

**STRUTTURA COMPLESSA 06 “Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino”
Struttura Semplice 06.02 “Attività di Produzione”**

OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI BARDONECCHIA - SITI AUTOSTRADA E LAGHETTO CAMPO SMITH (GIUGNO LUGLIO 2008 - GENNAIO FEBBRAIO 2009)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data:	Firma:
Verifica	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. 06.02 Nome: dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:
Approvazione	Funzione: Responsabile S.S. 06.02 Nome: dott. Carlo Bussi	Data:	Firma:

La Stazione Mobile di rilevamento della qualità dell'aria è messa a disposizione dall'Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna della Provincia di Torino.

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.a Marilena Maringo, ing. Milena Sacco, sig. Francesco Romeo, dott. Marco Pace, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida

Le determinazioni analitiche sono state effettuate dal Laboratorio Strumentale di Gascromatografica / HPLC - Assorbimento Atomico / I.C.P. della SC 02 di Arpa Piemonte.

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>5</i>
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	<i>7</i>
<i>Il quadro normativo</i>	<i>7</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	<i>11</i>
<i>Elaborazione dati meteorologici</i>	<i>13</i>
<i>Elaborazioni dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....</i>	<i>29</i>
Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	29
Giorno medio.....	29
Biossido di zolfo	31
Monossido di carbonio	37
Ossidi di azoto.....	42
Ozono.....	57
Benzene e Toluene	68
Particolato Sospeso (PM10).....	77
CONCLUSIONI	82
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	83

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 gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2007", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, e inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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

Tabella 1

INQUINANTE	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL	EMISSIONI INDUSTRIALI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATI CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATI 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 è realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

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

Il laboratorio mobile 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 campionatori 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 prevede limiti per gli inquinanti quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

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

- **Valori 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 a adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti all'ozono previste dal d.p.c.m. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

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

Nella Tabella 2 e Tabella 3 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 2007".

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 espresso come 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	OBIETTIVO DI QUALITA' (D.M. 25/11/94)	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:- Decreto Ministeriale n. 60 aprile 2002

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-05
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-05
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-01
		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-10
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-10
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-01
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-05
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-05
PARTICELLE (PM10) FASE 1	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-05
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-05
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-10

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Bardonecchia, promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino, è stata finalizzata al controllo della qualità dell'aria, in seguito alla richiesta del Comune (Vs. Protocollo n°. 4751 del 8-04-2008, Ns. protocollo n° 42696 del 10-04-2008) in cui è stato richiesto di effettuare una campagna di monitoraggio d'inquinamento dell'aria in due siti che erano già stati oggetti di precedenti misure di qualità dell'aria

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico sono stati confermati come idonei al posizionamento della stazione mobile i seguenti siti:

Sito autostrada *Via Germano Sommeiller adiacente all'imbocco tunnel ferroviario.*

Sito laghetto campo Smith *Via Mallen (Area Comunale Laghetto).*

In Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Bardonecchia l'indicazione dei siti nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle campagne di monitoraggio.

Va rilevato che i dati acquisiti nel corso delle campagne effettuate con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici in riferimento ai valori limite previsti dalla normativa per la qualità dell'aria, secondo la quale (allegato X DM 60/2002, allegato VII D Lgs 183/2004) un monitoraggio mediante misurazione in continuo deve garantire una copertura temporale su base annuale del 90%, attuabile solo mediante il posizionamento di stazioni fisse.

I dati presentati forniscono quindi unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi delle campagne dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette inoltre di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

La campagna estiva è stata condotta nel sito autostrada tra il **18 giugno e il 7 luglio 2008** (20 giorni) nel sito laghetto campo Smith tra il **9 e il 28 luglio 2008** (20 giorni). Il monitoraggio invernale è stato eseguito nel periodo **23 gennaio 11 febbraio 2009** (20 giorni) nel sito laghetto, mentre nel sito autostrada si è svolto tra il **13 febbraio e il 5 marzo 2009** (21 giorni). Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state eseguite considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Elaborazione dati meteorologici

In questo paragrafo vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante i periodi di monitoraggio :valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Bardonecchia sito **autostrada** (Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9).

**dati meteorologici registrati nei periodi
 (18/06/08 - 7/07/08 e 13/02/09 – 5/03/09)**

Tabella 4 Parametro: Temperatura aria (gradi centigradi)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	14.3	-6.8
Massima media giornaliera	20.0	7.3
Media delle medie giornaliere	17.5	-0.1
Giorni validi	18	20
Percentuale giorni validi	90%	95%
Media dei valori orari	17.5	-0.1
Massima media oraria	26.4	11.6
Ore valide	456	480
Percentuale ore valide	95%	95%

Tabella 5: Parametro: Velocità Vento (metri/secondo)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	0.9	0.7
Massima media giornaliera	1.7	2.6
Media delle medie giornaliere	1.3	1.6
Giorni validi	18	20
Percentuale giorni validi	90%	95%
Media dei valori orari	1.4	1.6
Massima media oraria	3.6	4.6
Ore valide	455	488
Percentuale ore valide	95%	97%

Tabella 6: Parametro: Umidità Relativa (percentuale)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	45	38
Massima media giornaliera	80	89
Media delle medie giornaliere	64	54
Giorni validi	18	20
Percentuale giorni validi	90%	95%
Media dei valori orari	65	54
Massima media oraria	95	95
Ore valide	456	480
Percentuale ore valide	95%	95%

Tabella 7: Parametro: Pressione (mbar)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	869	835
Massima media giornaliera	881	874
Media delle medie giornaliere	876	865
Giorni validi	18	21
Percentuale giorni validi	90%	100%
Media dei valori orari	876	865
Massima media oraria	882	875
Ore valide	456	504
Percentuale ore valide	95%	100%

Tabella 8: Radiazione Solare Globale (W/m²)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	102	24
Massima media giornaliera	346	188
Media delle medie giornaliere	293	148
Giorni validi	18	21
Percentuale giorni validi	90%	100%
Media dei valori orari	294	148
Massima media oraria	981	747
Ore valide	456	504
Percentuale ore valide	95%	100%

Tabella 9: Radiazione Solare Netta (W/m²)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	21	-123
Massima media giornaliera	147	-18
Media delle medie giornaliere	119	-60
Giorni validi	18	21
Percentuale giorni validi	90%	100%
Media dei valori orari	120	-60
Massima media oraria	531	321
Ore valide	456	504
Percentuale ore valide	95%	100%

In questo paragrafo vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante i periodi di monitoraggio :valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Bardonecchia sito **laghetto campo Smith** (Tabella 10 Tabella 11 Tabella 12, Tabella 13, Tabella 14 , Tabella 15).

**dati meteorologici registrati nei periodi
 (09/07/08 - 28/07/08 e 23/01/09 – 11/02/09)**

Tabella 10: Parametro: Pressione (mbar)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	872	842
Massima media giornaliera	883	866
Media delle medie giornaliere	875	854
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	875	854
Massima media oraria	884	867
Ore valide	310	428
Percentuale ore valide	65%	89%

Tabella 11: Radiazione Solare Globale (W/m²)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	71	7
Massima media giornaliera	306	134
Media delle medie giornaliere	260	68
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	273	65
Massima media oraria	882	582
Ore valide	310	428
Percentuale ore valide	65%	89%

Tabella 12: Radiazione Solare Netta (W/m²)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	12	-22
Massima media giornaliera	117	15
Media delle medie giornaliere	96	-1
Giorni validi	10	15
Percentuale giorni validi	50%	75%
Media dei valori orari	108	-1
Massima media oraria	597	257
Ore valide	310	379
Percentuale ore valide	65%	79%

Tabella 13 Parametro: Temperatura aria (gradi centigradi)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	13.1	-5.9
Massima media giornaliera	16.6	0.5
Media delle medie giornaliere	14.6	-2.2
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	14.9	-2.2
Massima media oraria	24.1	7.5
Ore valide	309	428
Percentuale ore valide	64%	89%

Tabella 14:Parametro: Velocità Vento (metri/secondo)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	0.3	0.3
Massima media giornaliera	1.8	1.4
Media delle medie giornaliere	1.2	0.7
Giorni validi	10	10
Percentuale giorni validi	50%	50%
Media dei valori orari	1.1	0.7
Massima media oraria	4.7	2.3
Ore valide	309	287
Percentuale ore valide	64%	60%

Tabella 15: Parametro: Umidità Relativa (percentuale)

	Estiva	Invernale
Minima media giornaliera	49	47
Massima media giornaliera	83	94
Media delle medie giornaliere	60	73
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	60	73
Massima media oraria	93	95
Ore valide	309	428
Percentuale ore valide	64%	89%

***Elaborazione grafica dei dati meteorologici registrati nel periodo (18/06/08 - 3/07/08 e
13/02/09 – 5/03/09) Sito autostrada***

Le rose dei venti del monitoraggio invernale non sono inserite nella relazione perché le basse temperature hanno ridotto la mobilità dell'asta che misura la direzione del vento, per cui le percentuali di dati validi sono risultate per il sito autostrada del 46% e per il sito laghetto campo Smith del 34%. Le rose dei venti risultano quindi inficiate dalla mancanza di dati di direzione vento i numero statisticamente significativo

Figura 2: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

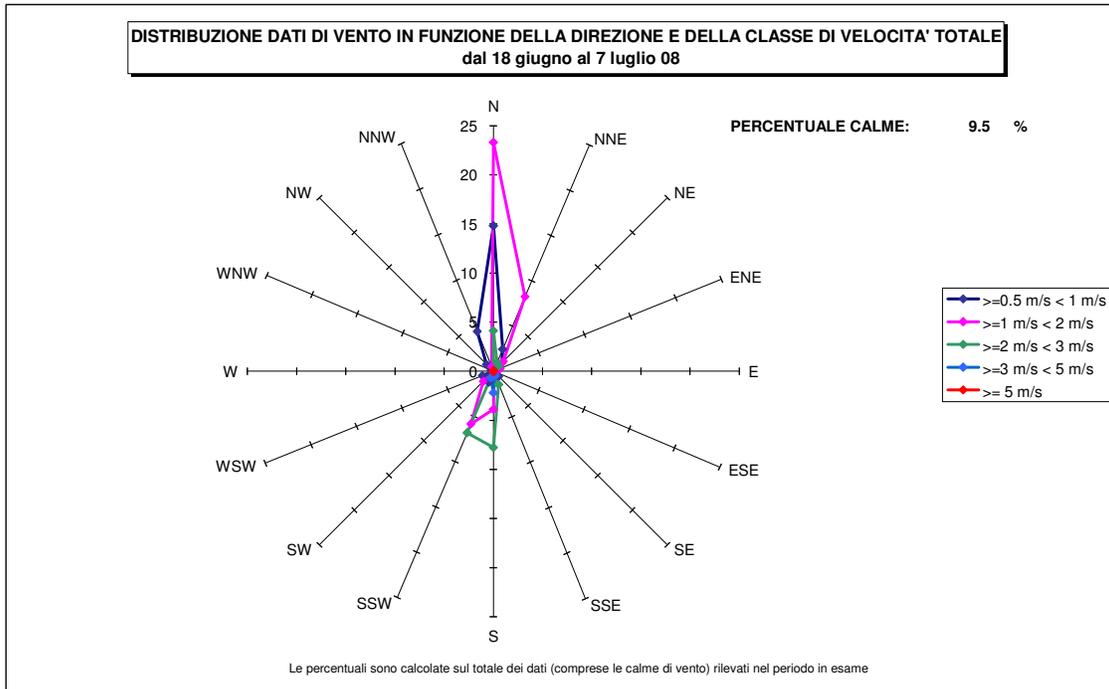


Figura 3: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità diurna

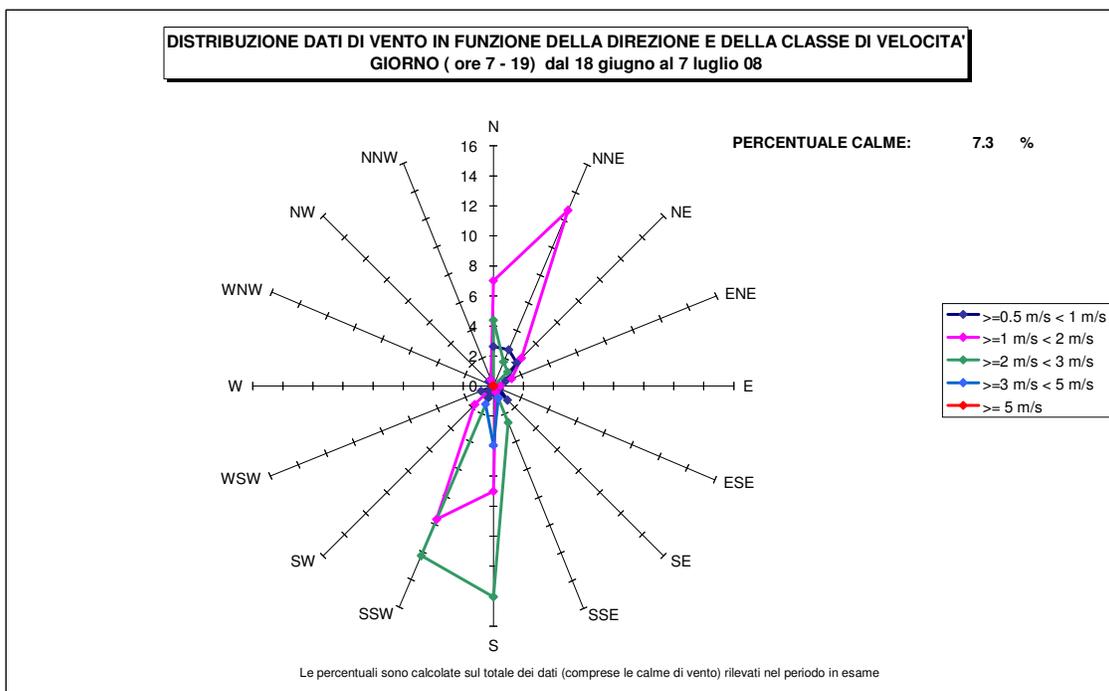


Figura 4: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notturna

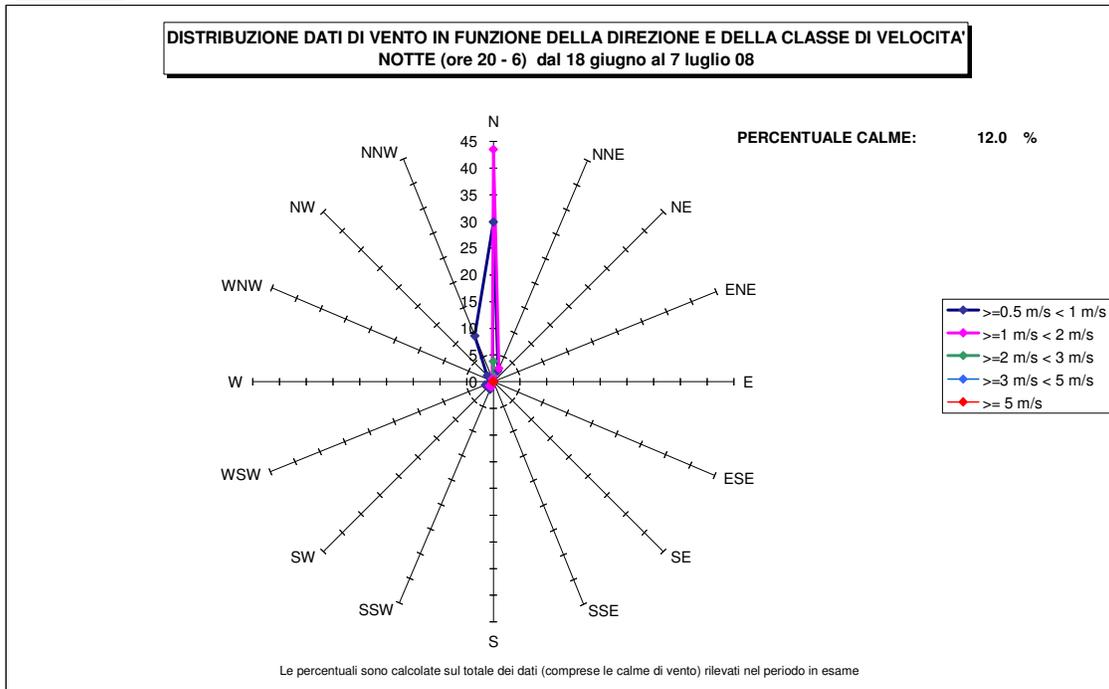


Figura 5: Parametro Velocità Vento

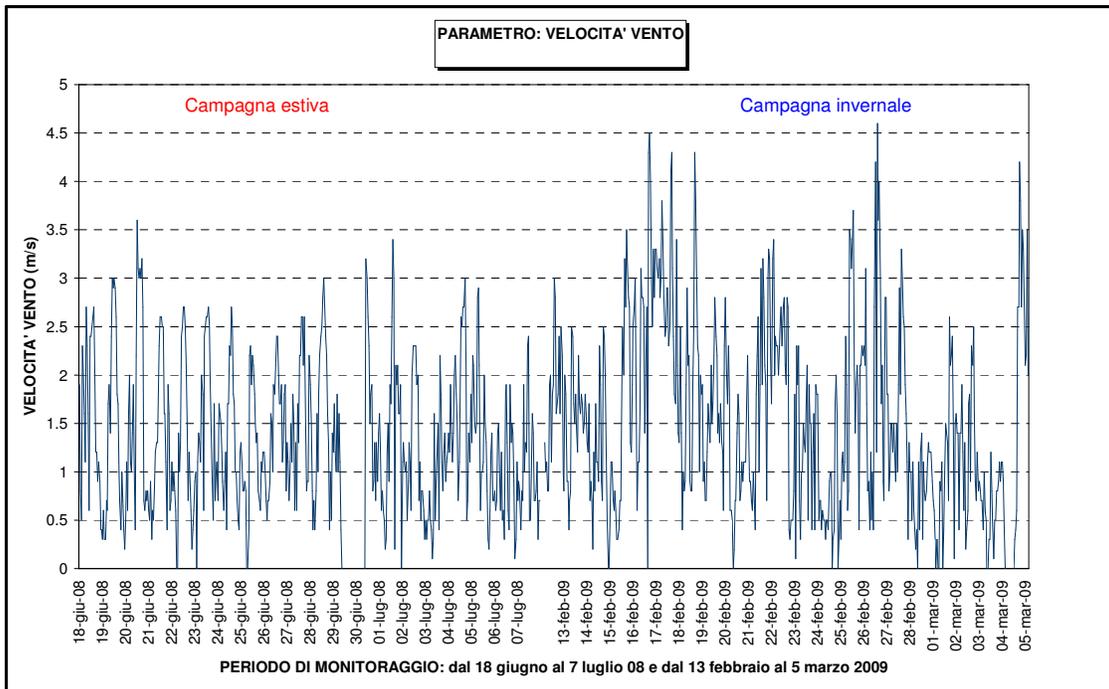


Figura 6: Pressione Atmosferica

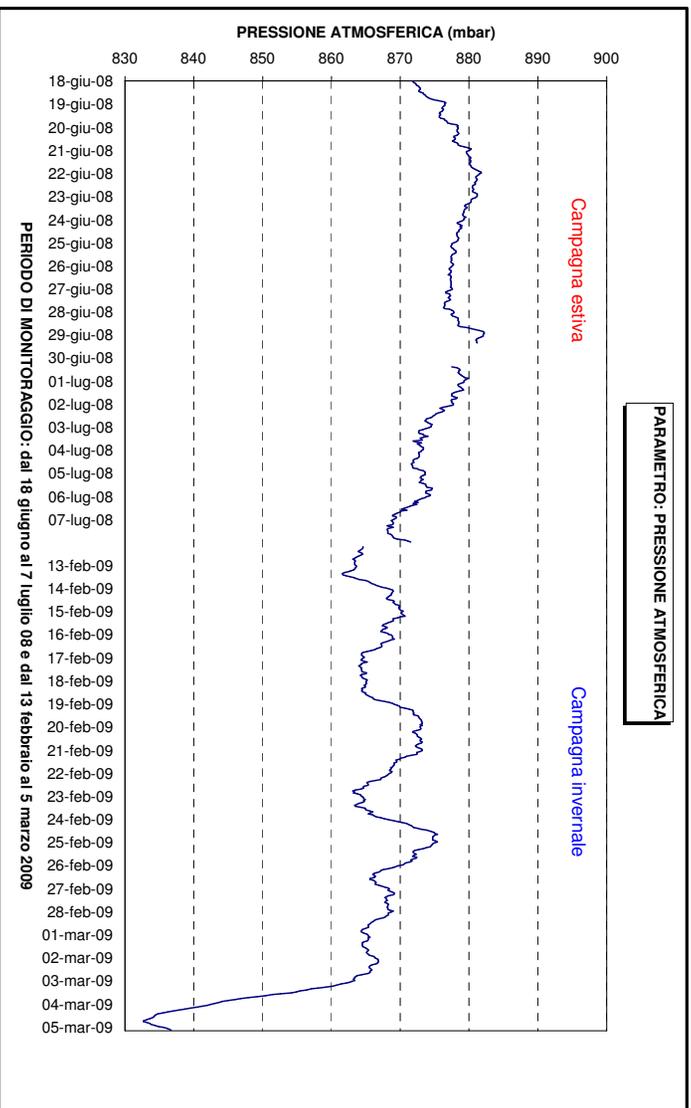


Figura 7: Umidità Relativa

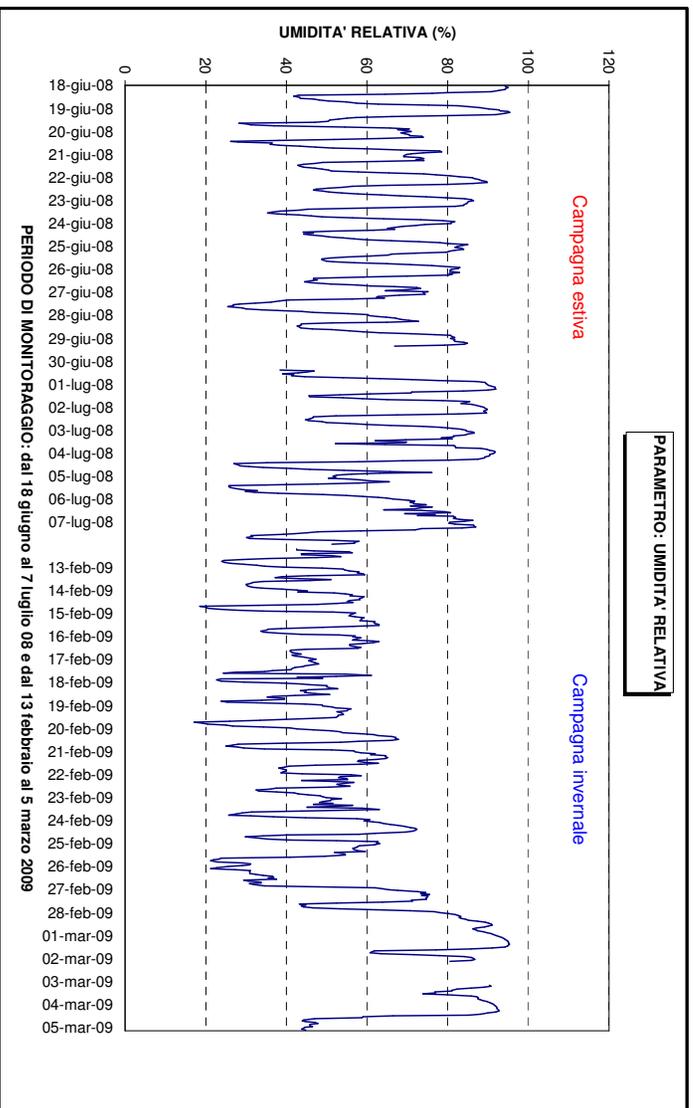


Figura 8: Temperatura aria

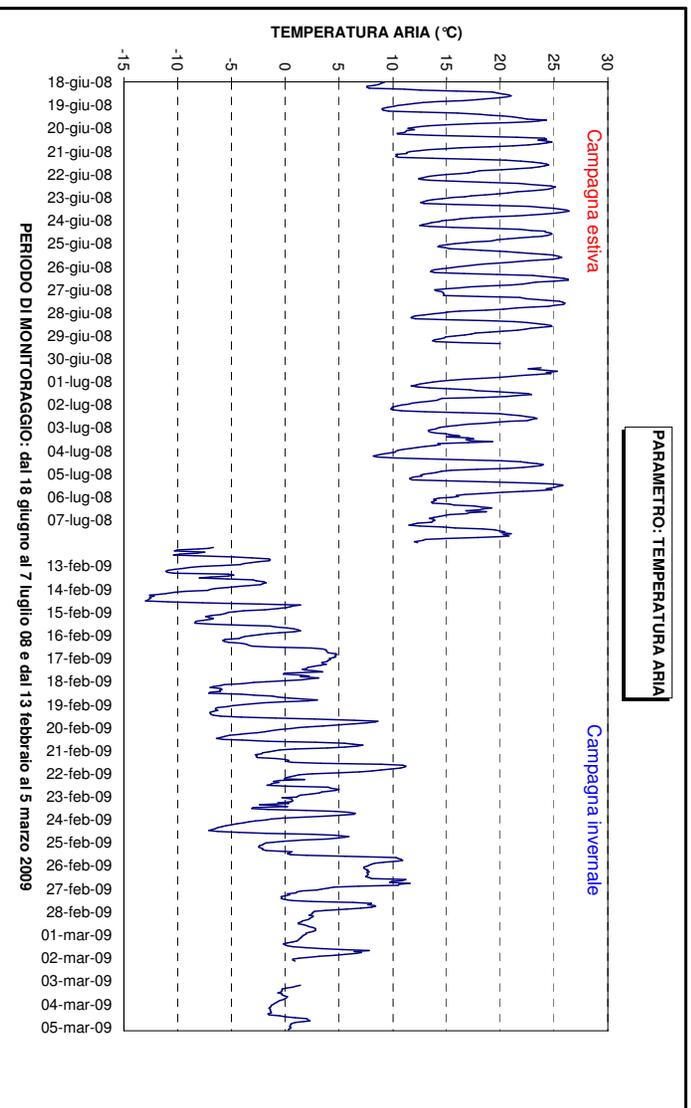


Figura 9: Radiazione Solare Globale

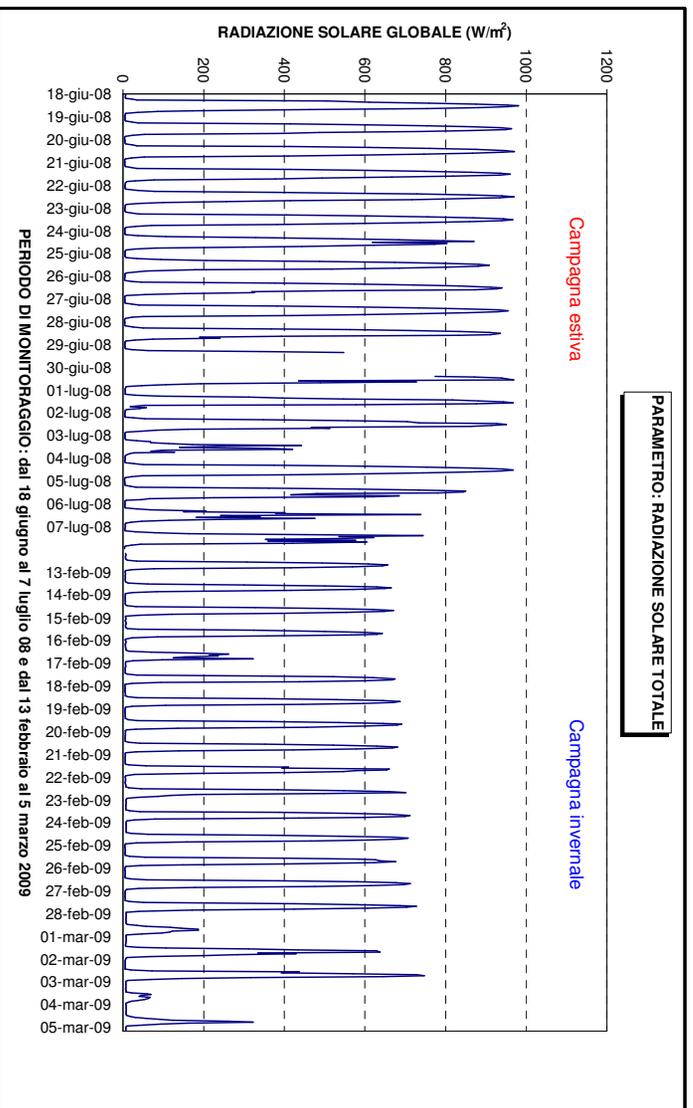
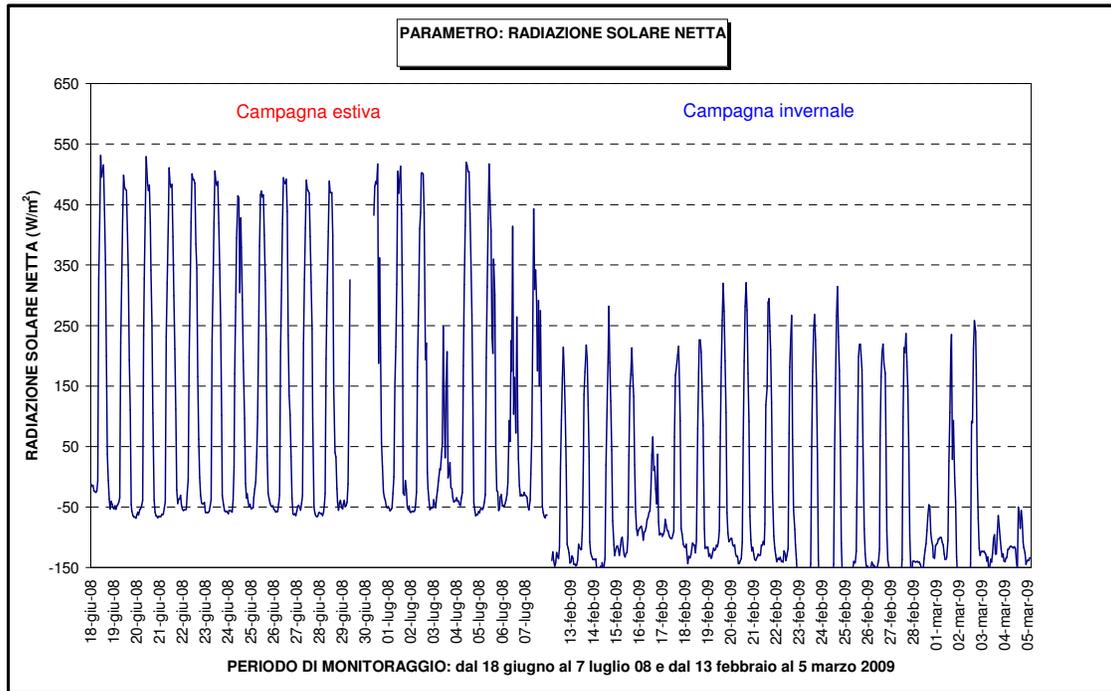


Figura 10: Radiazione Solare Netta



Elaborazione grafica dei dati meteorologici registrati nel periodo (09/07/08 - 28/07/08) e (23/01/09 – 11/02/09) Sito laghetto campo Smith

Anche per questo sito le rose dei venti periodo invernale sono inficiati dalla bassa percentuale di dati validi e non vengono quindi riportate

Figura 11: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

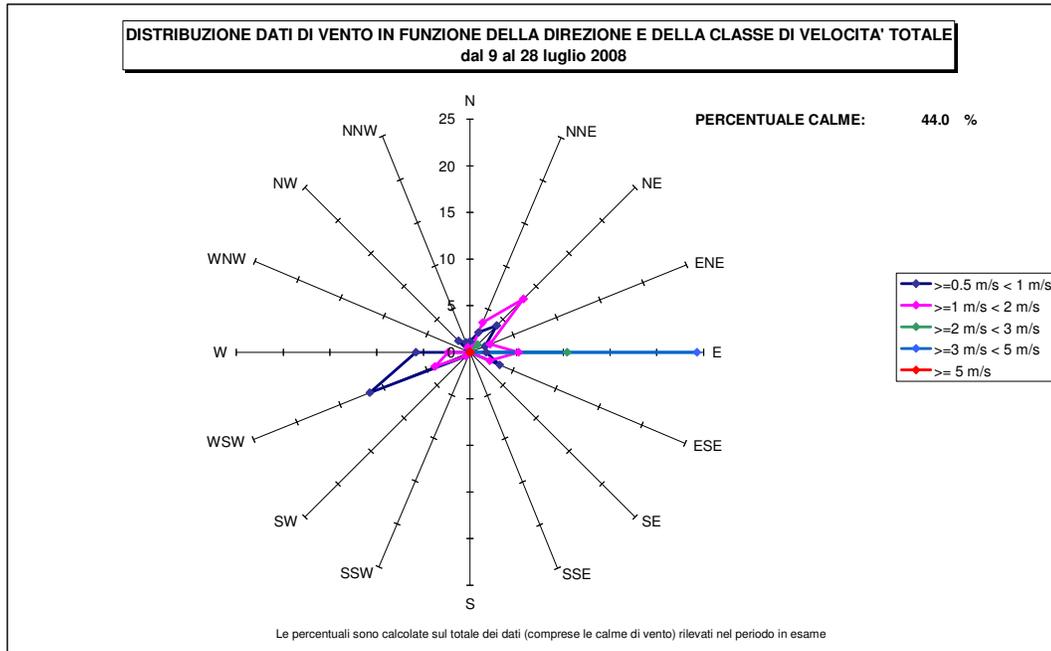


Figura 12: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità diurna

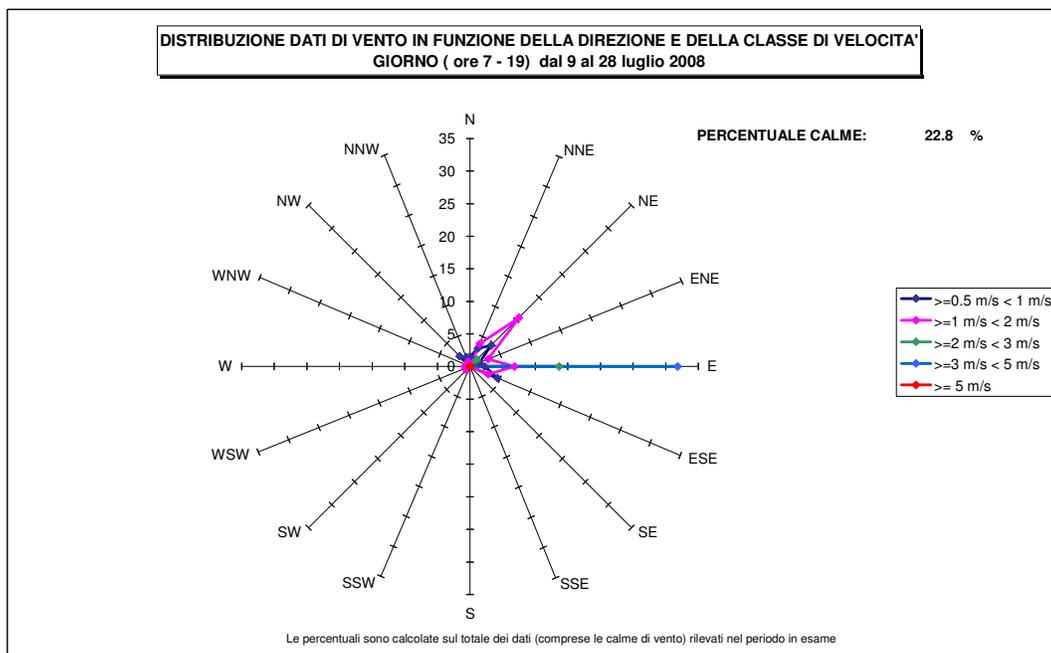


Figura 13: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notturna

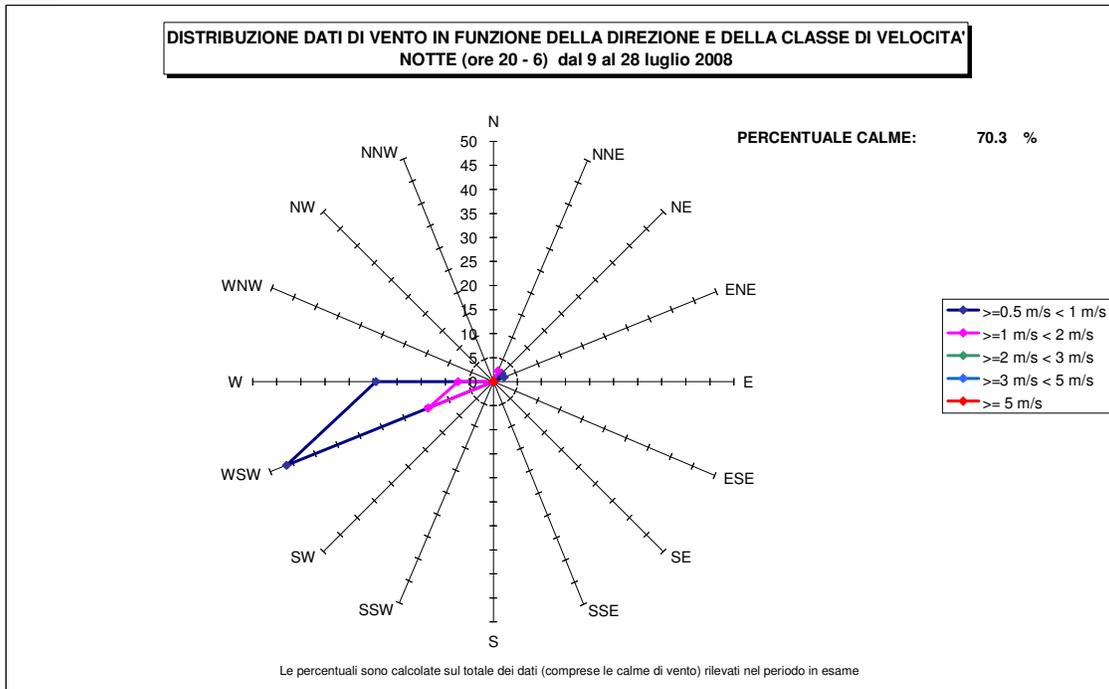


Figura 14: Parametro Velocità Vento

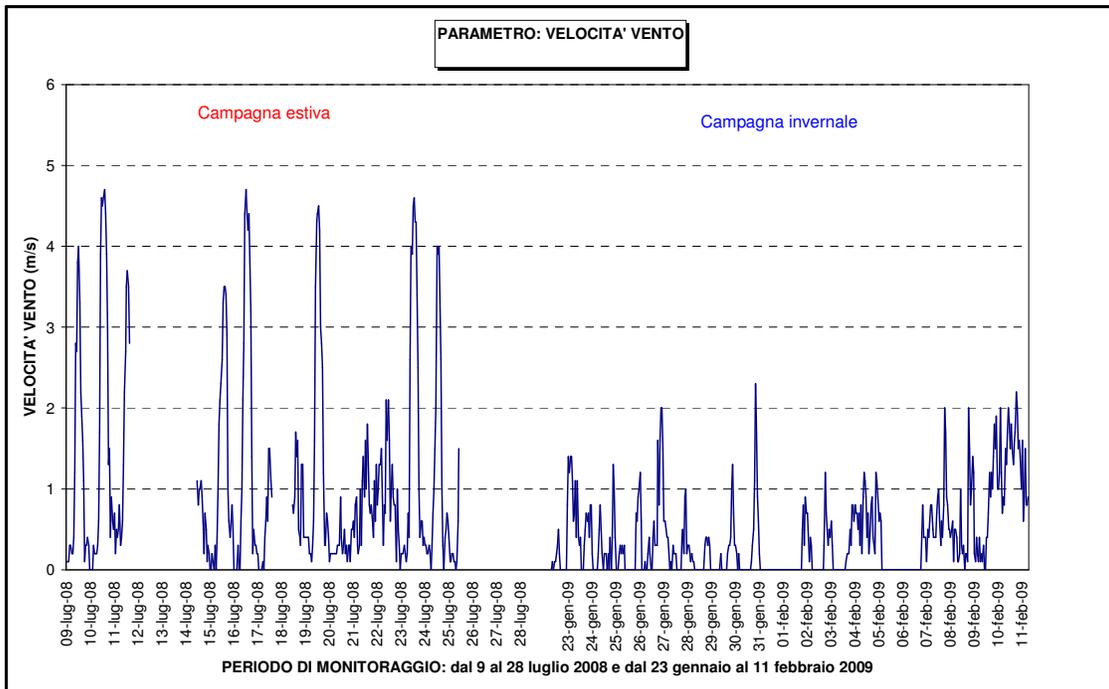


Figura 15: Pressione Atmosferica

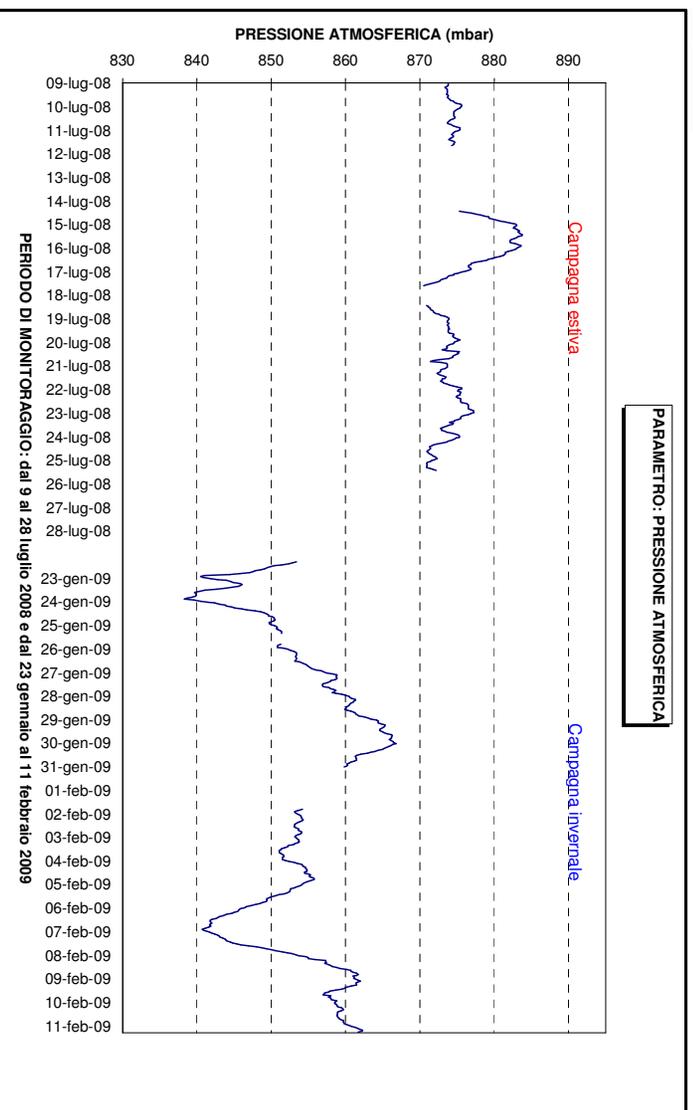


Figura 16: Umidità Relativa

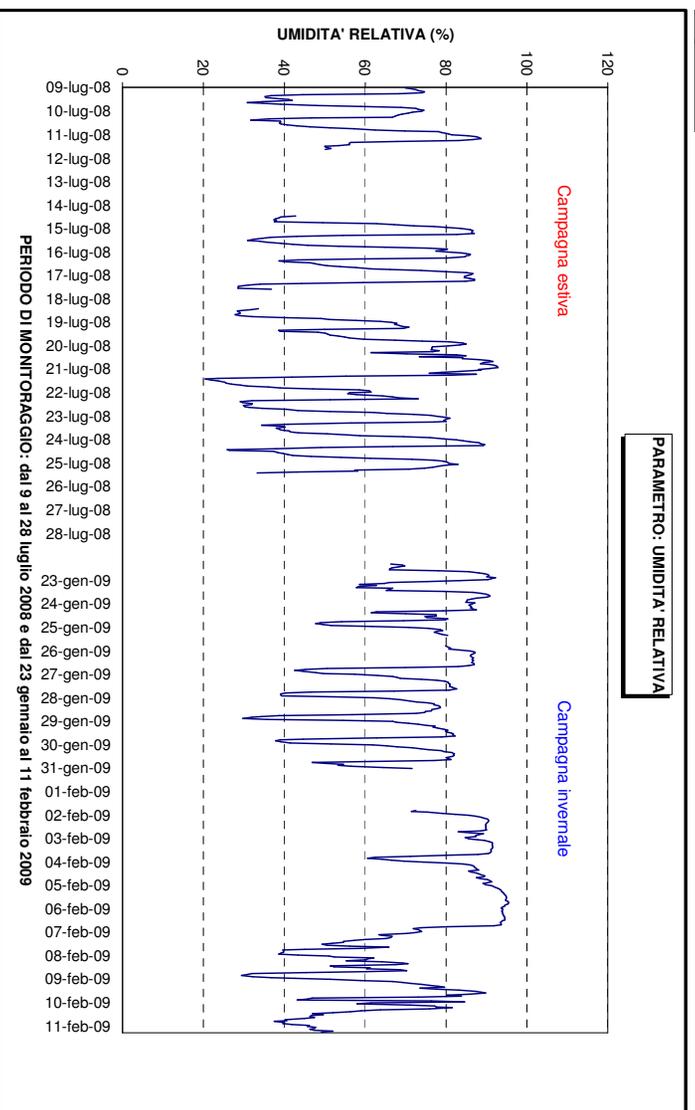


Figura 17: Temperatura aria

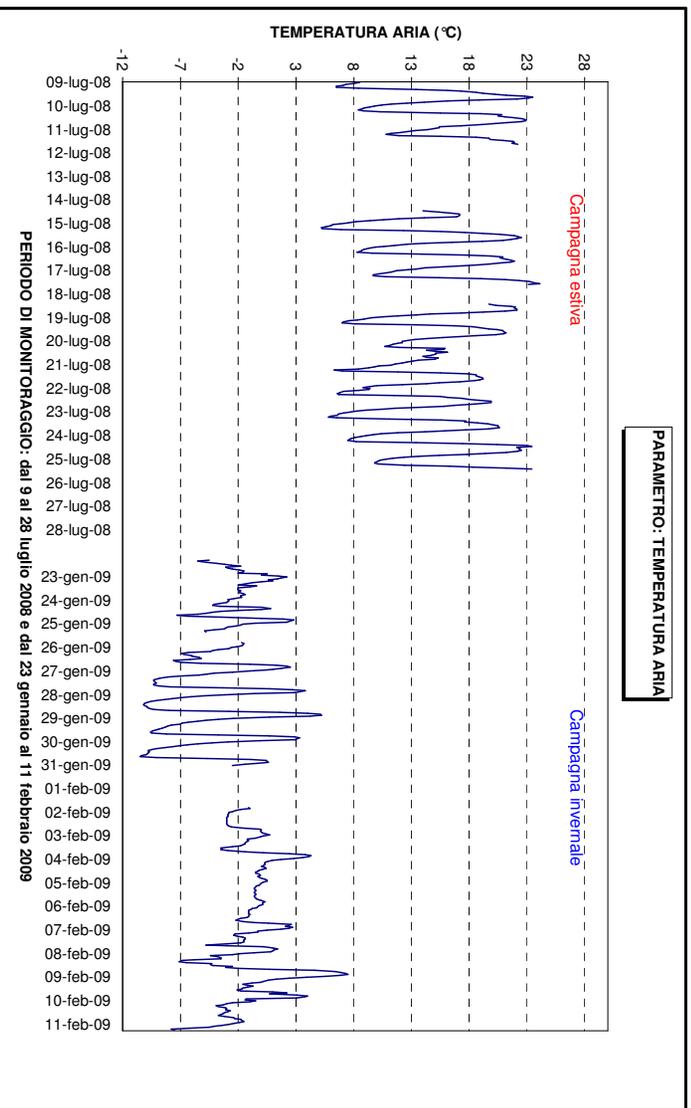


Figura 18: Radiazione Solare Globale

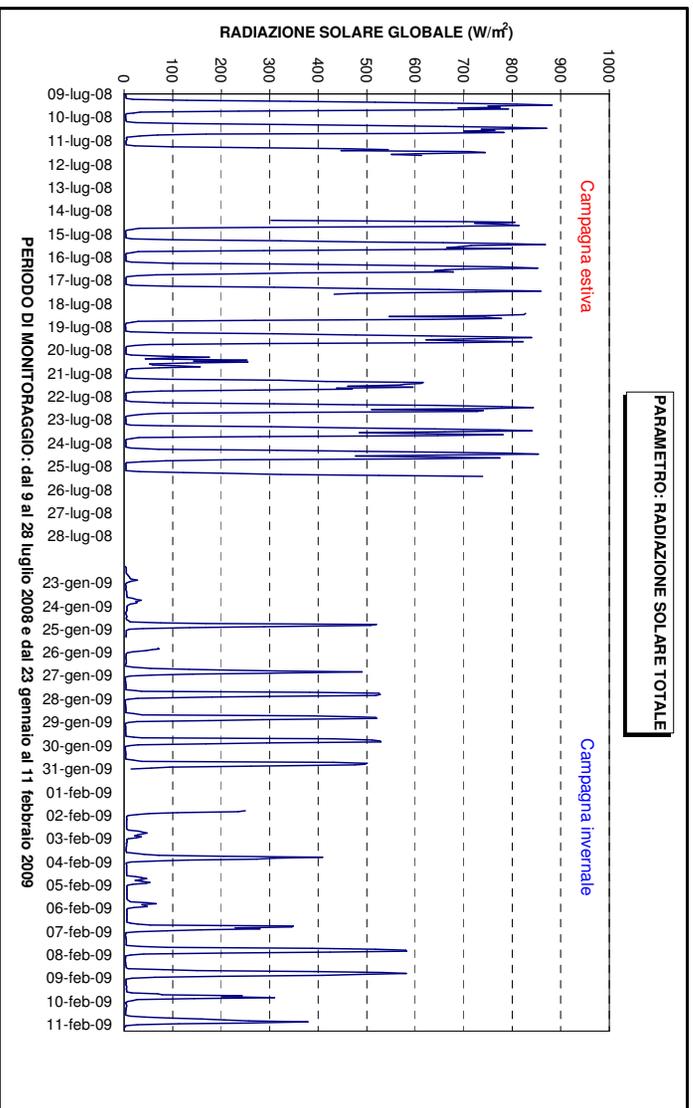
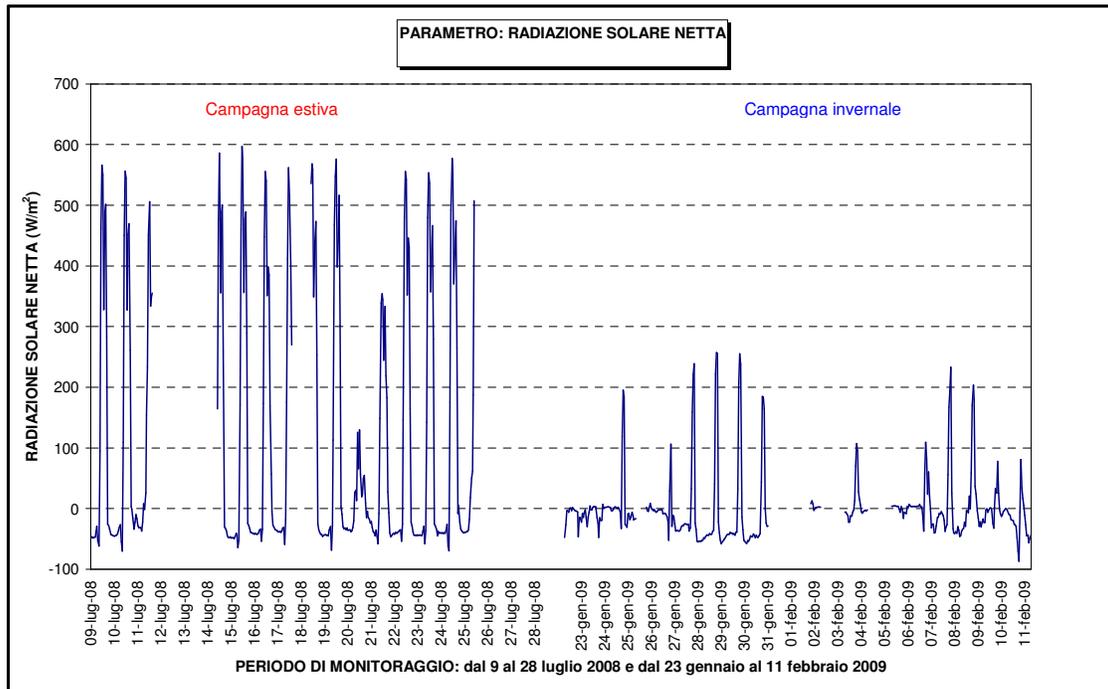


Figura 19: Radiazione Solare Netta



II
IL

regime di vento di Bardonecchia è influenzato nelle sue componenti direzionali dalla presenza della valle di Rochemolles e della valle di Fosse, le quali come ogni valle montana, sono caratterizzate da un regime del vento caratteristico con ciclo giornaliero, il fenomeno dà origine alla brezza di valle e alla brezza di monte.

Brezza di valle: al mattino le pareti dei monti si scaldano per effetto dell'insolazione e l'aria ad essi adiacente si riscalda, forma cumuli e sale lungo i pendii e la valle. Questa brezza ascendente di aria calda è fortemente turbolenta con capacità di diluizione effettiva degli inquinanti e ha uno spessore notevole (circa 100 metri).

Brezza di monte: di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne. Questa brezza discendente è una lama d'aria molto sottile (circa 10 metri di spessore) che scende lungo i fianchi delle montagne verso il centro della valle e poi si dirige verso lo sbocco della valle stessa con velocità in funzione della pendenza del fondo valle.

Quando vi è una situazione di vento di valle che trascina in quota gli inquinanti vi è un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota che disperdono gli inquinanti; questa situazione è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle. E' importante osservare che la configurazione e la direzione di tali brezze non sono necessariamente conformi con il vento di quota che sposta le masse su grande scala territoriale.

La situazione sopra descritta è comprovata nella campagna di monitoraggio di Bardonecchia sito autostrada periodo estivo con i grafici di velocità del vento [Figura 5](#) e [Figura 2](#): in questi due grafici è evidente la ciclicità diurna e notturna dei due parametri, in

particolare la Figura 2 (Rosa dei venti totale), evidenzia come il vento abbia due direzioni dominanti dovuta alla presenza della valle di Rochemolles, durante il giorno da sud – sud – ovest e con una componente di minore intensità (classe di velocità da 1 a 2 m/s) da nord – nord est. La notte il vento spira da nord.

Nel periodo invernale la mancanza di dati di direzione del vento non ha permesso il calcolo della rosa dei venti per il periodo considerato; è però prevedibile che la rosa dei venti non subisca variazioni significative in quanto nelle valli alpine il fattore determinante è l'orografia della valle.

Nel sito laghetto campo Smith l'intensità e la direzione del vento sono influenzate dalla vicina valle di Fosse, con i grafici di Figura 11 e Figura 14 si osserva che la direzione del vento durante il giorno è da est e in misura minore da nord est, durante la notte il vento spira da ovest sud ovest e da ovest.

I valori di velocità del vento riportati in Tabella 5 indicano che la massima media oraria registrata nel comune di Bardonecchia sito autostrada è di 3,6 m/s e la media dei valori orari è di 1,4 m/s .

Con la Tabella 14 osserviamo che nel sito del laghetto campo Smith la massima media oraria della velocità del vento è stata di 4,7 m/s e la media dei valori orari di 1,1 m/s.

Anche in questo sito nel periodo invernale la mancanza di dati di direzione del vento ha reso impossibile il calcolo della rosa dei venti.

Elaborazioni dei dati riguardanti gli inquinanti atmosferici

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori durante le campagne di monitoraggio nel comune di Bardonecchia.

Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10

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://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, su assi 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 y rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio, e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio: questo si ottiene calcolando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 1.00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1.00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In

grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di 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 percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6-7 %) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento domestico non a metano.

Gli effetti del biossido di zolfo sulla salute sono rappresentati da irritazione agli occhi e alle vie respiratorie, mentre nell'ambiente, reagendo con ossigeno e molecole di acqua, contribuisce all'acidificazione delle piogge con conseguenze negative per i corpi idrici e per i beni materiali.

Nel comune di Bardonecchia si osservano concentrazioni di biossido di zolfo molto contenute; infatti, durante la campagna di rilevamento i valori orari sono di alcuni µg/m³, il massimo valore giornaliero nel sito autostrada è stato di 2 µg/m³ nel periodo estivo mentre nel corso della campagna di monitoraggio invernale è pari a 8 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), che corrisponde al 6,4 % del limite giornaliero per la protezione della salute (125 µg/m³). Il valore massimo orario è pari a 10 µg/m³ nel sito autostrada e 3 µg/m³ nel sito laghetto durante la campagna estiva mentre in quella invernale la massima media oraria è stata di 23 µg/m³ nel sito autostrada e 11 µg/m³ nel sito laghetto quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. Durante la campagna invernale i valori riscontrati sono lievemente maggiori rispetto il monitoraggio estivo aumento dovuto all'apporto del riscaldamento domestico.

Dai dati riportati in [Figura 20](#) e [Figura 21](#) e [Tabella 16](#) e [Tabella 17](#) si osserva il non superamento dei limiti previsti dalla normativa.

Limitatamente alla campagna estiva notiamo dal confronto dei giorni medi per l'SO₂ che nel sito autostrada vi è un innalzamento dei valori dalle ore 15 alle ore 18 innalzamento riscontrato su tutti i parametri da traffico veicolare monitorati.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Tabella 16: Parametro: Biossido di Zolfo sito autostrada (microgrammi/ metro cubo)

SO ₂	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	1	2
Massima media giornaliera	2	8
Media delle medie giornaliere	2	4
Giorni validi	17	19
Percentuale giorni validi	85%	90%
Media dei valori orari	2	4
Massima media oraria	10	23
Ore valide	447	455
Percentuale ore valide	93%	90%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Tabella 17: Parametro: Biossido di Zolfo sito laghetto campo Smith (microgrammi/ metro cubo)

SO ₂	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	1	2
Massima media giornaliera	2	6
Media delle medie giornaliere	2	3
Giorni validi	10	16
Percentuale giorni validi	50%	80%
Media dei valori orari	2	3
Massima media oraria	3	11
Ore valide	308	412
Percentuale ore valide	64%	86%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 22: SO₂ sito autostrada andamento medie orarie e confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.

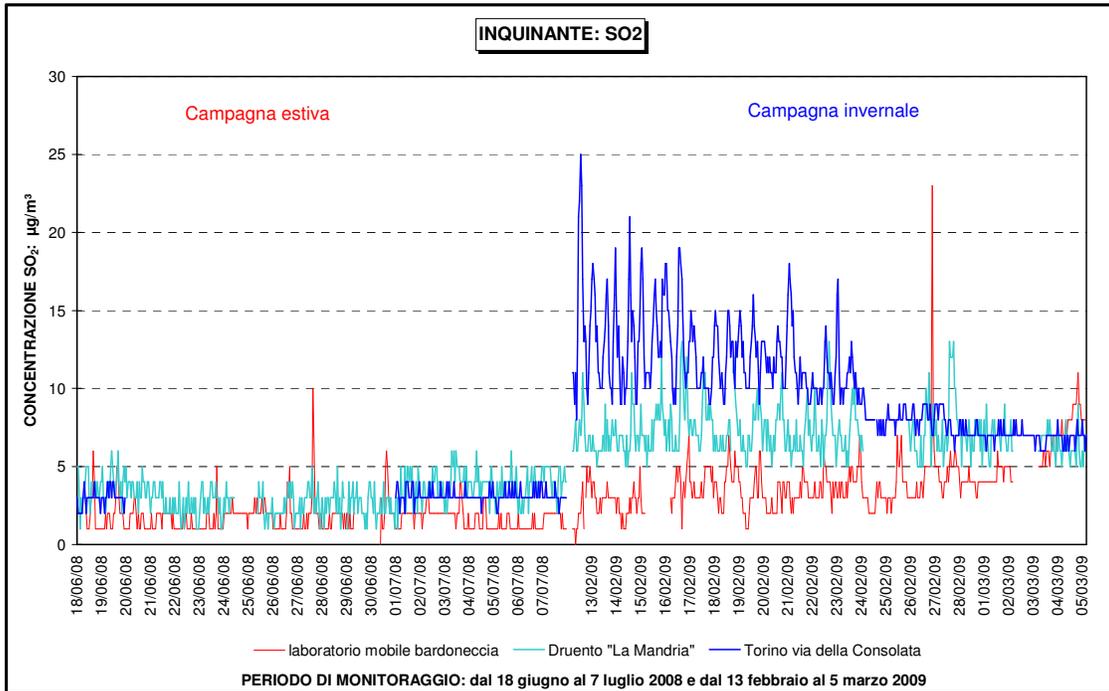


Figura 23: SO₂ sito laghetto andamento medie orarie e confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.

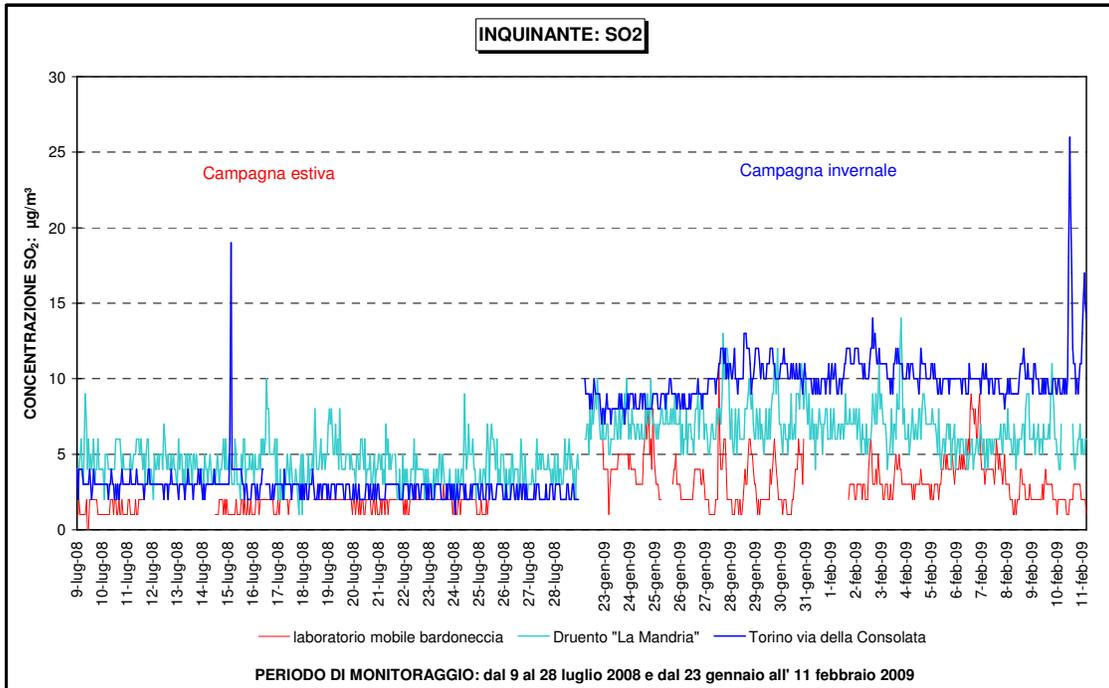


Figura 24: periodo estivo sito autostrada SO₂ giorno medio confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.

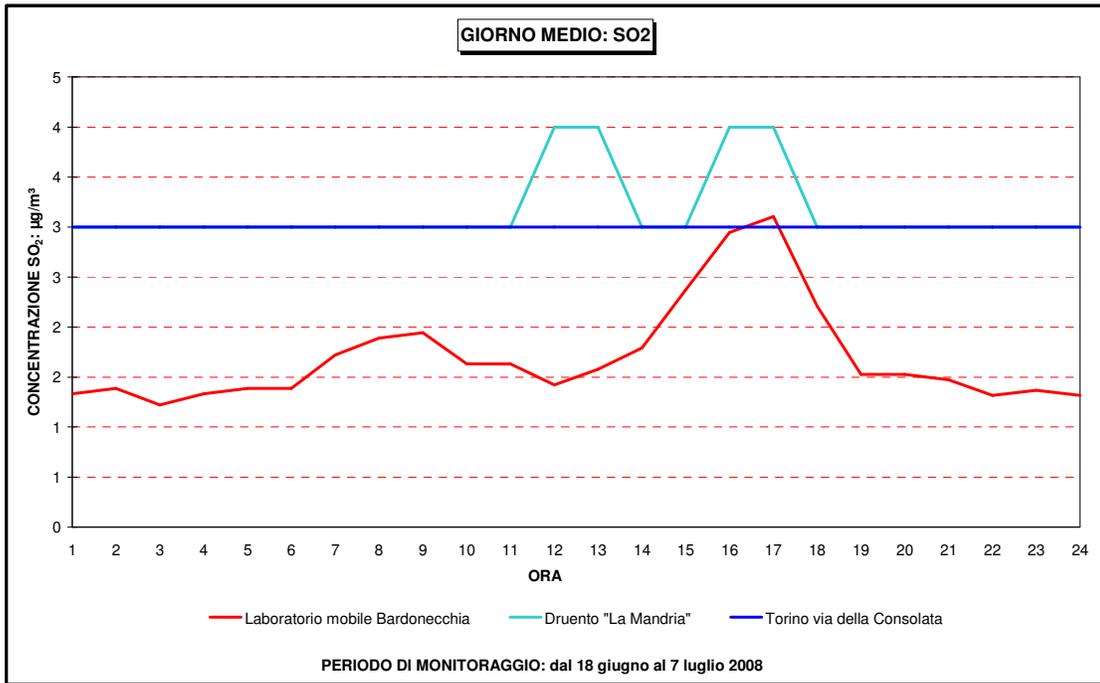


Figura 25: campagna estiva sito laghetto SO₂ giorno medio confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.

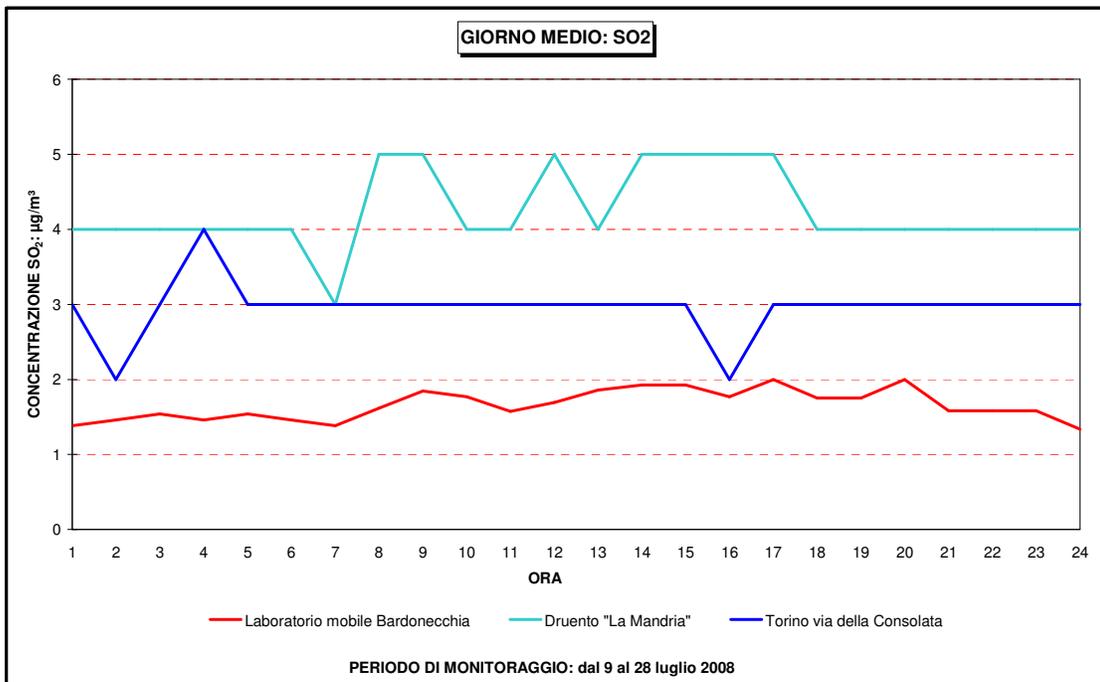


Figura 26: campagna invernale sito autostrada SO₂ giorno medio confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.

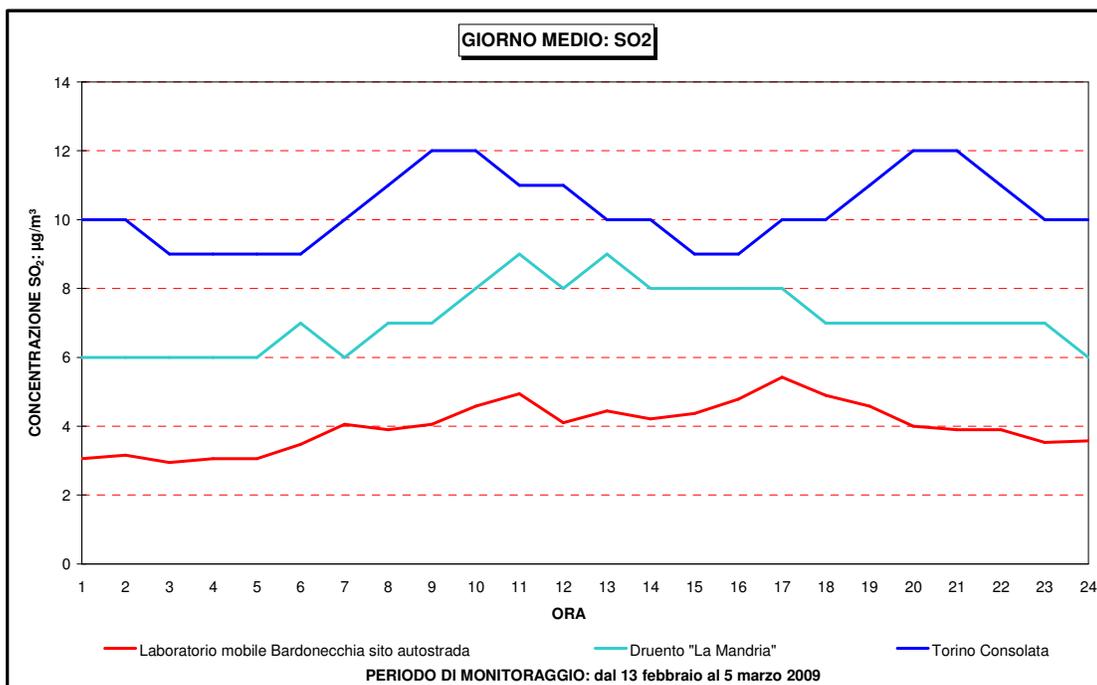
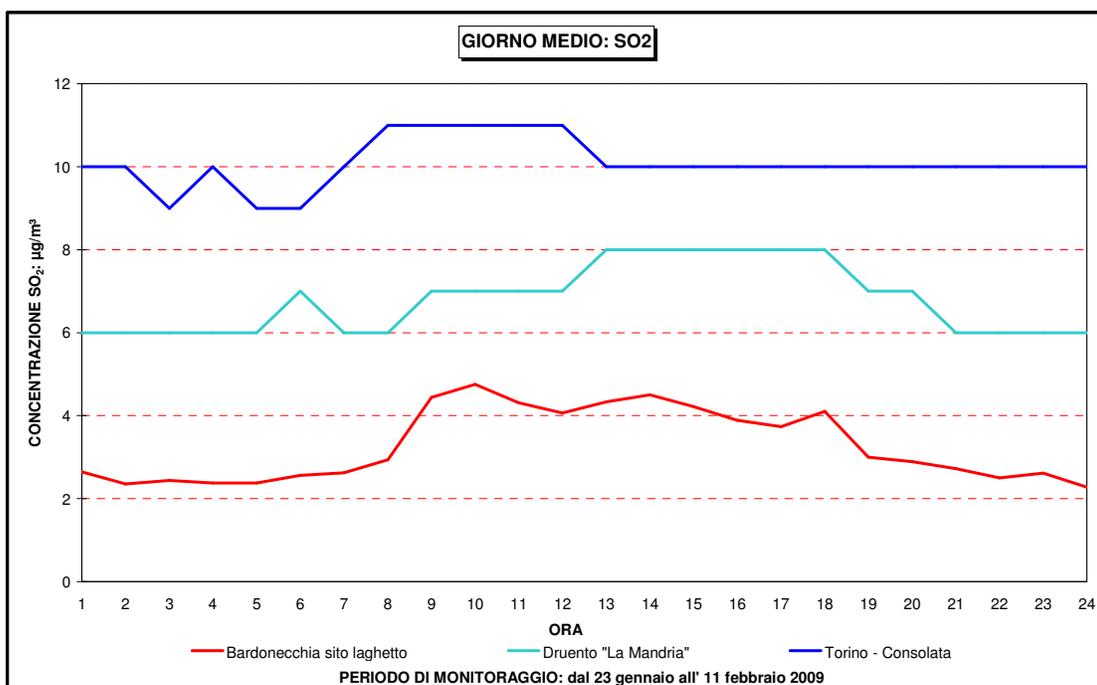


Figura 27: campagna invernale sito laghetto SO₂ giorno medio confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Druento "La Mandria" e Torino in via della Consolata.



Monossido di carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3) infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione.

Tale situazione è la causa dei valori relativamente elevati nelle ore di maggior traffico. Si deve comunque sottolineare che l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel hanno contribuito ad una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli.

I danni maggiori dovuti a questo inquinante si osservano a carico del sistema nervoso centrale e del sistema cardiovascolare; infatti, il monossido di carbonio mostra una grande affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), e la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. 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.

Durante la campagna di monitoraggio estiva nel comune di Bardonecchia sia nel sito autostrada che nel sito laghetto campo Smith l'analizzatore di ossido di carbonio per motivi tecnici non funzionava correttamente, quindi si sono invalidati i dati. Nel corso della campagna invernale, la più critica per questo parametro (Tabella 18 , Tabella 19 e Figura 30, Figura 31) non si sono registrati superamenti del valore di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, secondo il DM 60 del 2/04/02, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

Tale livello non è stato raggiunto neppure come media oraria, poiché il massimo orario è stato di $1,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ nel sito autostrada, mentre nel sito laghetto è stato di $1,4 \text{ mg}/\text{m}^3$. Come riportato in Figura 28, Figura 29, Figura 32 e Figura 33 nel periodo invernale le concentrazioni di monossido di carbonio nel sito laghetto sono leggermente inferiori alla centralina di Oulx e notevolmente inferiori alla centralina di via della Consolata in Torino i valori del sito autostrada sono analoghi ai valori della centralina di Oulx e decisamente inferiori alla centralina di via della Consolata.

Tabella 18: sito laghetto parametro Monossido di Carbonio (milligrammi/ metro cubo)

CO	Estate.	Inverno
Minima media giornaliera		0.4
Massima media giornaliera		0.8
Media delle medie giornaliere		0.6
Giorni validi		16
Percentuale giorni validi		80%
Media dei valori orari		0.6
Massima media oraria		1.4
Ore valide		413
Percentuale ore valide		86%
Minimo delle medie 8 ore		0.2
Media delle medie 8 ore		0.6
Massimo delle medie 8 ore		1.0
Percentuale medie 8 ore valide		84%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)		0

Tabella 19: sito autostrada parametro Monossido di Carbonio (milligrammi/ metro cubo)

CO	Estate.	Inverno
Minima media giornaliera		0.4
Massima media giornaliera		0.9
Media delle medie giornaliere		0.7
Giorni validi		19
Percentuale giorni validi		90%
Media dei valori orari		0.7
Massima media oraria		1.2
Ore valide		455
Percentuale ore valide		90%
Minimo delle medie 8 ore		0.2
Media delle medie 8 ore		0.7
Massimo delle medie 8 ore		1.2
Percentuale medie 8 ore valide		89%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)		0

Figura 28: sito autostrada CO andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino-via della Consolata e Oulx

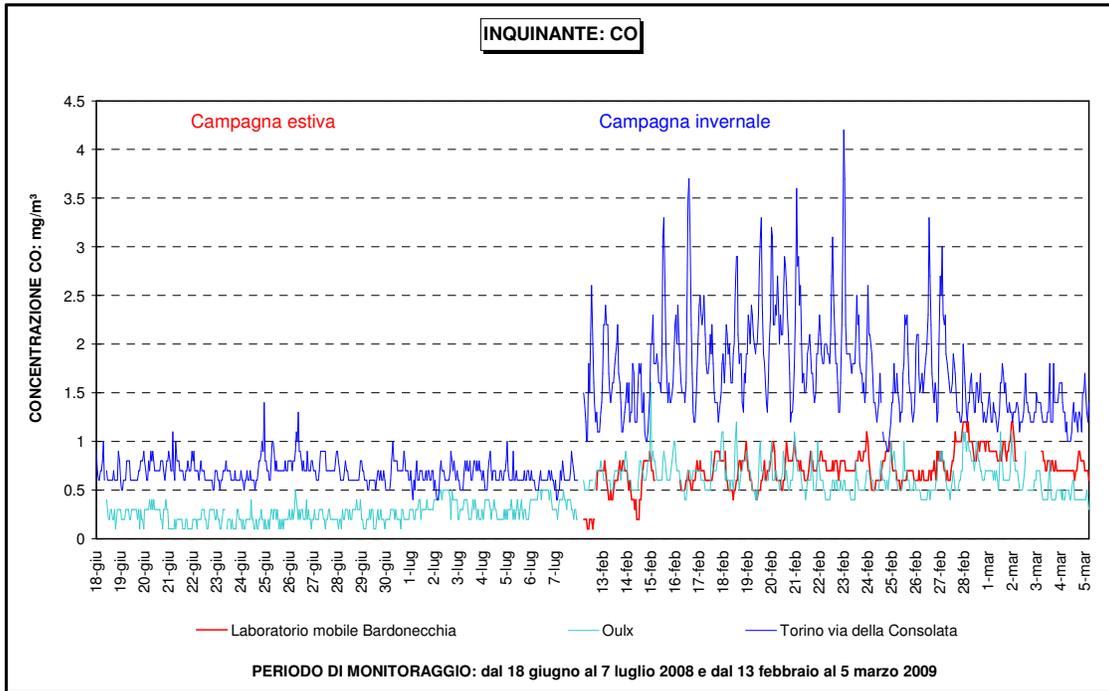


Figura 29: sito laghetto CO andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino-via della Consolata e Oulx

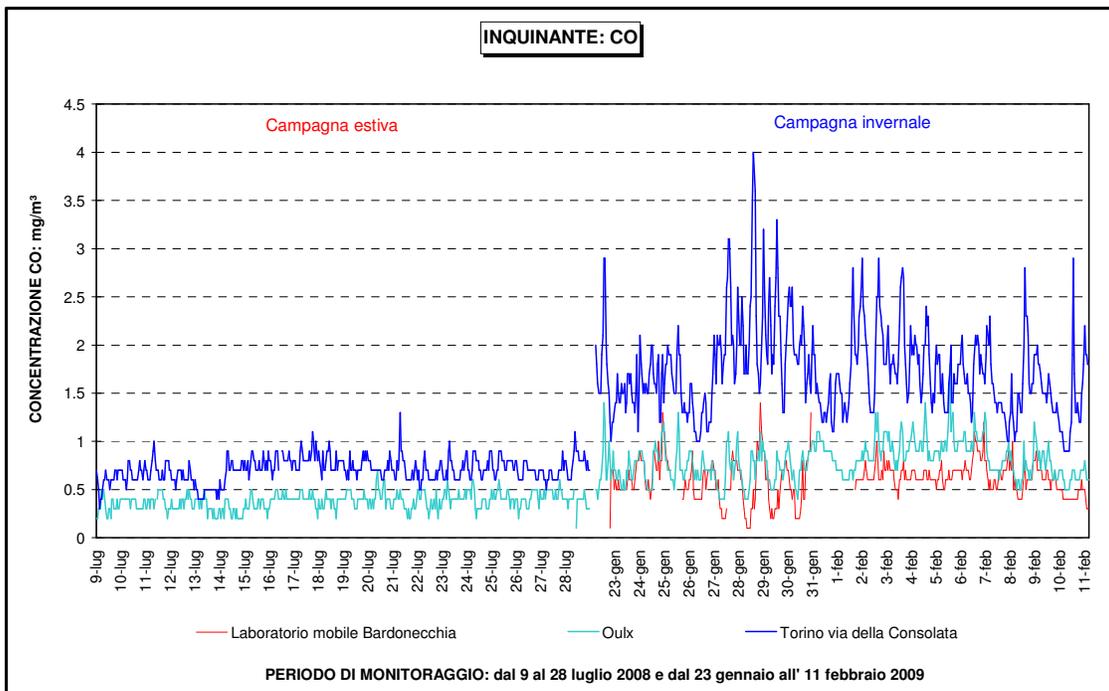


Figura 30: campagna invernale sito autostrada CO Confronto con il limite di legge (media trascinata su 8 ore)

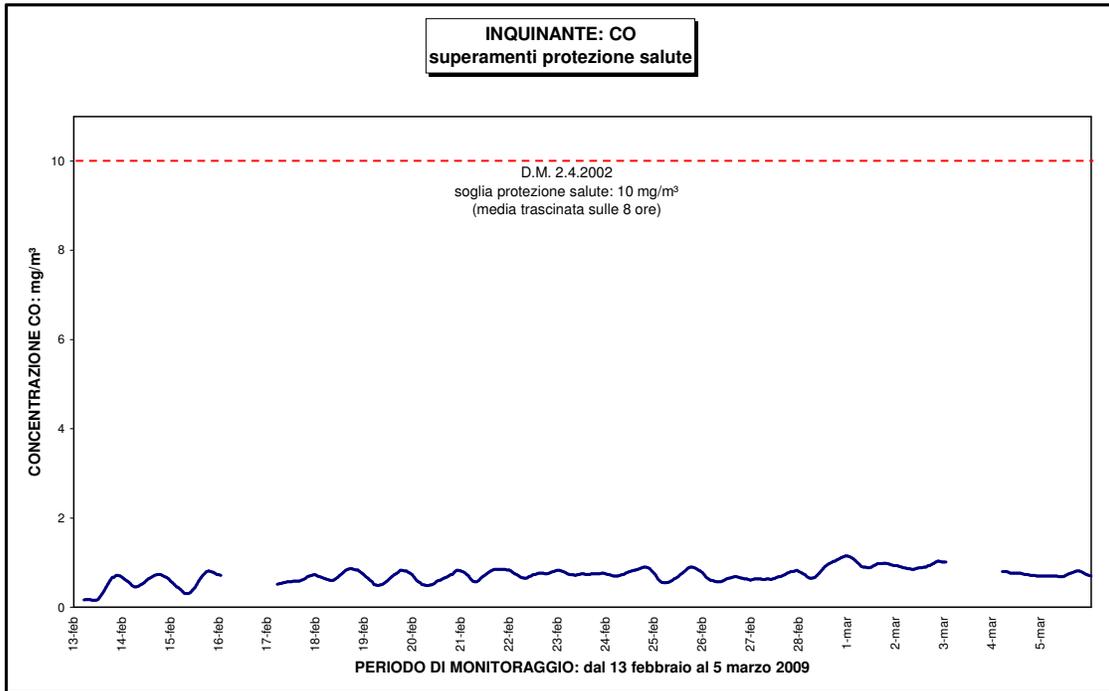


Figura 31: periodo invernale sito laghetto CO Confronto con il limite di legge (media trascinata su 8 ore)

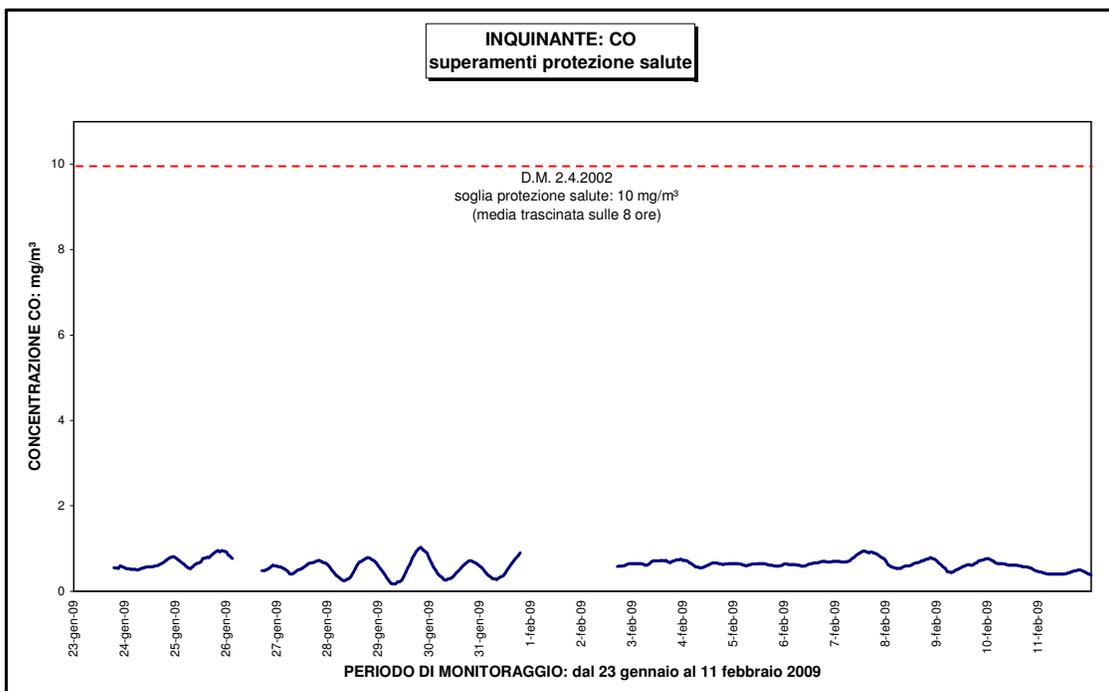


Figura 32: sito autostrada CO andamento giorno medio campagna invernale

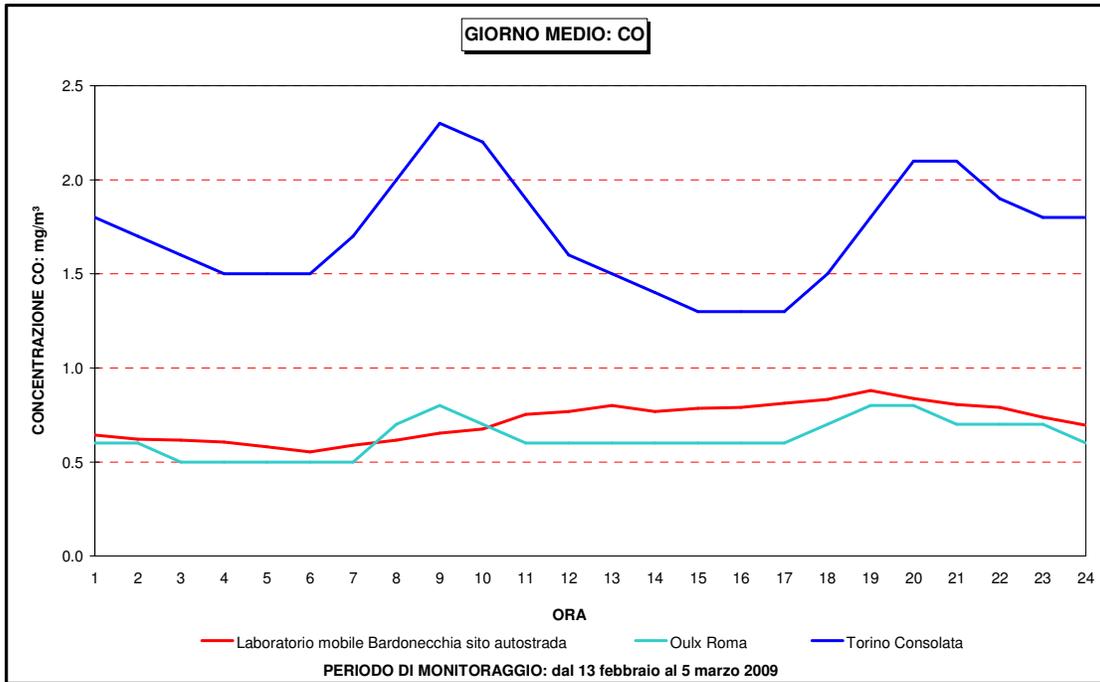
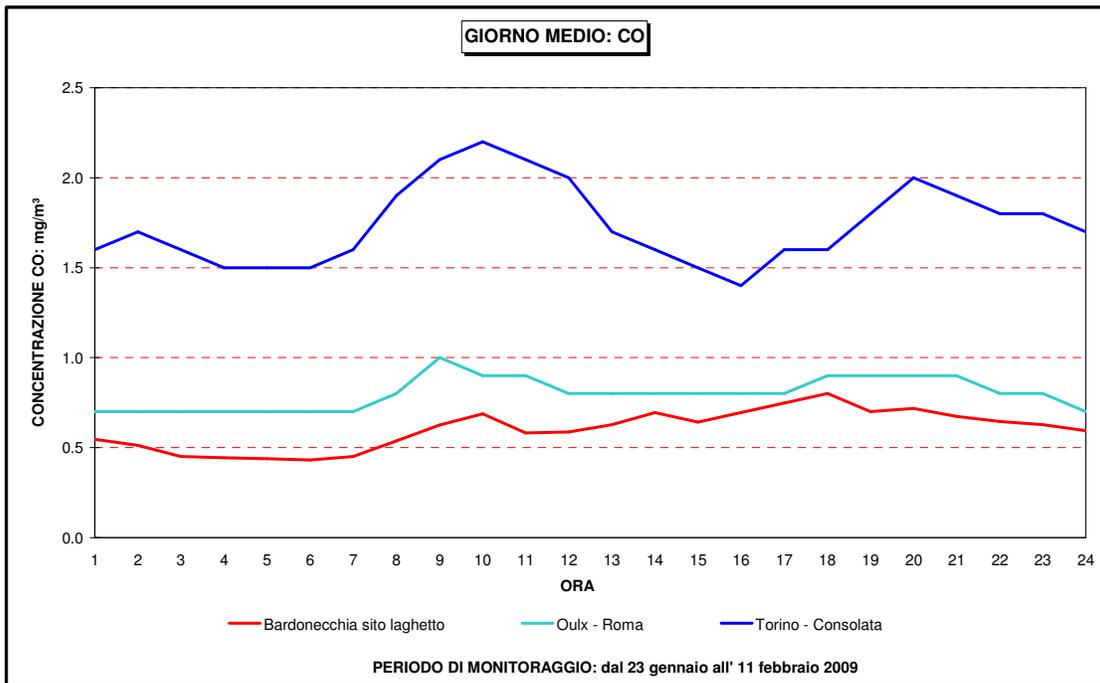


Figura 33: sito laghetto CO andamento giorno medio campagna invernale



Ossidi di azoto

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

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”.

Dai dati riportati in Tabella 22, Tabella 23, Figura 34 e Figura 35 si osserva che nel comune di Bardonecchia per i siti monitorati per il biossido di azoto, non si sono osservati superamenti dei limiti orari durante le due campagne di monitoraggio. Si osserva tuttavia come nel sito autostrada vi sia stato, nel corso della campagna estiva, un incremento nelle ore pomeridiane delle concentrazioni di NO e NO₂, (come pure di SO₂ benzene e toluene) attribuibile ai lavori svolti nel tunnel ferroviario, presso la cui uscita era posizionato il laboratorio mobile.

Per tale ragione nel sito autostrada il valore massimo orario di NO₂ nel periodo estivo è di 151 µg/m³, pari al 76% del livello orario di protezione della salute di 200 µg/m³, mentre nel periodo invernale, di norma più critico per questo inquinante, il valore massimo orario è stato di 147 µg/m³.

Nel sito laghetto la massima media oraria è stata di 42 µg/m³ nel periodo estivo mentre durante la campagna invernale è stata di 98 µg/m³ quindi al di sotto del limite per la protezione della salute.

In Tabella 24 e in Tabella 25 sono messi a confronto valori medi di NO e NO₂ rilevati nella provincia di Torino durante le campagne di monitoraggio e i valori medi anno 2008 dal confronto emerge come in Bardonecchia l'inquinante NO₂ per il periodo considerato non desti alcuna preoccupazione.

Il D.M. 60/2002 prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana per il biossido d'azoto di 40 µg/m³. Poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il valore limite ; , si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere del periodo, pari a 32 µg/m³, per il sito autostrada e di 24 µg/m³ per il sito laghetto e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 29 µg/m³, per il sito autostrada e 21 µg/m³ per il sito laghetto, valori inferiori al limite. Tale stima annuale è coerente con le concentrazioni annuali registrate nelle stazioni fisse di Oulx e Susa, aventi caratteristiche di traffico veicolare analoghe al sito della presente relazione vedi Figura 50 e Figura 51

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quelle del comune di Torino e di Druento, quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con la media dell'anno 2008 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Bardonecchia permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO₂ Bardonecchia

M_c : media anno 2008 NO₂ Bardonecchia

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia Torino

M_p : media anno 2008 NO₂ Provincia Torino

La Figura 34 confronta i valori orari di NO₂ del sito autostrada con i limiti di legge e con i dati delle stazioni della rete fissa della Provincia di Torino, Torino via della Consolata, Druento "La Mandria" e Oulx, mentre la Figura 35 confronta i valori orari del sito laghetto con le stesse centraline.

Dal confronto si osserva che valori rilevati sia nel sito autostrada che in quello laghetto si situano tra quelli di una stazione di fondo come Druento - La Mandria e quelli di una stazione di punta come Torino - Consolata; rispetto al sito di Oulx quello laghetto presenta valori inferiori o confrontabili in tutte e due le campagne di monitoraggio e quello autostrada valori leggermente superiori nella campagna estiva e valori simili in quella invernale.

La Figura 36 mostra il confronto del giorno medio durante la campagna estiva del sito autostrada con le stesse stazioni di rilevamento; è evidente l'incremento dei valori di NO₂ nelle ore pomeridiane con valori medi di 50 µg/m³, aumento che non si verifica nel sito laghetto che raggiunge valori di NO₂ nelle ore pomeridiane intorno ai 20 µg/m³ (Figura 37). Nel corso della campagna invernale i valori di NO₂ dei due siti monitorati sono della stessa entità di un sito suburbano residenziale come il sito di Oulx (Figura 38 e Figura 39)

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

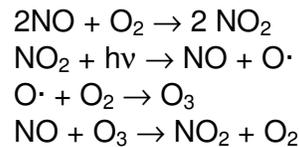
La Figura 40 e la Figura 41 mostrano per i siti di Bardonecchia autostrada e Bardonecchia laghetto l'andamento del giorno medio nel corso della campagna estiva per l' NO₂, l' NO e l'O₃. Si hanno per NO₂ in Bardonecchia autostrada dei massimi di concentrazione nelle ore mattutine dalle 8 alle 10 ma soprattutto nelle ore pomeridiane, dalle 15 alle 18 e poi, durante le ore tardo serali e notturne, un decremento graduale e non così deciso come avviene nel caso del monossido di azoto, il quale proviene da fonti dirette in particolare i lavori svolti nel tunnel ferroviario.; durante le ore serali il biossido tende ad accumularsi poiché non viene più attivata, dalla radiazione solare, la reazione di decomposizione 2NO₂ → 2NO + O₂. Nel sito laghetto invece non essendoci gli apporti

degli inquinanti dovuti ai lavori nel tunnel l'andamento degli ossidi d'azoto presenta solo un picco mattutino decisamente inferiore rispetto al sito autostrada.

La Figura 42 e la Figura 43 mostrano per i due siti monitorati l'andamento del giorno medio nel corso della campagna invernale per l' NO₂, l' NO e l'O₃. Nel sito autostrada i valori di NO e di NO₂ sono decisamente inferiori rispetto alla campagna estiva anche se il periodo invernale è più critico per questi parametri.

Nel sito Laghetto invece vi è un andamento a per NO e l'NO₂ con due picchi, al mattino alle ore 9 - 10, al pomeriggio alle 17 - 18 coincidenti con un maggior traffico veicolare.

Le reazioni che coinvolgono gli ossidi d'azoto nella formazione dell'ozono in presenza di ossigeno e radiazione solare e viceversa sono schematicamente le seguenti



Per quanto riguarda il monossido di azoto, la normativa non stabilisce valori di riferimento per la protezione della salute umana, ma la misura di tale inquinante viene comunque effettuata in relazione al suo ruolo nelle reazioni di cui sopra.

Tabella 20: Parametro Monossido di Azoto sito autostrada (microgrammi/ metro cubo)

NO	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	3	2
Massima media giornaliera	51	20
Media delle medie giornaliere	18	8
Giorni validi	17	19
Percentuale giorni validi	85%	90%
Media dei valori orari	20	8
Massima media oraria	449	214
Ore valide	446	455
Percentuale ore valide	93%	90%

Tabella 21: Parametro Monossido di Azoto sito laghetto (microgrammi/ metro cubo)

NO	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	3	4
Massima media giornaliera	6	35
Media delle medie giornaliere	4	13
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	4	13
Massima media oraria	22	118
Ore valide	307	428
Percentuale ore valide	64%	89%

Tabella 22: Parametro Biossido di Azoto sito autostrada (microgrammi/ metro cubo)

NO₂	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	16	20
Massima media giornaliera	45	44
Media delle medie giornaliere	33	30
Giorni validi	17	19
Percentuale giorni validi	85%	90%
Media dei valori orari	33	30
Massima media oraria	151	147
Ore valide	447	455
Percentuale ore valide	93%	90%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Tabella 23: Parametro Biossido di Azoto sito laghetto (microgrammi/ metro cubo)

NO₂	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	12	12
Massima media giornaliera	18	46
Media delle medie giornaliere	16	33
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	16	32
Massima media oraria	42	98
Ore valide	308	428
Percentuale ore valide	64%	89%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Figura 34: sito autostrada NO₂ andamento orario confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria di Torino-via della Consolata, Druento "La Mandria" e Oulx .

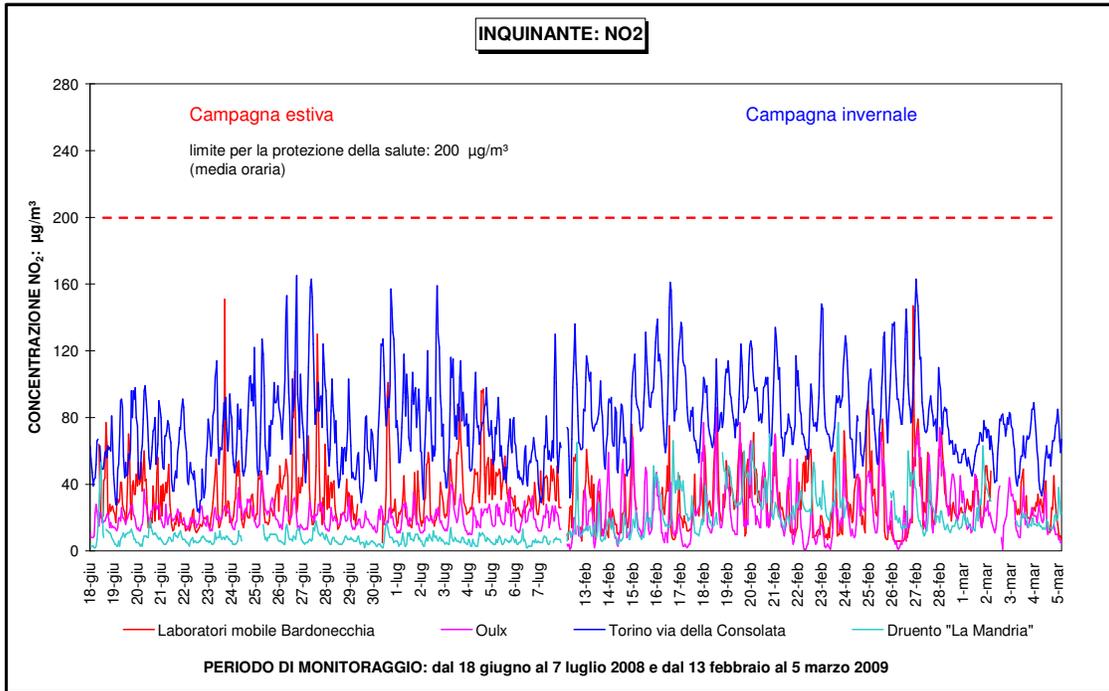


Figura 35: sito laghetto NO₂ andamento orario confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria di Torino via della Consolata, Druento "La Mandria" e Oulx.

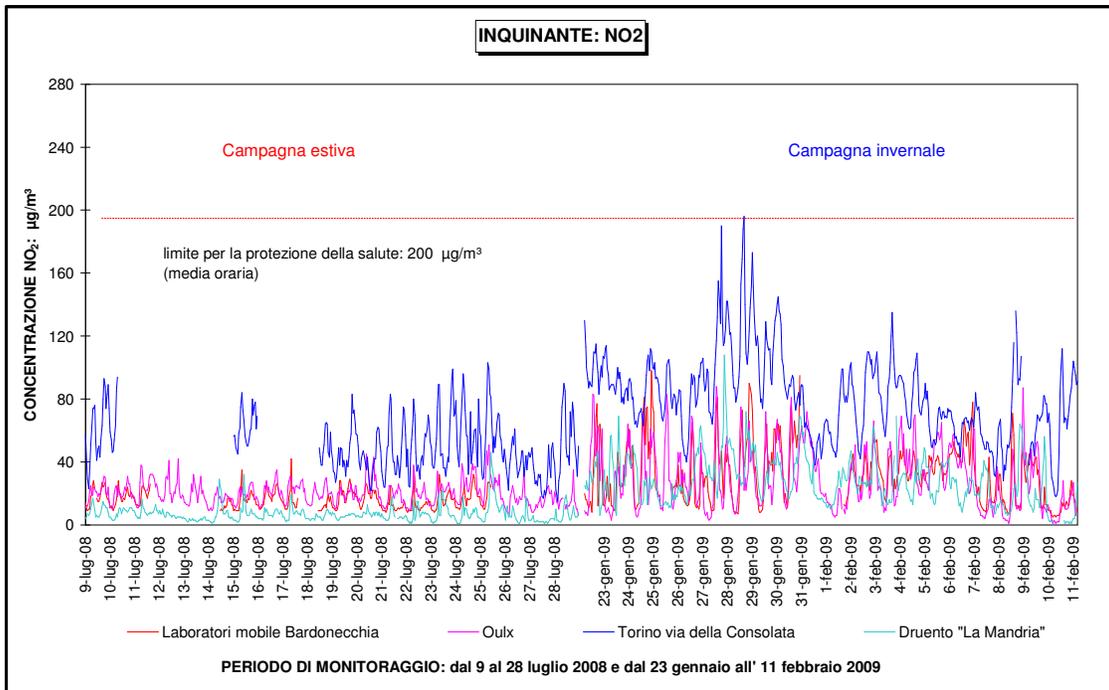


Figura 36: sito autostrada NO₂ andamento giorno medio campagna estiva, confronto con i dati alcune stazioni di rilevamento della qualità dell'aria.

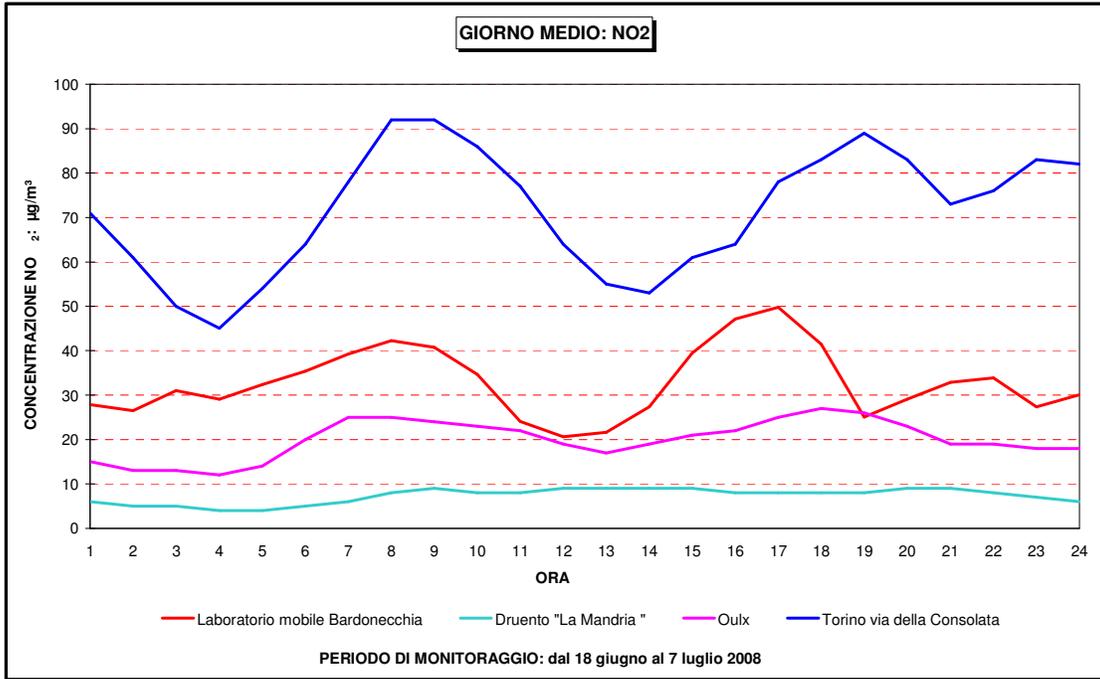


Figura 37: sito laghetto NO₂ andamento giorno medio campagna estiva, confronto con i dati alcune stazioni di rilevamento della qualità dell'aria.

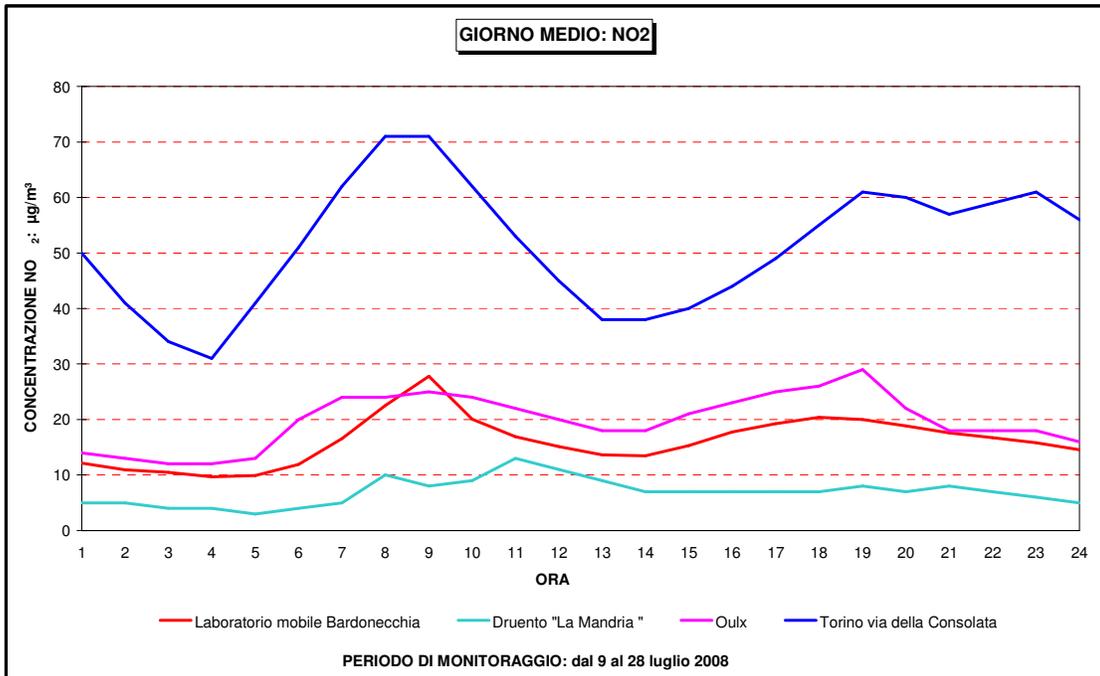


Figura 38: sito autostrada NO₂ andamento giorno medio campagna invernale, confronto con i dati i alcune stazioni di rilevamento della qualità dell'aria.

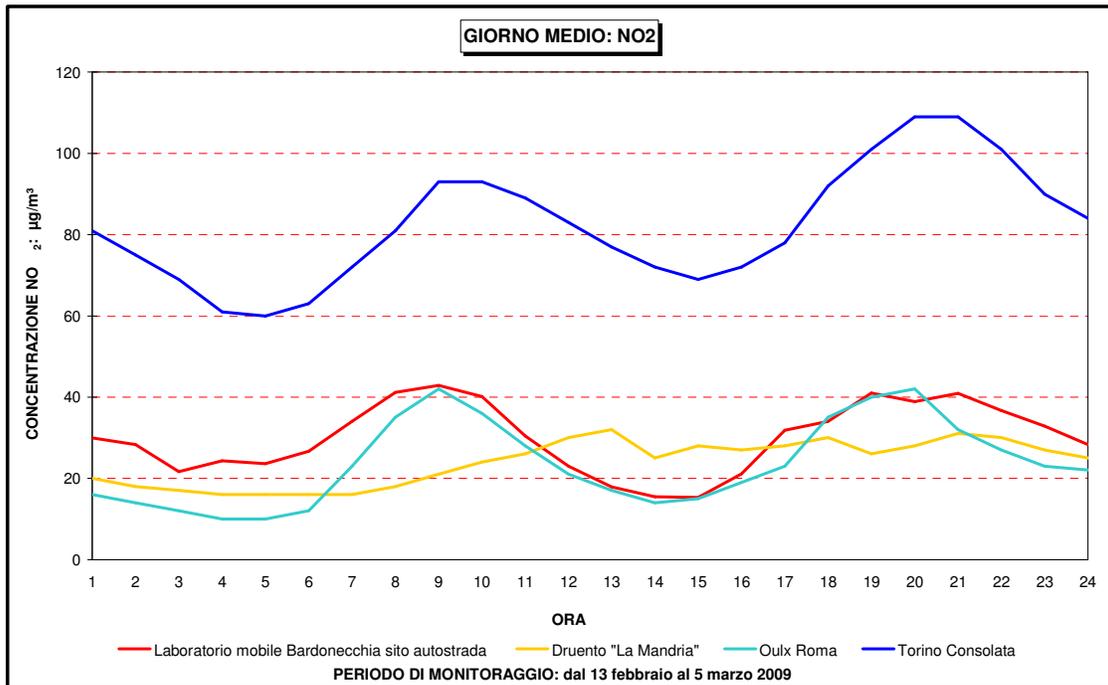


Figura 39: sito laghetto NO₂ andamento giorno medio campagna invernale, confronto con i dati di alcune stazioni di rilevamento della qualità dell'aria.

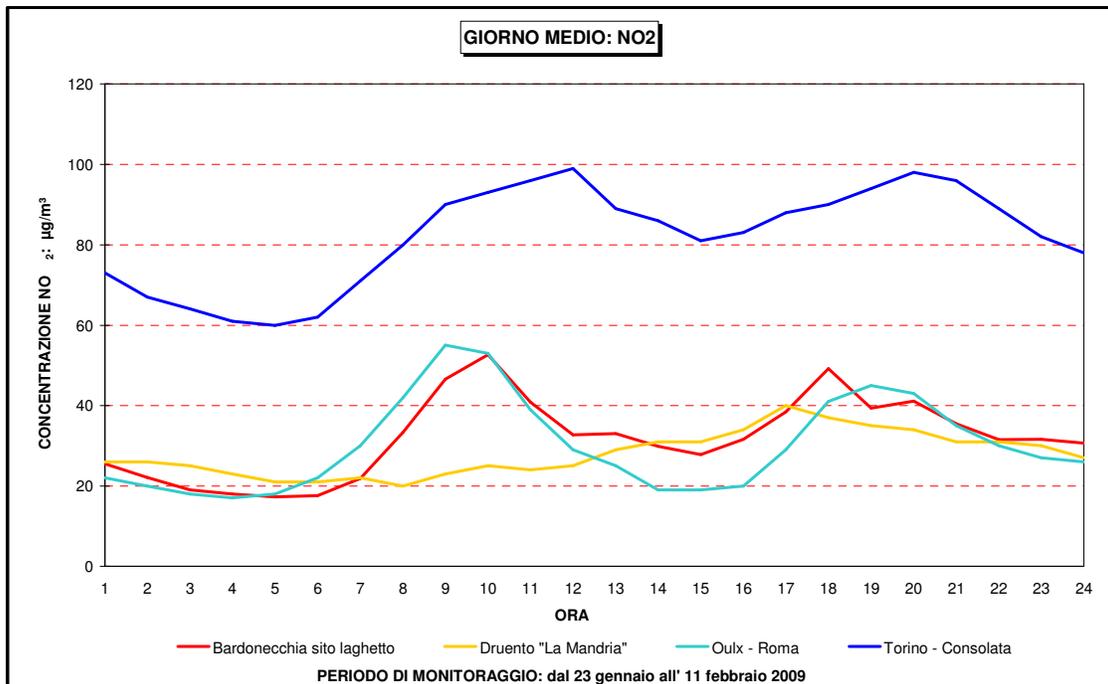


Figura 40: sito autostrada campagna estiva NO₂ - NO - O₃- confronto giorno medio

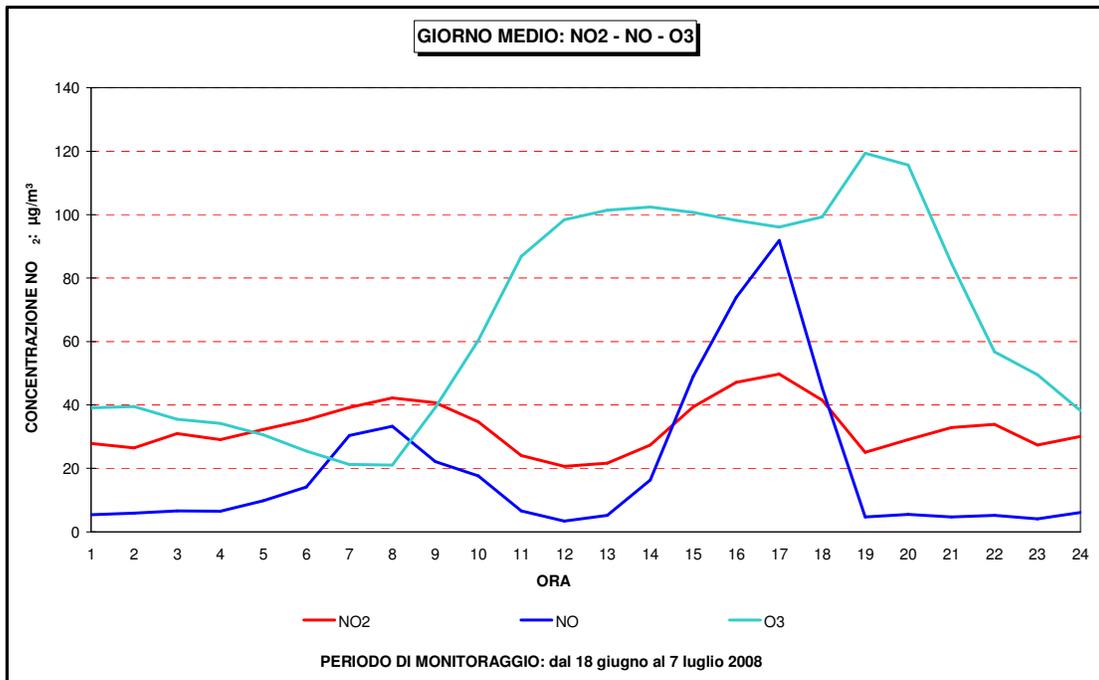


Figura 41: sito laghetto campagna estiva NO₂ - NO - O₃- confronto giorno medio

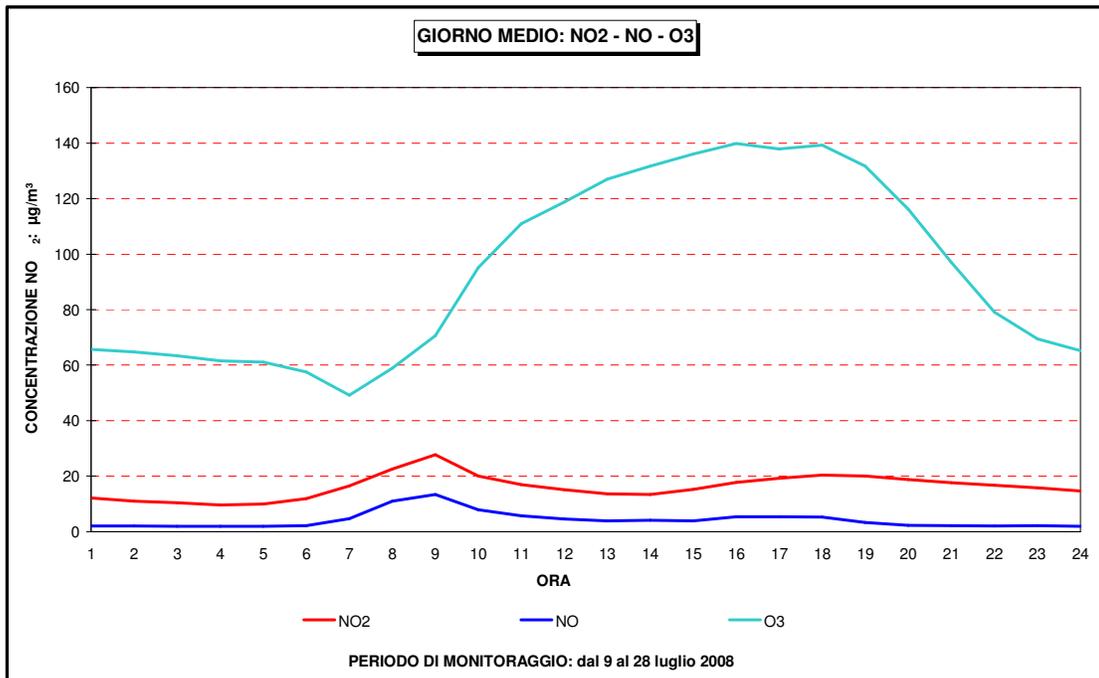


Figura 42: sito autostrada campagna invernale NO₂ - NO - O₃- confronto giorno medio

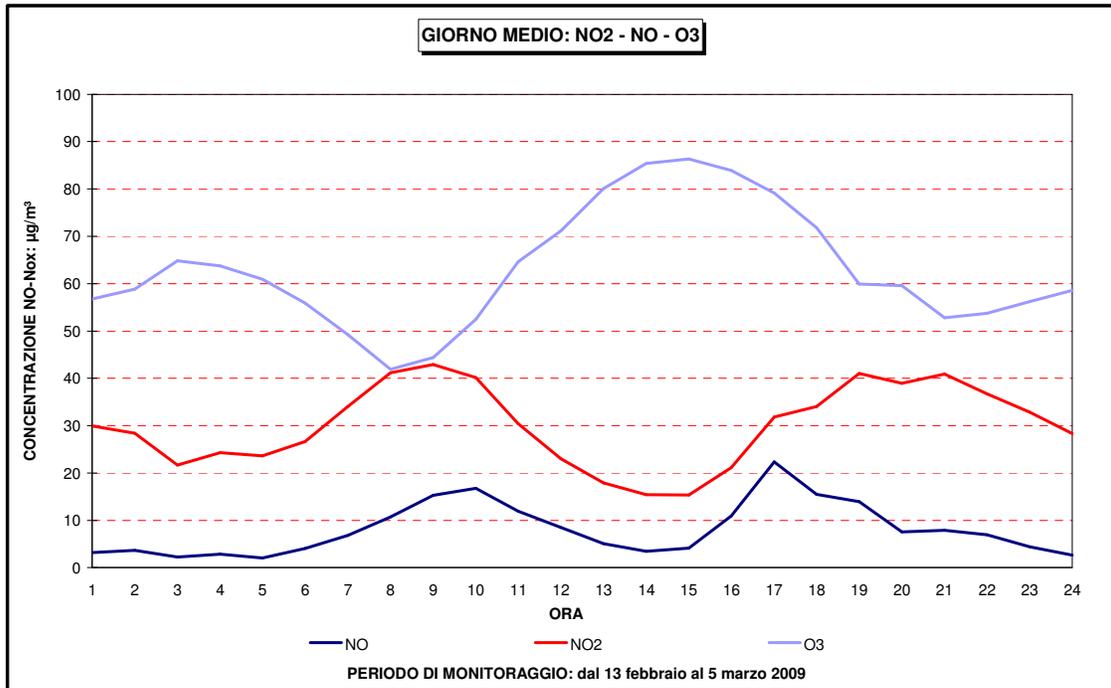


Figura 43: sito laghetto campagna invernale NO₂ – NO – O₃ confronto giorno medio

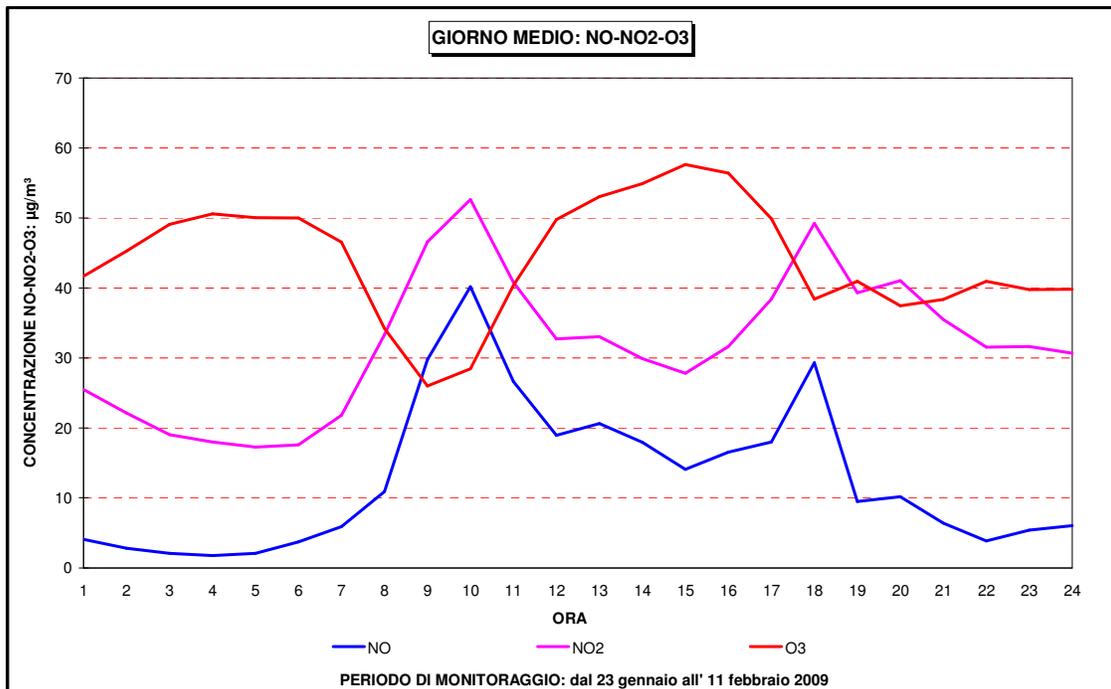


Figura 44: sito autostrada NO andamento orario, confronto con i dati delle centraline di Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

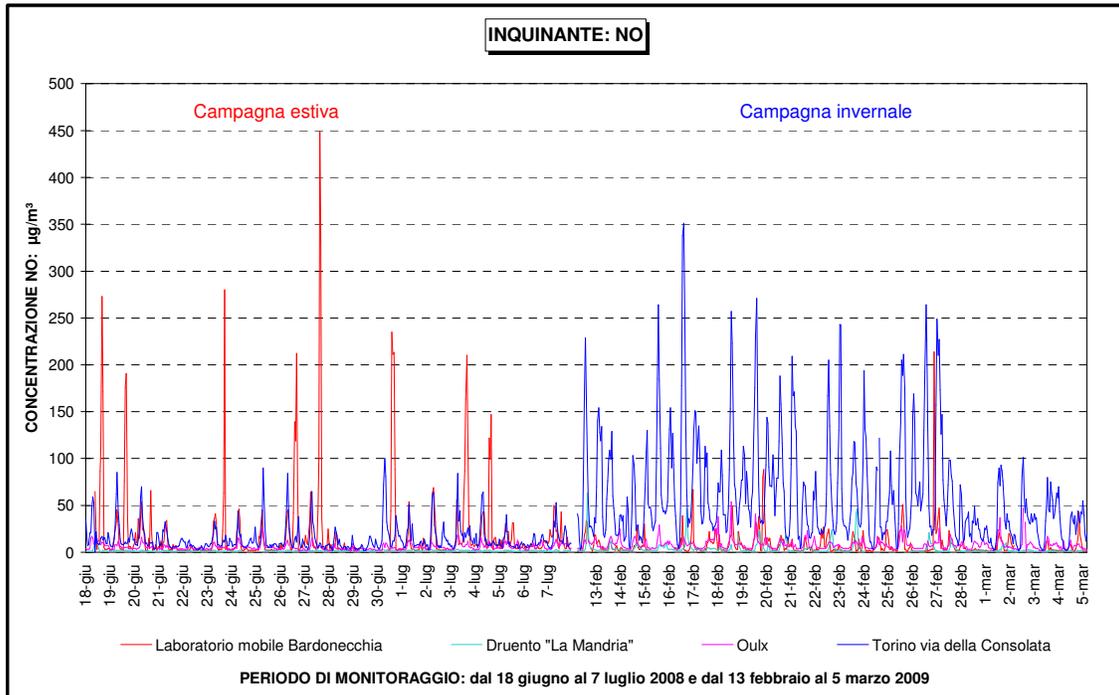


Figura 45: sito laghetto NO andamento orario, confronto con i dati delle centraline di Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

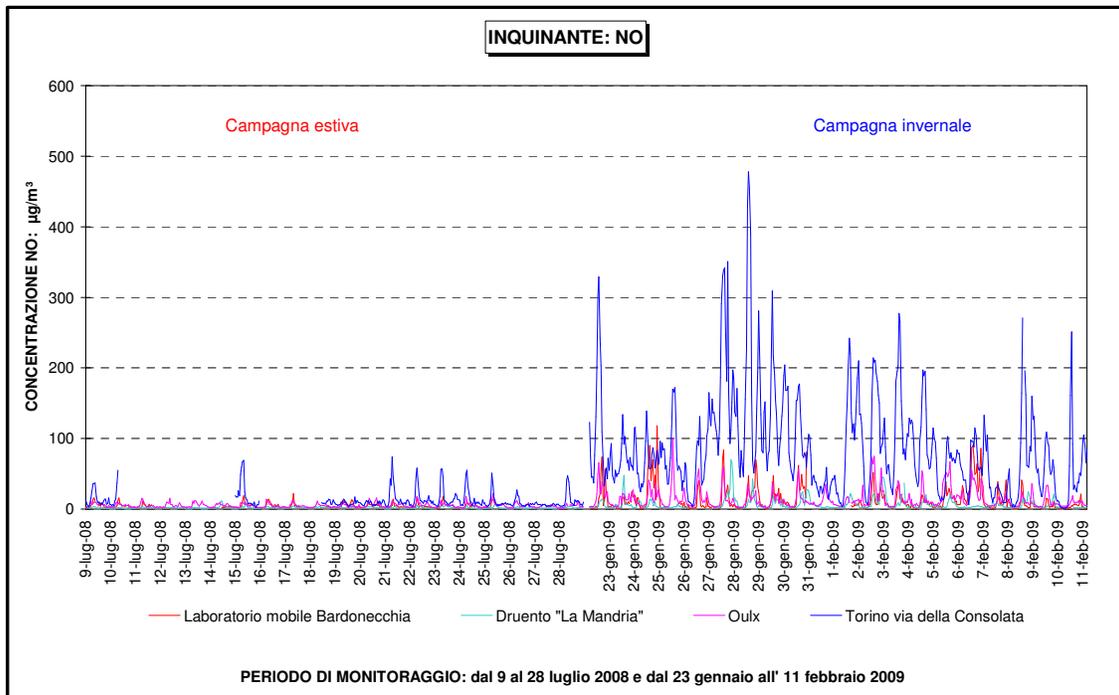


Figura 46: sito autostrada campagna estiva NO andamento giorno medio, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

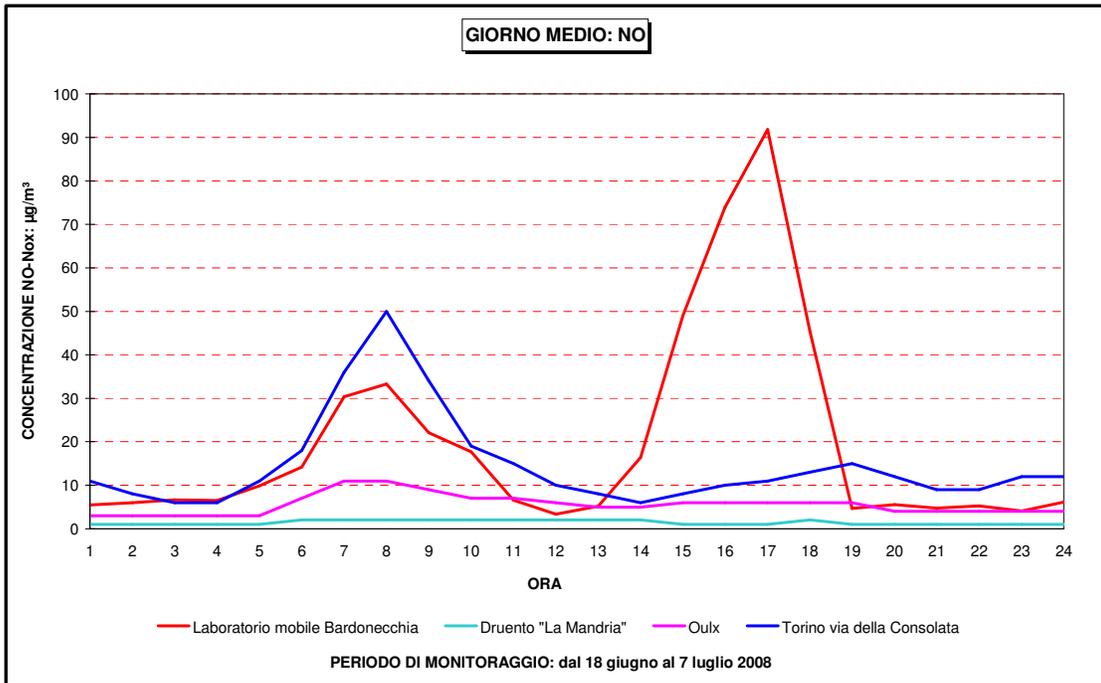


Figura 47: sito laghetto campagna estiva NO andamento giorno medio, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

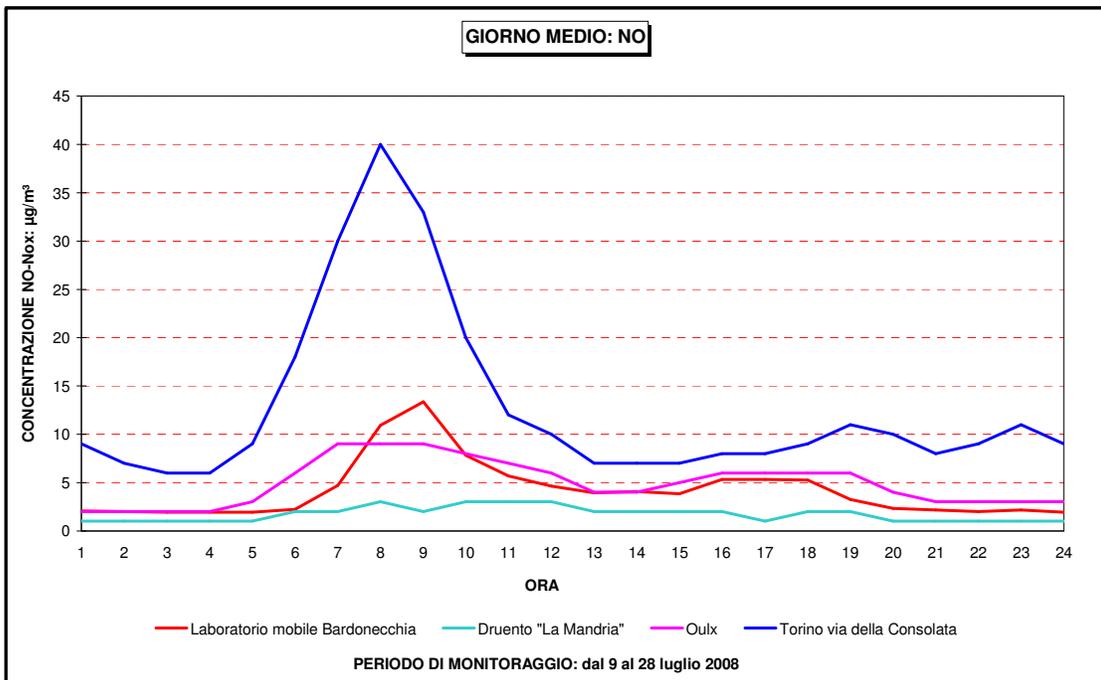


Figura 48: sito autostrada campagna invernale NO andamento giorno medio, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

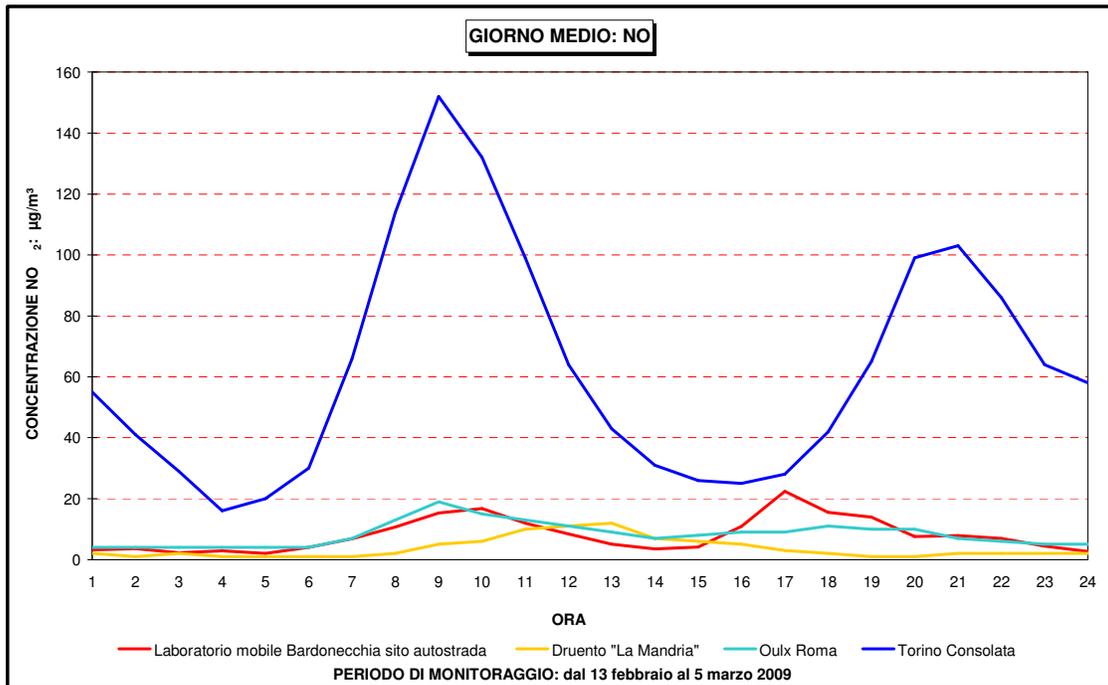


Figura 49: sito laghetto campagna invernale NO andamento giorno medio, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata, Oulx e Druento "La Mandria".

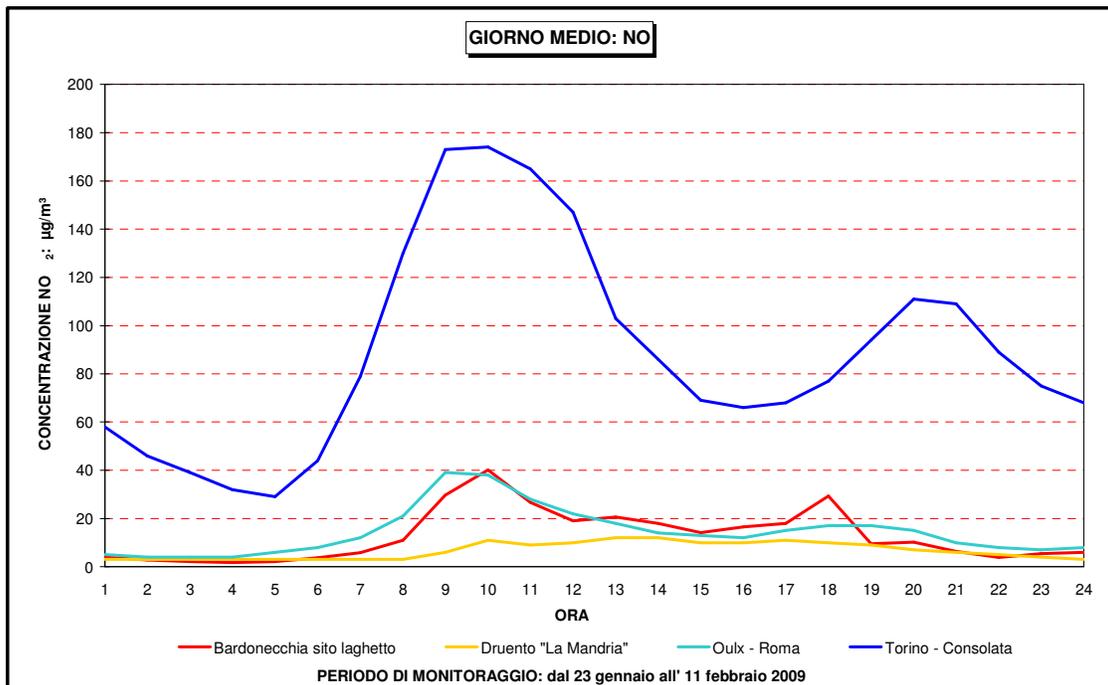


Tabella 24: sito autostrada confronto valori medi di NO e NO₂ rilevati nella provincia di Torino durante le campagne di monitoraggio e media anno 2008

	18/06/08 - 7/07/08		13/02/09 - 5/03/09		media periodo campagne		Anno 2008	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Druento "La Mandria"	2	7	4	24	3	16	5	15
Susa	4	14	6	26	5	20	7	21
Oulx	5	20	8	24	7	22	9	22
Ivrea liberazione	4	12	23	43	14	28	18	27
Alpignano	3	13	12	43	8	28	14	29
Bardonecchia - autostrada	20	33	8	30	14	32		
Pinerolo	4	24	15	44	10	34	15	35
Borgaro	3	19	21	51	12	35	20	35
Vinovo	5	23	24	49	15	36	21	36
Ciriè	3	12	17	62	10	37	13	30
Orbassano	3	20	29	56	16	38	27	37
media provincia	6	23	34	56	19	39	26	36
Chieri	10	31	36	59	23	45	28	34
Beinasco	4	27	46	69	25	48	34	44
Torino via Rubino	5	27	49	70	27	49	35	48
Grugliasco	6	31	53	68	30	50	40	50
Torino lingotto	5	36	47	70	26	53	34	52
Settimo	7	20	93	102	50	61	46	44
Rivoli	7	43	50	81	29	62	42	57
media città di Torino	11	49	70	83	41	66	51	60
Nichelino	17	47	95	87	56	67	70	57
Torino pzza. Rivoli	11	52	72	92	42	72	53	66
Torino via Consolata	15	71	62	82	39	77	50	69
Torino pzza. Rebaudengo	19	58	120	99	70	79	81	66

Tabella 25: sito laghetto confronto valori medi di NO e NO₂ rilevati nella provincia di Torino durante le campagne di monitoraggio e media anno 2008

	9/07/08 - 28/07/08		23/1/09 - 11/2/09		media periodo campagne		Annuale 2008	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Druento "La Mandria"	2	7	7	28	5	18	5	15
Susa	3	12	12	33	8	23	7	21
Bardonecchia - laghetto	4	16	13	32	9	24		
Oulx	5	20	14	30	10	25	9	22
Ciriè	4	13	22	44	13	29	13	30
Ivrea liberazione	5	11	26	46	16	29	18	27
Alpignano	3	13	25	53	14	33	14	29
Borgaro	3	17	37	58	20	38	20	35
Pinerolo	5	25	25	51	15	38	15	35
media provincia	6	21	52	63	27	41	26	36
Orbassano	5	19	58	66	32	43	27	37
Vinovo	5	20	43	67	24	44	21	36
Torino via Rubino	6	14	84	75	45	45	35	48
Chieri	7	19	68	79	38	49	28	34
Beinasco	5	26	83	80	44	53	34	44
Settimo	7	19	113	90	60	55	46	44
Grugliasco	7	31	80	88	44	60	40	50
Torino lingotto	7	34	76	88	42	61	34	52
media città di Torino	13	42	99	88	56	65	51	60
Rivoli	9	43	74	88	42	66	42	57
Torino via Consolata	13	51	89	82	51	67	50	69
Torino pzza. Rivoli	11	49	94	92	53	71	53	66
Nichelino	16	43	134	103	75	73	70	57
Torino pzza. Rebaudengo	27	60	153	102	90	81	81	66

Figura 50: sito autostrada concentrazioni medie anno 2008 e media periodo delle due campagne di monitoraggio di NO₂ nella provincia di Torino.

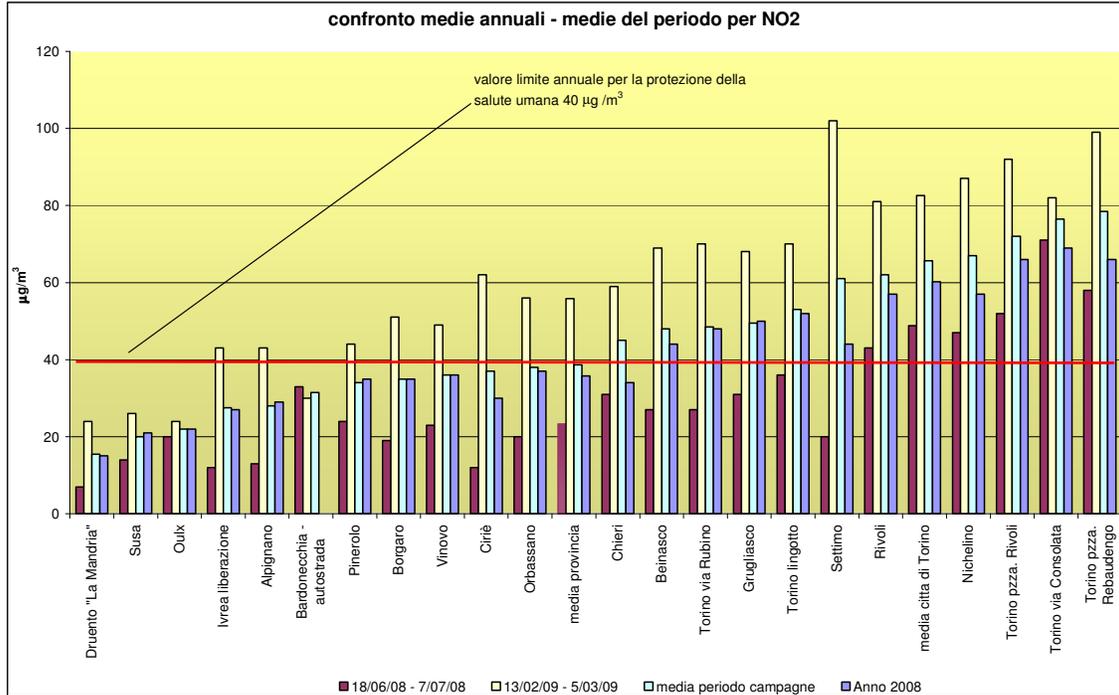
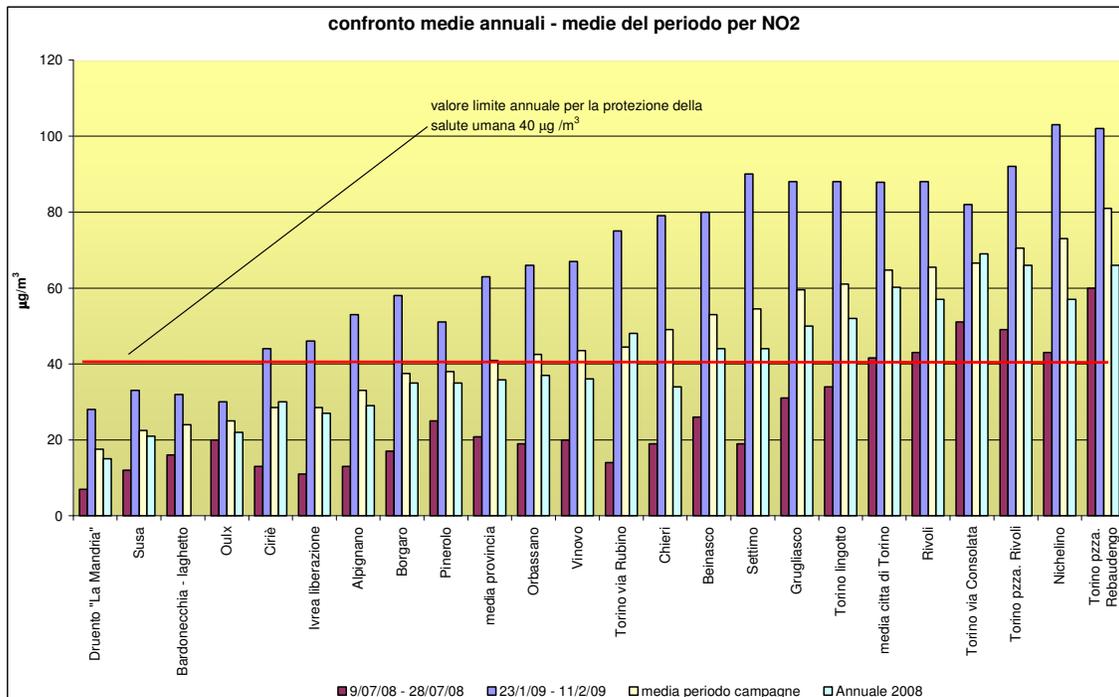


Figura 51: sito laghetto concentrazioni medie anno 2008 e media periodo delle campagne di monitoraggio di NO₂ nella provincia di Torino.

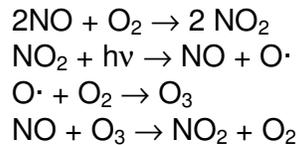


Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente che ad alte concentrazioni ha una colorazione blu.

La presenza di questo gas nella stratosfera (tra 30 e 50 chilometri dal suolo) costituisce uno strato protettivo per la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole, mentre al livello del suolo risulta nocivo, in quanto provoca irritazioni alle vie respiratorie, bruciore agli occhi e danni alla vegetazione.

L'ozono è un inquinante non direttamente emesso da una fonte antropica, ma si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare e da elevate temperature) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (V.O.C.). In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente, le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



Il coinvolgimento degli ossidi di azoto nella formazione dell'ozono è particolarmente evidente dagli andamenti del giorno medio di NO, NO₂ ed O₃ riportati in Figura 40 per il sito autostrada e in Figura 41 per il sito laghetto campagna estiva mentre la [Figura 42](#) e la [Figura 43](#) per la campagna invernale e dagli andamenti orari riuniti per i tre inquinanti ([Figura 56](#) e [Figura 57](#)). Nel sito laghetto durante le ore mattutine le concentrazioni di NO e NO₂ aumentano, mentre nelle ore pomeridiane, caratterizzate da intenso irraggiamento solare ed elevate temperature, NO e NO₂ partecipano alla formazione di O₃, per cui in queste ore si hanno i valori minimi di NO e NO₂ ed i massimi di ozono.

Nel sito autostrada nel corso della campagna estiva l'apporto degli inquinanti nelle ore pomeridiane dovuto ai lavori nel tunnel ferroviario favoriscono la diminuzione dell'ozono, in particolare il monossido d'azoto secondo la reazione $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$, infatti dalla [Figura 40](#) si osserva come in corrispondenza del picco pomeridiano di NO l'ozono diminuisca per poi risalire quando il monossido d'azoto decresce per la sospensione dei lavori.

In [Figura 53](#) e [Figura 55](#) sono riportati gli andamenti orari dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale e in [Figura 52](#) e [Figura 54](#) rispetto alla temperatura. Da un'osservazione attenta emerge come il parametro fondamentale sia la temperatura piuttosto che la radiazione solare, infatti ai massimi di temperatura corrispondono sempre concentrazioni massime di ozono, mentre vi sono dei giorni con irraggiamento solare particolarmente intenso, a cui non corrispondono i picchi di ozono.

Durante la campagna estiva di rilevamento nel comune di Bardonecchia sito autostrada si sono verificati 4 giorni di superamento del livello per la protezione della salute (120 µg/m³ come massima media su otto ore) e 1 superamento del livello di informazione pari a 180 µg/m³ ([Tabella 26](#) e [Figura 62](#).)

Nel sito laghetto vi sono stati 8 giorni di superamento del livello per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media su otto ore) e 12 superamenti del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatesi in tre giorni Tabella 27 e Figura 63.

Nel corso della campagna invernale non si sono avuti superamenti dei limiti legislativi nei due siti monitorati.

Questo parametro presenta quindi una certa criticità solo nel periodo estivo, visto che la normativa attualmente in vigore (D.Lgs 21 maggio 2004 n. 183) prevede che entro il 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 anni; tuttavia dalla Figura 58 e

Figura 59 e dalla Tabella 28 e Tabella 29¹ si evince che si tratta di una criticità estesa a tutto il territorio provinciale. L'ozono infatti, data la origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle metropoli vicine.

La minore criticità del sito autostrada deriva dalla già citata presenza contingente di elevate concentrazioni di monossido di azoto che favoriscono la degradazione dell'ozono.

La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

¹ Le figure e le tabelle indicate riportano il numero complessivo di superamenti del valore limite come media su otto ore consecutive, anche quando tali superamenti si verificano nello stesso giorno; il confronto con il numero massimo di superamenti ammesso dalla normativa va fatta invece con i **giorni** in cui **almeno** una media su otto ore presenta il superamento del limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 26: sito autostrada Parametro Ozono (microgrammi/ metro cubo)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	38	43
Massima media giornaliera	92	75
Media delle medie giornaliere	69	63
Giorni validi	12	17
Percentuale giorni validi	60%	81%
Media dei valori orari	66	63
Massima media oraria	192	107
Ore valide	336	407
Percentuale ore valide	70%	81%
Minimo delle medie 8 ore	14	27
Media delle medie 8 ore	67	63
Massimo delle medie 8 ore	151	103
Percentuale medie 8 ore valide	69%	80%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	21	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	4	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	1	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	1	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Tabella 27: sito laghetto Parametro Ozono (microgrammi/ metro cubo)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	33	17
Massima media giornaliera	126	77
Media delle medie giornaliere	93	45
Giorni validi	10	17
Percentuale giorni validi	50%	85%
Media dei valori orari	94	44
Massima media oraria	224	94
Ore valide	306	428
Percentuale ore valide	64%	89%
Minimo delle medie 8 ore	16	7
Media delle medie 8 ore	93	44
Massimo delle medie 8 ore	186	84
Percentuale medie 8 ore valide	63%	88%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	71	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	8	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	12	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	3	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 52: sito autostrada andamento orario dell'ozono rispetto alla temperatura dell'aria

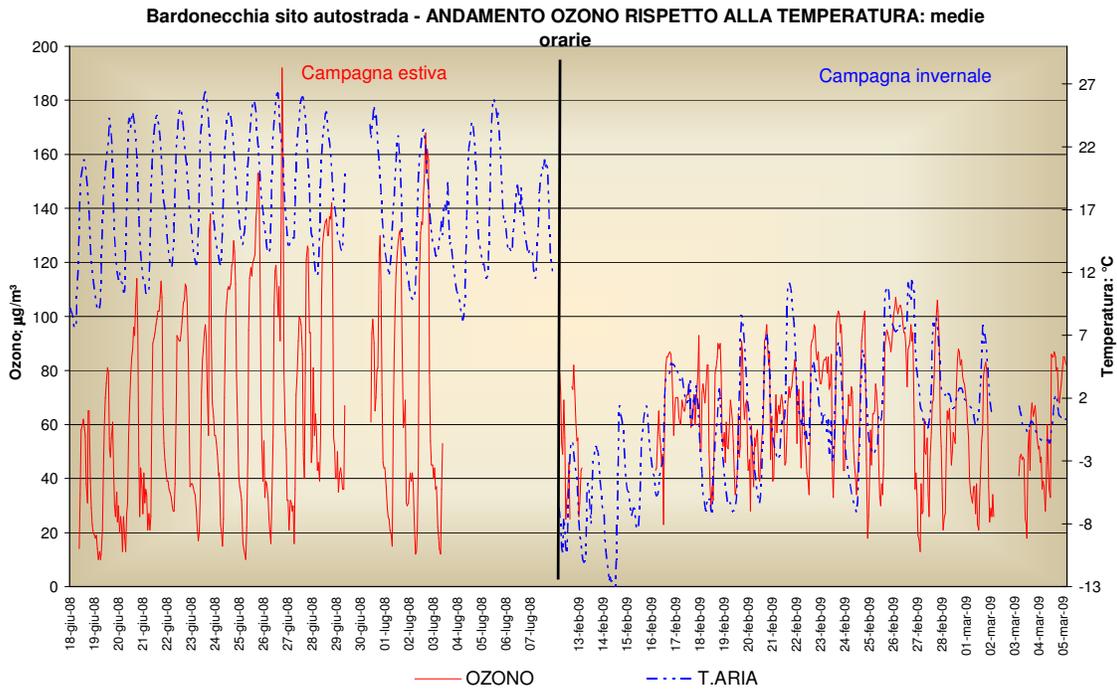


Figura 53: sito autostrada andamento orario dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale

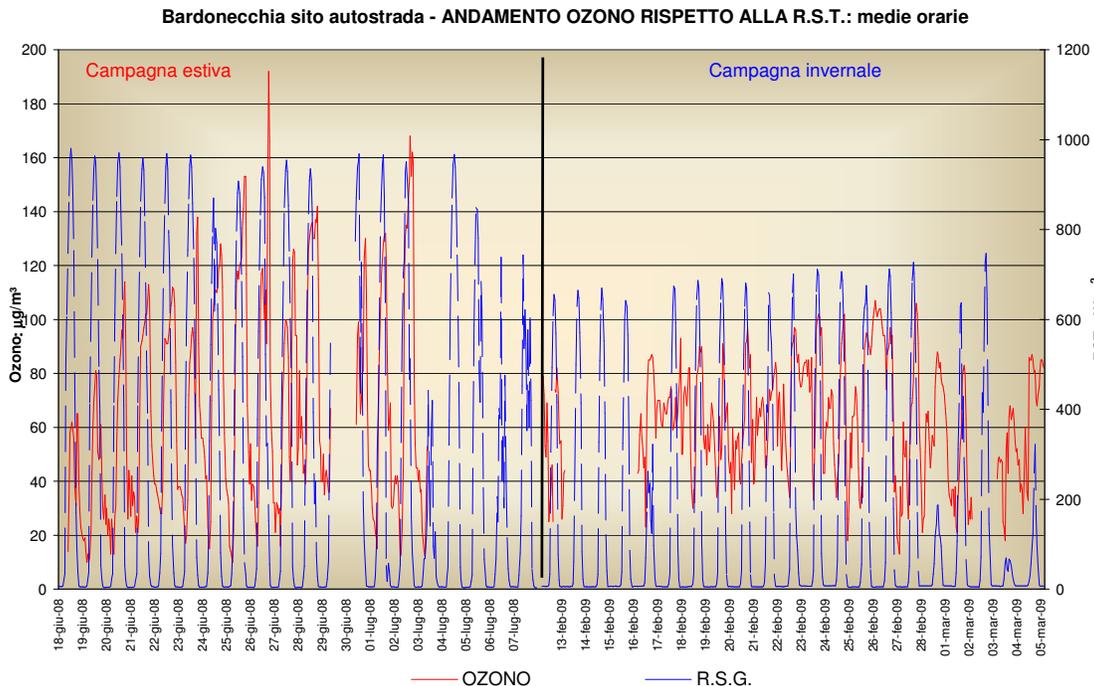


Figura 54: sito laghetto andamento orario dell'ozono rispetto alla temperatura dell'aria

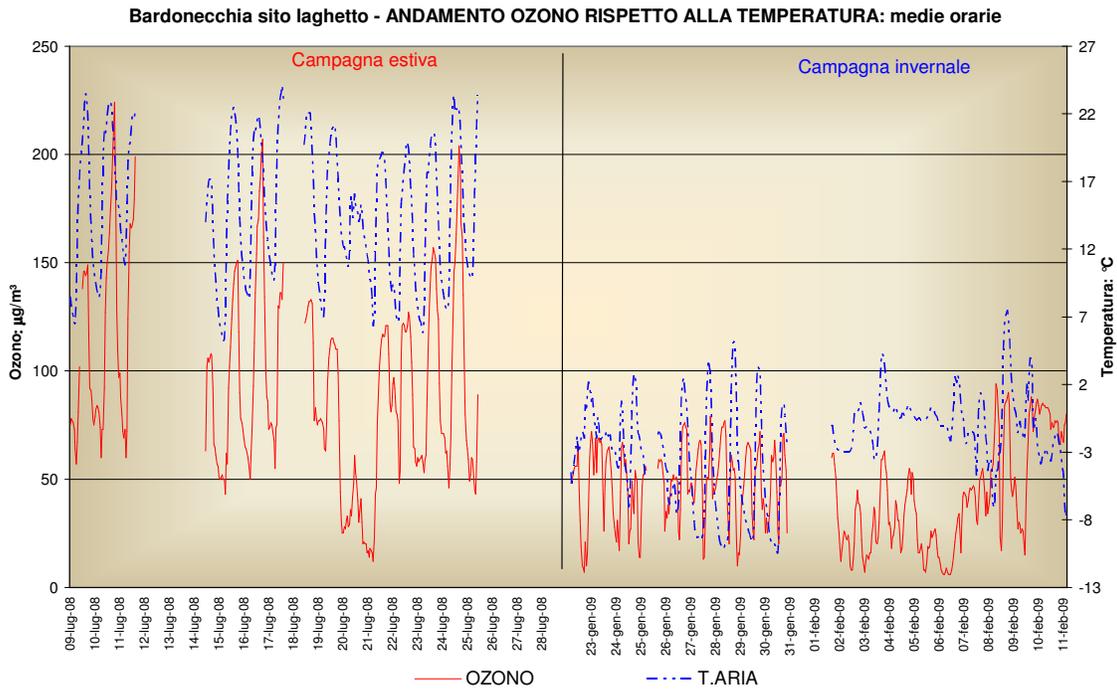


Figura 55: sito laghetto andamento orario dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale

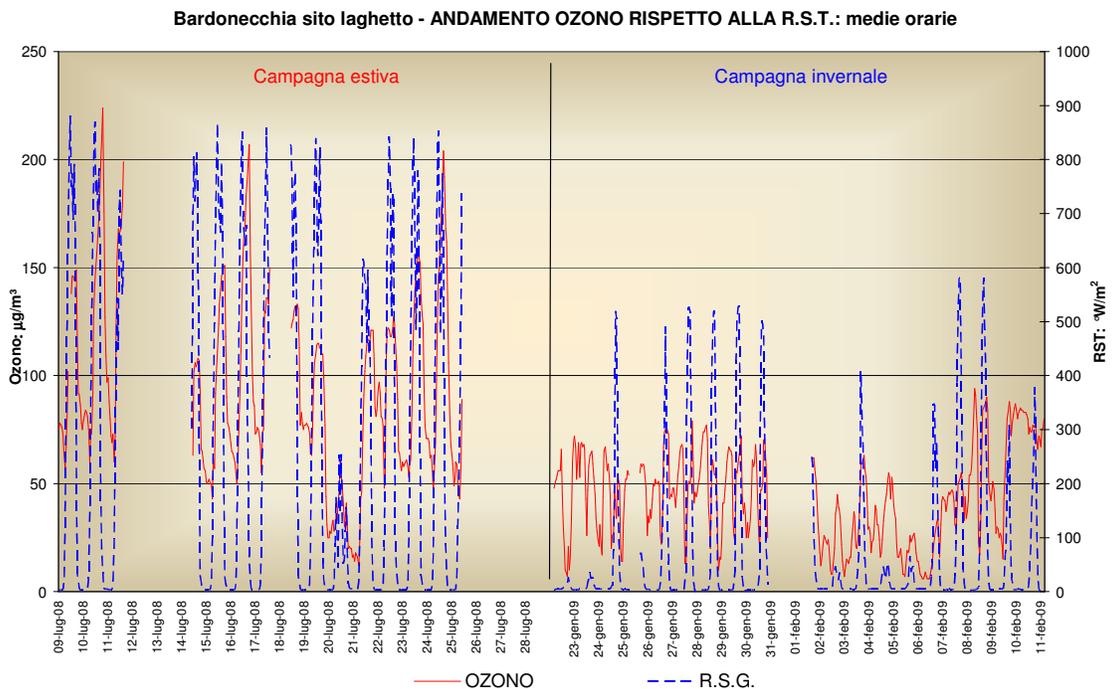


Figura 56: sito autostrada andamento orario di ozono, NO₂, NO e ozono

Bardonecchia sito autostrada - Cfr. NO₂ - NO - OZONO: medie orarie

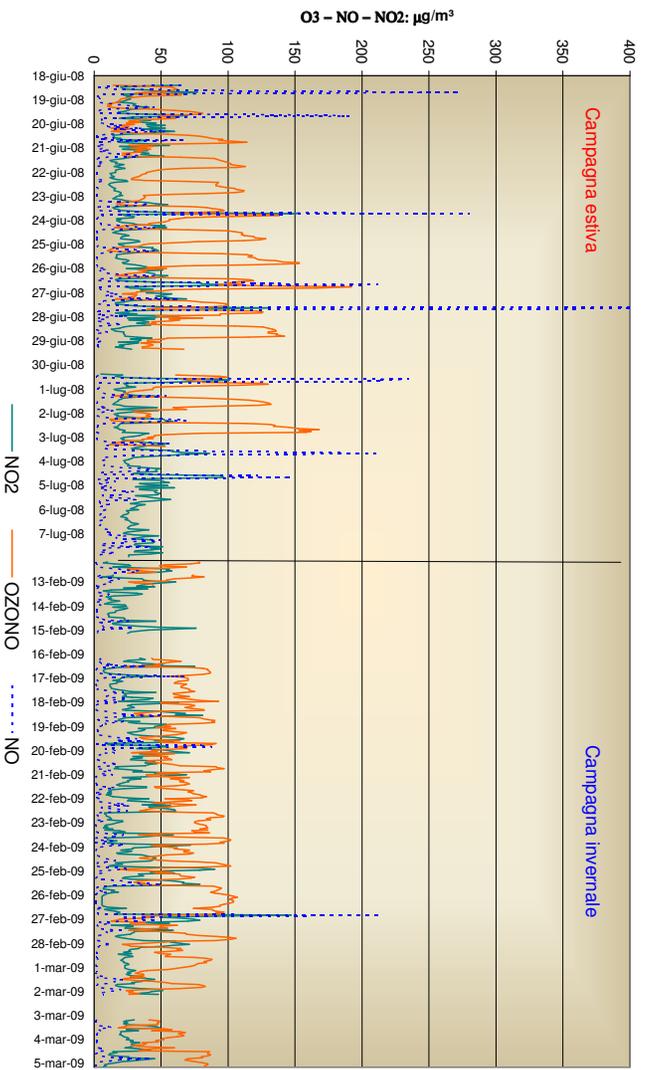


Figura 57: sito laghetto andamento orario di ozono, NO₂, NO e ozono

Bardonecchia sito laghetto - Cfr. NO₂ - NO - OZONO: medie orarie

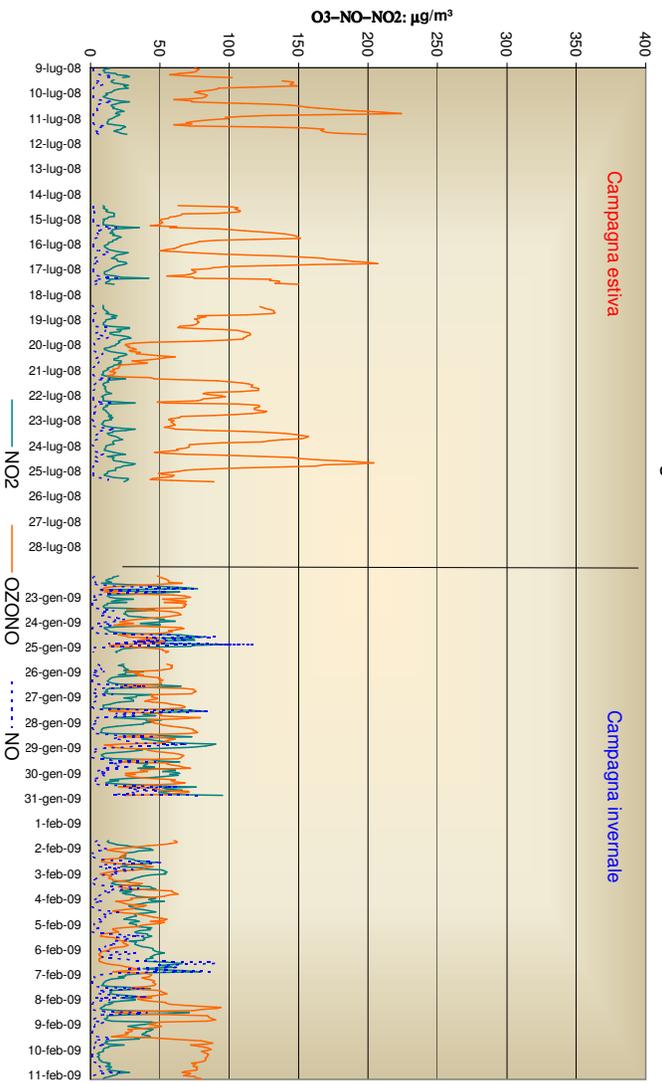


Figura 58: sito autostrada O₃ numero di superamenti del limite per la protezione della salute nella provincia di Torino nel corso delle campagne di monitoraggio

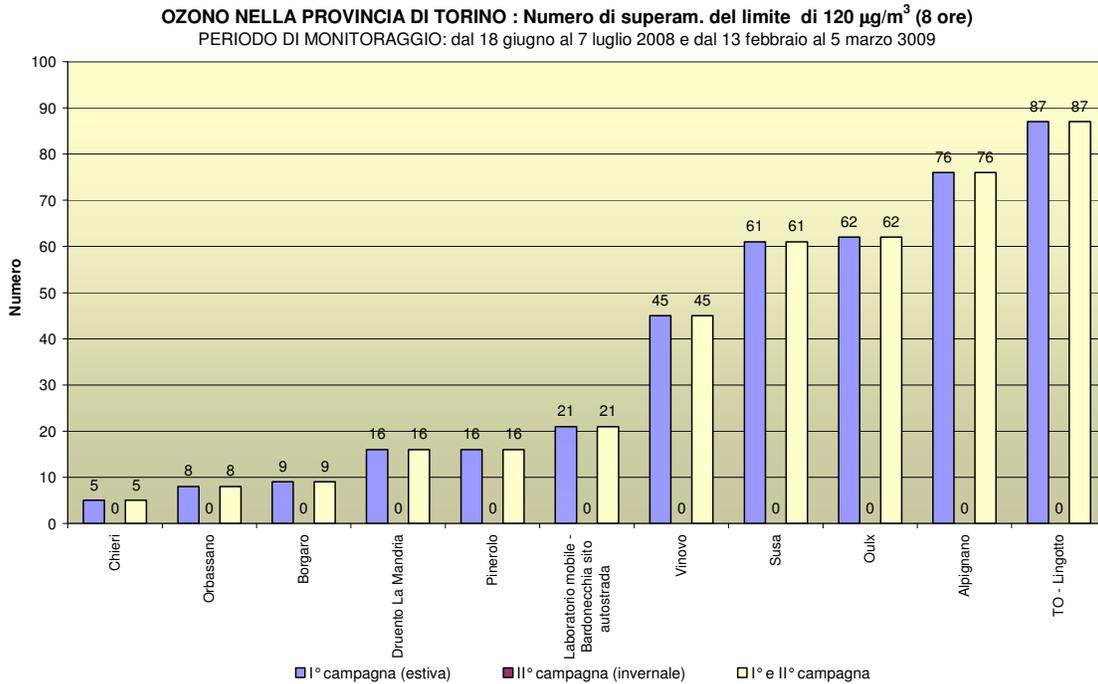


Figura 59: sito laghetto O₃ numero di superamenti del limite per la protezione della salute nella provincia di Torino nel corso delle campagne di monitoraggio

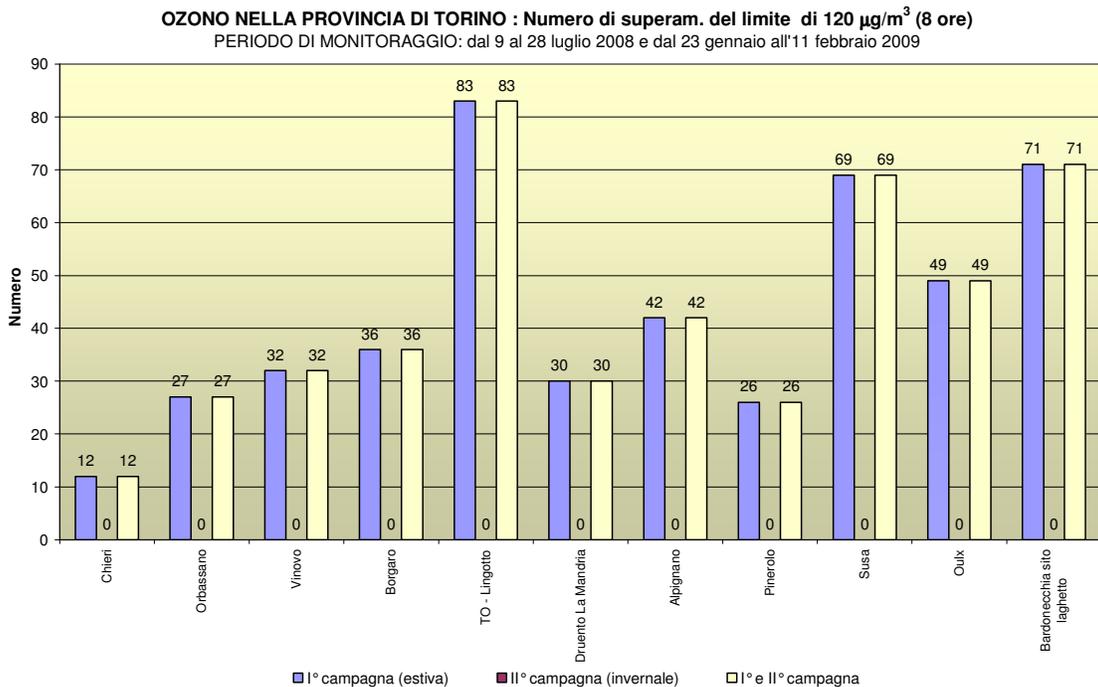


Figura 60: sito autostrada O₃ (medie orarie) confronto con i limiti di legge, livello di informazione, livello di allarme e con i dati della centralina di Oulx, Druento "La Mandria" e Torino Lingotto

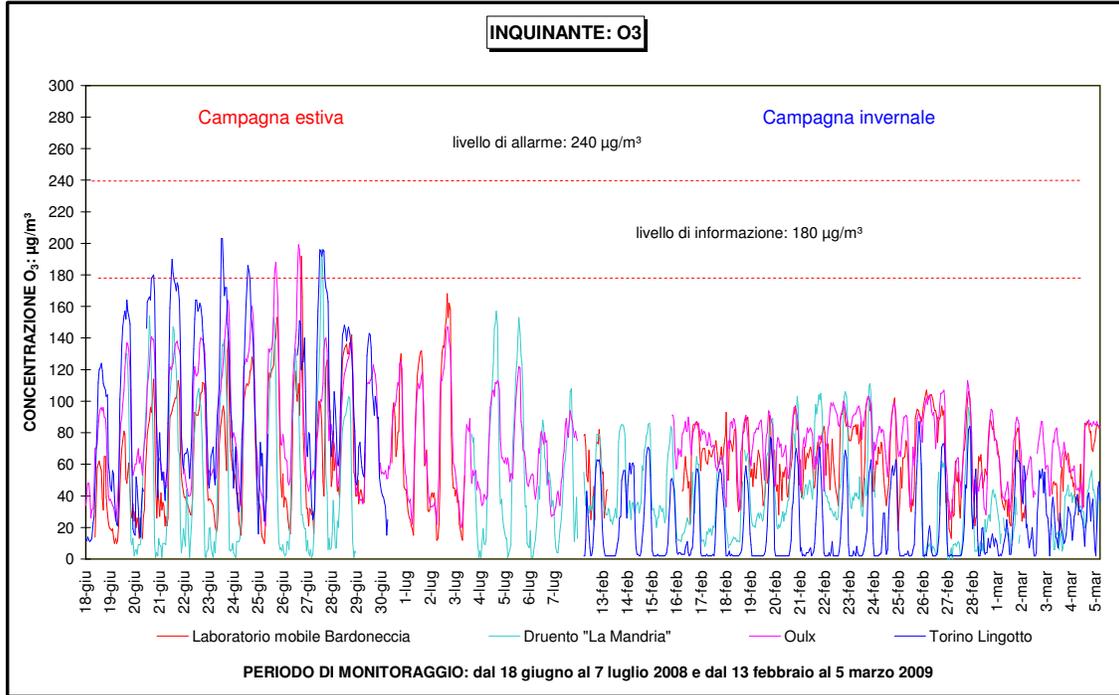


Figura 61: sito laghetto O₃ (medie orarie) confronto con i limiti di legge, livello di informazione, livello di allarme e con i dati della centralina di Oulx, Druento "La Mandria" e Torino Lingotto

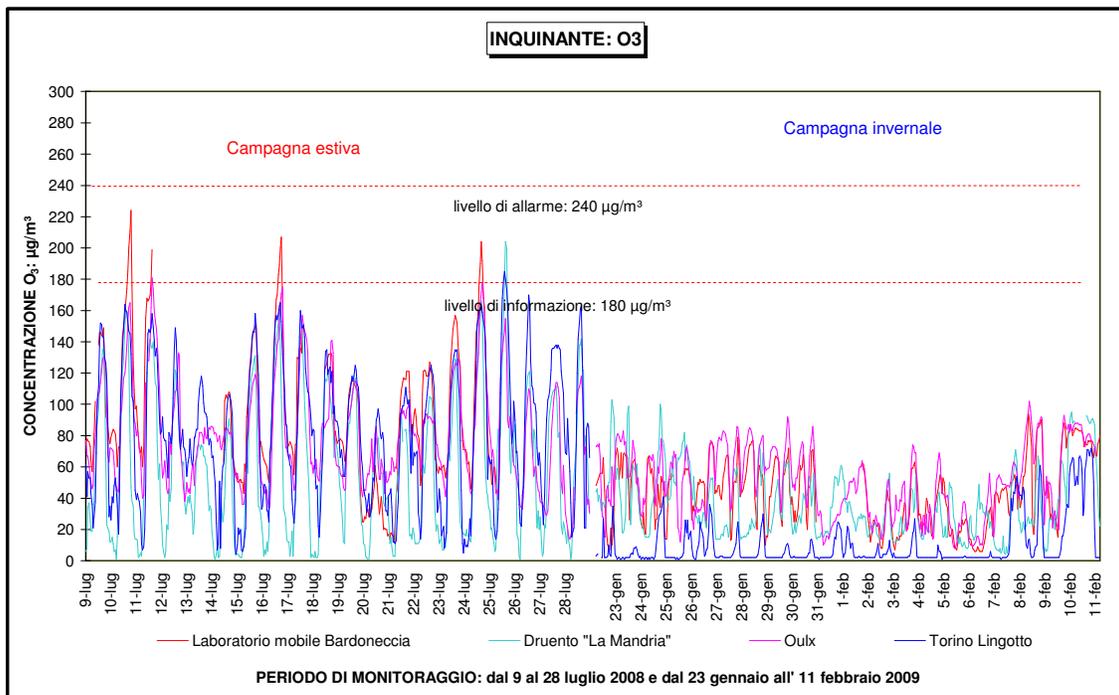


Figura 62: sito autostrada O₃ confronto con il livello di protezione salute umana (media trascinata sulle 8 ore)

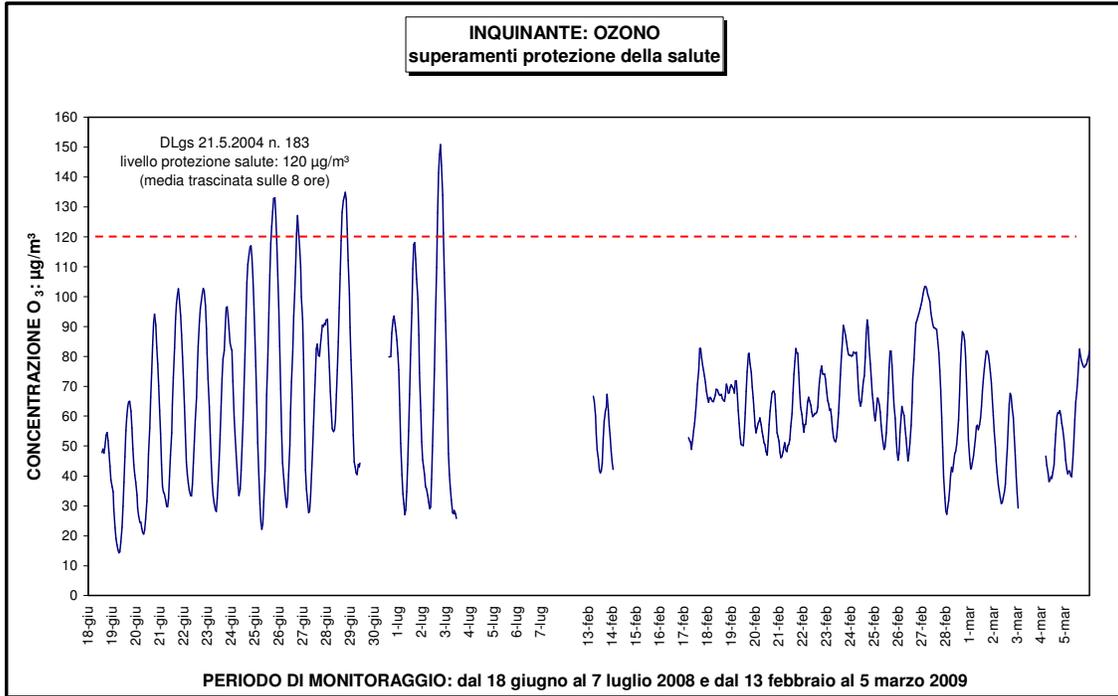


Figura 63: sito laghetto O₃ confronto con il livello di protezione salute umana (media trascinata sulle 8 ore)

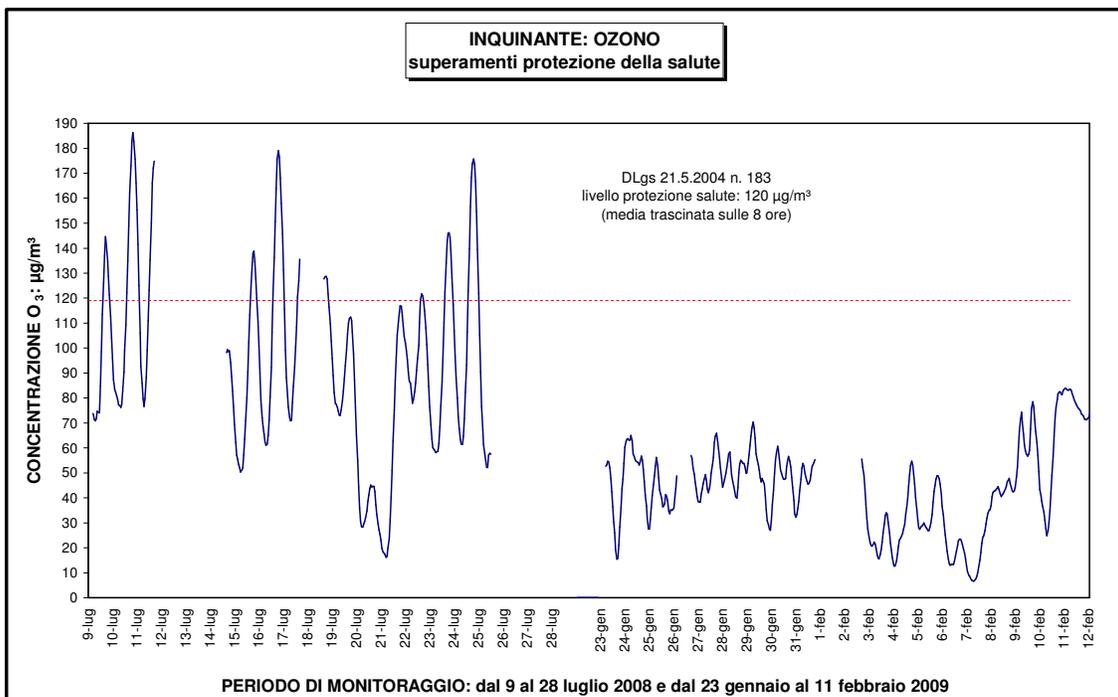


Tabella 28: sito autostrada ozono n° di superamenti delle medie di otto ore, confronto periodo campagna e medie annuali 2008 su tutto il territorio provinciale

	I° campagna (estiva)			II° campagna (invernale)		I° e II° campagna		Anno 2008		
	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)
Chieri	52	5	0	26	0	39	5	43	67	0
Borgaro	54	9	0	24	0	39	9	44	173	0
Druento La Mandria	54	16	1	38	0	46	16	43	135	11
Orbassano	67	8	0	30	0	49	8	43	135	11
Vinovo	74	45	0	31	0	53	45	43	200	0
TO - Lingotto	98	87	12	21	0	60	87	45	490	26
Pinerolo	78	16	0	41	0	60	16	56	280	1
Alpignano	88	76	5	34	0	61	76	48	249	7
Laboratorio mobile - Bardonecchia sito autostrada	66	21	1	63	0	65	21			
Susa	80	61	2	55	0	68	61	58	310	9
Oulx	81	62	5	73	0	77	62	64	224	8

Tabella 29: sito laghetto ozono n° di superamenti delle medie di otto ore, confronto periodo campagna e medie annuali 2008 su tutto il territorio provinciale

	I° campagna (estiva)			II° campagna (invernale)			I° e II° campagna			Anno 2008		
	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ³ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180)
Chieri	68	12	0	17	0	0	43	12	0	43	67	0
Orbassano	69	27	0	17	0	0	43	27	0	43	149	0
Vinovo	68	32	0	19	0	0	44	32	0	43	200	0
Borgaro	77	36	0	14	0	0	46	36	0	44	173	0
TO - Lingotto	83	83	1	10	0	0	47	83	1	45	490	26
Druento La Mandria	59	30	3	36	0	0	48	30	3	43	135	11
Alpignano	82	42	2	19	0	0	51	42	2	48	249	7
Pinerolo	81	26	0	25	0	0	53	26	0	56	280	1
Susa	88	69	2	35	0	0	62	69	2	58	310	9
Oulx	81	49	1	50	0	0	66	49	1	64	224	8
Bardonecchia sito laghetto	94	71	12	44	0	0	69	71	12			

Il benzene presente in atmosfera è 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 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 è misurata la concentrazione del benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il benzene è una sostanza classificata:

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

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo.

Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

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

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

La normativa vigente (D.M. 60 del 2/4/2002) prevede per il benzene per l'anno 2009 un valore limite annuale di $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed entro il 2010 tale limite deve raggiungere il valore di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dalla Tabella 30 si osserva che la concentrazione media rilevata durante le due campagne nel sito autostrada (41 giorni) risulta essere di $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la campagna estiva mentre nel corso della campagna invernale, la più critica per questo parametro è di $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel sito laghetto la media del periodo delle due campagne per il benzene è stata di $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media

oraria di $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la campagna estiva mentre per la campagna invernale è di $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Tabella 31.

Per il toluene nel sito autostrada i valori risultano ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS con una massima media giornaliera di $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo estivo e di $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo invernale. Nel sito laghetto la massima media giornaliera è stata $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo estivo e di $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo invernale.

Dal confronto delle medie orarie e del giorno medio con i dati delle centraline di Rivoli e Torino via della Consolata si osserva che le concentrazioni di benzene e toluene nei due siti monitorati sono inferiori a quelle misurate in Torino via della Consolata e in Rivoli in tutte e due le campagne di monitoraggio e non destano alcuna preoccupazione in relazioni ai limiti di legge.

Tabella 30:Sito autostrada Parametro: Benzene (microgrammi/ metro cubo)

Benzene	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.1	0.8
Massima media giornaliera	0.6	1.8
Media delle medie giornaliere	0.4	1.3
Giorni validi	17	18
Percentuale giorni validi	85%	86%
Media dei valori orari	0.4	1.3
Massima media oraria	2.7	5.0
Ore valide	445	425
Percentuale ore valide	93%	84%

Tabella 31:Sito laghetto Parametro: Benzene (microgrammi/ metro cubo)

Benzene	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.3	1.1
Massima media giornaliera	1.0	3.0
Media delle medie giornaliere	0.6	2.2
Giorni validi	10	16
Percentuale giorni validi	50%	80%
Media dei valori orari	0.5	2.2
Massima media oraria	9.6	5.6
Ore valide	306	411
Percentuale ore valide	64%	86%

Tabella 32: Sito autostrada parametro: Toluene (microgrammi/ metro cubo)

Toluene	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.7	0.9
Massima media giornaliera	3.0	2.6
Media delle medie giornaliere	1.6	1.6
Giorni validi	17	17
Percentuale giorni validi	85%	81%
Media dei valori orari	1.6	1.6
Massima media oraria	11.8	6.0
Ore valide	445	403
Percentuale ore valide	93%	80%

Tabella 33: Sito laghetto parametro: Toluene (microgrammi/ metro cubo)

Toluene	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.7	1.6
Massima media giornaliera	5.8	5.6
Media delle medie giornaliere	2.0	3.0
Giorni validi	10	14
Percentuale giorni validi	50%	70%
Media dei valori orari	1.9	2.8
Massima media oraria	61.9	15.5
Ore valide	306	377
Percentuale ore valide	64%	79%

Figura 64: Sito autostrada medie orarie di Benzene confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

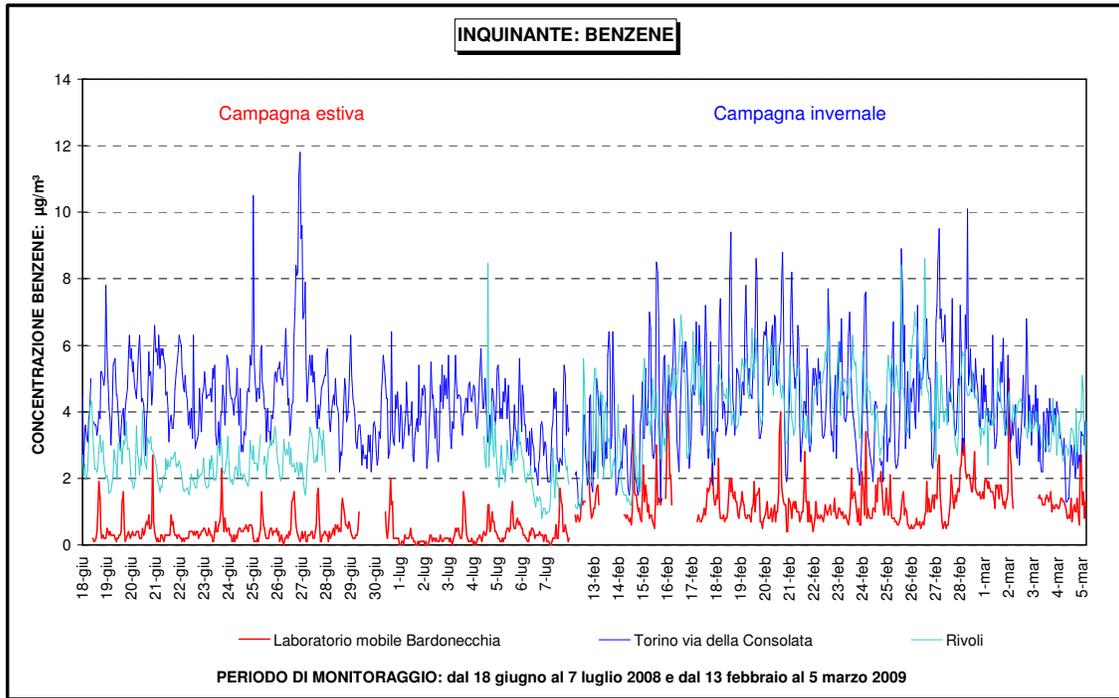


Figura 65: Sito laghetto medie orarie di Benzene confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

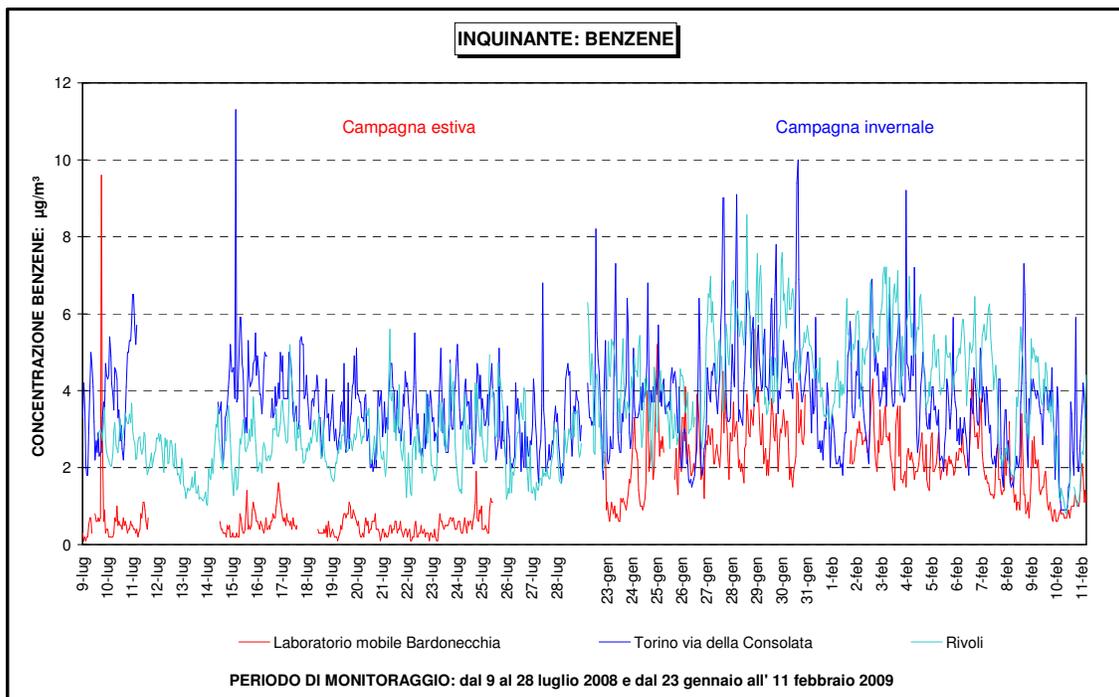


Figura 66: Sito autostrada medie orarie di Toluene confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

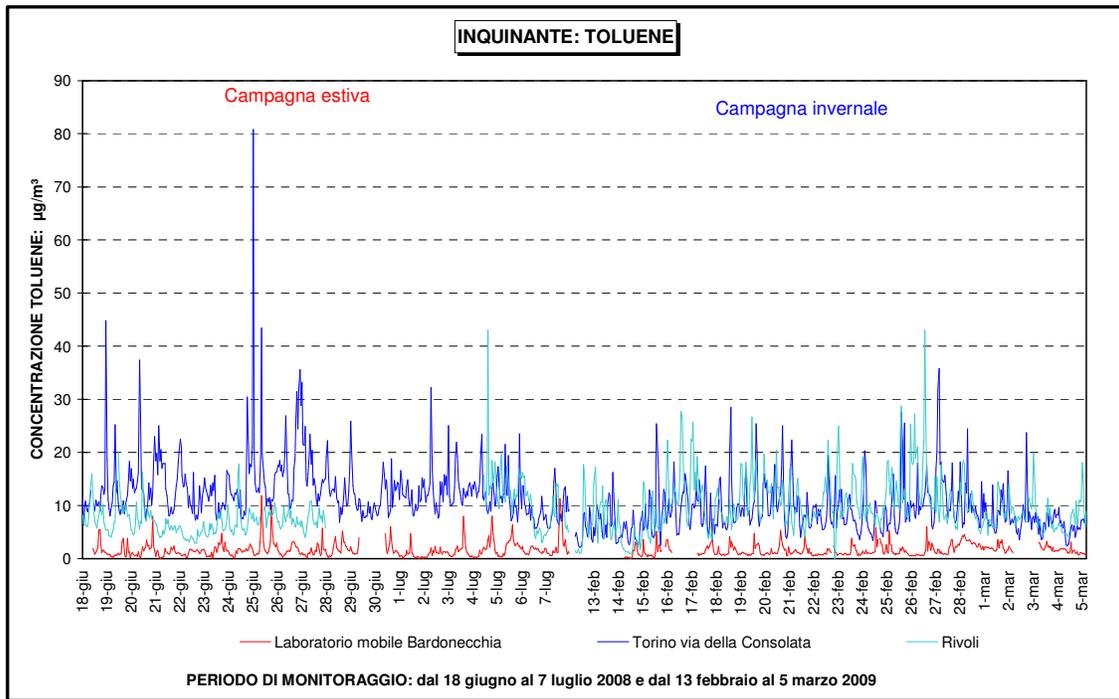


Figura 67: Sito laghetto medie orarie di Toluene confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

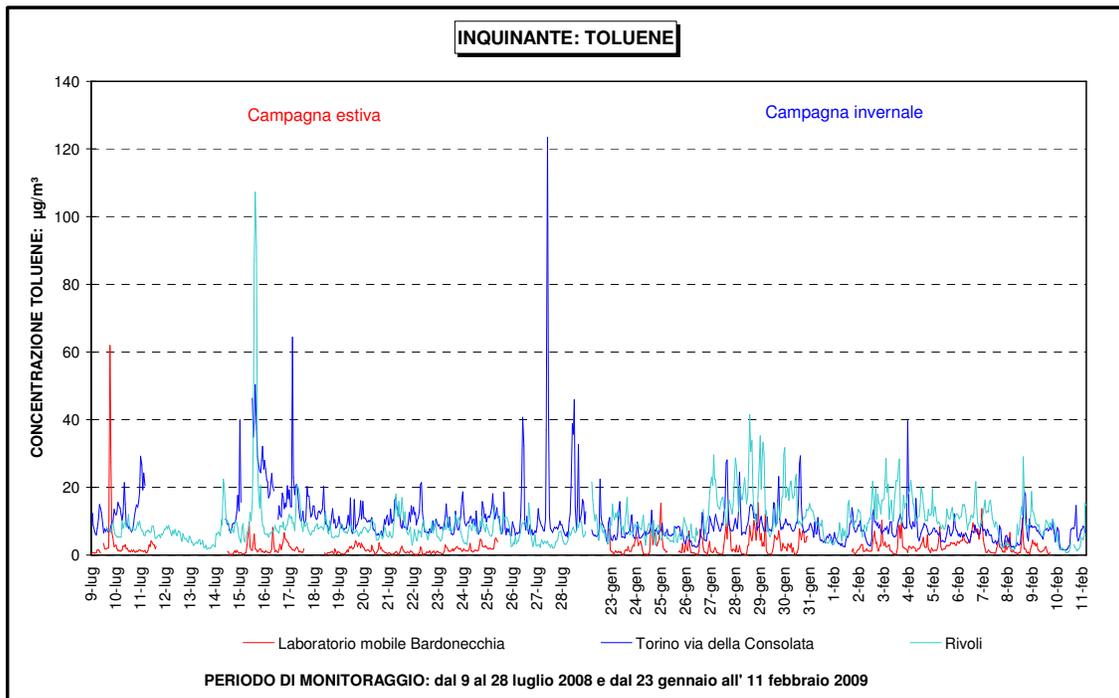


Figura 68: Sito autostrada campagna estiva Benzene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

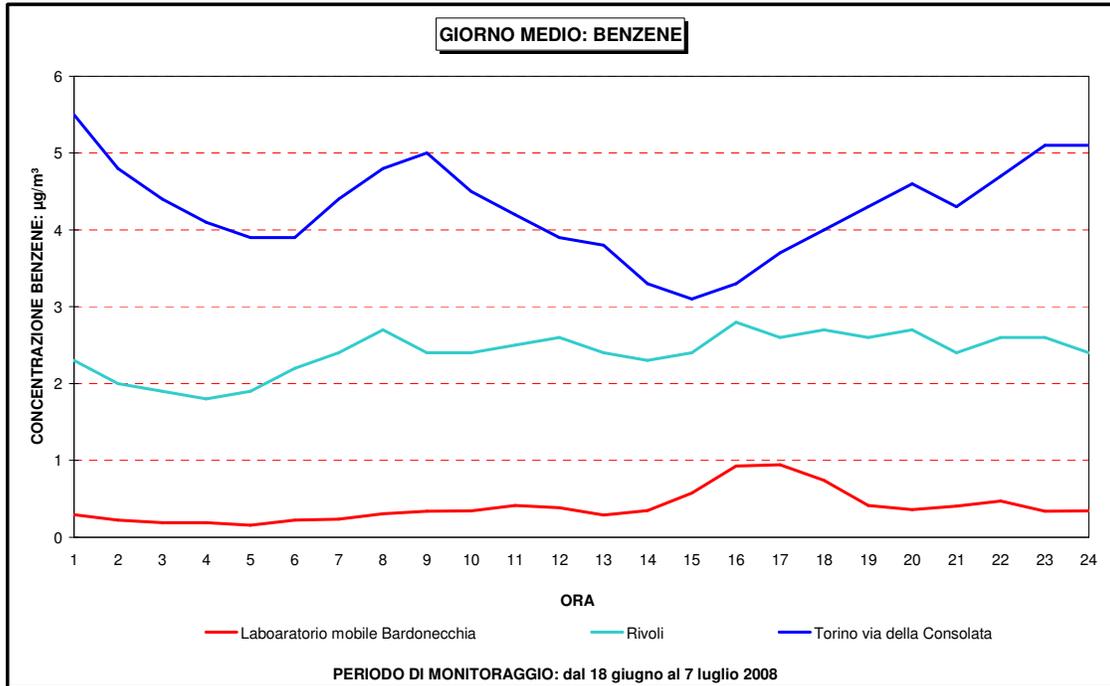


Figura 69: sito laghetto campagna estiva Benzene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

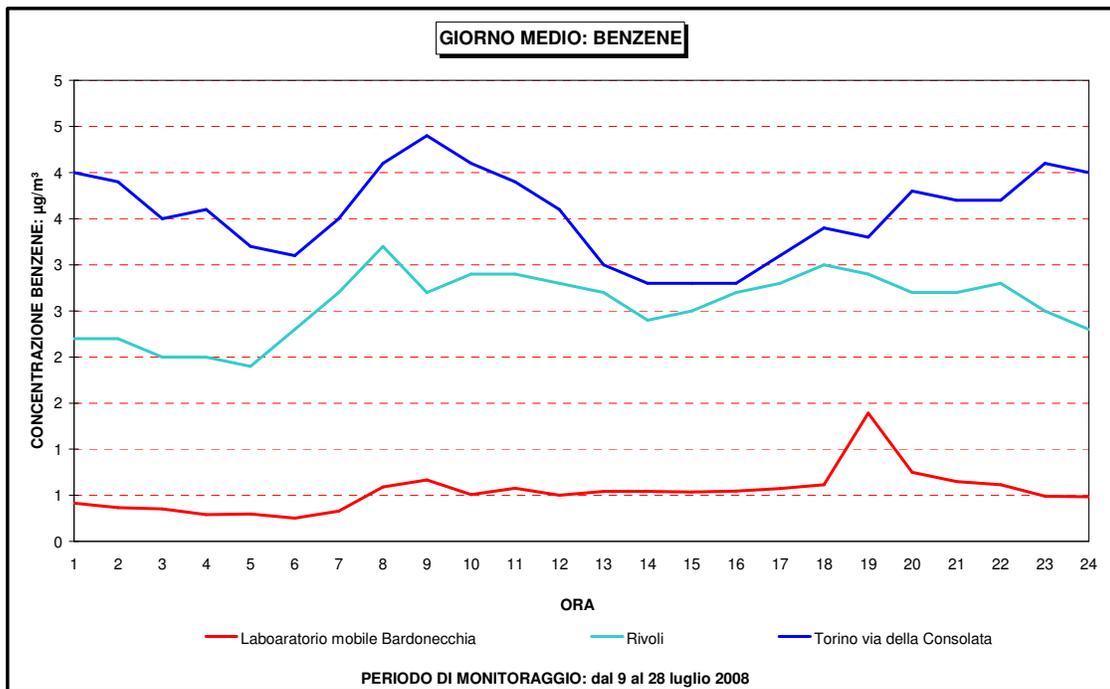


Figura 70: Sito autostrada campagna invernale Benzene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

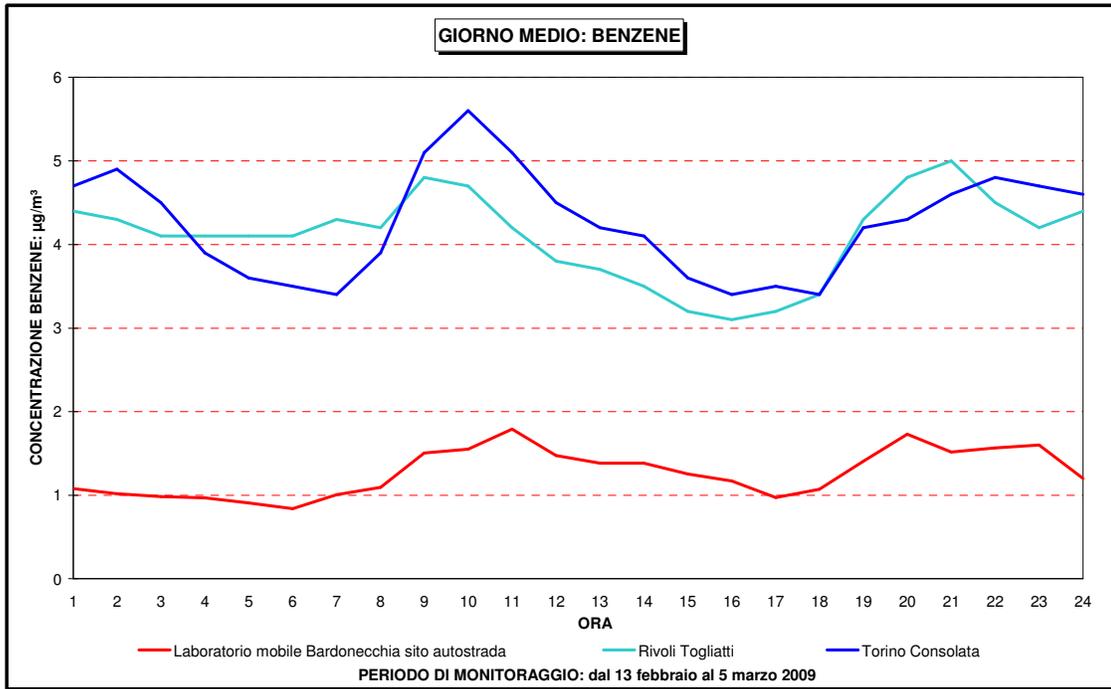


Figura 71: Sito laghetto campagna invernale Benzene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

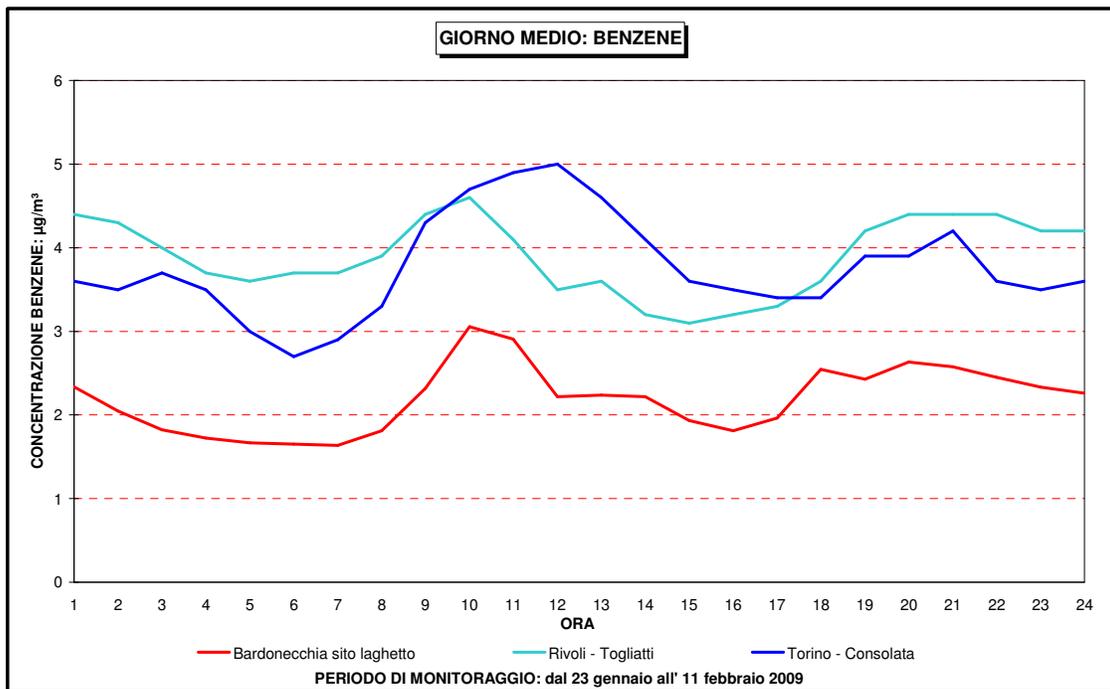


Figura 72: Sito autostrada campagna estiva Toluene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

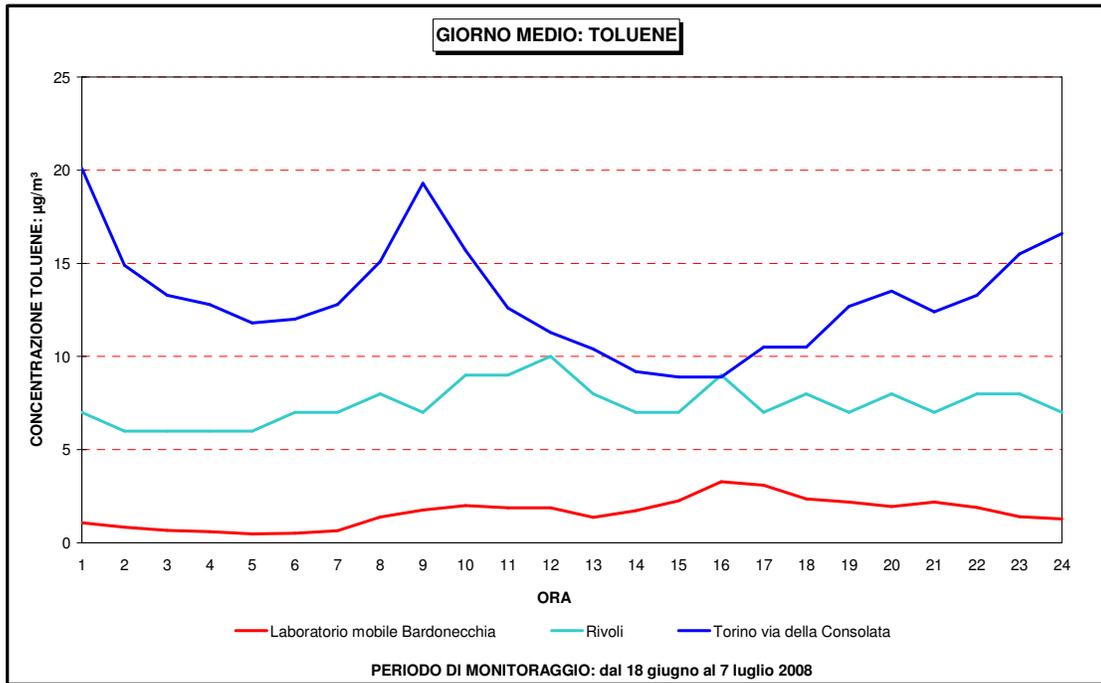


Figura 73: Sito laghetto campagna estiva Toluene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

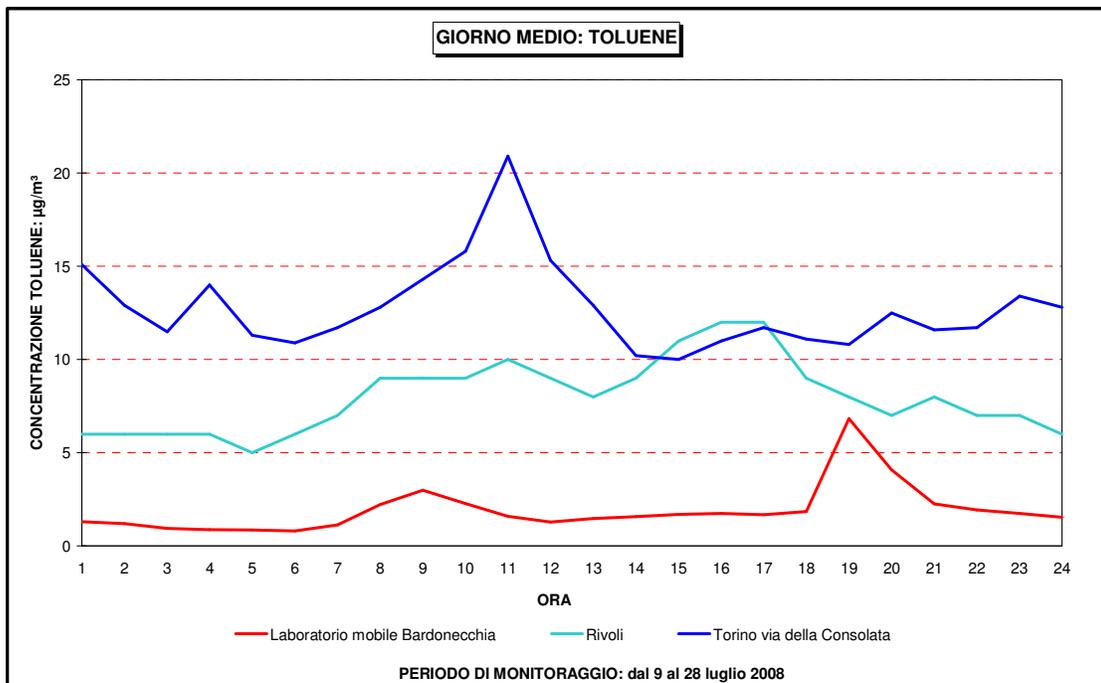


Figura 74: Sito autostrada campagna invernale Toluene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli

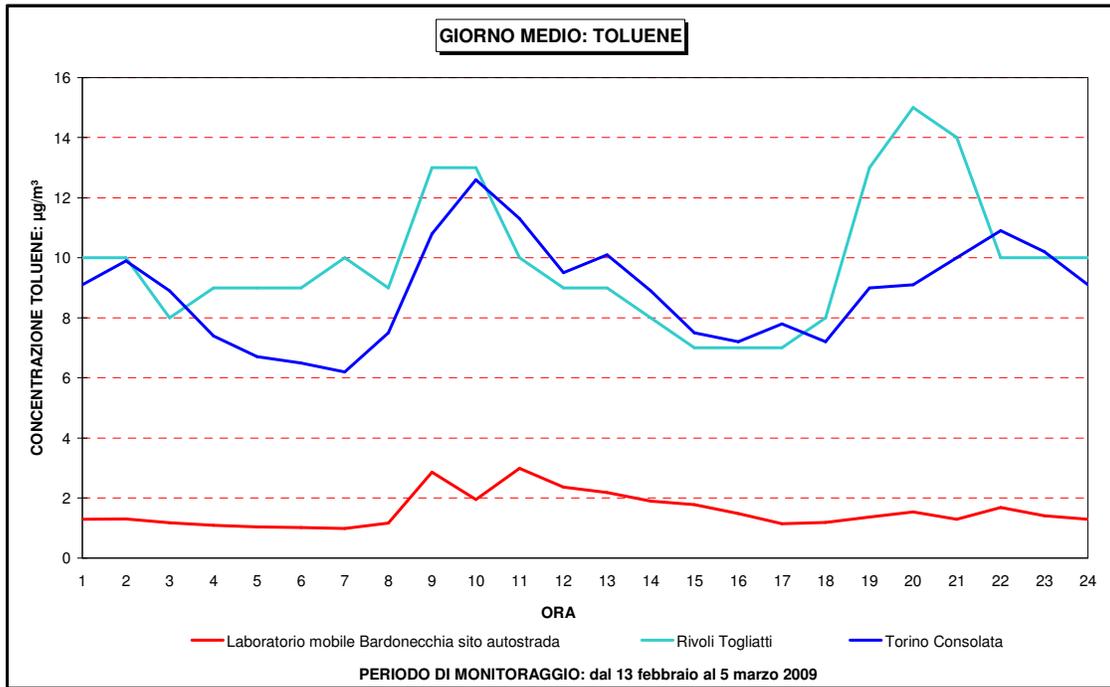
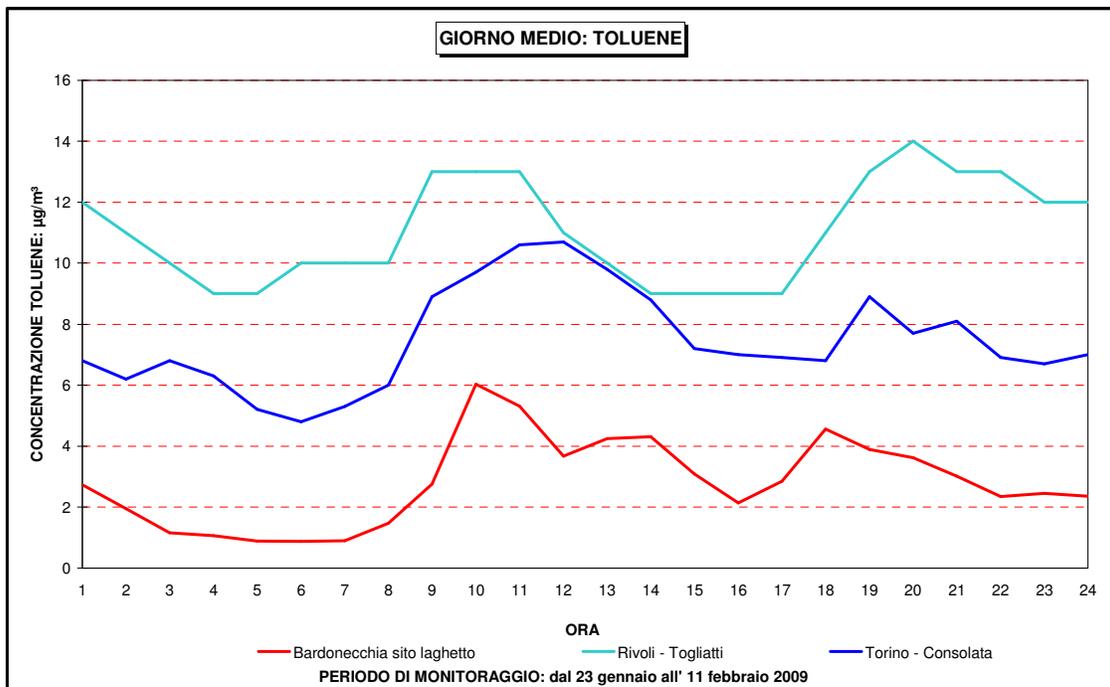


Figura 75: Sito laghetto campagna invernale Toluene andamento giorno medio confronto con i dati delle stazioni di rilevamento di Torino via della Consolata e Rivoli



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

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma con il DM 60/2002 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. Il DM 60/2002 ha inoltre indicato che venga misurata la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 μm (PM2,5), per il quale attualmente non sono ancora previsti dei limiti normativi.

Nel comune di Bardonecchia nei due siti monitorati nel periodo estivo non si sono verificati superamenti del livello giornaliero di protezione della salute (pari a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), come del resto è avvenuto in tutte le centraline della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria in cui si controllano le poveri PM10 ad esclusione di due centraline in Torino posizionate in siti particolarmente critici per questo parametro ([Tabella 37](#))

Nel periodo estivo il valore medio di PM10 nel sito autostrada è pari a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ([Tabella 34](#)), mentre nel sito laghetto il valore medio risulta di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ([Tabella 35](#)); nel sito autostrada concorrono all'aumento del valore medio già citati lavori svolti nel tunnel ferroviario

Nel corso della campagna invernale si sono avuti due superamenti del limite giornaliero nel sito autostrada mentre nel sito laghetto non si sono avuti superamenti.

Il DM 60 del 2002 prevede un valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dalle [Figura 78](#) e [Figura 79](#) appare evidente come tale limite sia rispettato essendo il valore medio della campagna invernale , che è la più critica per questo inquinante, pari a 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il sito autostrada e di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il sito laghetto.

Tabella 34: sito autostrada parametro: Polveri PM10 - Basso Volume (microgrammi/ metro cubo)

PM10	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	5	11
Massima media giornaliera	42	68
Media delle medie giornaliere	21	27
Giorni validi	16	21
Percentuale giorni validi	80%	100%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0	2

Tabella 35: sito laghetto parametro: Polveri PM10 - Basso Volume (microgrammi/ metro cubo)

PM10	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	4	2
Massima media giornaliera	21	28
Media delle medie giornaliere	10	10
Giorni validi	15	12
Percentuale giorni validi	75%	60%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0	0

Figura 76: sito autostrada Medie giornaliere di PM10 confronto con i dati di Torino via della Consolata, Druento “La Mandria” e Susa.

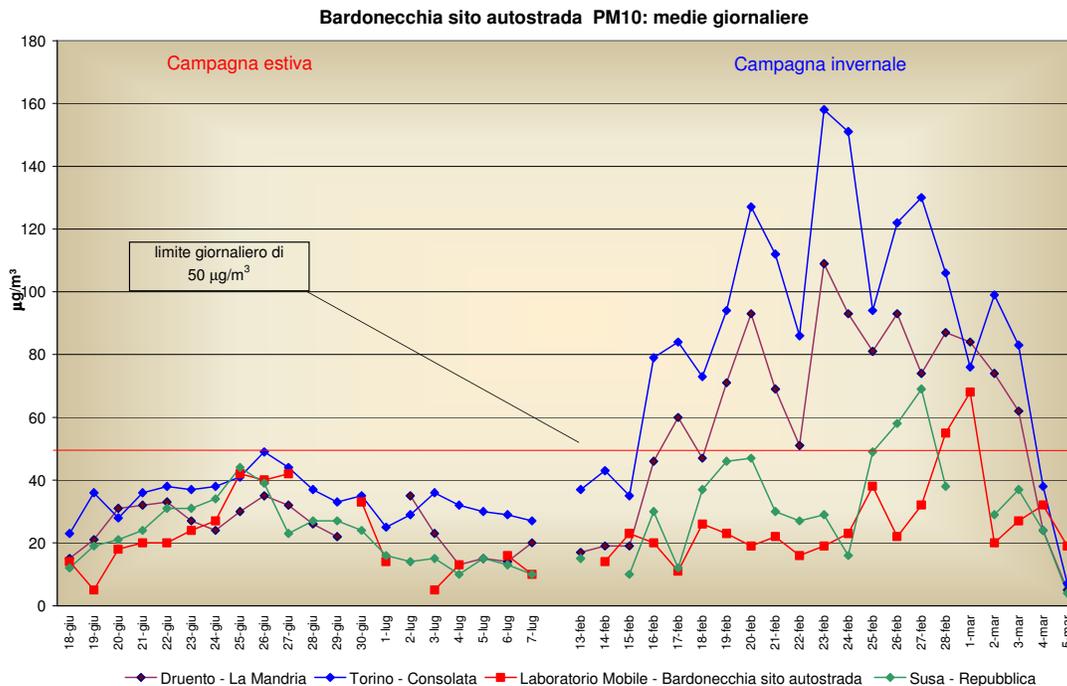


Figura 77: sito laghetto Medie giornaliere di PM10 confronto con i dati di Torino via della Consolata, Druento “La Mandria” e Susa.

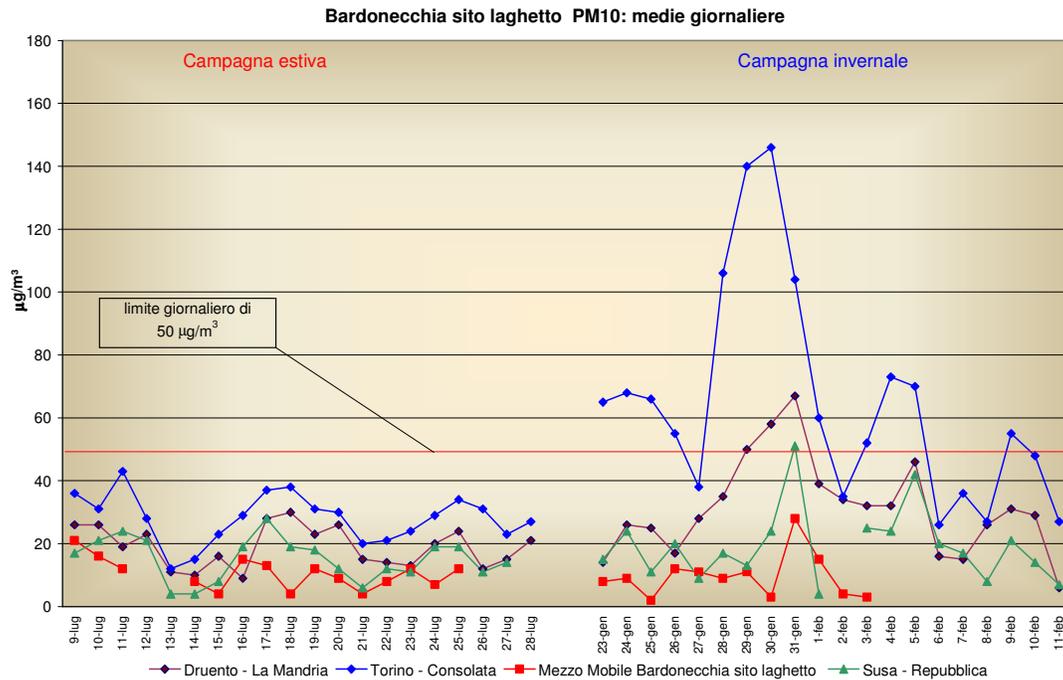


Tabella 36: sito autostrada parametro PM10 media periodo campagne e media anno 2008 delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Torino

	I° campagna (estiva)		II° campagna (invernale)		periodo I° e II° campagna		anno 2008	
	media periodo [µg/m³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2007 [µg/m³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Bardonecchia - autostrada	21	0	26	2	24	2		
Susa	22	0	32	2	27	2	25	39
Druento La Mandria	25	0	61	14	43	14	32	56
Pinerolo	28	0	62	13	45	13	36	66
Ivrea Liberazione	22	0	68	13	45	13	34	73
Borgaro	30	0	77	16	54	16	43	93
TO - Rubino	28	0	83	16	56	16	43	90
TO - Via Consolata	34	0	87	16	61	16	53	124
TO - Piazza Rivoli	35	1	89	14	62	15	54	129
Carmagnola	31	0	94	19	63	19	48	124
TO - I.T.I.S. GRASSI	41	2	104	18	73	20	61	150

Tabella 37: sito laghetto parametro PM10 media periodo campagne e media anno 2008 delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Torino

	periodo I° campagna (estiva)		II° campagna (invernale)		periodo I° e II° campagna		anno 2008	
	media periodo [mg/m3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [mg/m3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [mg/m3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2008 [mg/m3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Bardonecchia sito laghetto	10	0	10	0	10	0		
Susa	15	0	19	1	17	1	25	39
Druento La Mandria	19	0	31	2	25	2	32	56
Ivrea Liberazione	16	0	40	6	28	6	34	73
Pinerolo	19	0	45	7	32	7	36	66
Buttiglieria Alta	21	0	48	4	35	4	36	70
Borgaro	28	0	52	10	40	10	43	93
TO - Rubino	23	0	68	10	46	10	43	90
TO - Via Consolata	28	0	65	13	47	13	53	124
TO - Piazza Rivoli	27	0	71	11	49	11	54	129
Carmagnola	27	0	83	16	55	16	48	124
TO - I.T.I.S. GRASSI	33	1	79	16	56	17	61	150

Figura 78 : Sito autostrada parametro PM10 confronto medie del periodo con le medie anno 2008 nel territorio provinciale

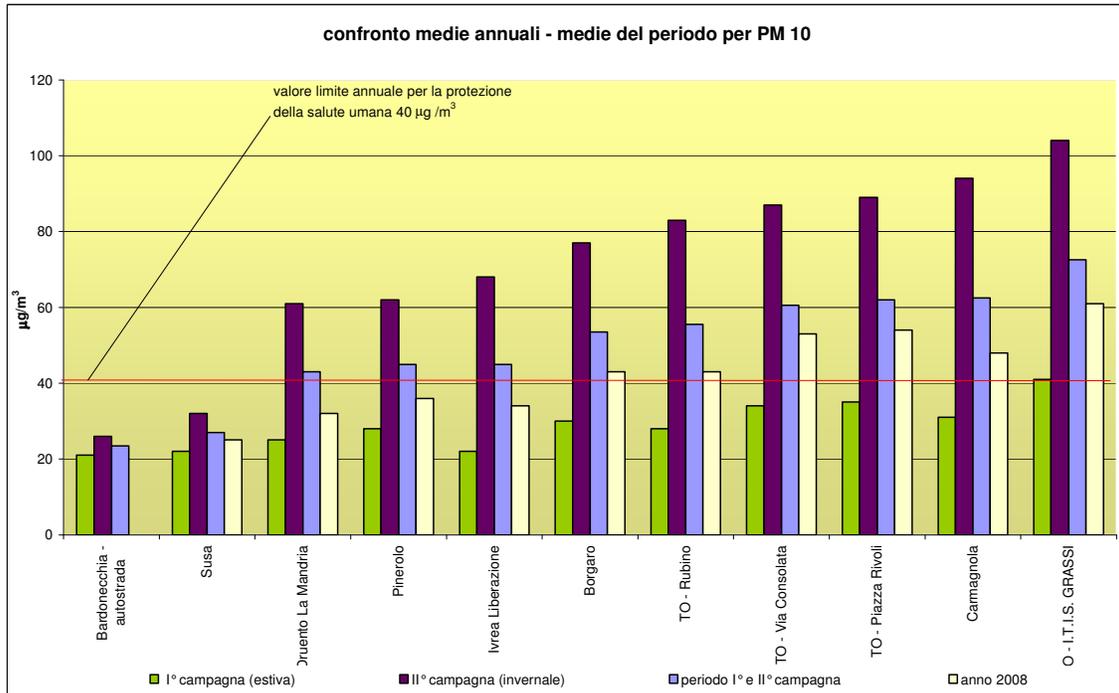
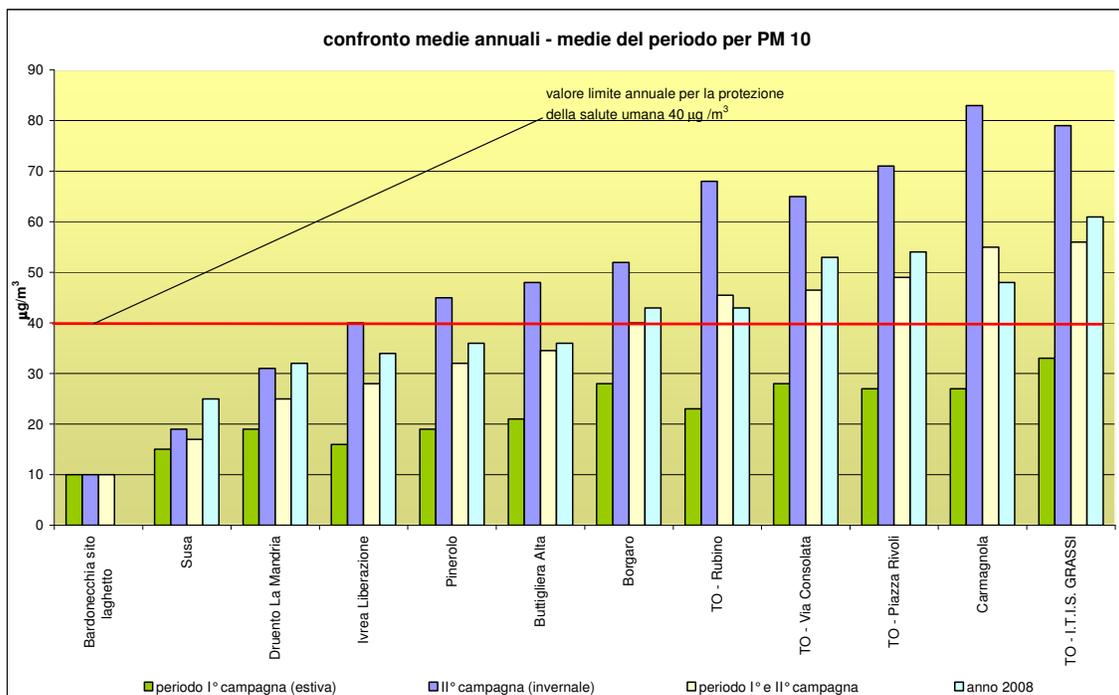


Figura 79 : Sito laghetto parametro PM10 confronto medie del periodo con le medie anno 2008 nel territorio provinciale



CONCLUSIONI

Le criticità rilevate nel territorio di Bardonecchia rispecchiano quelle osservate in siti simili della provincia. In generale le soglie di allarme sono rispettate nei due siti monitorati per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo d'indicatore; sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo ed il benzene

Nel periodo di rilevamento estivo il parametro più critico è risultato l'ozono. Nel sito autostrada si sono verificati 4 giorni di superamento del livello per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come massima media su otto ore) e un superamento del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 26 e Figura 62).

Nel sito laghetto vi sono stati 8 giorni di superamento del livello per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su otto ore) e 12 superamenti del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatesi in tre giorni (Tabella 27 e Figura 63).

Va comunque sottolineato che relativamente alla campagna estiva si sono avuti superamenti in tutte le stazioni della Provincia di Torino in cui viene misurato l'ozono. La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono infatti un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Relativamente alla campagna invernale l'unico parametro che ha presentato superamenti dei valori limite risulta il PM10. Nel sito laghetto non si sono verificati superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel sito autostrada i giorni di superamento sono stati due; va sottolineato che nello stesso periodo tutte le stazioni di rilevamento della qualità dell'aria nell'area provinciali di pianura hanno rilevato un numero di superamenti giornalieri ancora superiore (Tabella 36).

In base ai dati rilevati la situazione relativa al PM10 nei siti di Bardonecchia risulta quindi una delle meno critiche sul territorio provinciale: analogamente a quanto accade in altri siti della Valle di Susa, il valore limite su base annuale è del tutto presumibile che sia costantemente rispettato, mentre non si può escludere del tutto che il numero massimo di superamenti del valore limite giornaliero (35 giorni in un anno) possa, in anni caratterizzati da condizioni meteorologiche particolarmente critiche, essere superato in siti caratterizzati da elevati volumi di traffico. In ogni caso per garantire il completo rispetto dei limiti per questo inquinante risultano indispensabili interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti di polveri primarie e dei precursori di polveri secondarie in area vasta; in tale ottica ogni intervento a livello locale atto alla riduzione di tali emissioni costituisce un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• **Biossido di zolfo**

API 100E

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 A300

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 vetro EDEROL di diametro 47 mm.

• **Stazione meteorologica**

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, sistema di rilevazione PID (fotoionizzazione).

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni: 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene: 0 ÷ 441 µg/m³