

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice “Attività di Produzione”

OGGETTO:

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO
 MOBILE NEL COMUNE BORGONE DI SUSA, s.s. 25 Via Abegg 56**

RELAZIONE 1ª CAMPAGNA (15 novembre – 15 dicembre 2011)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Dott.ssa Marilena Maringo	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 Borgone di Susa per la collaborazione prestata.

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	5
<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
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	23
Biossido di zolfo	24
Monossido di carbonio	26
Ossidi d'azoto	29
Benzene e toluene	33
Particolato sospeso (PM ₁₀)	36
Ozono	41
CONCLUSIONI	44
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	45

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

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

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo 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 2010", 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 già in vigore dal 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. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

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

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

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

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

Tabella 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. 13/08/2010 n.155)

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

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

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio nel Comune di Borgone di Susa è stata promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, in seguito alle richieste dell'Amministrazione Comunale (prot. n. 1213 del 02/03/2010, prot. Arpa 25585/SC01 del 08/03/2010) di effettuare una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nella zona del centro urbano interessate dal passaggio di traffico pesante.

Per poter raccogliere una serie di dati rappresentativa Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il Laboratorio Mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna, oggetto della presente relazione, è stata programmata per il periodo novembre-dicembre 2011, mentre la seconda andrà a monitorare il periodo primaverile/estivo.

In data 3 ottobre 2011 è avvenuto il sopralluogo preliminare alla realizzazione della prima campagna di misura, durante il quale si è deciso di installare la stazione mobile in via Abegg 56.

Il luogo prescelto si trova lungo la strada statale 25 particolarmente interessata al traffico commerciale, principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria da parte degli abitanti e dell'Amministrazione Comunale.

Le Figura 1 Figura 2 evidenziano sulla cartografia del comune di Borgone di Susa, il luogo scelto per il posizionamento del Mezzo Mobile di rilevazione della qualità dell'aria. La Figura 3 mostra il dettaglio fotografico del sito di campionamento del Laboratorio Mobile.



Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone di Susa (punto evidenziato in rosso)



Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone – dettaglio del sito

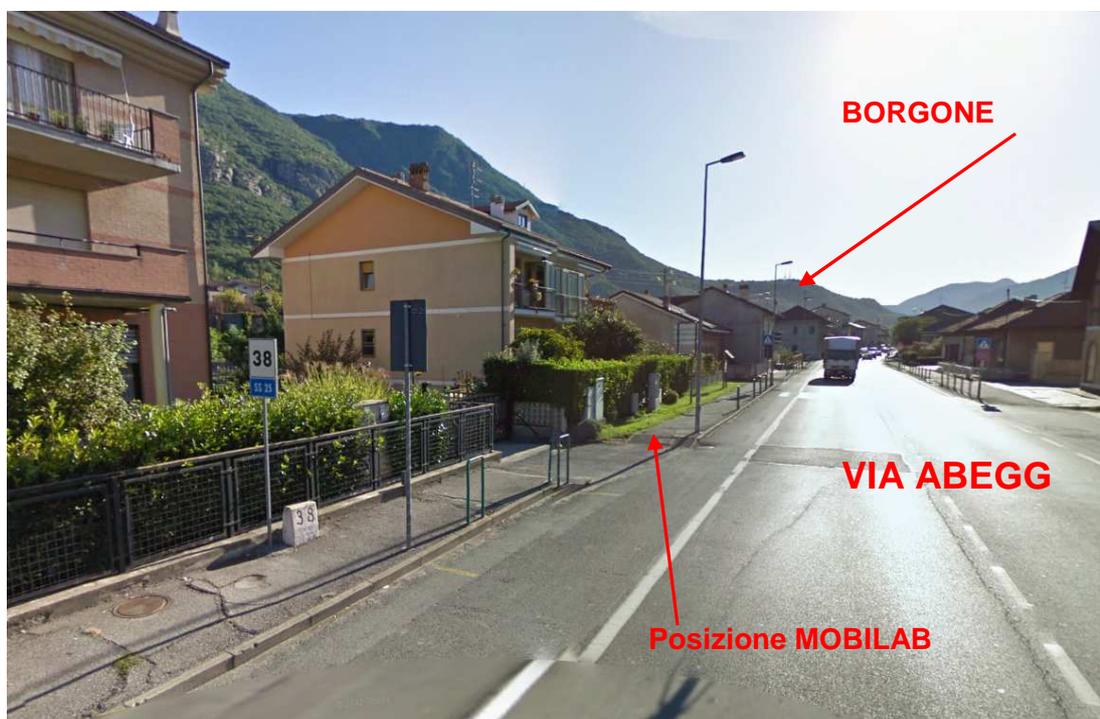


Figura 3 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone – dettaglio fotografico.

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 15 novembre al 15 dicembre, quando il mezzo è stato spento e spostato in altro sito. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni effettuate hanno preso in considerazione solo i giorni di campionamento completi.

Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferite ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM₁₀ e ozono.

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

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi, 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.

Al termine dell'effettuazione delle due campagne previste, tenuto conto della disponibilità effettiva di dati validi, potranno essere effettuate valutazioni più generali della qualità dell'aria del sito esaminato.

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 (Tabella 5) che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici vengono misurati utilizzando sensori posti direttamente sul mezzo mobile; per la direzione e velocità vento è stata presa in considerazione la stazione meteo climatica fissa della Rete pubblica di Servizi tecnici di Prevenzione sita a Borgone di Susa, in quanto i relativi sensori sul Laboratorio Mobile hanno presentato un problema tecnico durante un periodo significativo del monitoraggio. La centralina fissa di Borgone è stata utilizzata anche per integrare i dati della radiazione solare globale (R.S.G.) in quanto con il Laboratorio Mobile mancano 3 giorni di misurazione per un problema tecnico.

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

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

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITA' RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITA' VENTO Staz. Fissa di Borgone di Susa
	W/m ²	°C	%	mbar	m/s
Minima media giornaliera	18.2	3.3	33.3	961.0	0.3
Massima media giornaliera	113.1	12.6	86.3	982.9	1.0
Media delle medie giornaliere	76.2	5.4	69.3	974.1	5.4
Giorni validi	25	25	25	25	30
Percentuale giorni validi	86%	86%	86%	86%	100%
Media dei valori orari	74.2	5.3	69.8	974.2	1.0
Massima media oraria	477.0	17.6	98.0	985.0	9.5
Ore valide	619	619	619	619	720
Percentuale ore valide	89%	89%	89%	89%	100%

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

La Figura 4 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della campagna di monitoraggio: la durata e l'intensità dell'irraggiamento risultano piuttosto variabili a seconda della copertura nuvolosa. I valori massimi si osservano nelle ore centrali della giornata che in assenza di copertura nuvolosa raggiungono i 400-450 W/m² ca. Vi sono state diverse giornate con irraggiamento inferiore ed in particolare si sono registrati valori molto bassi il 21 e 22 novembre e 2 dicembre (tra i 120 e 150 W/m² ca), giorni sicuramente caratterizzati da presenza di nubi, ma senza precipitazioni, infatti in tutto il periodo di monitoraggio non sono stati registrati eventi piovosi.

La temperatura media di tutto il periodo (Figura 5) è stata di 5,4°C; il valore minimo orario si è raggiunto l'11 dicembre con -1,7°C, mentre il valore massimo pari a 17,6°C è stato rilevato l'8 dicembre in concomitanza di un evento di *foehn*.

Da metà novembre nella nostra Regione si è instaurata una forte alta pressione africana tendente a divenire più atlantico-mediterranea alla fine di novembre; ciò ha determinato temperature prevalentemente superiori alla media, con un clima autunnale decisamente mite e ancora per nulla invernale. Anche a dicembre le temperature sono rimaste ancora miti, con la totale mancanza del freddo tipico della stagione invernale e di nuovo con la sensazione di un netto ritardo dell'arrivo dell'inverno (fonte Arpa- Servizio Meteo).

Si sono instaurate anche condizioni di scontro tra fronti diversi che hanno portato a frequenti ed estesi venti di *foehn*. Dai grafici sotto riportati (Figura 5, Figura 6, Figura 8) si evidenziano tre episodi tra il 5 e il 6 dicembre, tra il 7 e l'8 dicembre ed infine il 12 dicembre, con venti che hanno raggiunto gli 8 – 9 m/s, umidità in discesa e temperature in aumento (la temperatura massima di 17,6°C è stata coincidente alla presenza di vento caldo).

Escludendo gli episodi di *foehn* la velocità media dei venti è stata pari a 0,6 m/s, con massime orarie pari a 3 m/s. Nei grafici riportanti le rose dei venti è fornita l'indicazione relativa alle calme di vento: si osserva che il 50,6% dei dati di vento sono caratterizzati da velocità inferiori a 0,5 m/s.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 9) indicano che buona parte degli episodi si collocano tra il settore WNW-NW e SSE. Esaminando più nel dettaglio la situazione, è possibile evidenziare che nel periodo diurno (Figura 10) la direzione prevalente di provenienza dei venti è dal settore SSE, corrispondente al fenomeno della brezza di valle, con una componente diurna inferiore dal settore WNW-NW che è determinata dai fenomeni di *foehn*. Nella notte la direzione di provenienza dei venti è esclusivamente WNW-NW (Figura 11) in relazione ai tipici fenomeni di brezza di monte.

Gli episodi di *foehn* sono evidenziati anche dall'andamento dell'umidità relativa Figura 6 che normalmente oscilla tra il 40% delle ore diurne e il 90% di quelle notturne, mentre in presenza di vento è scesa anche al di sotto del 20%.

Per quanto riguarda il campo pressorio nei primi 15 giorni della campagna si è attestato tra i 975 ed i 985 mbar (Figura 7), mentre i fenomeni di *foehn* sono stati accompagnati da una diminuzione della pressione atmosferica.

Figura 4- Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio

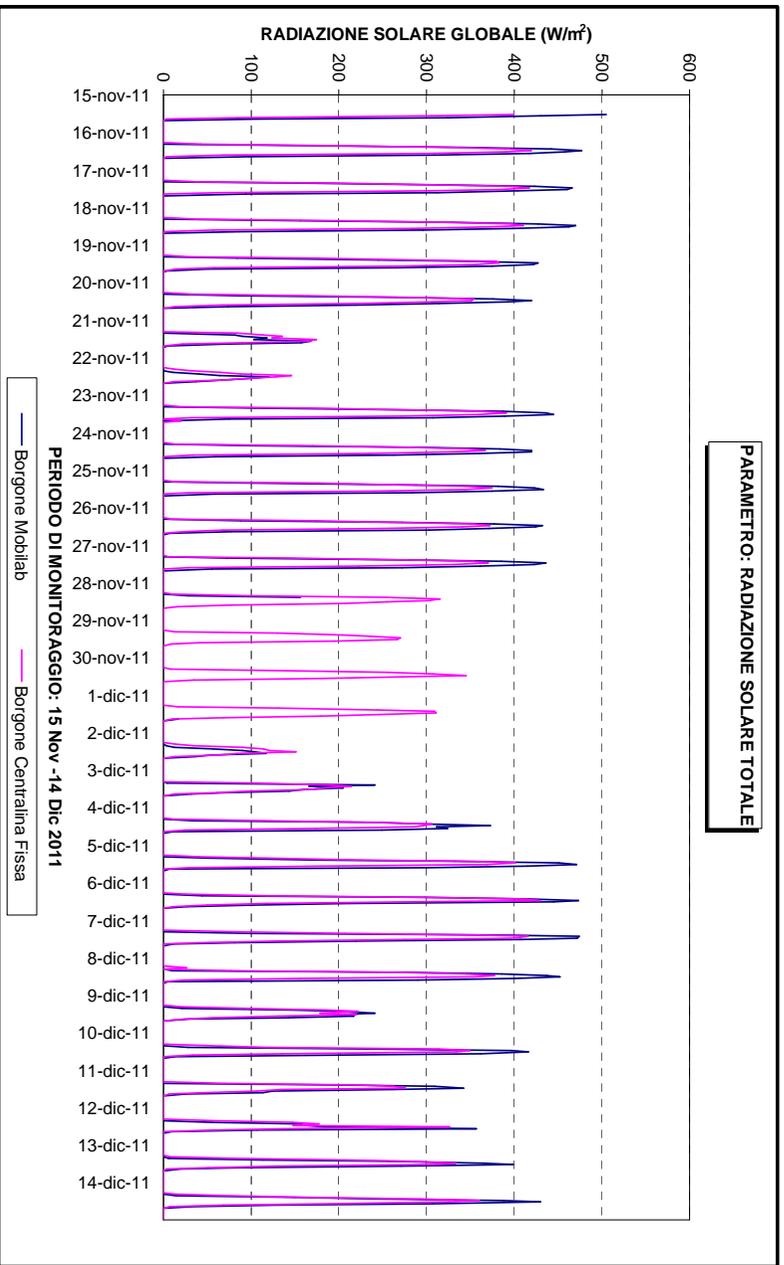


Figura 5:- Andamento di temperatura durante la campagna di monitoraggio

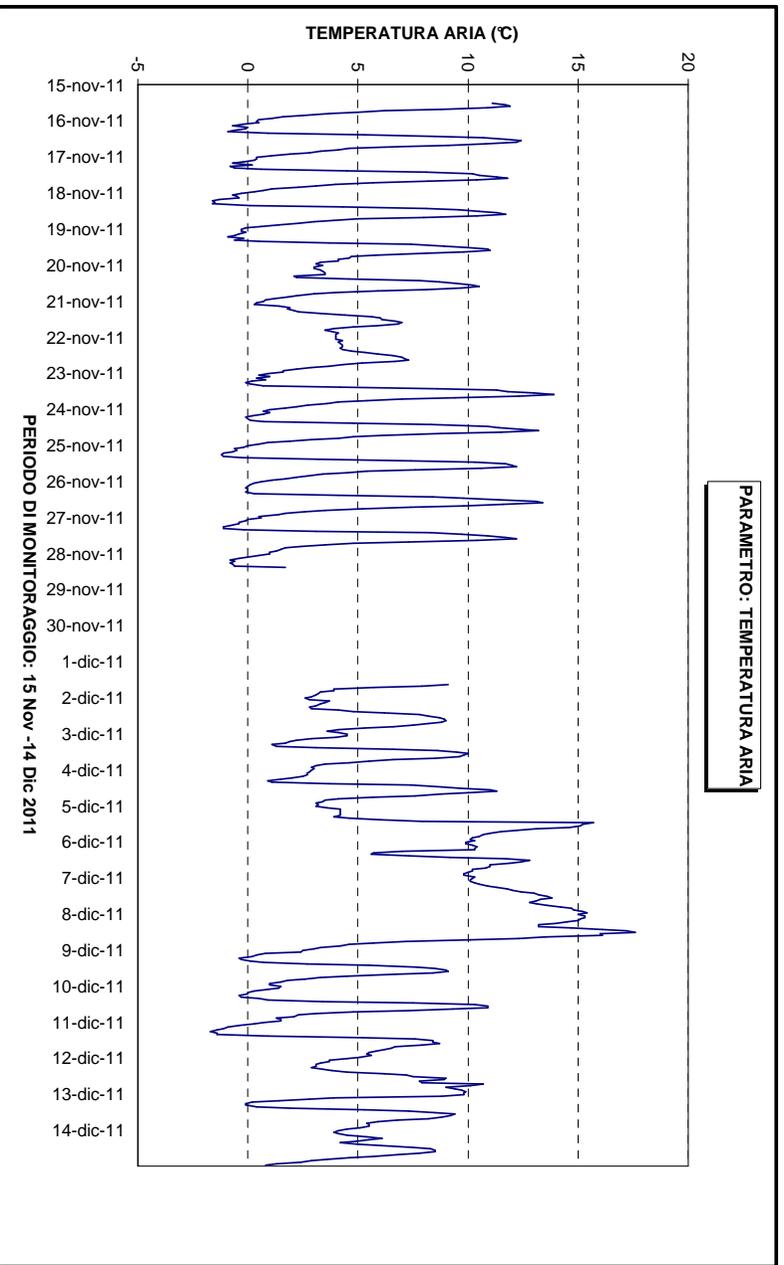


Figura 6– Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio

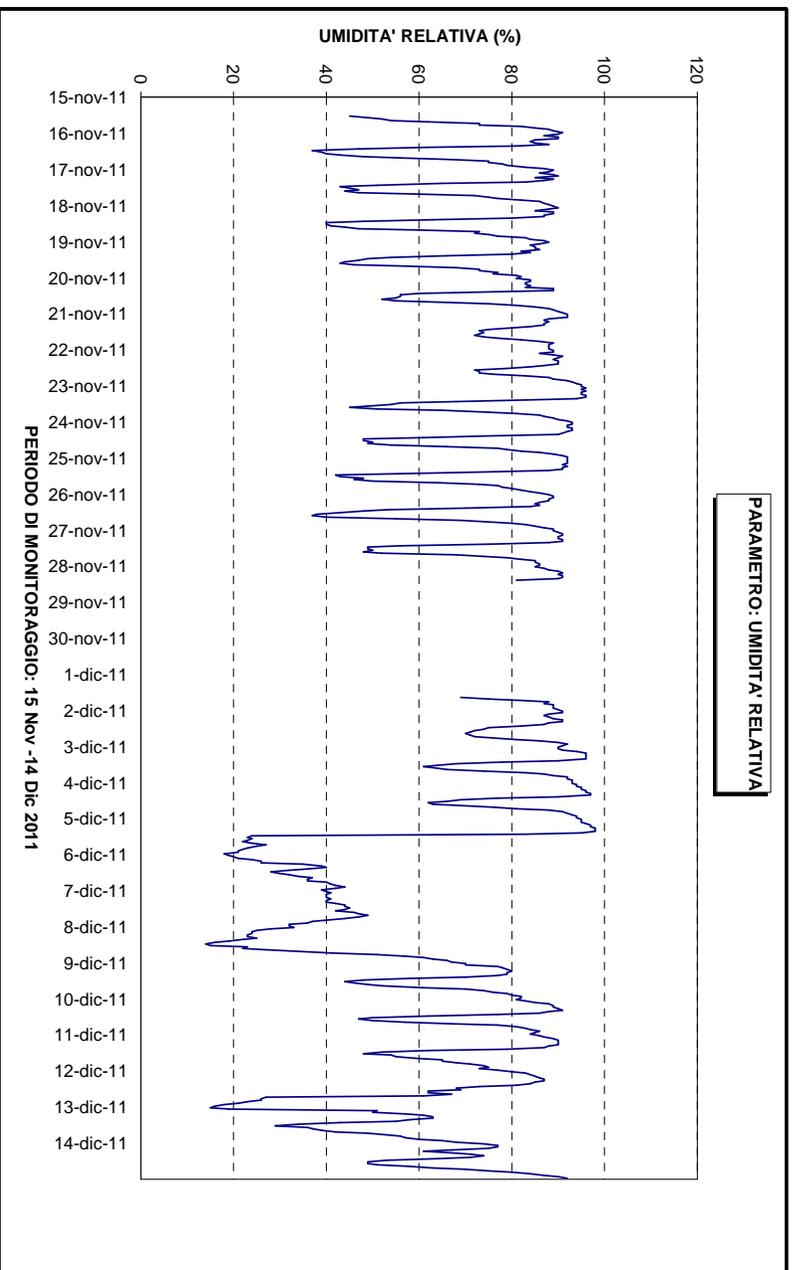


Figura 7 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio

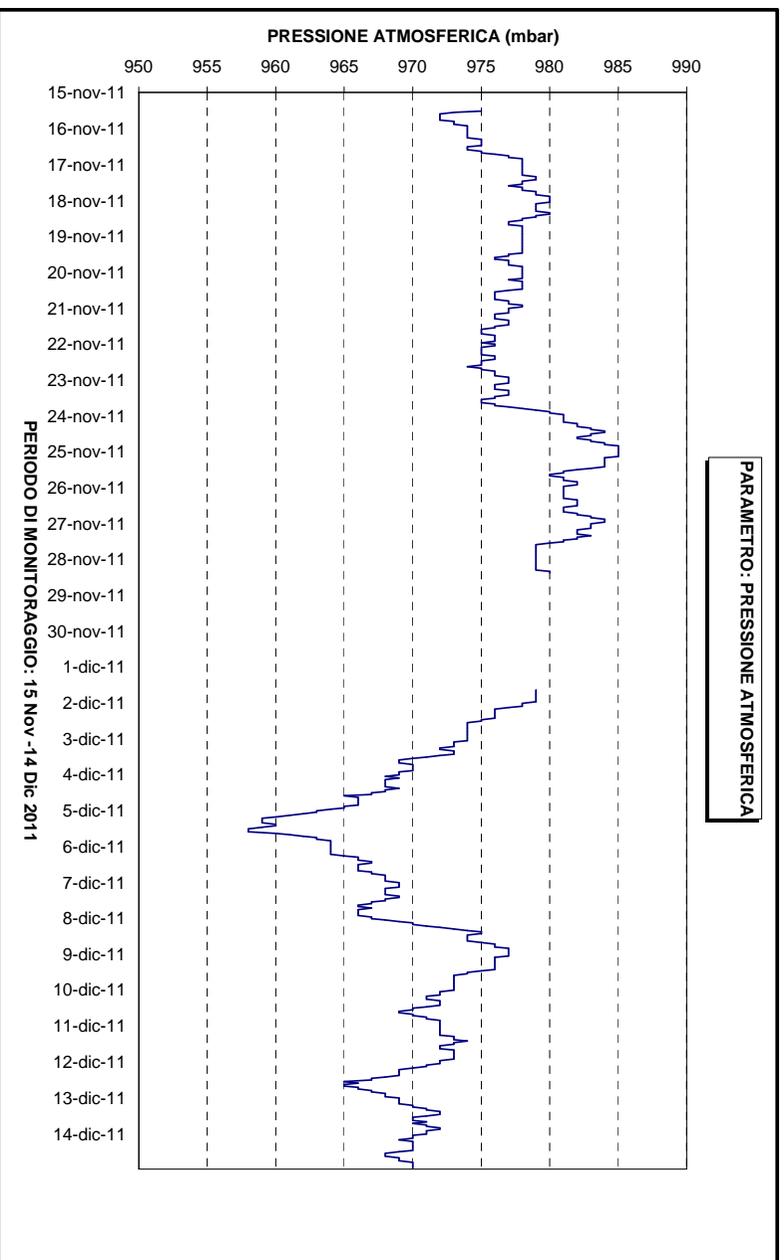


Figura 8- Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio

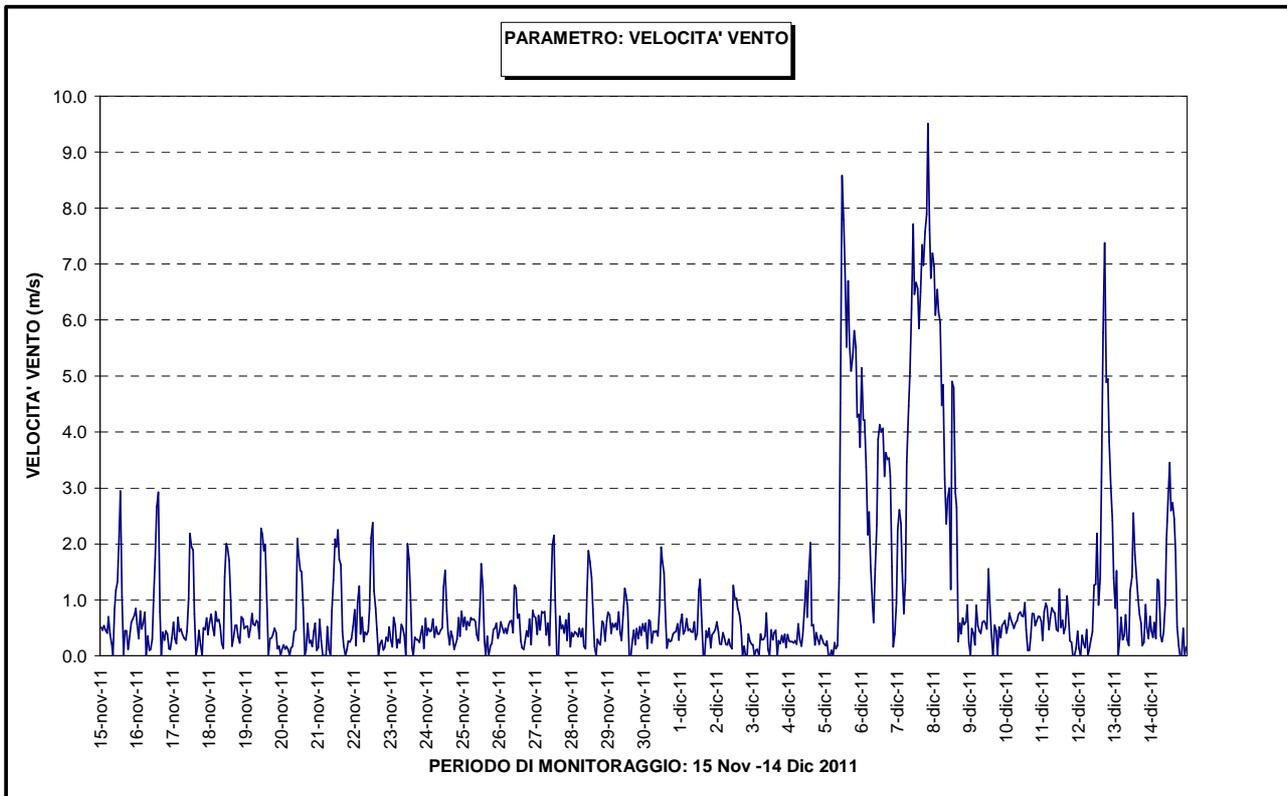


Figura 9: – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio

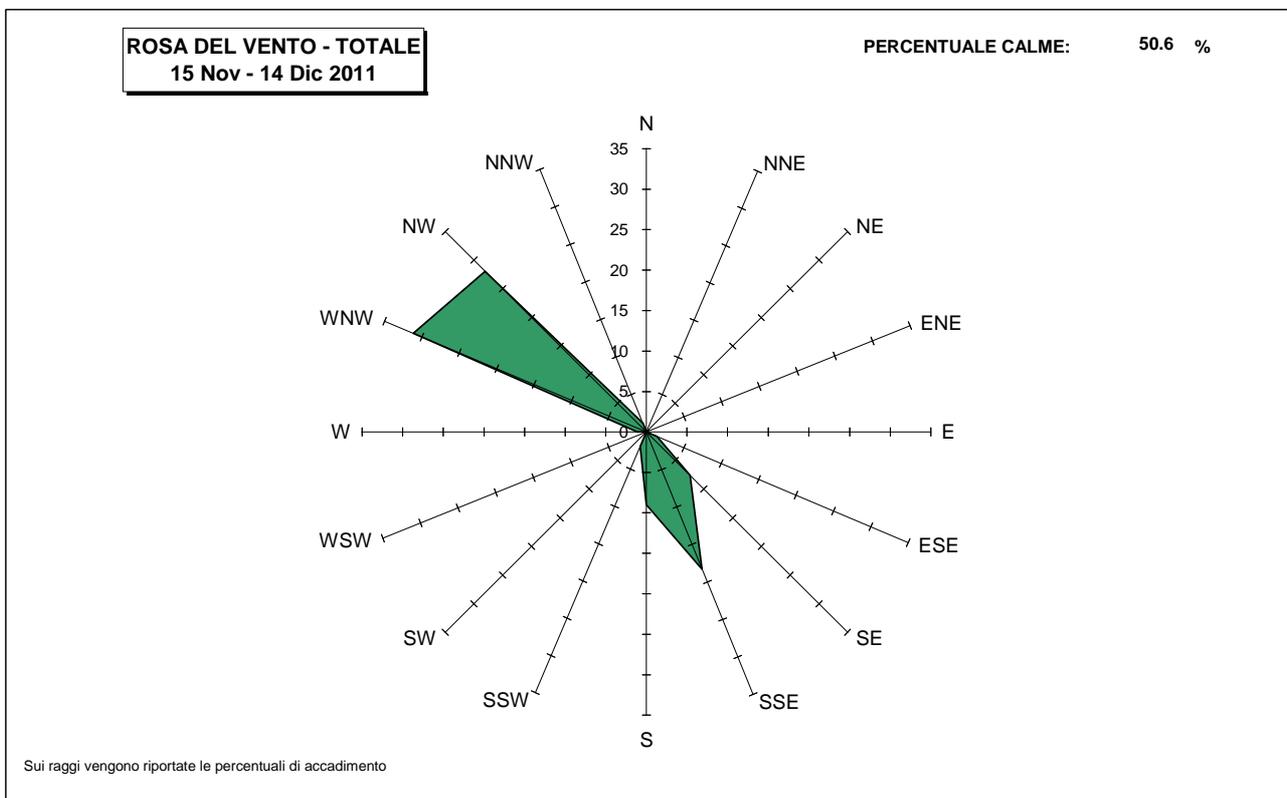


Figura 10: Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio

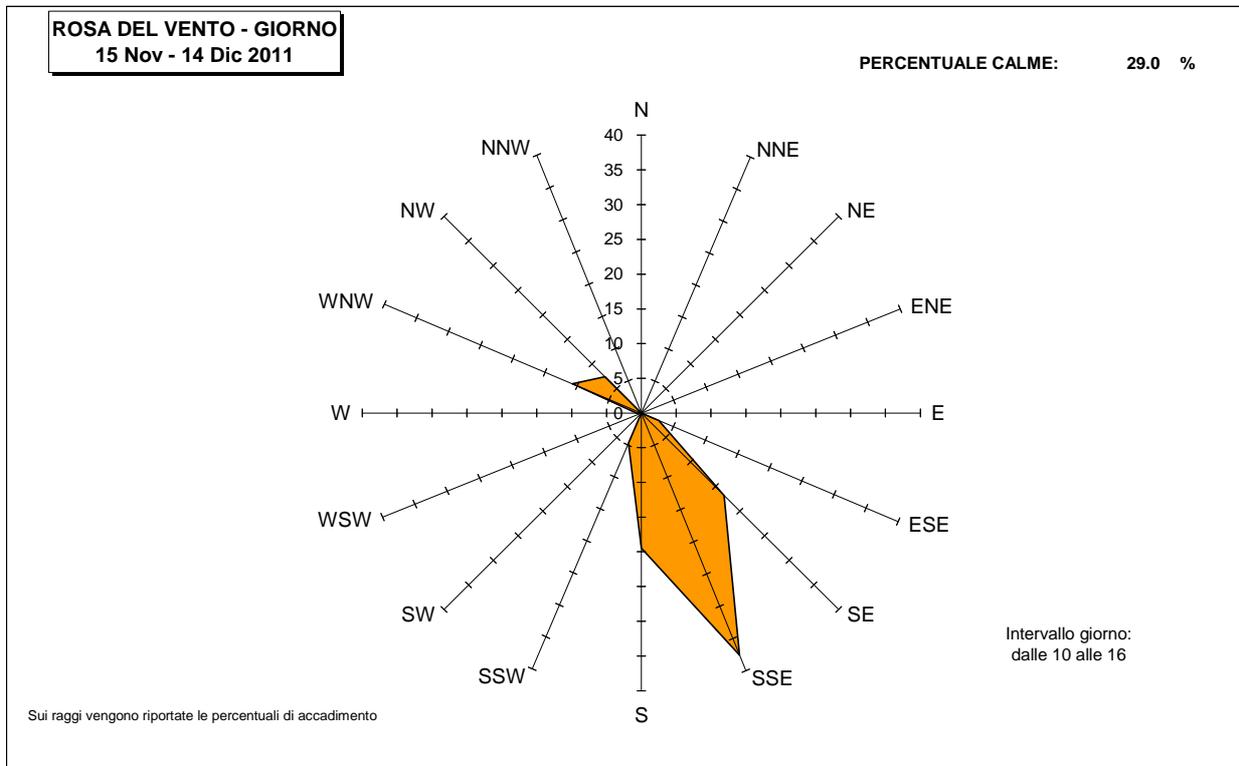


Figura 11 - Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio

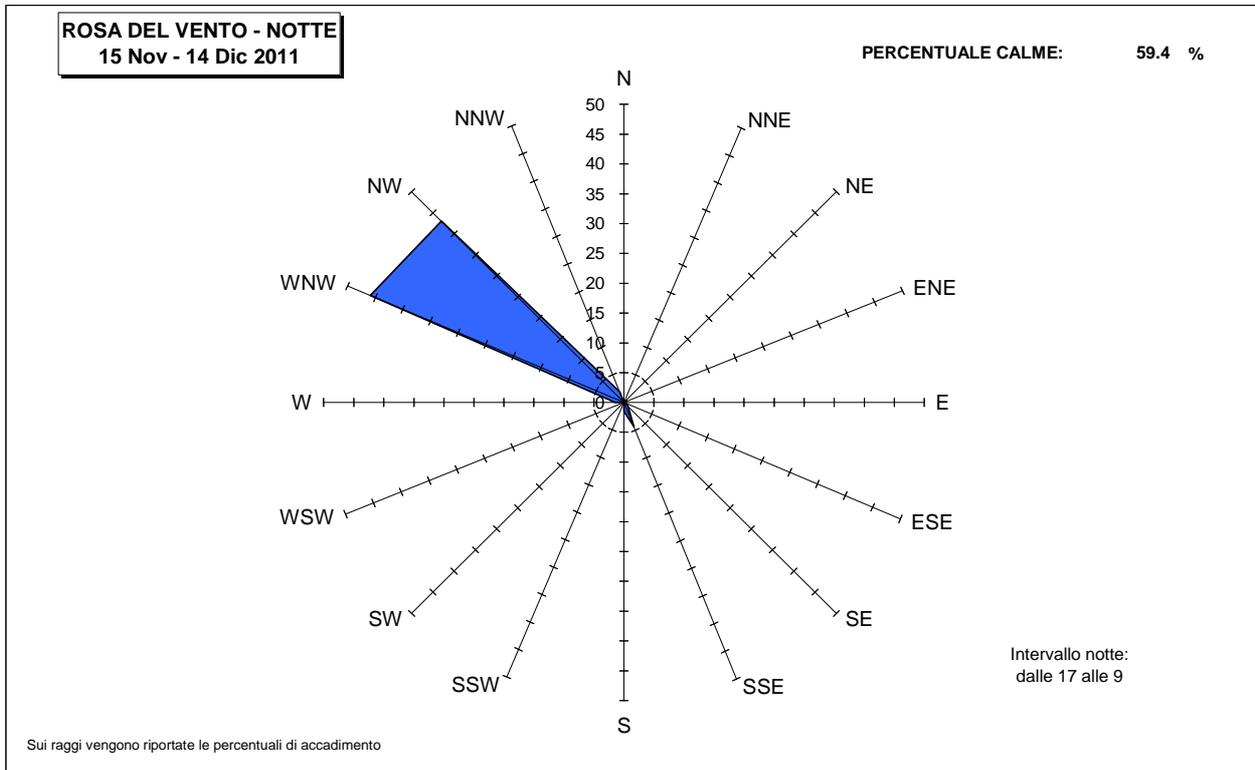
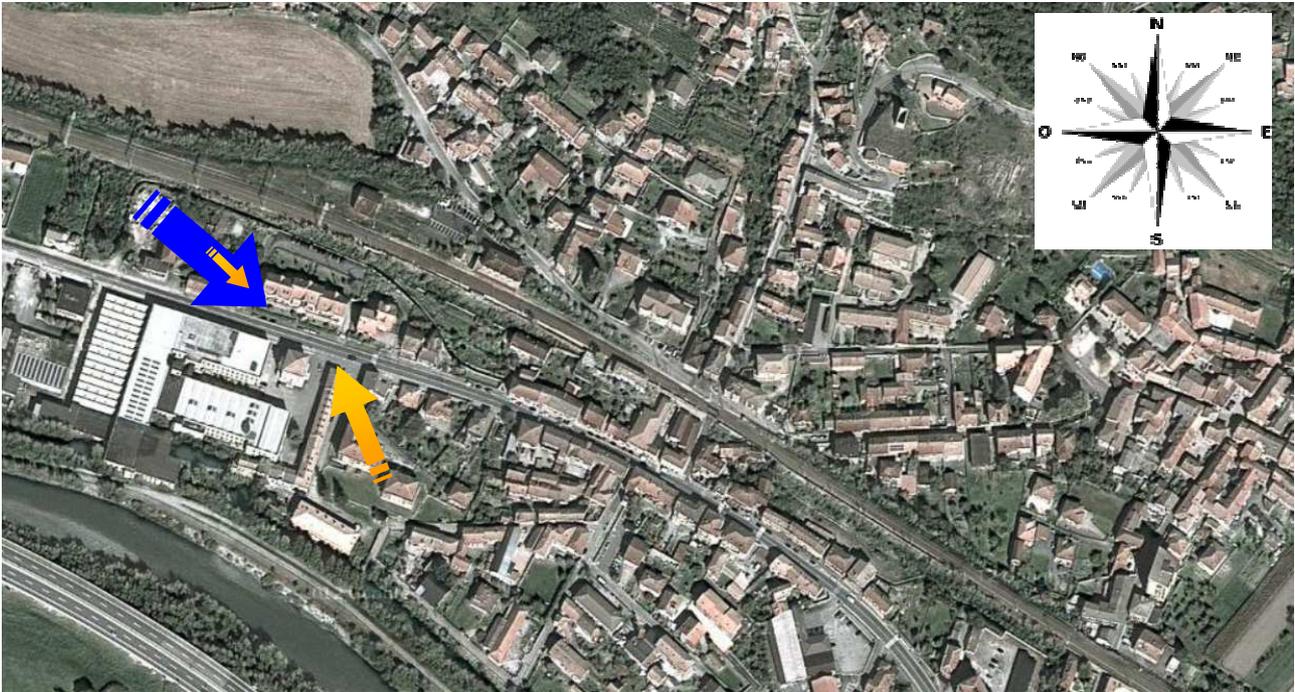


Figura 12- Direzione principale dei venti nelle ore diurne (frecche arancioni) e notturne (freccia blu).



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche delle concentrazioni registrate dagli analizzatori strumentali nel periodo di campionamento e gli eventuali superamenti dei limiti di legge degli inquinanti.

Si riportano di seguito i parametri misurati e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

Benzene	C_6H_6	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	NO_2	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	SO_2	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	NO	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	CO	mg/m^3
Ozono	O_3	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM_{10}	PM_{10}	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

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 fossili (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: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Borgone con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (Tabella 6, Figura 13, Figura 14). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 7 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 9 µg/m³, risultando quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal D.Lgs. 155/2010. In Figura 14 le medie orarie di SO₂ registrate a Borgone di Susa sono state confrontate con i dati di due stazioni di traffico urbano delle rete fissa di monitoraggio: Grugliasco e Torino - via della Consolata. L'andamento di SO₂ del laboratorio mobile ricalca quello delle stazioni scelte come riferimento sebbene i valori massimi registrati a Borgone siano, come atteso, decisamente inferiori ai quelli misurati nelle due cabine monitoraggio di confronto.

In generale questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

Tabella 6 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	7
Media delle medie giornaliere (b):	6
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	86%
Media dei valori orari	6
Massima media oraria	9
Ore valide	618
Percentuale ore valide	89%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 13– SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)

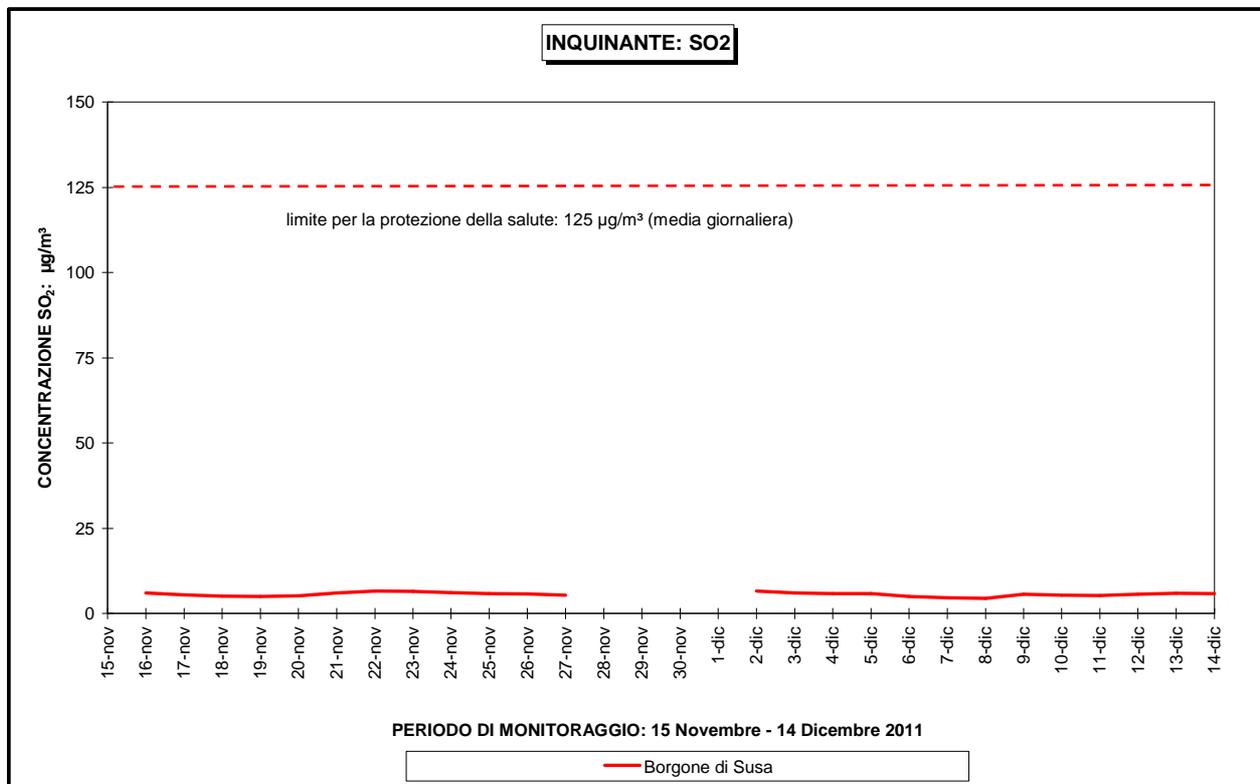
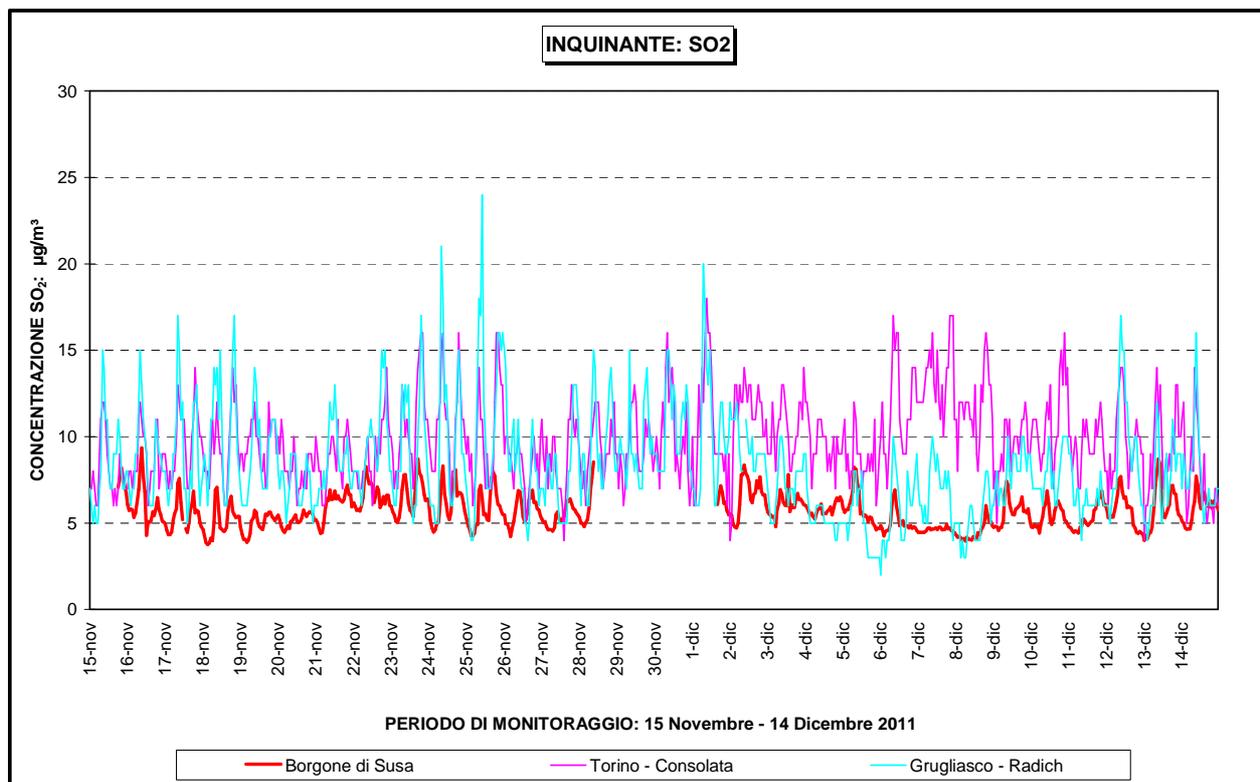


Figura 14– SO₂: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse



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. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3).

Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina; le maggiori concentrazioni di CO in emissione si producono quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione, ecco perché i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute dell'uomo occorre dire che 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, concentrazioni elevatissime di CO possono portare anche alla morte per asfissia. Tuttavia 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 al momento rispettano ampiamente i limiti normativi.

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	1.4
Media delle medie giornaliere (b):	0.9
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	0.9
Massima media oraria	1.8
Ore valide	604
Percentuale ore valide	87%
Minimo medie 8 ore	0.2
Media delle medie 8 ore	0.9
Massimo medie 8 ore	1.5
Percentuale medie 8 ore valide	86%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

I dati misurati durante la campagna nel Comune di Borgone confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di 10 mg/m³, calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite viene ampiamente rispettato dal sito in esame il cui valore massimo su otto ore è pari a 1.4 mg/m³ (Tabella 7 e Figura 15). Nelle Figura 16 e Figura 17 viene riportato il confronto con le postazioni fisse della rete regionale di monitoraggio di Torino-Consolata stazione di traffico urbano e To-Rubino di fondo urbano. Dai grafici si nota che i valori di CO registrati dal Laboratorio Mobile a Borgone risultano nettamente inferiori a quelli di entrambe le stazioni torinesi.

Figura 15 – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

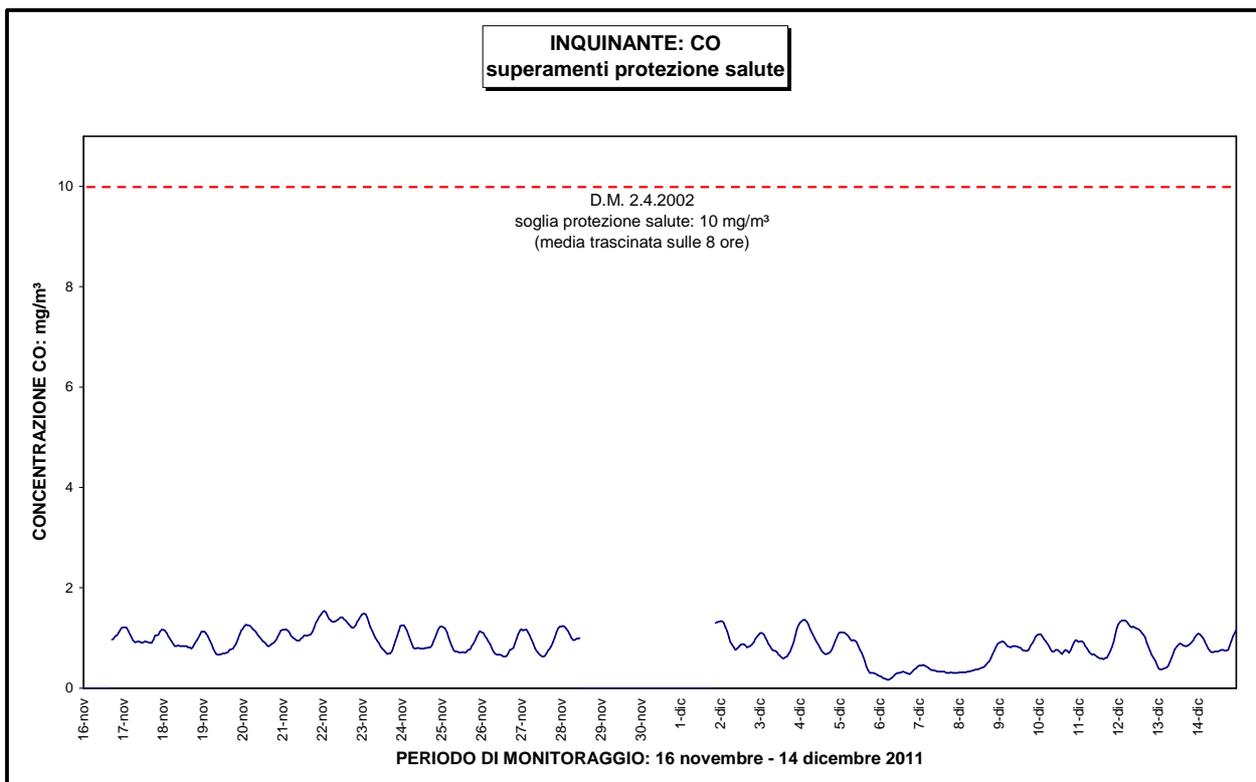


Figura 16– CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Torino-Consolata e To-Rubino

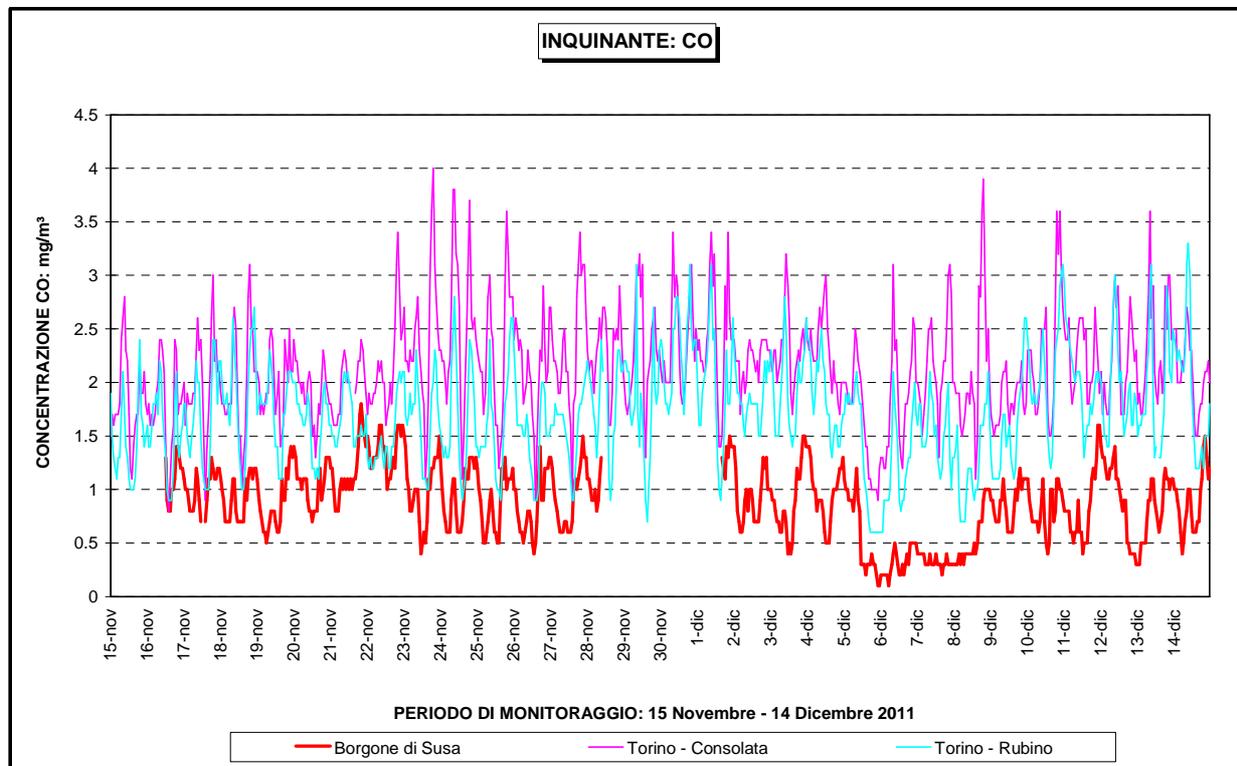
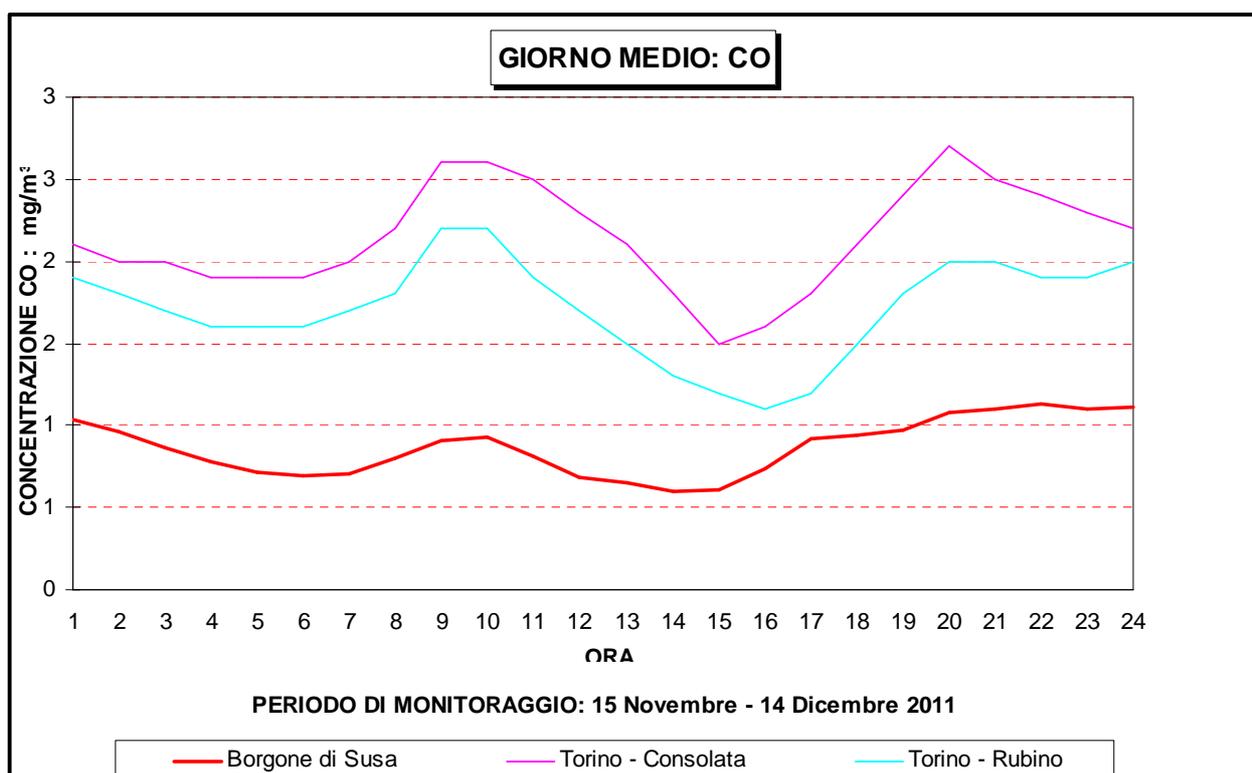


Figura 17– CO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



Ossidi di Azoto

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

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

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Borgone il livello di NO (Figura 18 e Figura 19) risulta simile alla stazione di Orbassano classificata come residenziale di fondo urbano, soprattutto come andamento, mentre i valori sono leggermente inferiori nel sito monitorato col Laboratorio Mobile. Si distaccano notevolmente i dati relativi a Torino – Lingotto (stazione di fondo urbano) che ha valori decisamente maggiori soprattutto nelle ore serali, e la stazione di Susa con valori invece molto più bassi; quest'ultima è tra le stazioni provinciali che storicamente registrano i valori più bassi di ossidi di azoto e polveri. La massima media oraria registrata è pari a 266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e il valore medio dell'intera campagna è di 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 8); gli ossidi di azoto sono inquinanti a carattere prevalentemente invernale per cui nella seconda campagna di monitoraggio che si svolgerà nel periodo estivo si troveranno con ogni probabilità valori inferiori a quelli registrati tra novembre e dicembre. Il grafico del giorno medio mostra inoltre che tutte le stazioni di misura presentano massimi nelle stesse ore del mattino e della sera, a dimostrazione del fatto che in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è il traffico veicolare. A Borgone di Susa risulta maggiore il picco mattutino analogamente alla stazione di Orbassano.

Tabella 8 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	9
Massima media giornaliera	116
Media delle medie giornaliere (b):	68
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	86%
Media dei valori orari	69
Massima media oraria	266
Ore valide	618
Percentuale ore valide	89%

Figura 18– NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura

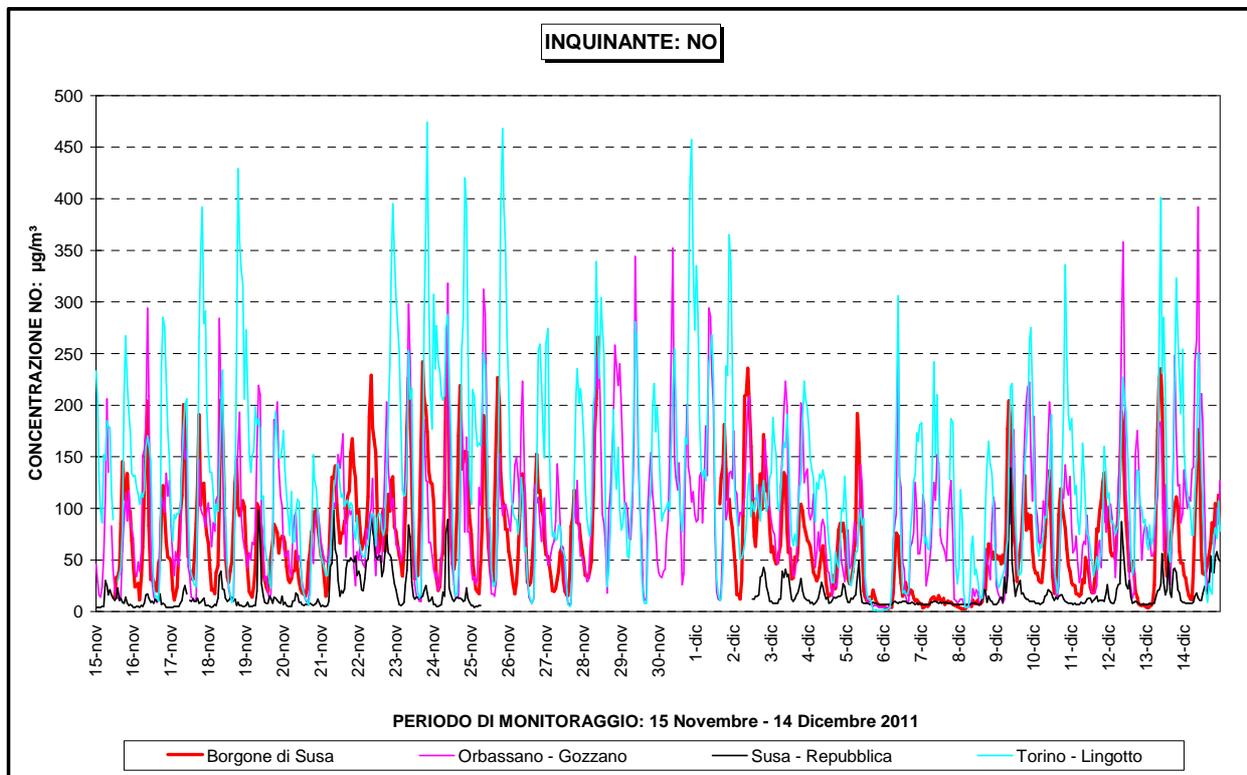
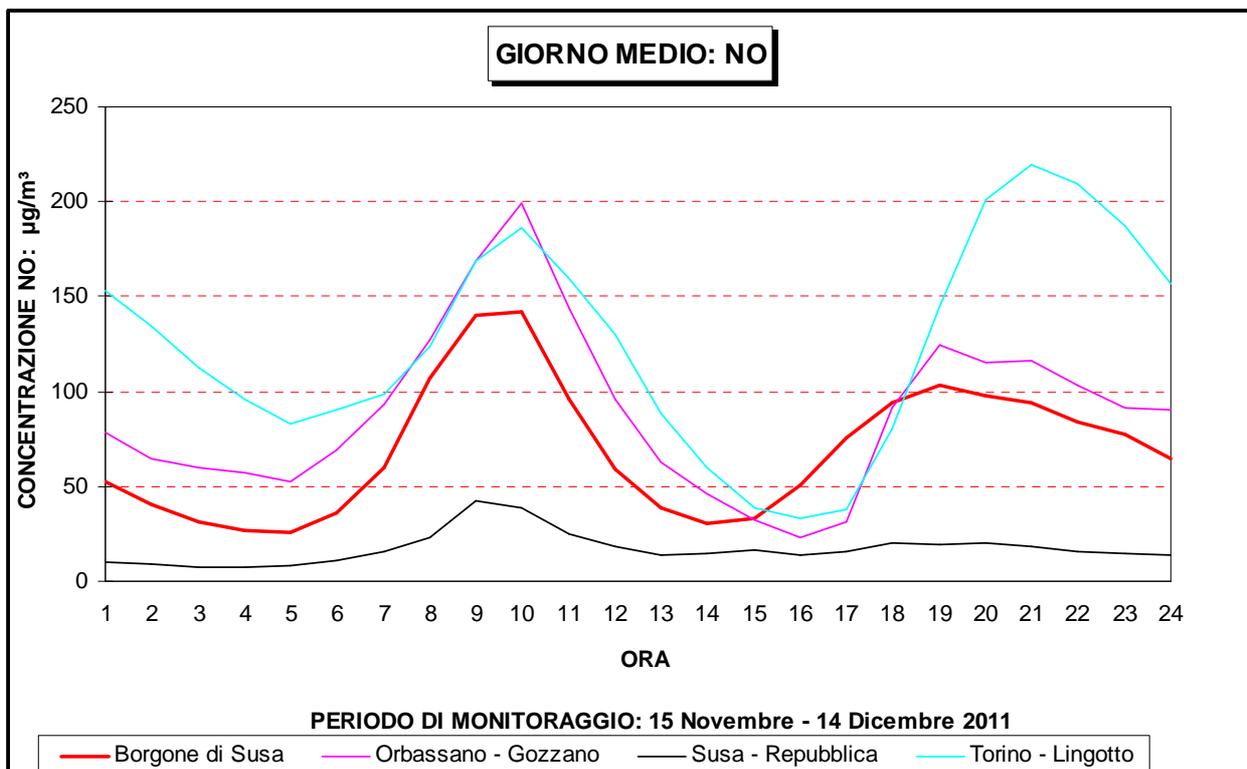


Figura 19– NO: andamento del giorno medio e confronto con altre stazioni di misura



Il **biossido di azoto** (NO₂) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a far parte del ciclo di 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, in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) nell'ambito di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Durante la campagna di monitoraggio non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³ (la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno); il valore massimo orario è stato di 112 µg/m³, mentre il valore medio risulta pari a 53 µg/m³ (Tabella 9). In Figura 20 è riportato l'andamento orario di tale parametro in confronto con alcune stazioni della rete provinciale di monitoraggio. Si osserva che l'NO₂ rilevato a Borgone di Susa ha livelli e andamento paragonabile a quello della stazione di Orbassano residenziale di fondo suburbano. I valori risultano inferiori a quelli registrati nella città di Torino, anche rispetto alla centralina di fondo urbano di Torino Lingotto, mentre risultano maggiori di quelli di Susa, stazione caratterizzata da concentrazioni di NO₂ tra quelle più basse della Rete Provinciale. Nelle giornate di vento *foehn* i livelli si sono notevolmente abbassati, andando a sovrapporsi a quelli registrati nella stazione di Susa. L'instabilità atmosferica determina un rimescolamento delle masse d'aria con allontanamento degli inquinanti che si osserva anche nel grafico relativo all'NO.

Osservando il grafico di Figura 21, che riporta il giorno medio (calcolato con le modalità indicate a pag.23), si nota che l'andamento dell' NO₂ in tutte le stazioni a confronto, è caratterizzato da due campane una al mattino e una nelle ore serali, generalmente quest'ultima risulta più alta di quello mattutino.

Ulteriori considerazioni riguardo all'inquinante NO₂ verranno fatte alla fine della seconda campagna di monitoraggio in cui si valuterà il rispetto del limite annuale per la protezione della salute di 40 µg/m³ come prescritto dal D.Lgs 155 del 13/08/2010.

Tabella 9 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	14
Massima media giornaliera	75
Media delle medie giornaliere (b):	53
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	86%
Media dei valori orari	53
Massima media oraria	112
Ore valide	618
Percentuale ore valide	89%
<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 20– NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio

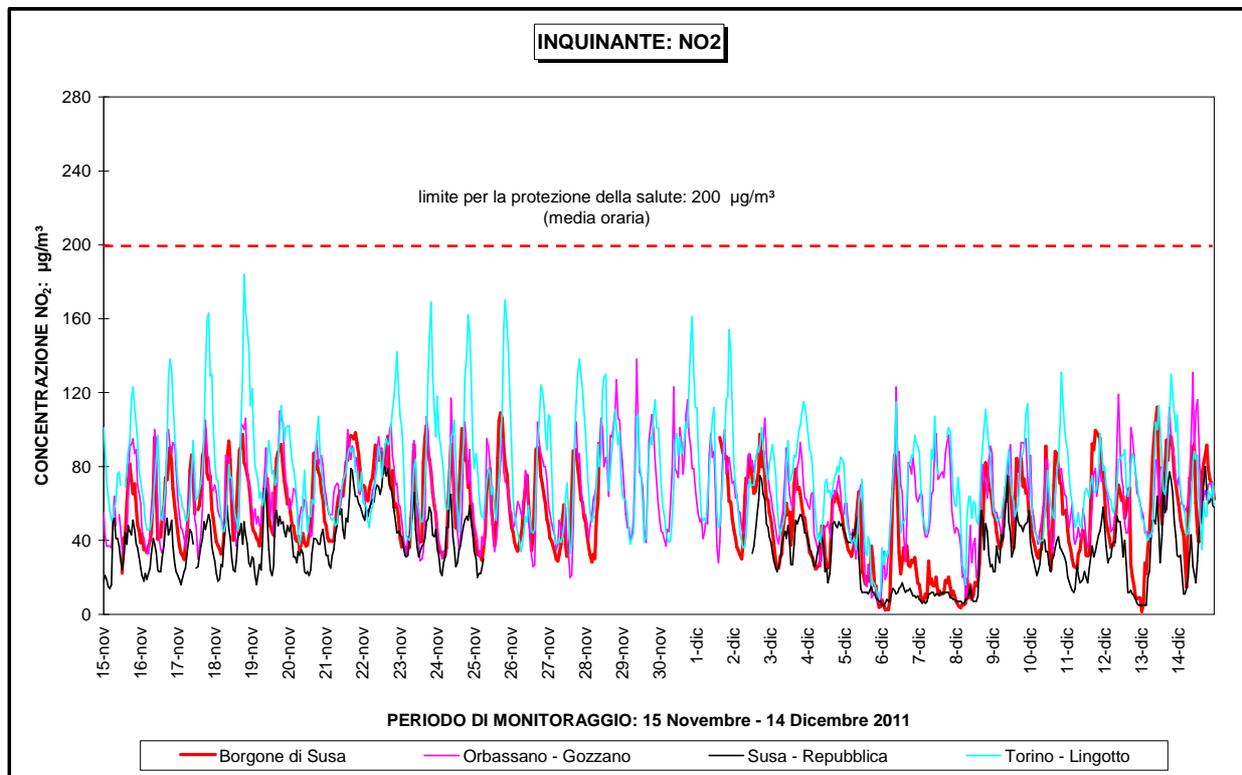
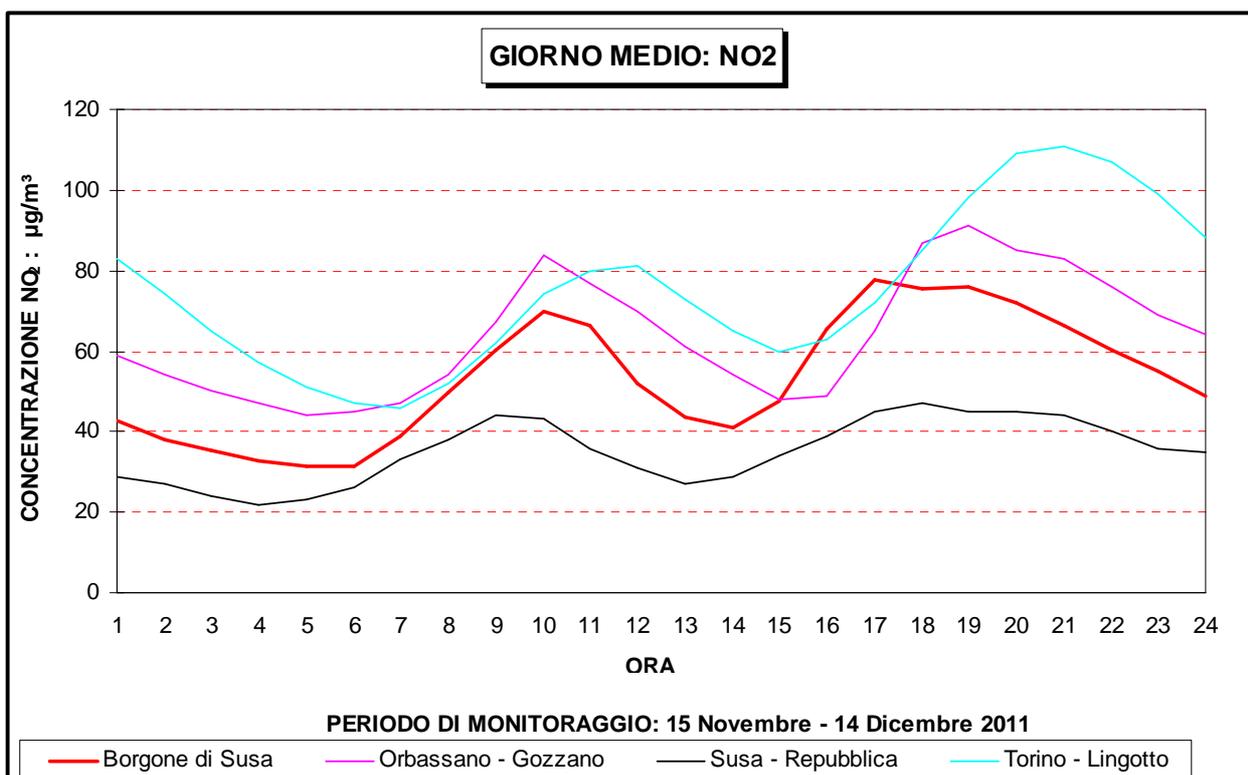


Figura 21– NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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 dall'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 ha fissato all'uno per cento il tenore massimo di benzene nelle benzine a partire dal 1 luglio 1998.

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. In seguito a esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'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 (D.Lgs 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. Il confronto con il limite di legge sarà possibile solo una volta terminata anche la seconda campagna di misura.

In Tabella 10 sono riportati i dati registrati durante la campagna di monitoraggio per benzene e toluene. Il valore medio orario di benzene risulta pari a $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quindi inferiore ai $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsti dalla norma su base annuale. Considerando che generalmente i valori maggiori di benzene si registrano proprio nel periodo invernale con ogni probabilità la concentrazione media finale a conclusione delle due campagne di misura sarà più bassa del valore attuale. Si consideri anche che a partire dal 2005, il valore limite annuale per il benzene è rispettato su tutte le stazioni della rete provinciale, anche quelle metropolitane di Torino. Il grafico riportato in Figura 22 mostra che il livello rilevato a Borgone si posiziona al di sotto dei valori registrati nella stazione di fondo di Torino-Lingotto. Il valore massimo orario raggiunto a Borgone di Susa è pari a $9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tra il 5 e il 9 dicembre si nota un livello particolarmente basso di benzene, dovuto all'allontanamento di questo inquinante a causa dei fenomeni di *foehn*.

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida date nel 2000 dall'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.

Nella prima campagna di Borgone la massima media giornaliera di toluene è pari a $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è di $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in entrambi i casi si tratta di concentrazioni ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS (Tabella 10).

Tabella 10 – Dati relativi al benzene e al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Benzene	Toluene
Minima media giornaliera	0.7	3.3
Massima media giornaliera	4.9	12.7
Media delle medie giornaliere	3.2	7.5
Giorni validi	24	23
Percentuale giorni validi	83%	79%
Media dei valori orari	3.3	7.6
Massima media oraria	9.0	24.9
Ore valide	597	581
Percentuale ore valide	86%	83%

Figura 22– Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio

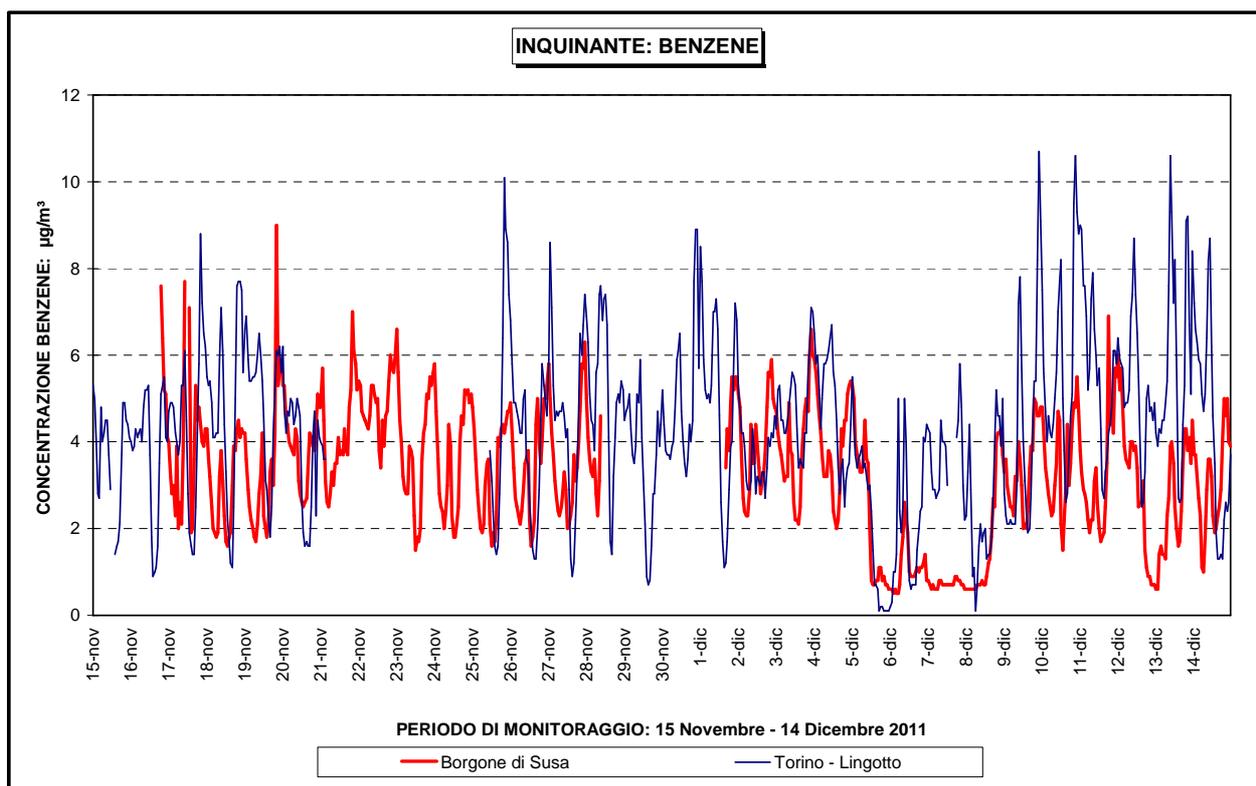
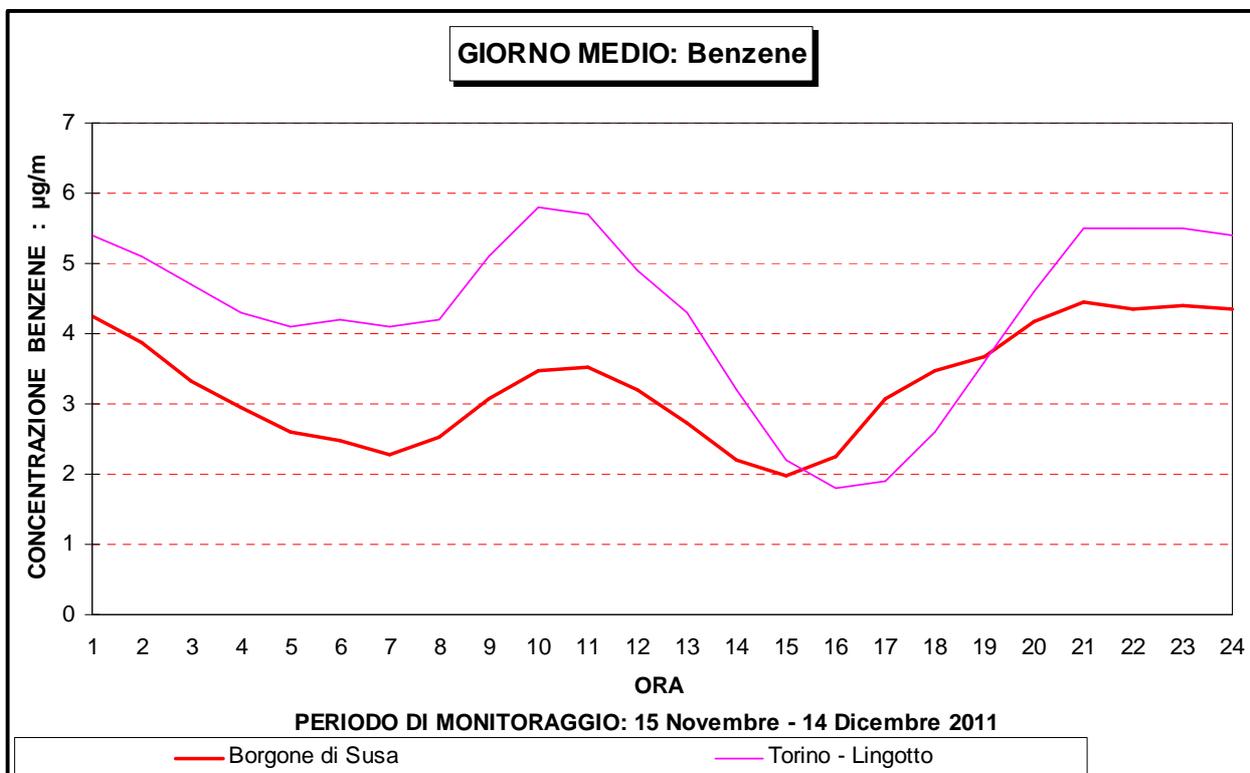


Figura 23 - – Benzene: andamento del giorno medio



Particolato Sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del 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 potendo 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 D.Lgs 155/2010, ha previsto dei limiti solo per il particolato PM₁₀, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Il D.Lgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolato come media annuale di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna nel comune di Borgone sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, per il quale sono disponibili 30 giorni di monitoraggio effettivo, dal 15 novembre al 14 dicembre 2011. Su 30 giorni di campionamento si sono verificati 22 superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ di 50 µg/m³ (la norma prevede che i superamenti non siano più di 35 volte per anno civile) (Figura 24). La media dei valori di particolato PM₁₀ è di 63 µg/m³.

Questo parametro rappresenta una delle maggiori criticità sulla maggior parte del territorio provinciale ed in generale nel bacino padano. In Figura 25 vengono confrontati i valori di PM₁₀ registrati a Borgone con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Torino Consolata, Torino Lingotto, Susa e Druento - La Mandria. Dal grafico si può notare che i valori misurati nel comune di Borgone sono di poco superiori a quelli registrati nella stazione di fondo rurale di Druento, nel periodo considerato; anche all'interno del parco regionale sono stati registrati frequenti superamenti del valore limite giornaliero. Valori più bassi caratterizzano la stazione di Susa che è interessata ai quotidiani e più intensi fenomeni di brezza di valle e di monte che portano ad un migliore rimescolamento delle masse d'aria. Valori evidentemente superiori interessano le centraline metropolitane, compresa quella di fondo di Torino Lingotto.

La Tabella 12 e la Figura 27 evidenziano inoltre che il valore medio di PM10 registrato durante la campagna di Borgone si colloca tra quelli osservati nelle stazioni di Druento-La Mandria e Ivrea durante il periodo di campionamento in esame.

Una stima del valore medio annuo del PM₁₀ nel territorio di Borgone verrà effettuata al termine della seconda campagna di monitoraggio, quando sarà disponibile una base dati maggiormente rappresentativa delle variazioni stagionali delle concentrazioni.

Dalla Figura 25 appare chiaro come le condizioni meteo climatiche influenzino in modo importante le concentrazioni di questo inquinante, infatti in seguito agli episodi di vento occorsi tra il 5 e l'8 dicembre, i valori di polveri si sono decisamente abbassati, rientrando al di sotto del limite giornaliero per le stazioni della valle, compresa Borgone.

Merita un particolare approfondimento il picco di PM₁₀ che si osserva invece in particolare nelle stazioni della Val di Susa e a Pinerolo tra il 21 e il 22 novembre, a Borgone è stato registrato il valore massimo di tutto il periodo pari a 143 µg/m³, che risulta superiore ai valori registrati nella città di Torino nella stessa giornata. La Figura 25 evidenzia che nel capoluogo i valori di PM₁₀ erano già stabilmente elevati da alcuni giorni e probabilmente per questo motivo non si osserva il picco isolato visibile nell'andamento di Borgone. Inoltre nella città di Torino i valori di polveri si sono mantenuti alti anche nei giorni successivi. L'andamento del PM₁₀ rilevato a Borgone nel corso dell'episodio è analogo a quello di Susa e Pinerolo, anche se in quest'ultime stazioni i valori sono leggermente inferiori. Come si osserva dalla Figura 26, inoltre, sia a Susa che a Pinerolo, in coincidenza di una situazione meteorologica verificatasi a inizio novembre e analoga a quella dell'episodio sopracitato (bassa radiazione solare, scarsa escursione termica tra giorno e notte, umidità relativa elevata anche nelle ore diurne), si è verificato un analogo picco di PM₁₀ anche se di entità inferiore.

Il fatto che la radiazione solare nei due giorni considerati sia tra le più basse del periodo fa presumere che l'episodio sia riconducibile a particolari condizioni meteorologiche caratterizzate da inversione termica persistente (temperatura che aumenta con la quota), fenomeno che com'è noto favorisce l'accumulo di inquinanti, tanto che nel corso dell'episodio sono state rilevate le più alte medie giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio anche per biossido di azoto e monossido di azoto.

Va precisato che fenomeni di inversione termica sono comuni in ambito vallivo, a causa del tipico moto da monte a valle di masse d'aria fredda nelle ore notturne, che dà origine alle brezze di valle. Queste masse per loro natura più dense dell'aria circostante, infatti, nel loro moto verso valle scalzano le masse d'aria più calde e meno dense, costringendole a salire di quota.

Nella maggior parte dei casi, però, lo strato di inversione termica così formatosi viene distrutto dall'irraggiamento solare, per cui nelle ore diurne - quelle in cui di norma le emissioni di inquinanti atmosferici sono più intense - viene ripristinato il normale gradiente termico instabile (temperatura che diminuisce con la quota), il quale favorisce la dispersione degli inquinanti stessi. In particolari condizioni meteorologiche l'irraggiamento può invece risultare insufficiente, per cui le condizioni di inversione termica persistono nel tempo, originando valori di concentrazione particolarmente elevati.

Tabella 11 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³) presso il sito di monitoraggio

Minima media giornaliera	11
Massima media giornaliera	143
Media delle medie giornaliere	63
Giorni validi	30
Percentuale giorni validi	100%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	22

Figura 24– Particolato sospeso PM₁₀ : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

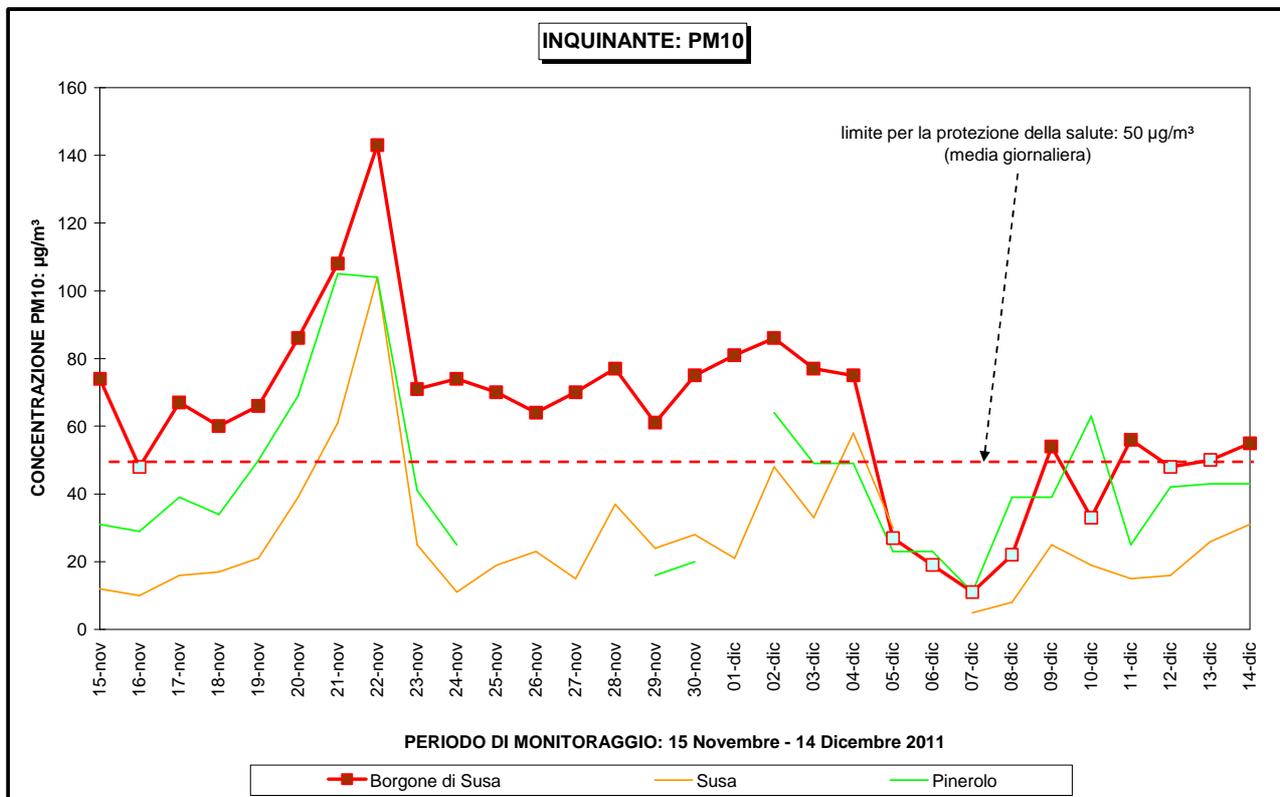


Figura 25– Particolato sospeso PM₁₀: confronto con altre stazioni di monitoraggio

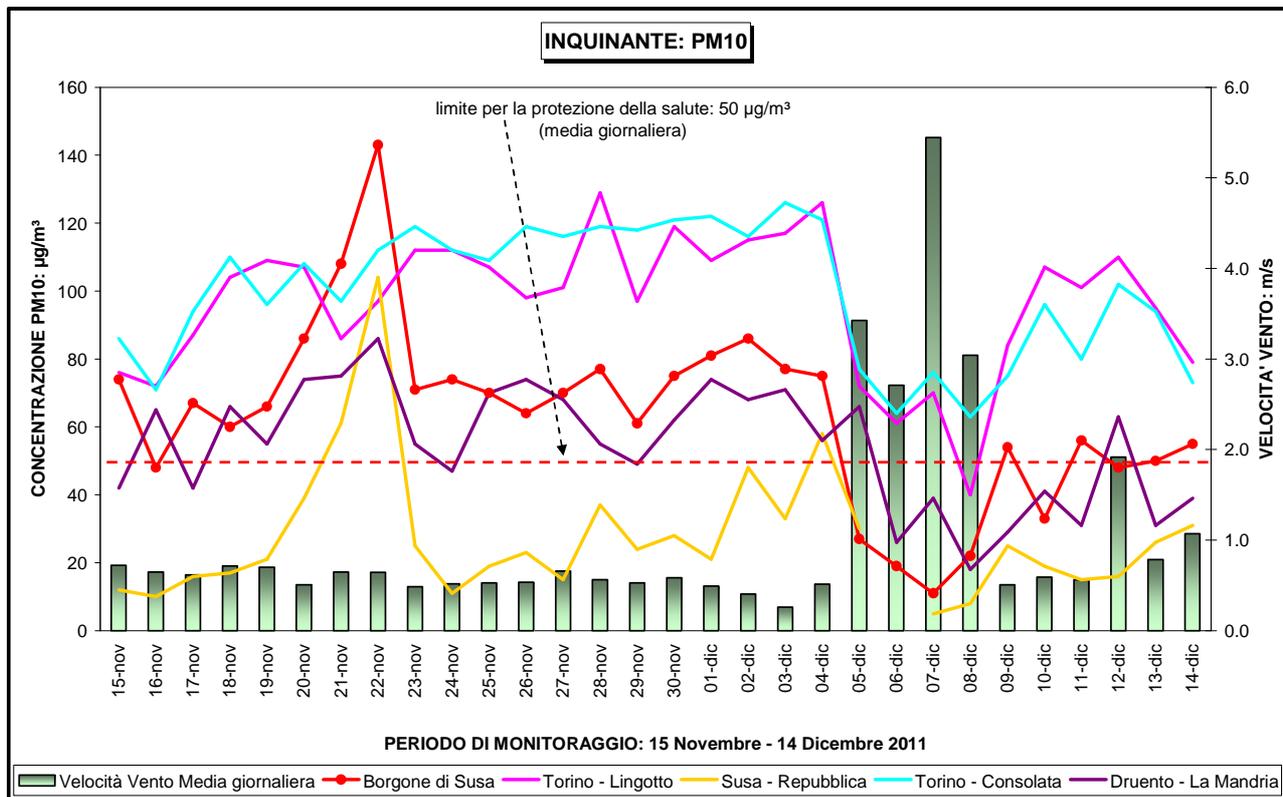


Figura 26 – Particolato sospeso PM₁₀ giornate con picchi

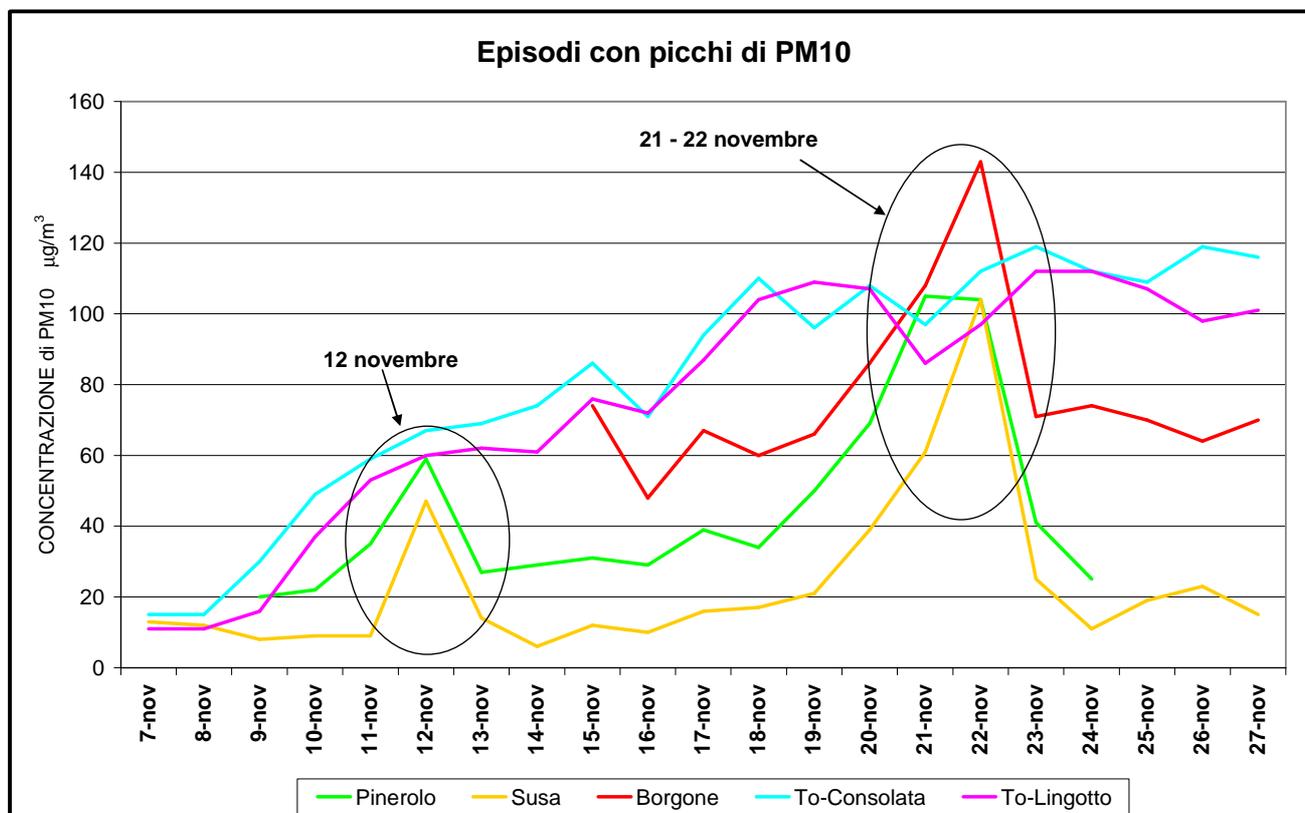
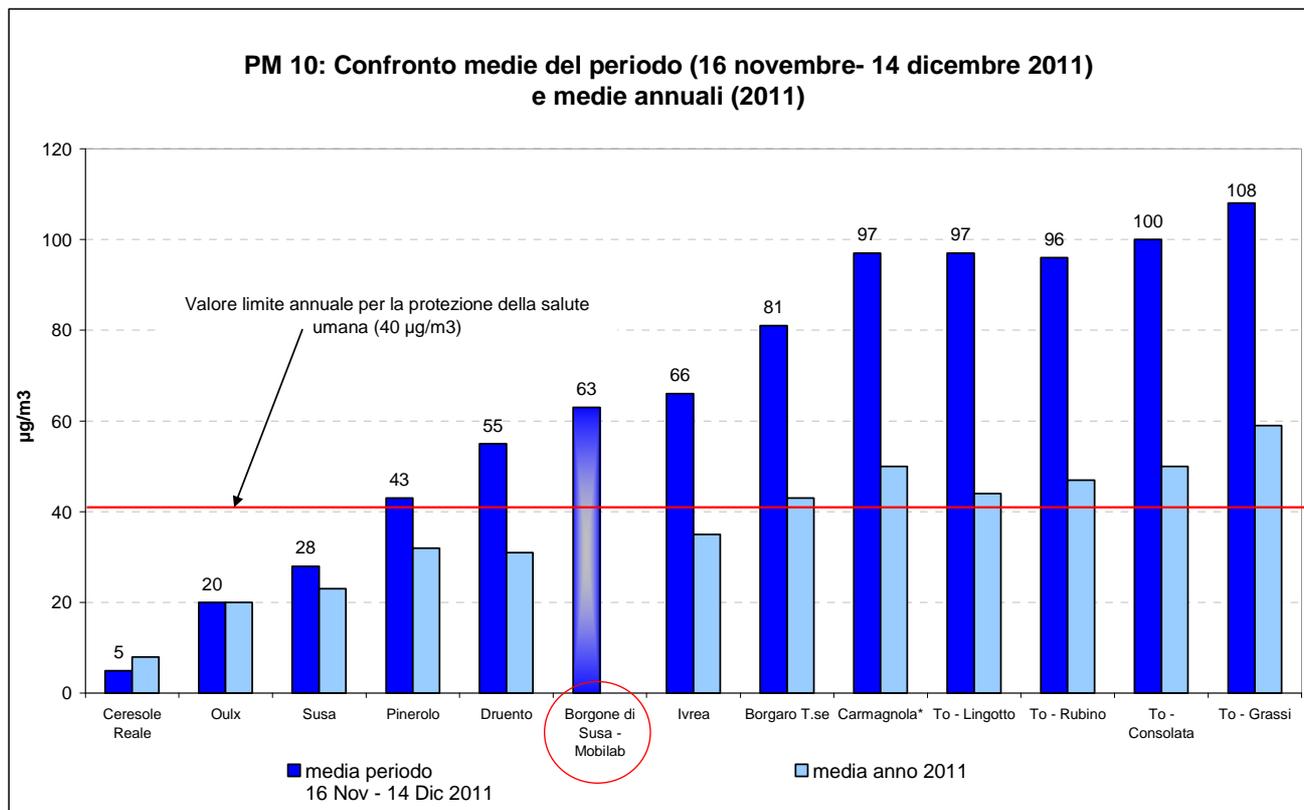


Tabella 12 – Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2011 e medie del periodo di campionamento PM₁₀ nella provincia di Torino

Stazioni di misura	Media periodo 16 novembre – 14 dicembre 2011 [µg/m ³]	Media anno 2011 [µg/m ³]
Ceresole Reale	5	8
Oulx	20	20
Susa	28	23
Druento	55	31
Pinerolo	43	32
Borgone di Susa - Mobilab	63	-
Ivrea	66	35
Borgaro T.se	81	43
Carmagnola*	97	50*
To - Lingotto	97	44
To - Rubino	96	47
To - Consolata	100	50
To - Grassi	108	59

* dal 11/11/11 la stazione di monitoraggio ha cambiato ubicazione all'interno dello stesso comune di Carmagnola

Figura 27– Particolato sospeso PM₁₀: confronto medie anno 2011 e medie del periodo nella provincia di Torino.



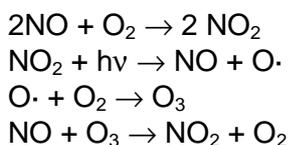
Ozono

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, ma 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).

Le concentrazioni più elevate di ozono 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 misura nel comune di Borgone di Susa, la media dei valori orari di ozono è stata di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Figura 28 viene riportata la concentrazione oraria di ozono rilevata con il Laboratorio mobile e nelle stazioni fisse di Orbassano e Susa. Il livello e l'andamento dell'ozono nel comune di Borgone è pressoché sovrapponibile a quello osservato nella stazione di Orbassano. Fanno eccezione le giornate caratterizzate dal vento *foehn*, in cui l'andamento si sovrappone a quello osservato presso la stazione di Susa, con valori in crescita. Infatti a differenza degli altri inquinanti descritti finora, l'ozono troposferico aumenta durante gli eventi di *foehn*, in quanto viene portato al livello del suolo anche parte dell'ozono che si trova in quota. Le stazioni in quota e nelle valli sono maggiormente interessate a questo fenomeno.

Durante la campagna non c'è mai stato alcun superamento dei limiti normativi previsti: il livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e il livello d'informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria (Figura 28, Figura 29). Per fare valutazioni più corrette su questo parametro occorrerà attendere la campagna durante la stagione primaverile/estiva che risulta più critica per questo inquinante, in cui la concentrazione di ozono può raggiungere valori molto alti e superare più volte i limiti di legge. La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni¹.

Nel caso della campagna di misura nel comune di Borgone non sarà possibile applicare completamente questo limite normativo avendo a disposizione al massimo un paio di mesi di misurazioni - il fatto che non si registrino più di 25 superamenti nel periodo di indagine non significa infatti che un campionamento esteso a tutto l'anno non avrebbe comunque portato ad uno sfioramento del limite di legge. L'ozono d'altronde, data la sua origine secondaria, è un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

¹ Il primo valore di confronto verrà quindi calcolato nel 2013 in riferimento al triennio 2010-2012.(D.Lgs. 155/2010 All VII.2 nota(1))

Tabella 13 – Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/m³)

Minima media giornaliera	7
Massima media giornaliera	66
Media delle medie giornaliere (b):	20
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	86%
Media dei valori orari	20
Massima media oraria	82
Ore valide	618
Percentuale ore valide	89%
Minimo medie 8 ore	5
Media delle medie 8 ore	20
Massimo medie 8 ore	78
Percentuale medie 8 ore valide	88%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0
<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 28– O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

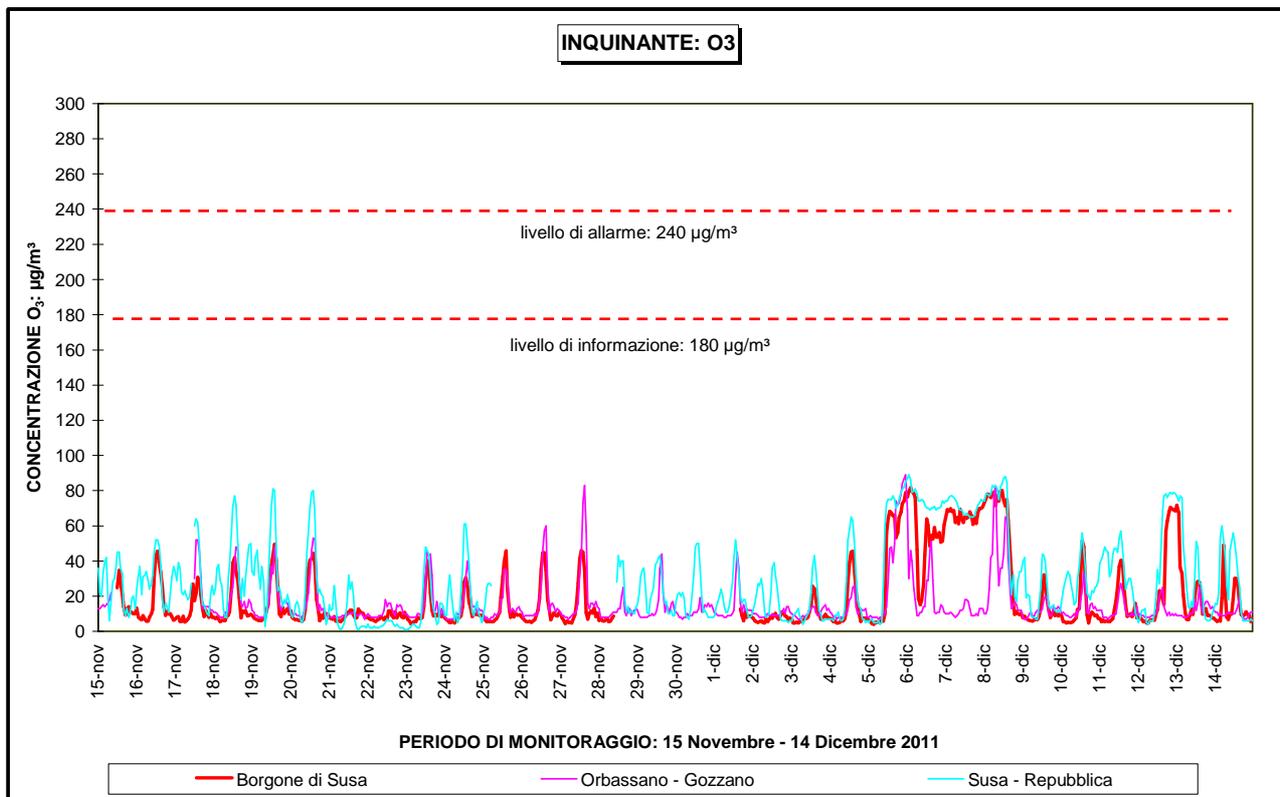
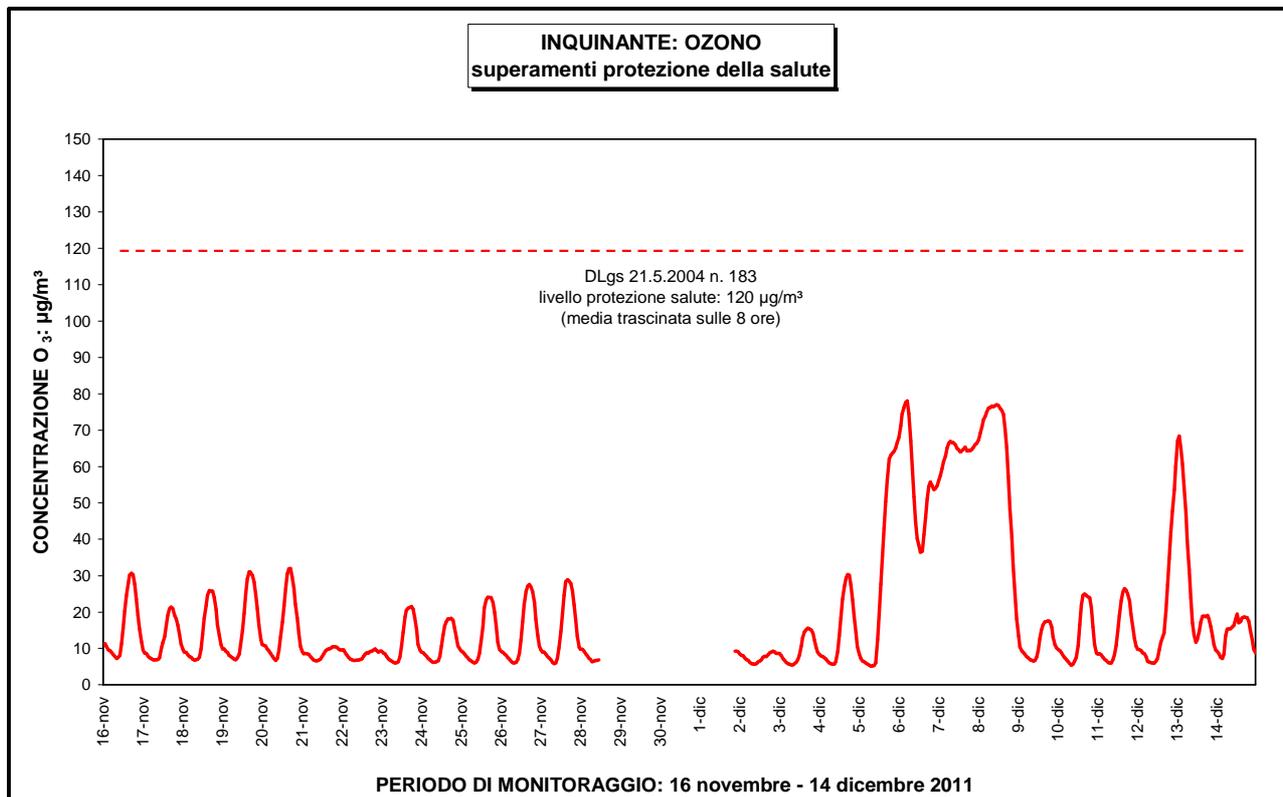


Figura 29– O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria rilevato durante la campagna invernale condotta con il Laboratorio Mobile nel Comune di Borgone di Susa è equivalente a quello osservato in stazioni di fondo suburbano afferenti alla rete di monitoraggio della provincia di Torino, con livelli ed andamenti simili.

Per i parametri biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono non vi sono stati superamenti delle soglie di allarme previste dal D.Lgs 155/2010.

Inoltre, durante il periodo di monitoraggio sono stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto e il benzene.

Al termine della seconda campagna saranno disponibili circa due mesi di monitoraggio, per cui per il biossido di azoto non sarà possibile verificare correttamente il rispetto del limite legislativo su base annuale, sarà tuttavia effettuata una stima del livello medio annuale per verificare lo stato di qualità dell'aria per questo inquinante rispetto alle altre stazioni della rete.

Per valutazioni più precise sul parametro ozono occorre attendere i dati della campagna primaverile/estiva che tipicamente è la più critica per questo inquinante.

L'inquinante che mostra una certa criticità è il PM10, tipico del periodo invernale, durante i 30 giorni di monitoraggio si sono registrati 22 superamenti del livello di protezione della salute calcolato come media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Solo durante le giornate caratterizzate da instabilità atmosferica con episodi di vento *foehn*, vi è stato un allontanamento delle polveri ed il rispetto del valore limite. Come mostrato nei grafici del capitolo dedicato, la criticità di questo parametro accomuna gran parte del territorio provinciale, e il valore medio di PM10 registrato a Borgone è simile a quello di stazioni suburbane di fondo, mentre in quelle metropolitane i valori medi sono nettamente maggiori.

Per ciò che concerne i dati relativi al flusso di traffico veicolare sulla strada statale oggetto di monitoraggio, infine, si ritiene necessario aspettare gli esiti delle misurazioni che verranno svolte anche nella prossima campagna per presentare i risultati sui volumi di traffico complessivo nell'area in esame e valutare se ci sono correlazioni con gli andamenti degli inquinanti misurati.

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**

Gas Cromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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