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

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

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