

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA
CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
NEL COMUNE DI**

Torino

C.so IV Novembre angolo C.so Monte lungo



**RELAZIONE CONCLUSIVA
marzo 2006**

ARPA Ente di diritto pubblico

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

SC06 – Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino

Via San Domenico, 22/B - 10122 Torino - Tel. 011/2278724 fax 0112278604 - E-mail: dip.torino@arpa.piemonte.it



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 che si occupano di "Qualità dell'Aria" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte:

sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.ssa Marilena Maringo, ing. Milena Sacco.

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

La gestione tecnica del laboratorio mobile è stata curata dal Responsabile gestione tecnica del laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Torino.

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

CAPITOLO 1	
CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>5</i>
IL LABORATORIO MOBILE.....	7
IL QUADRO NORMATIVO.....	7
CAPITOLO 2 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	10
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	11
Elaborazione dati meteorologici	13
Dati del periodo: 9/02/2006 - 19/03/2006	20
Elaborazione grafica dati di inquinamento atmosferico	24
Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	24
Giorno medio.....	24
Biossido di zolfo	36
Ossidi di Azoto	36
Monossido d'azoto	36
Biossido d'azoto	37
Monossido di Carbonio.....	40
Benzene e Toluene	42
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	43
Ozono.....	46
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).....	46
CONCLUSIONI RELATIVE ALLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	49
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	50

CAPITOLO 1
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 2004", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed 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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali 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 ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti 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 2004".

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

CAPITOLO 2 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Torino, promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte Dipartimento di Torino, è stata finalizzata al controllo della qualità dell'aria, in seguito alla richiesta della Direzione Generale di Arpa (protocollo n° 43242/05 del 8-04-2005) in cui è stato richiesto di effettuare nelle zone interessate dai XX Giochi Olimpici invernali del 2006 le campagne di monitoraggio d'inquinamento dell'aria nei Comuni di Torino, Pragelato, Sestriere, Sauze d'Oulx e Bardonecchia.

La presente relazione è indicativa solo della campagna di monitoraggio in Torino. Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito:

Corso IV Novembre angolo corso Monte lungo

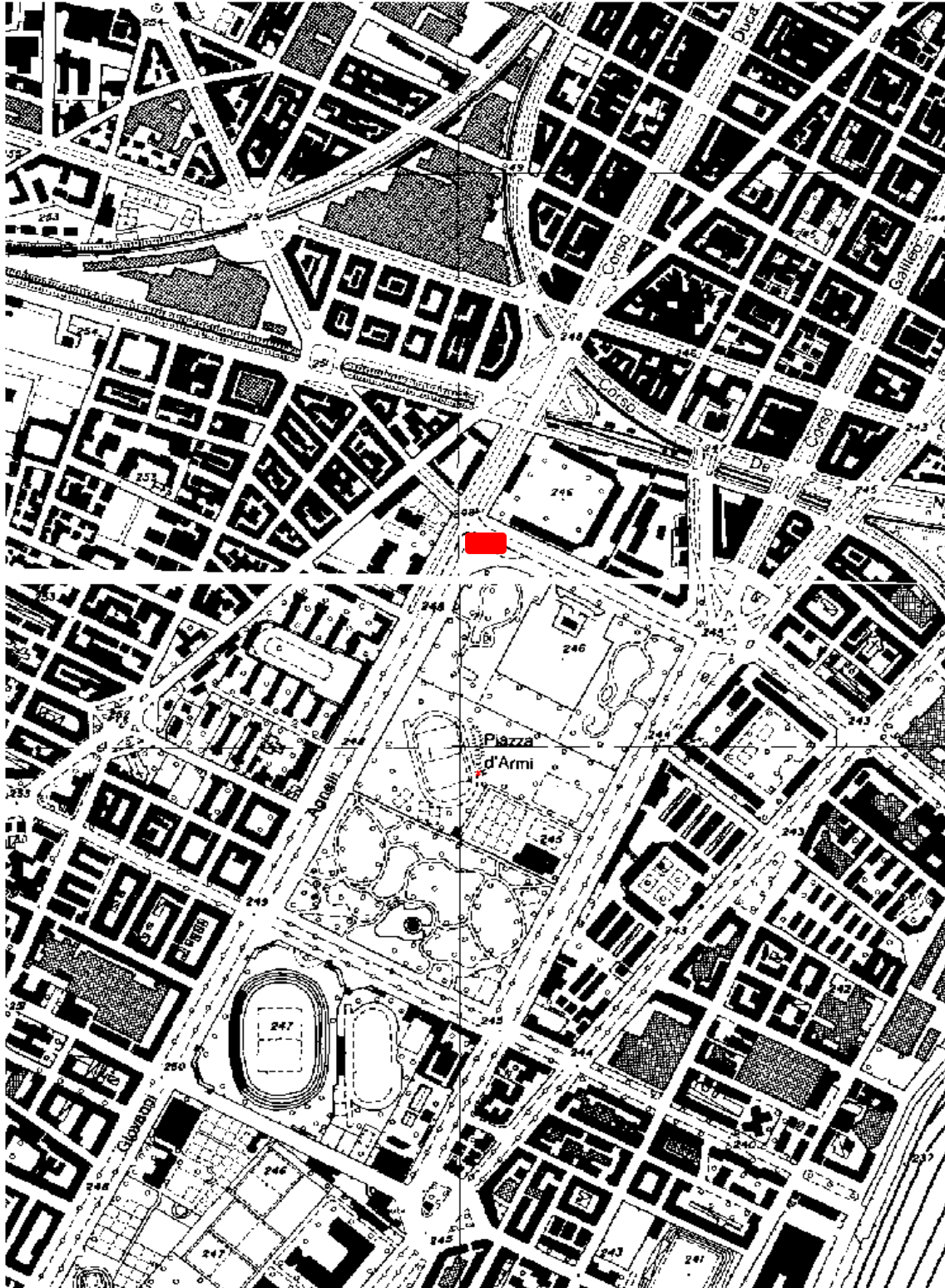
In Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Torino l'indicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

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

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato X del D.M. 60/2002), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

La campagna invernale è stata condotta tra il **9 febbraio e il 19 marzo 2006** (39 giorni). Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Figura 1: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile



Elaborazione dati meteorologici

In questo paragrafo vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio.

Nelle tabelle riassuntive Tabella 4, Tabella 5,
Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8,

Tabella 9, Tabella 10 sono stati riportati i dati rilevati nella campagne di monitoraggio: valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Torino.

Nelle pagine successive sono riportate le elaborazioni grafiche che mostrano, relativamente alla campagna autunnale, l'andamento orario per i seguenti parametri:

P	Pressione Atmosferica	mbar
D.V.	Direzione Vento	gradi
V.V.	Velocità Vento	m/s
T	Temperatura	°C
U.R.	Umidità relativa	%
R.S.G	Radiazione Solare Globale	W/m ²
R.S.N.	Radiazione Solare Netta	W/m ²

Tabella 4: Parametro Temperatura Aria (gradi centigradi)

Minima media giornaliera	1.8
Massima media giornaliera	8.7
Media delle medie giornaliere	5.2
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	5.2
Massima media oraria	14.6
Ore valide	929
Percentuale ore valide	99%

Tabella 5: Parametro Umidità Relativa (percentuale)

Minima media giornaliera	17
Massima media giornaliera	89
Media delle medie giornaliere	58
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	58
Massima media oraria	92
Ore valide	929
Percentuale ore valide	99%

Tabella 8: Parametro Velocità Vento (metri/secondo)

Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	2.1
Media delle medie giornaliere	0.8
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.8
Massima media oraria	3.8
Ore valide	929
Percentuale ore valide	99%

Tabella 6: Parametro Radiazione Solare Globale (W/m²)

Minima media giornaliera	14
Massima media giornaliera	197
Media delle medie giornaliere	111
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	112
Massima media oraria	725
Ore valide	930
Percentuale ore valide	99%

Tabella 9: Parametro Direzione Vento (gradi)

Minima media giornaliera	63
Massima media giornaliera	189
Media delle medie giornaliere	115
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	116
Massima media oraria	359
Ore valide	929
Percentuale ore valide	99%

Tabella 7: Parametro Pressione (mbar)

Minima media giornaliera	963
Massima media giornaliera	993
Media delle medie giornaliere	979
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	979
Massima media oraria	996
Ore valide	929
Percentuale ore valide	99%

Tabella 10: Parametro Radiazione Solare Netta (W/m²)

Minima media giornaliera	-29
Massima media giornaliera	18
Media delle medie giornaliere	-5
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	-4
Massima media oraria	329
Ore valide	931
Percentuale ore valide	99%

Figura 2 Pressione Atmosferica

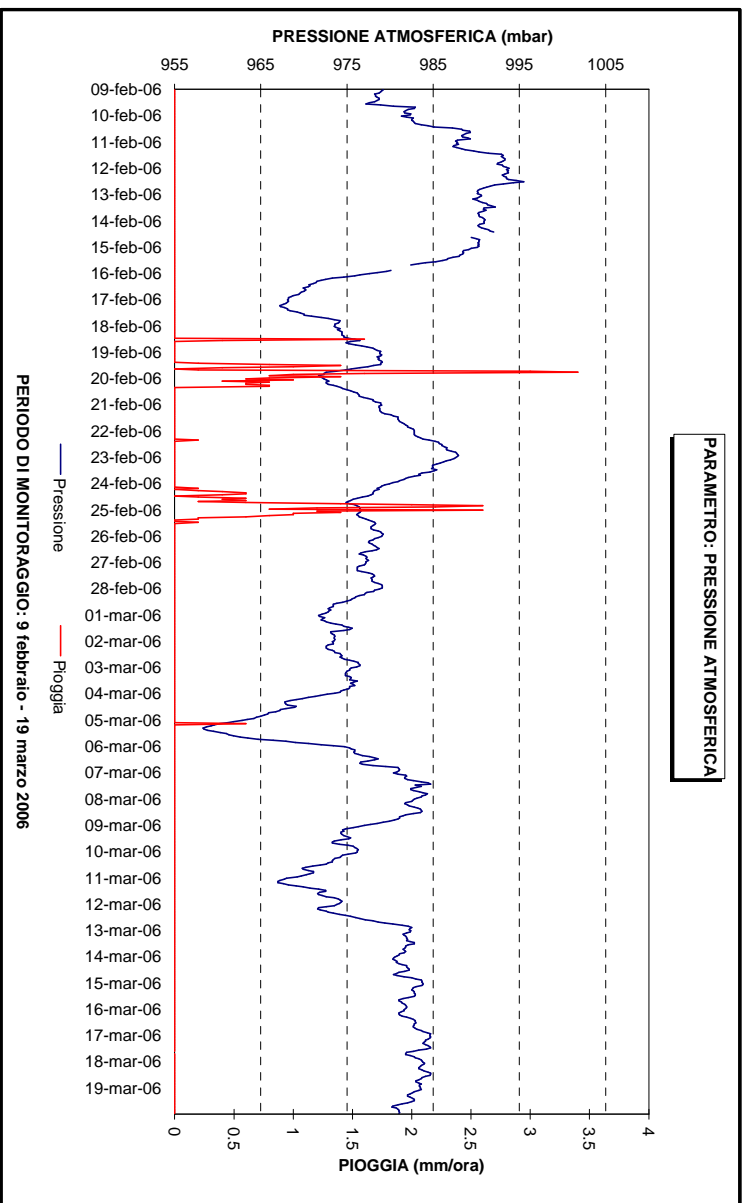


Figura 3 Umidità Relativa

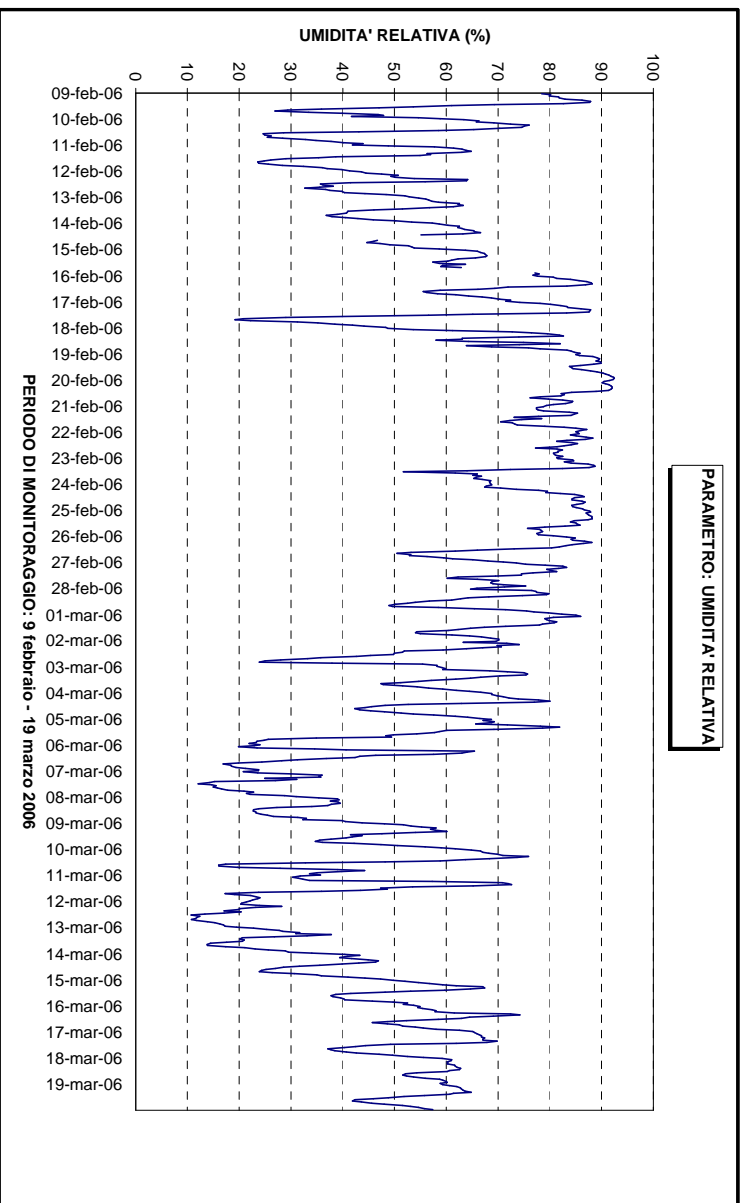


Figura 4 Temperatura aria

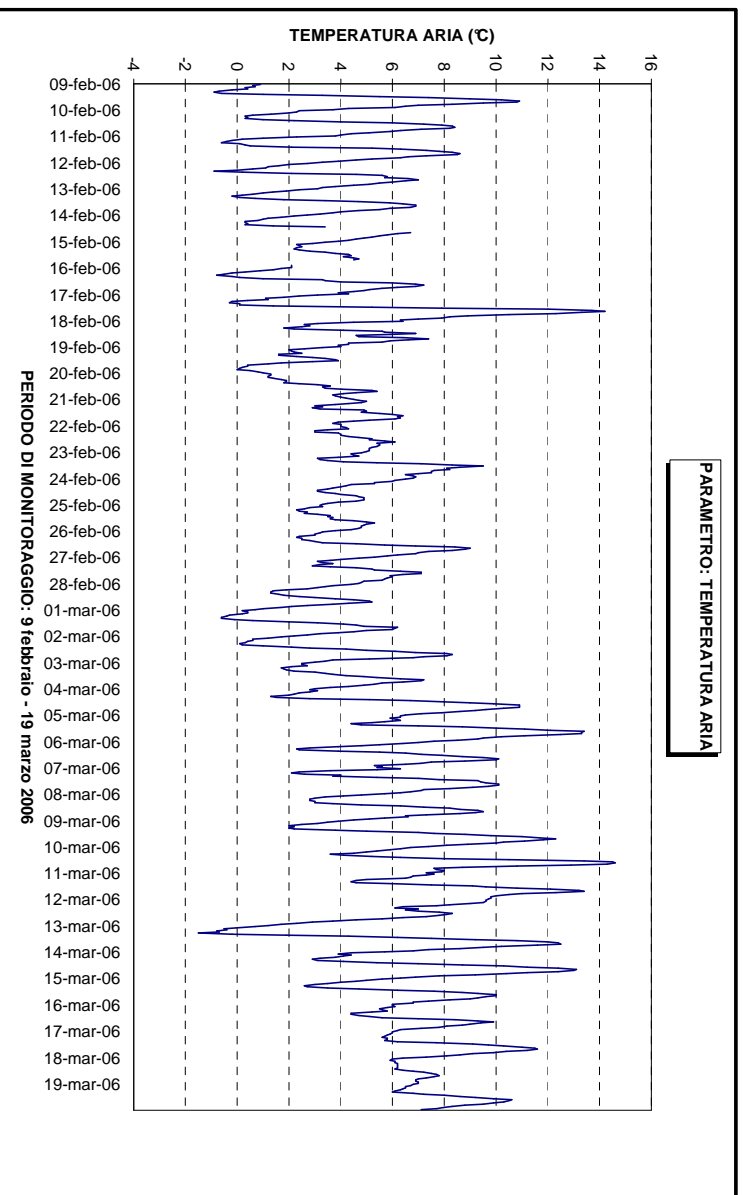


Figura 5: Radiazione Solare Globale

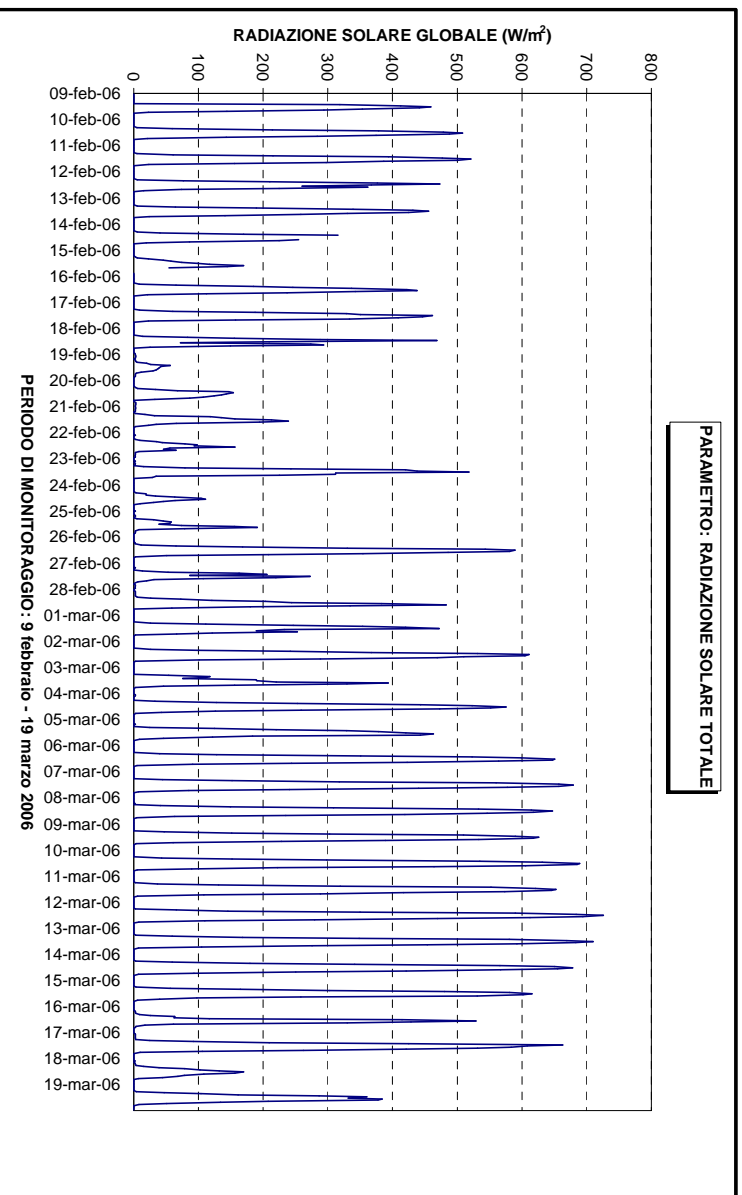


Figura 6 Velocità vento

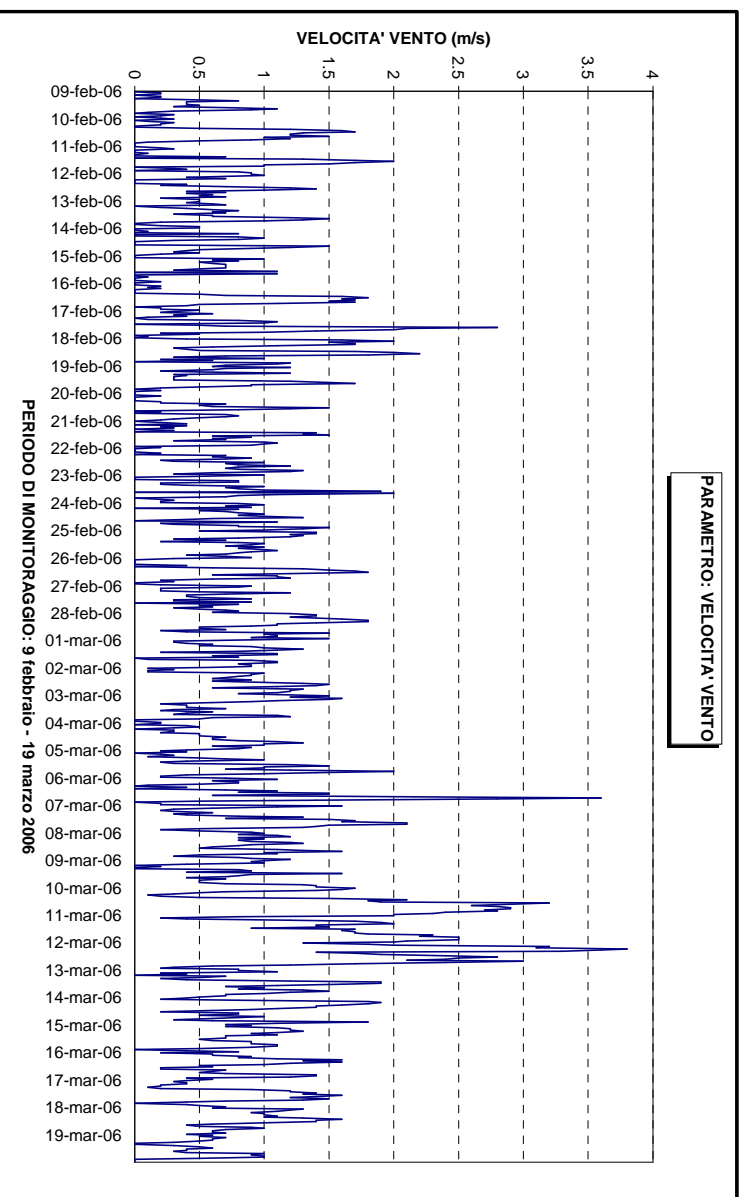


Figura 7 Radiazione Solare Netta

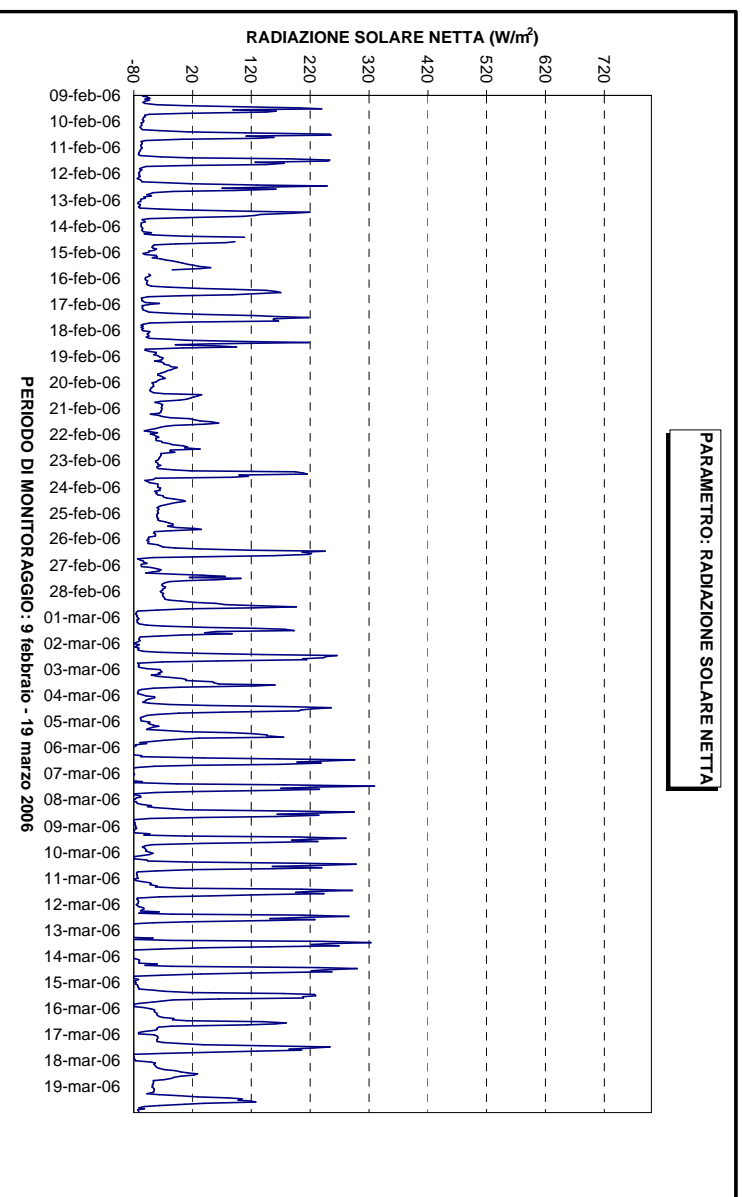


Figura 8 Rosa dei venti Totale con percentuale della classe di velocità

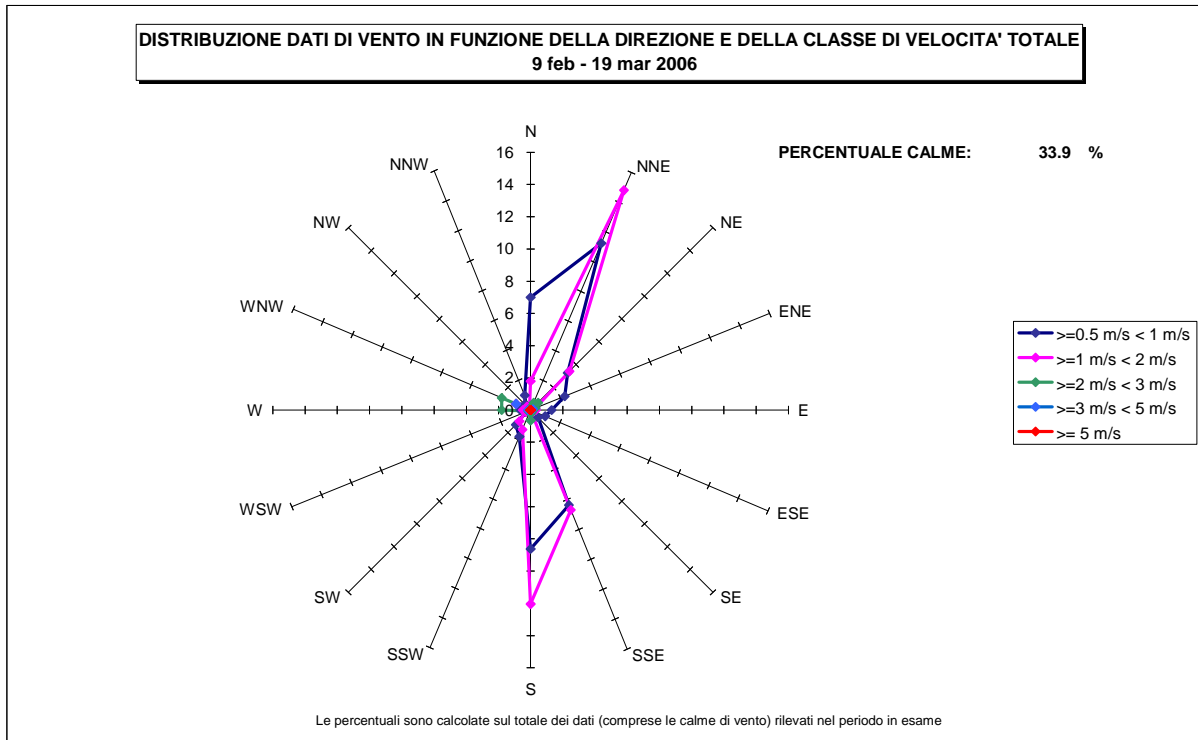


Figura 9 Rosa dei venti diurna con percentuale della classe di velocità

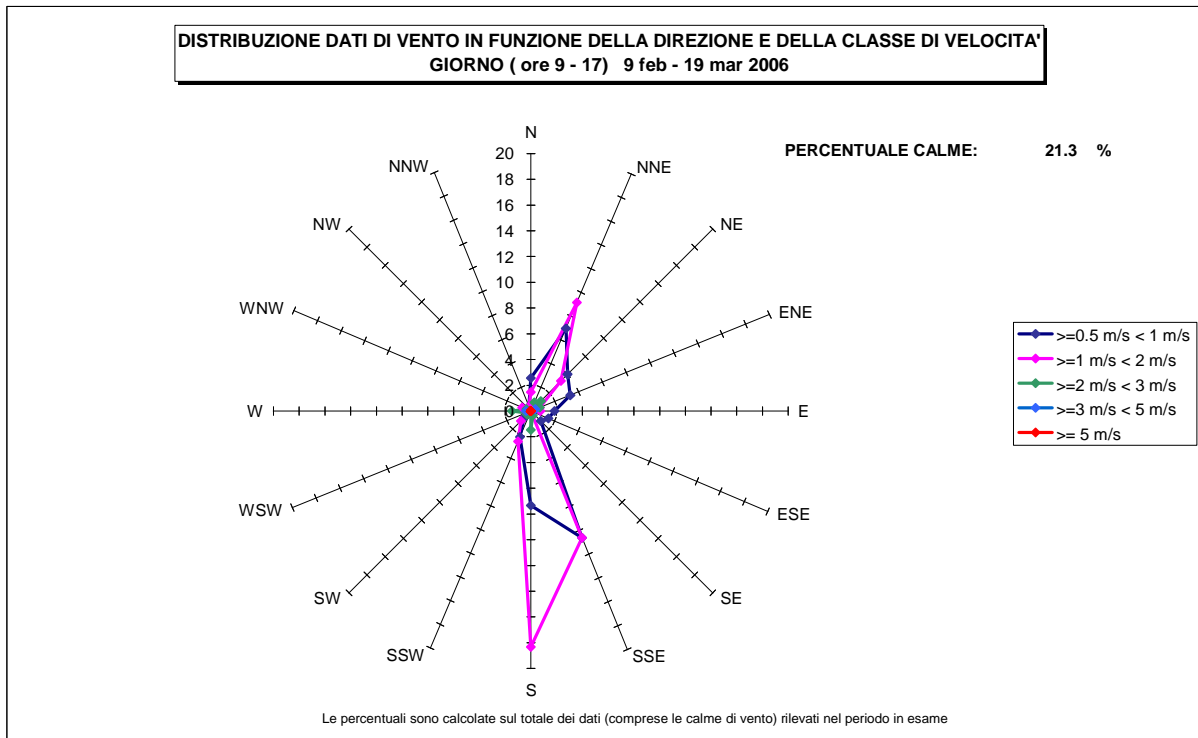
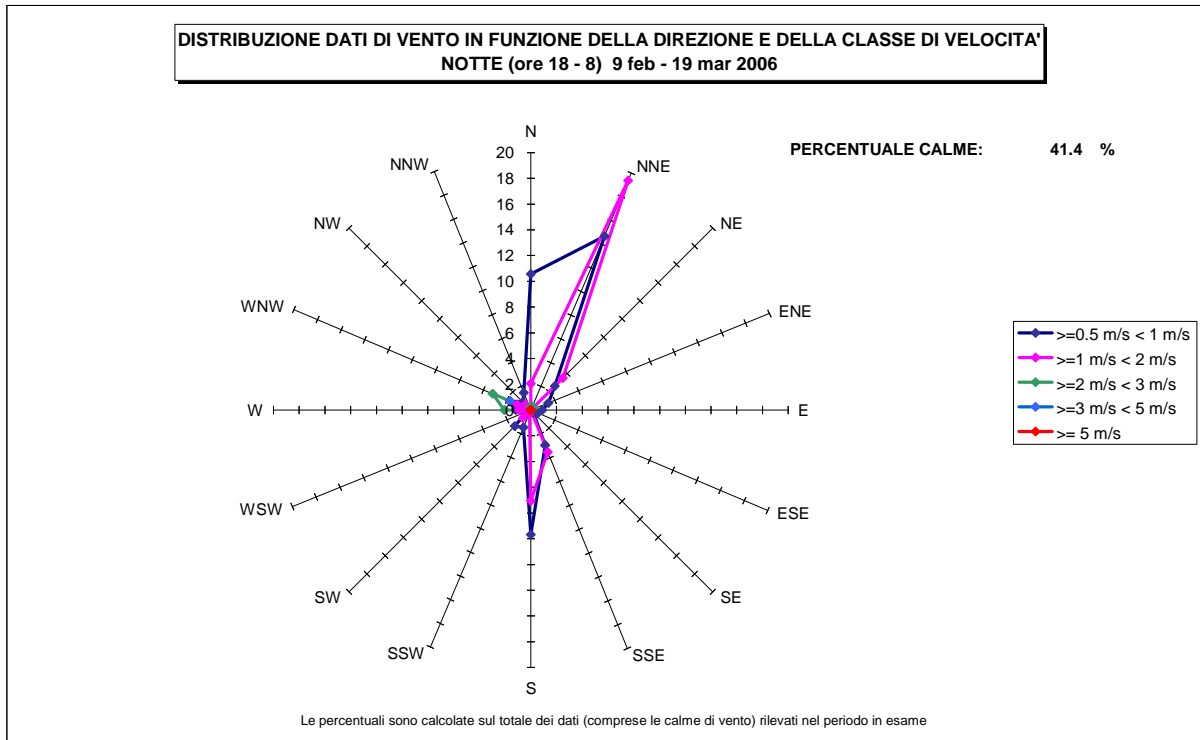


Figura 10 Rosa dei venti notturna con percentuale della classe di velocità



Elaborazione statistica dati e superamento dei limiti di legge

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamento dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento.

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
Benzo(a)pirene	BENZO(a)PIRENE

Le analisi dei metalli sono attualmente in corso, pertanto i risultati verranno esposti in un documento aggiuntivo. Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Qualità dell'Aria) 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.

Dati del periodo: 9/02/2006 - 19/03/2006

Tabella 11: Parametro Biossido di Zolfo (SO₂) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	12
Media delle medie giornaliere	9
Giorni validi	27
Percentuale giorni validi	69%
Media dei valori orari	9
Massima media oraria	25
Ore valide	646
Percentuale ore valide	69%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Tabella 12: Parametro Monossido di Carbonio (CO) (milligrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	2.6
Media delle medie giornaliere	1.3
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Massima media oraria	4.4
Ore valide	926
Percentuale ore valide	99%
Minimo delle medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	1.3
Massimo delle medie 8 ore	2.8
Percentuale medie 8 ore valide	98%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0

Tabella 13: Parametro Biossido di Azoto (NO₂) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	31
Massima media giornaliera	143
Media delle medie giornaliere	77
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	77
Massima media oraria	233
Ore valide	927
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	6
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	2
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Tabella 14: Parametro Ozono (O₃) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	57
Media delle medie giornaliere	18
Giorni validi	38
Percentuale giorni validi	97%
Massima media oraria	80
Ore valide	915
Percentuale ore valide	98%
Minimo delle medie 8 ore	2
Media delle medie 8 ore	18
Massimo delle medie 8 ore	69
Percentuale medie 8 ore valide	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (240)</u>	0

Tabella 15: Parametro Polveri PM10 - Basso Vol. (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	14
Massima media giornaliera	240
Media delle medie giornaliere	85
Giorni validi	34
Percentuale giorni validi	87%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	26

Tabella 16: Parametro Monossido di Azoto (NO) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	217
Media delle medie giornaliere	76
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	75
Massima media oraria	559
Ore valide	927
Percentuale ore valide	99%

Tabella 17: Parametro Benzene (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	1.5
Massima media giornaliera	6.6
Media delle medie giornaliere	3.8
Giorni validi	38
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	3.8
Massima media oraria	13.3
Ore valide	914
Percentuale ore valide	98%

Tabella 18: Parametro Toluene (microgrammi/metrocubo)

Minima media giornaliera	3.6
Massima media giornaliera	28.7
Media delle medie giornaliere	14.6
Giorni validi	38
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	14.6
Massima media oraria	61.3
Ore valide	915
Percentuale ore valide	98%

Elaborazione grafica dati di inquinamento atmosferico

Sono di seguito riportate le elaborazioni grafiche relative ai dati presentati nel capitolo precedente.

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.

Figura 11 SO₂ confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

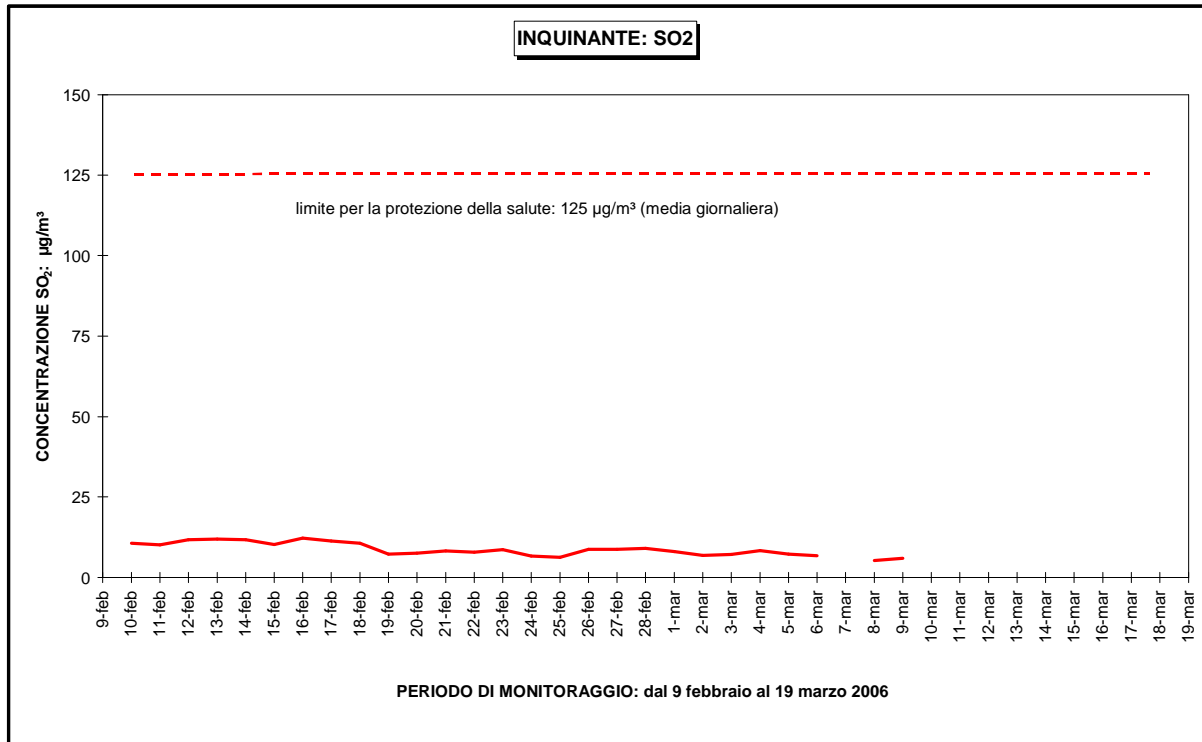


Figura 12 SO₂ andamento giorno medio

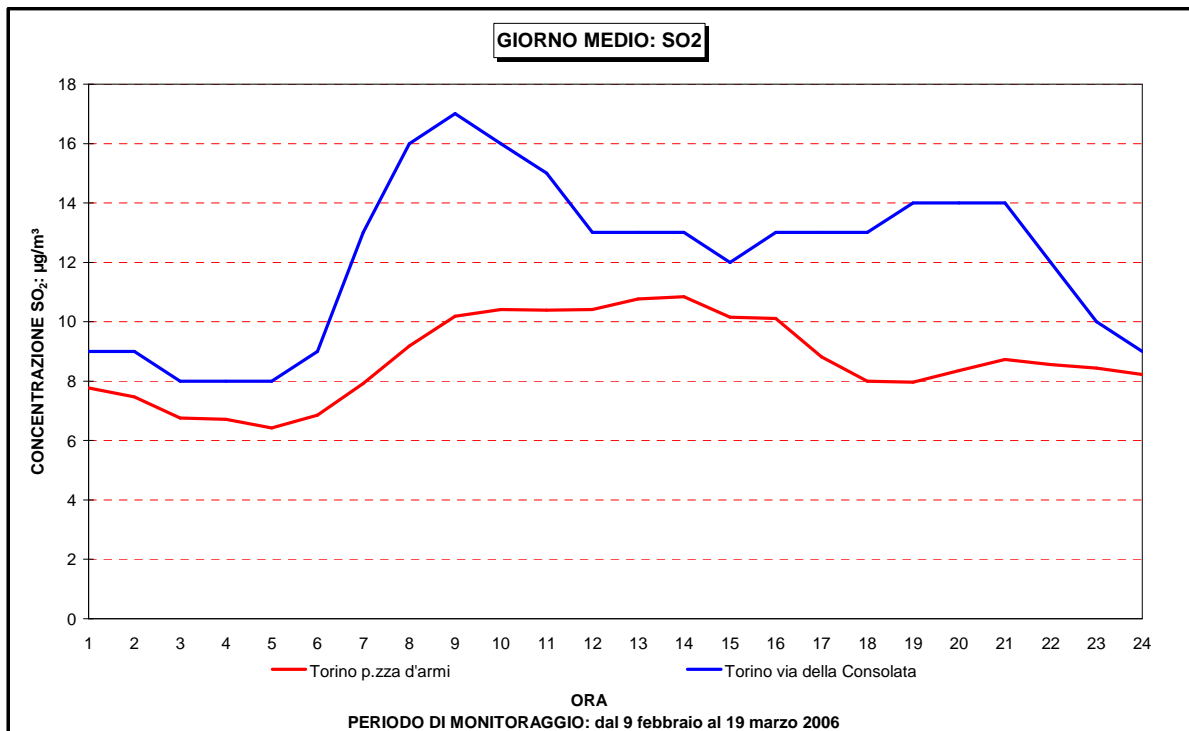


Figura 13 SO₂ andamento medie orarie e confronto con i dati della stazione di Torino in via Consolata.

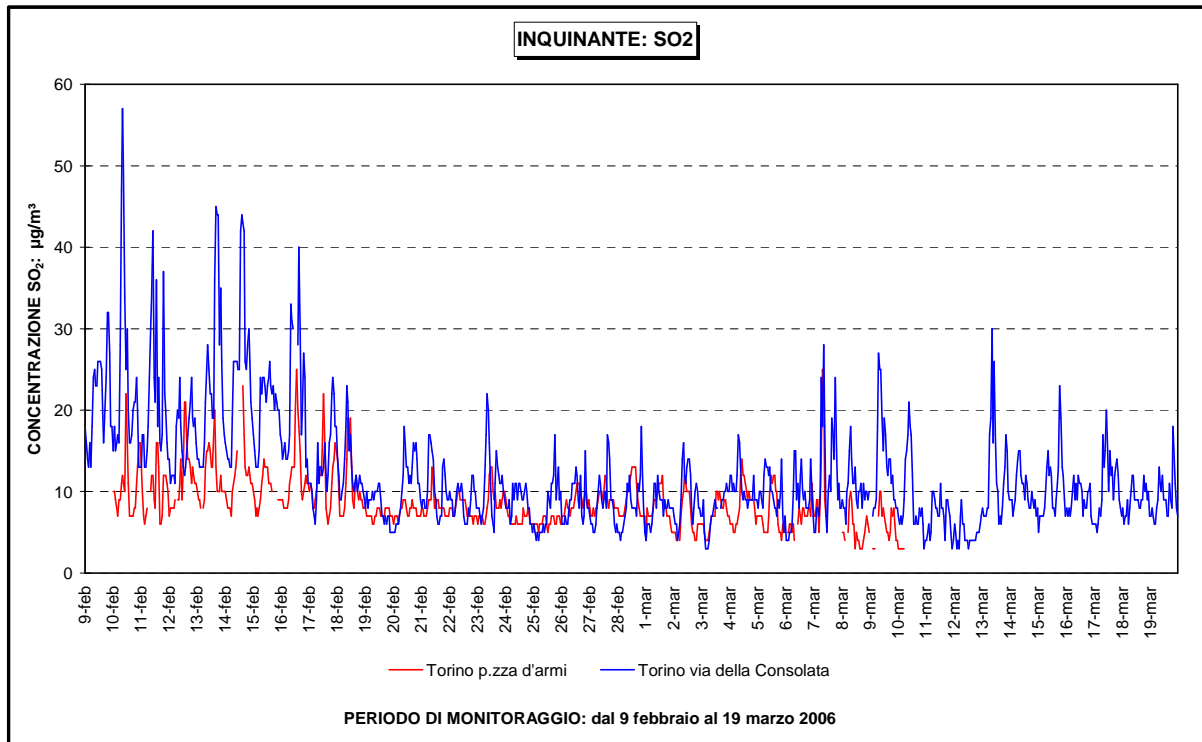


Figura 14 NO₂ confronto con limiti di legge e con i dati delle stazioni di Torino-via Consolata, Torino Gaidano e Druento La Mandria.

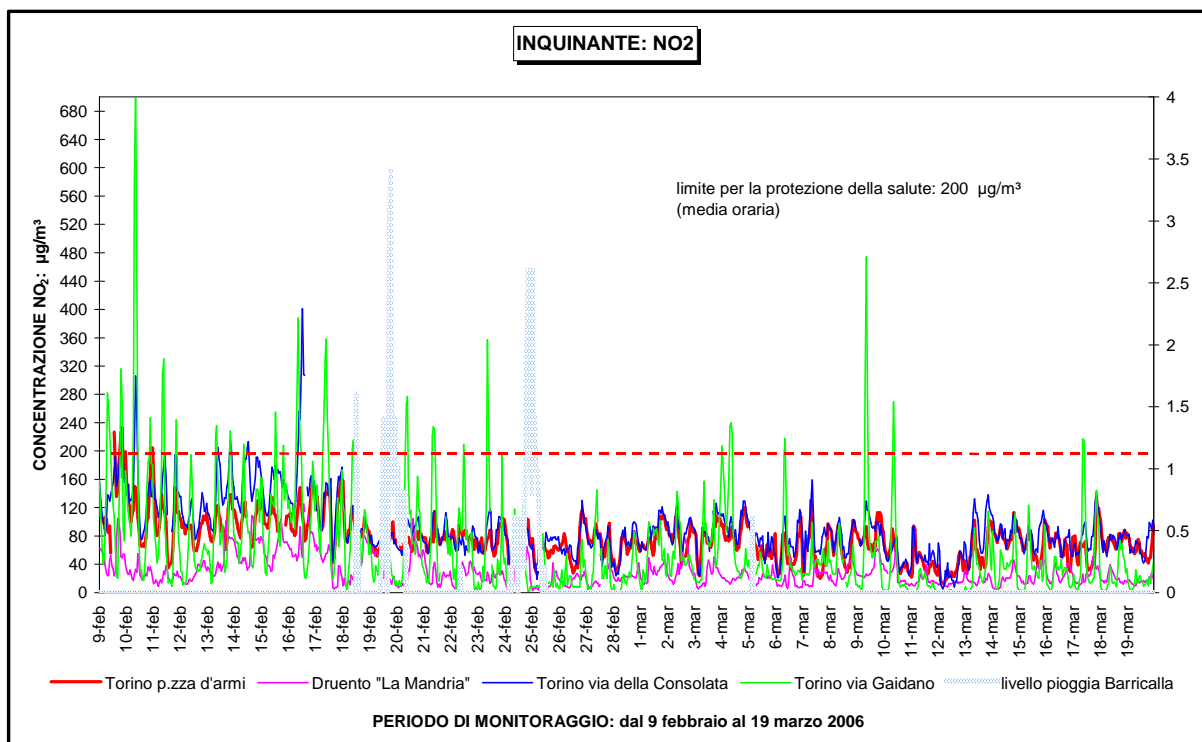


Figura 15 NO₂ andamento giorno medio, confronto con i dati delle centraline di Torino-via Consolata, Druento “La Mandria”, e Torino Gaidano.

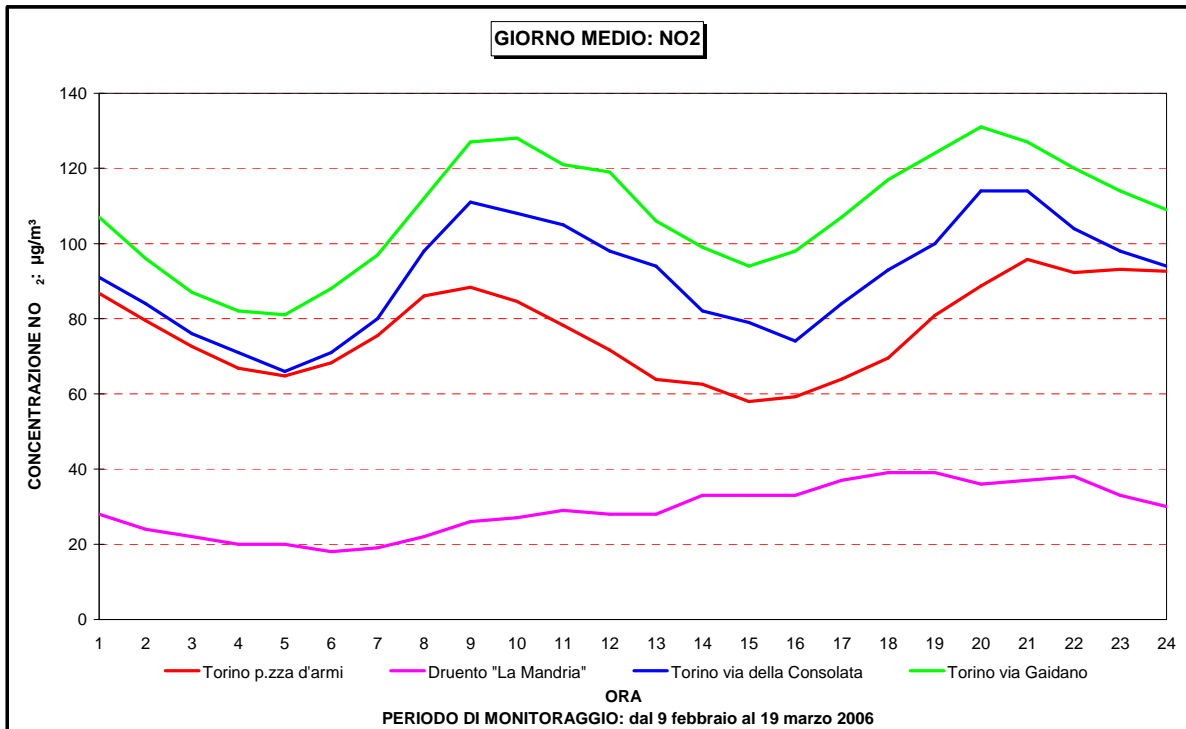


Figura 16 NO – livello pioggia (stazione di Barricalla) andamento orario, confronto con le stazioni della rete di monitoraggio di Torino in Via Consolata, Torino Gaidano e Druento “La Mandria”.

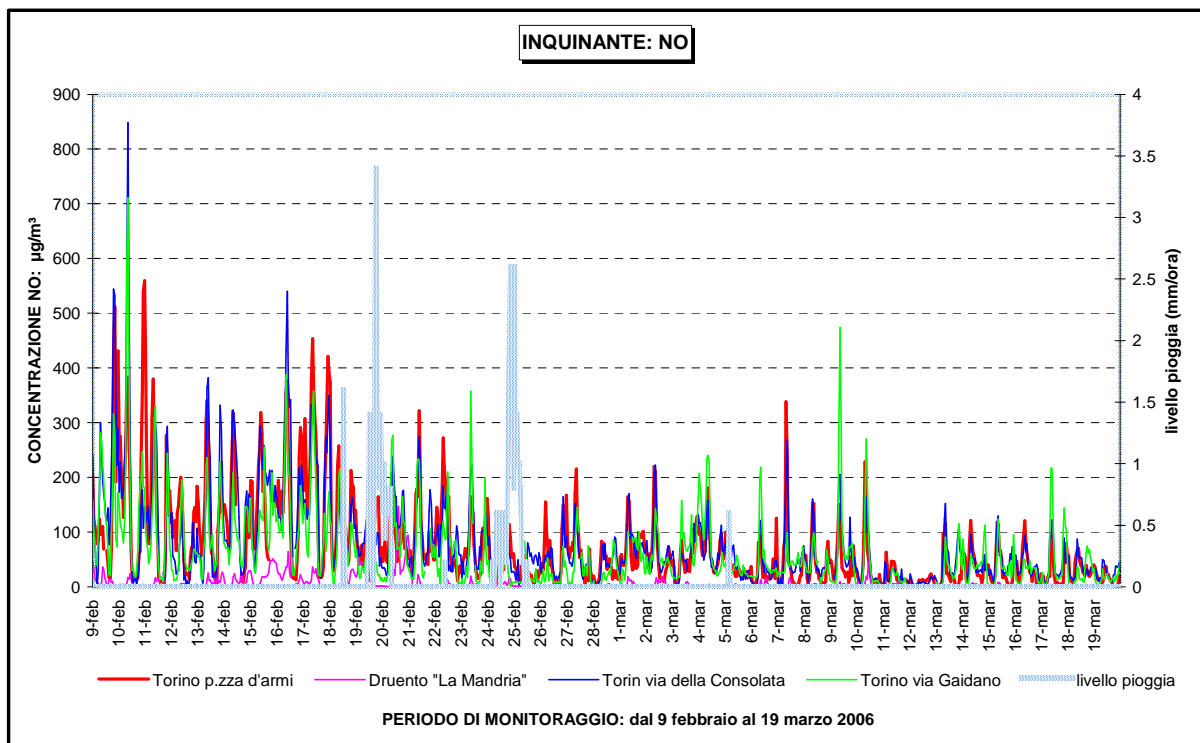


Figura 17 NO andamento giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Torino via della Consolata, Torino Gaidano e Druento "La Mandria".

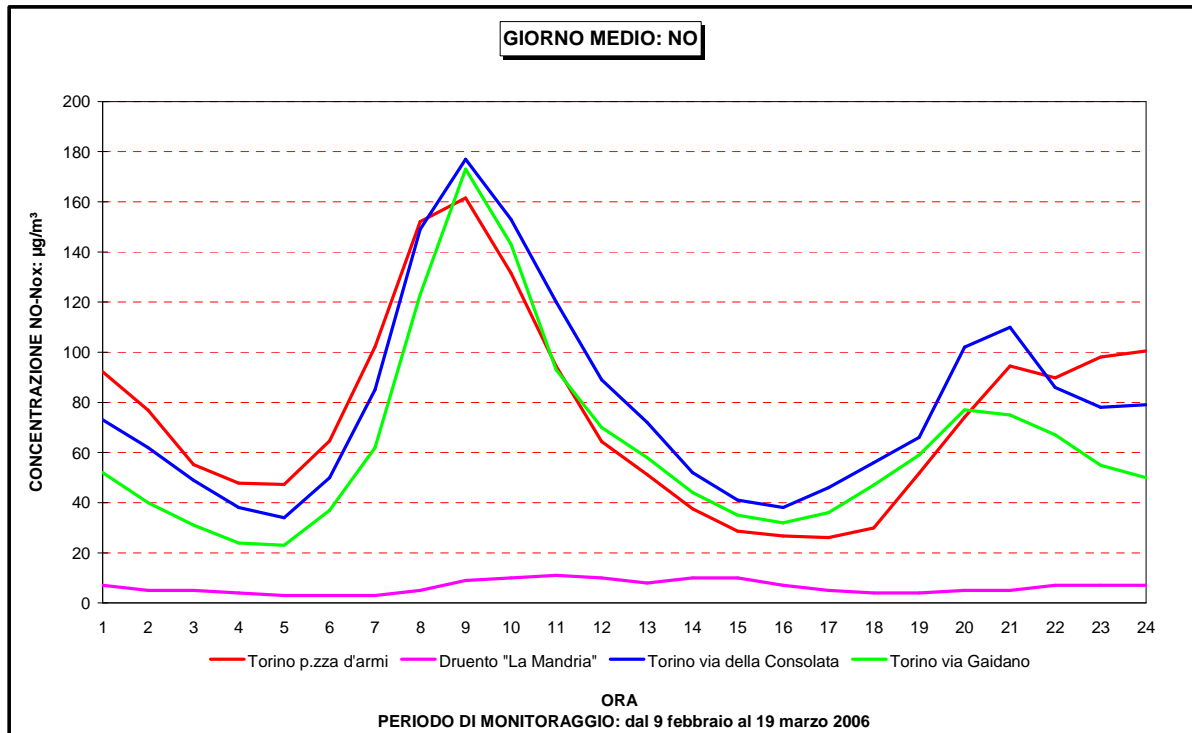


Figura 18 CO confronto limite di legge media trascinata sulle 8 ore

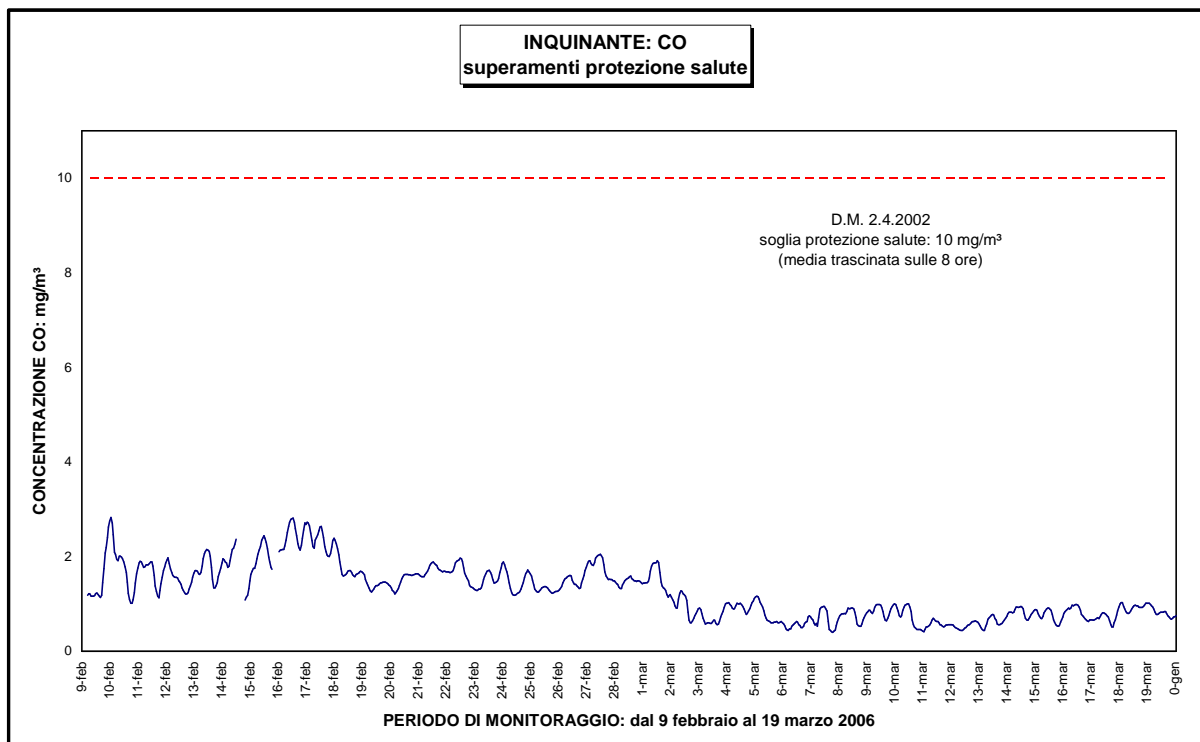


Figura 19 CO andamento orario confronto con i dati delle stazioni di Torino via Consolata, Torino Gaidano e Susa

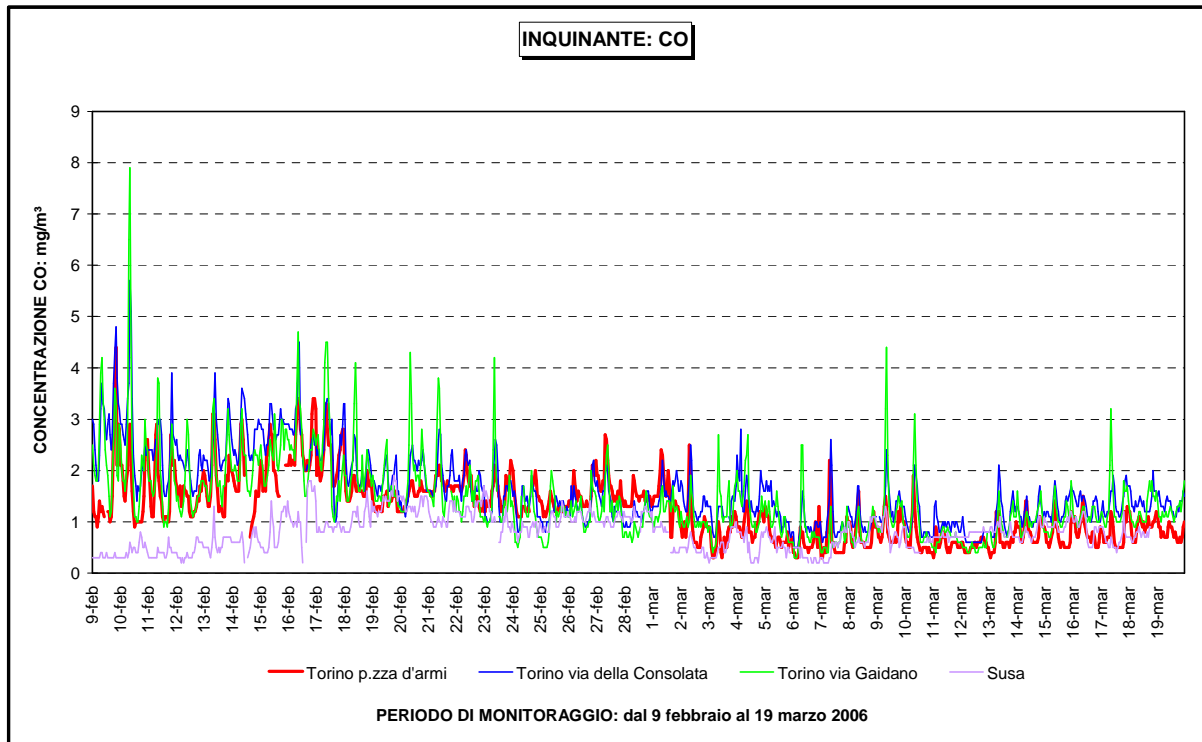
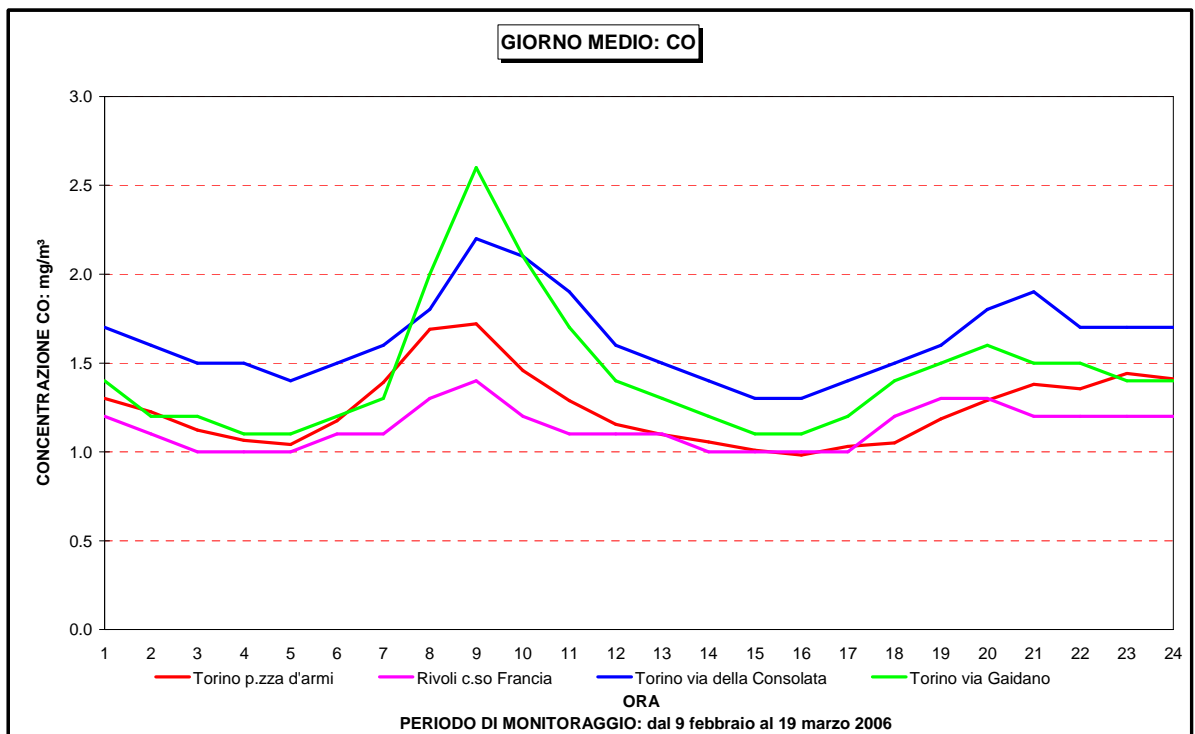


Figura 20 CO andamento giorno medio, confronto con dati della centralina di Torino via della



Consolata, Torino Gaidano e Rivoli.

Figura 21 Confronto concentrazioni orarie di CO con la Velocità del vento e il livello pioggia

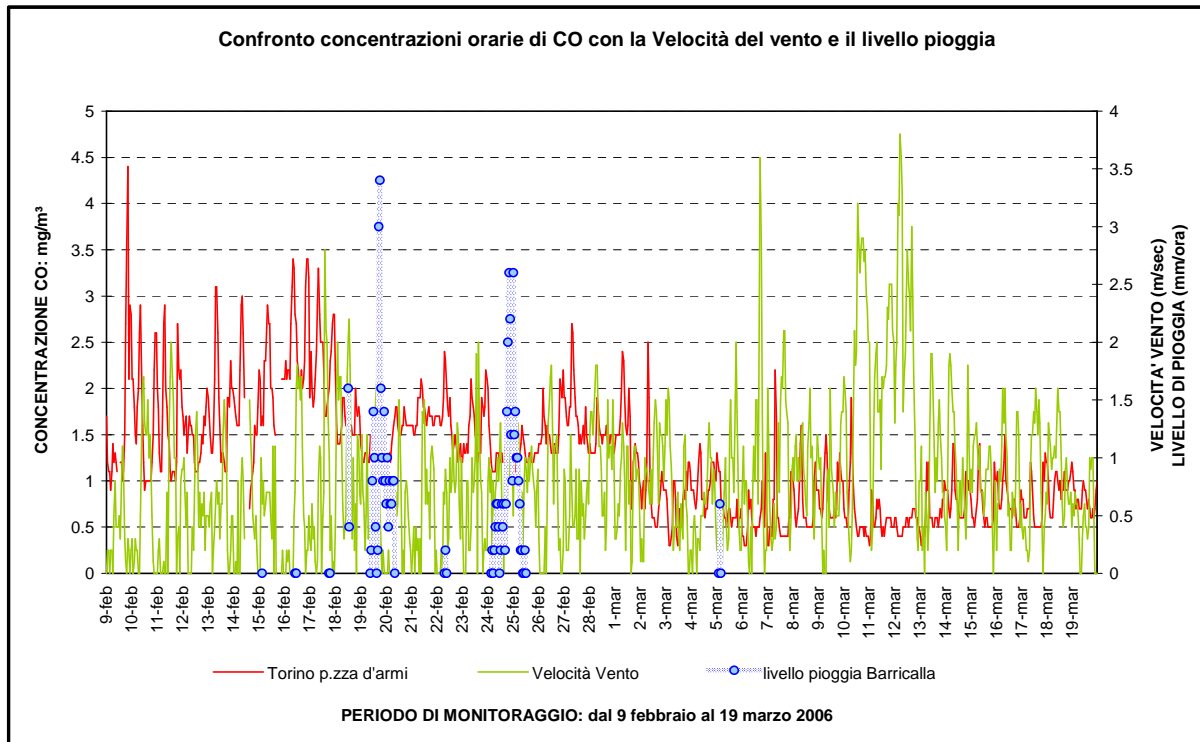


Figura 22 Confronto concentrazioni orarie di NO₂ con la Velocità del vento e il livello pioggia

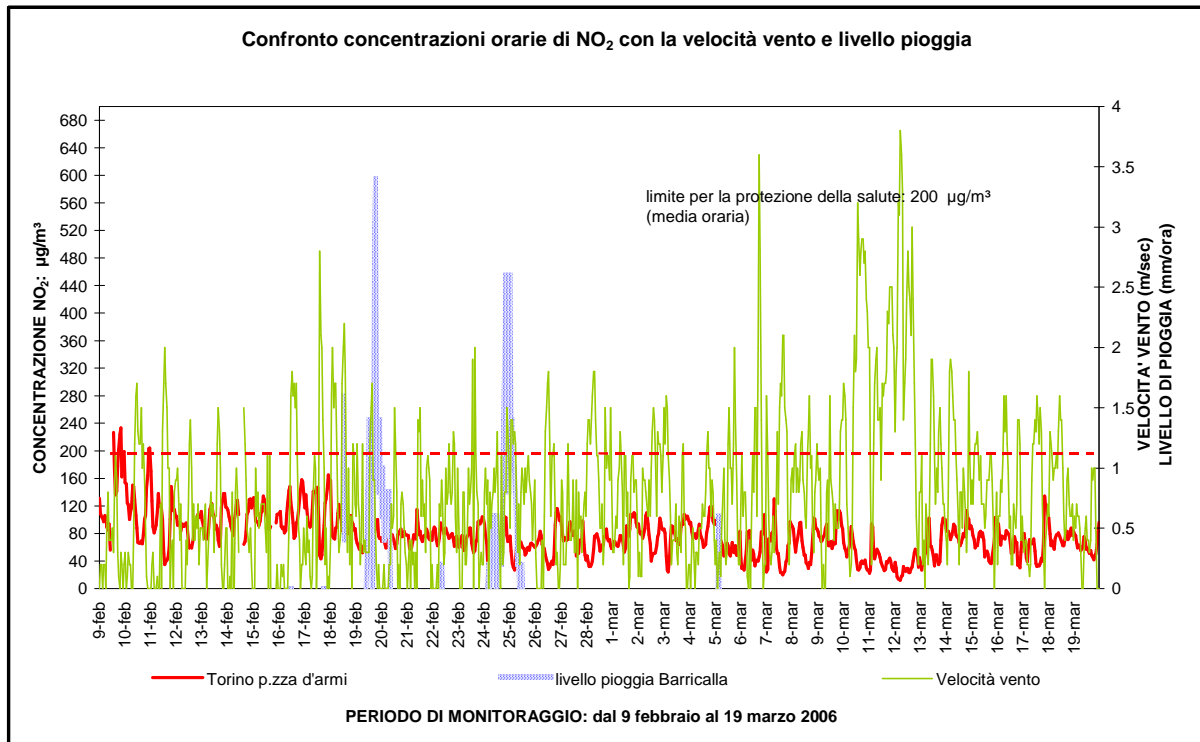


Figura 23 Benzene andamento orario, confronto con i dati della stazione di Torino via della Consolata e Rivoli

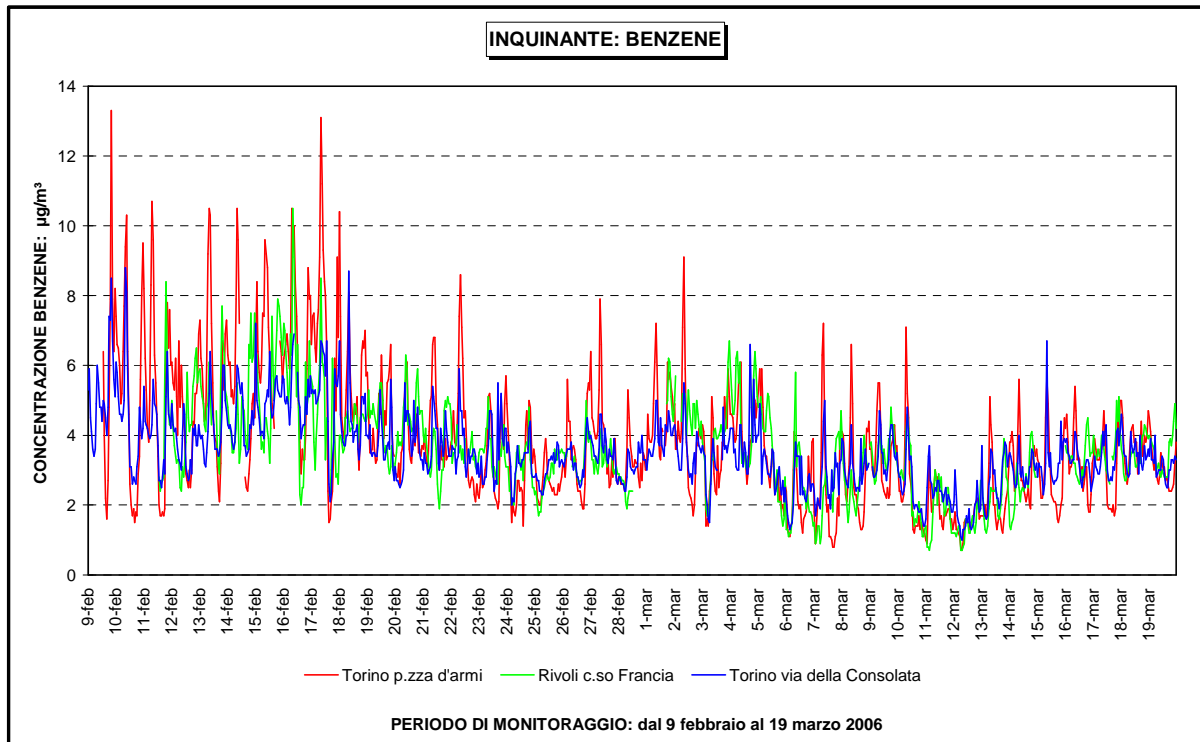


Figura 24 Benzene andamento giorno medio, confronto con i dati della stazione di Torino via della Consolata.

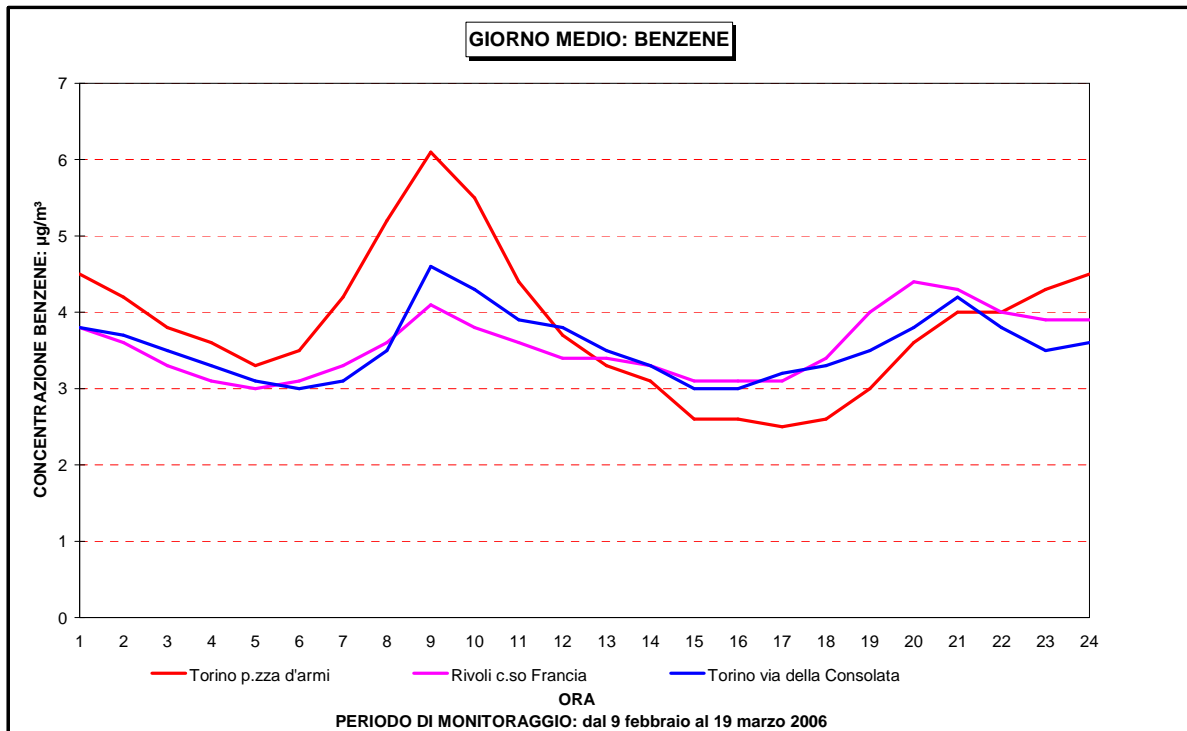


Figura 25 Benzene concentrazioni orarie, confronto con la velocità del vento e il livello di pioggia

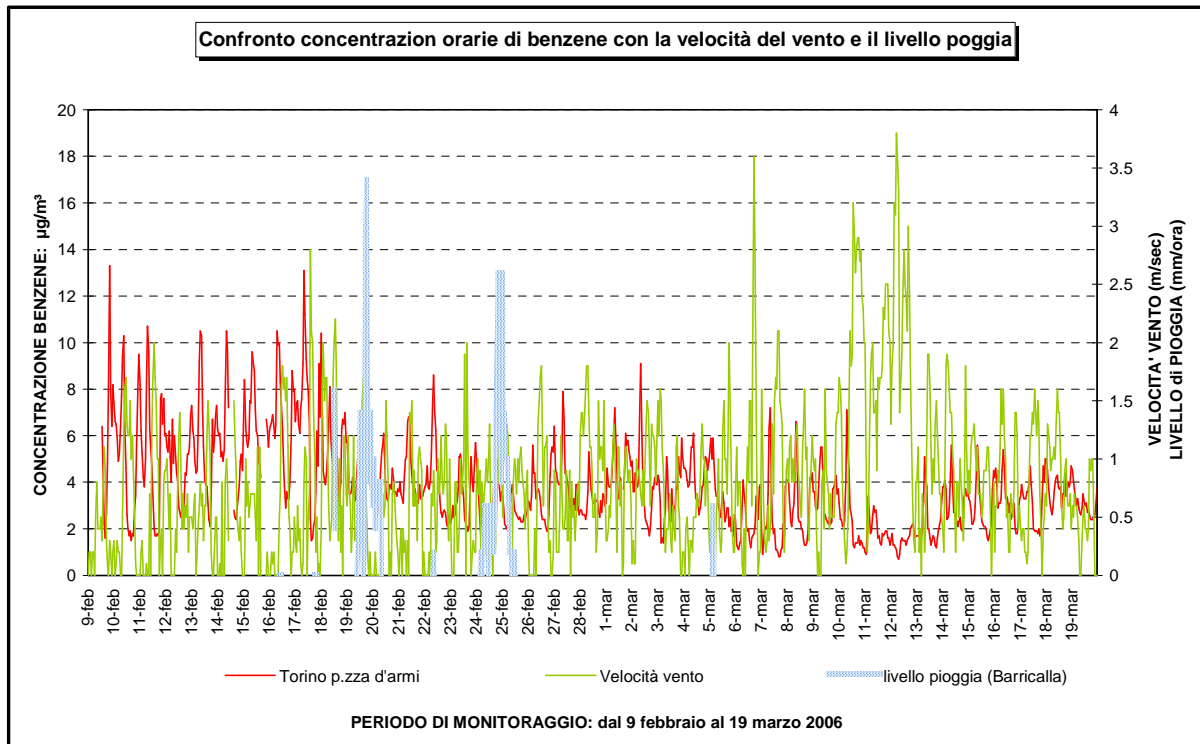


Figura 26 Toluene andamento orario, confronto con i dati della stazione di Torino-via della Consolata e Rivoli

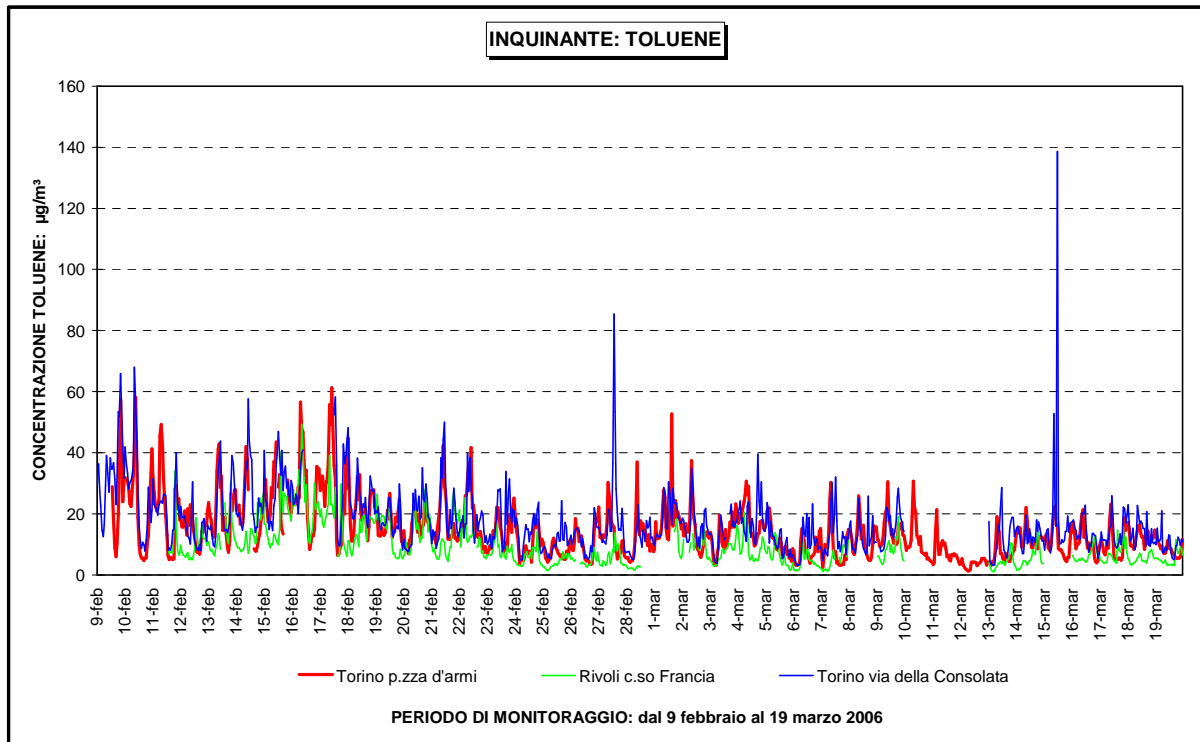


Figura 27 Toluene andamento giorno medio, confronto con i dati della stazione di Torino-via della Consolata e Rivoli.

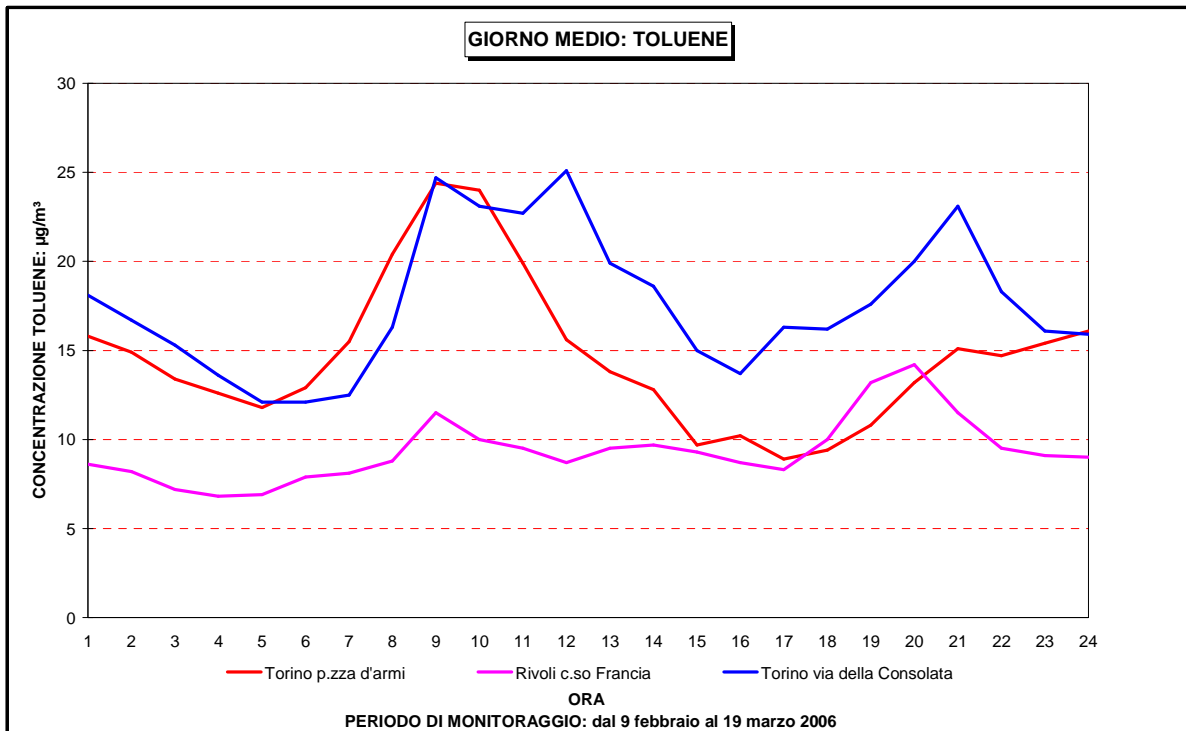


Figura 28 O₃ confronto con soglia di protezione salute umana (media trascinata sulle 8 ore)

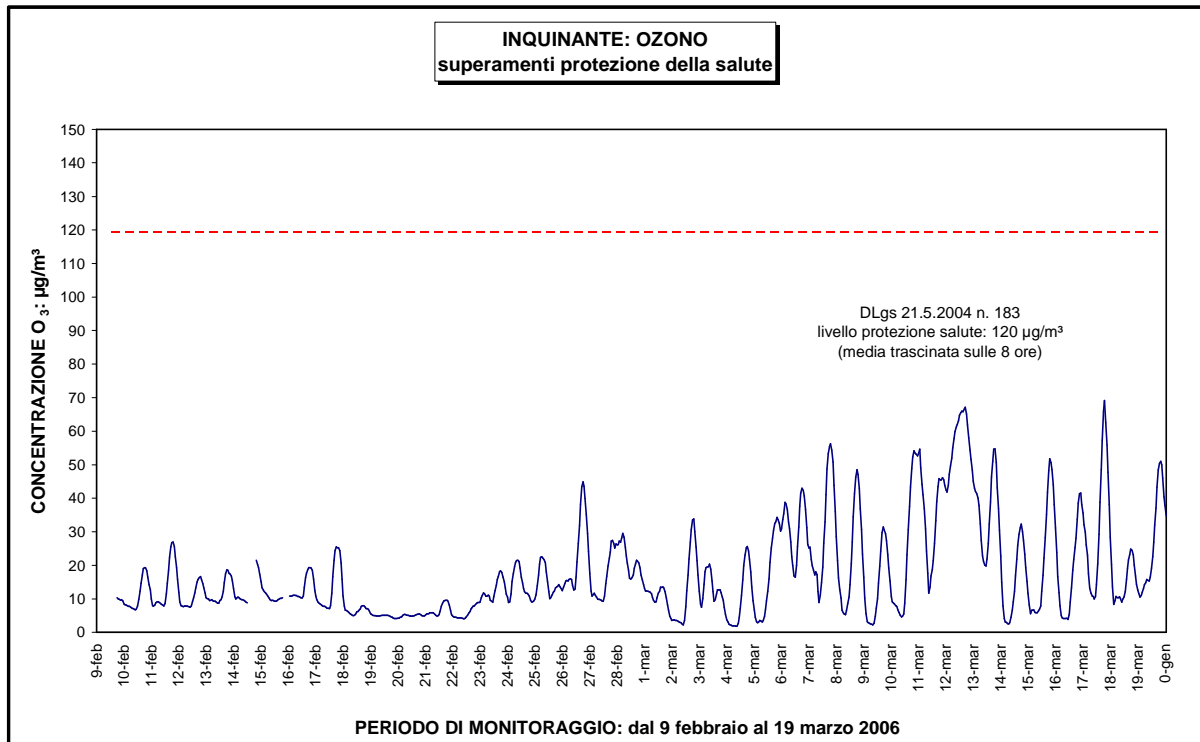


Figura 29 O₃ medie orarie: confronto con i livelli di allarme e di informazione

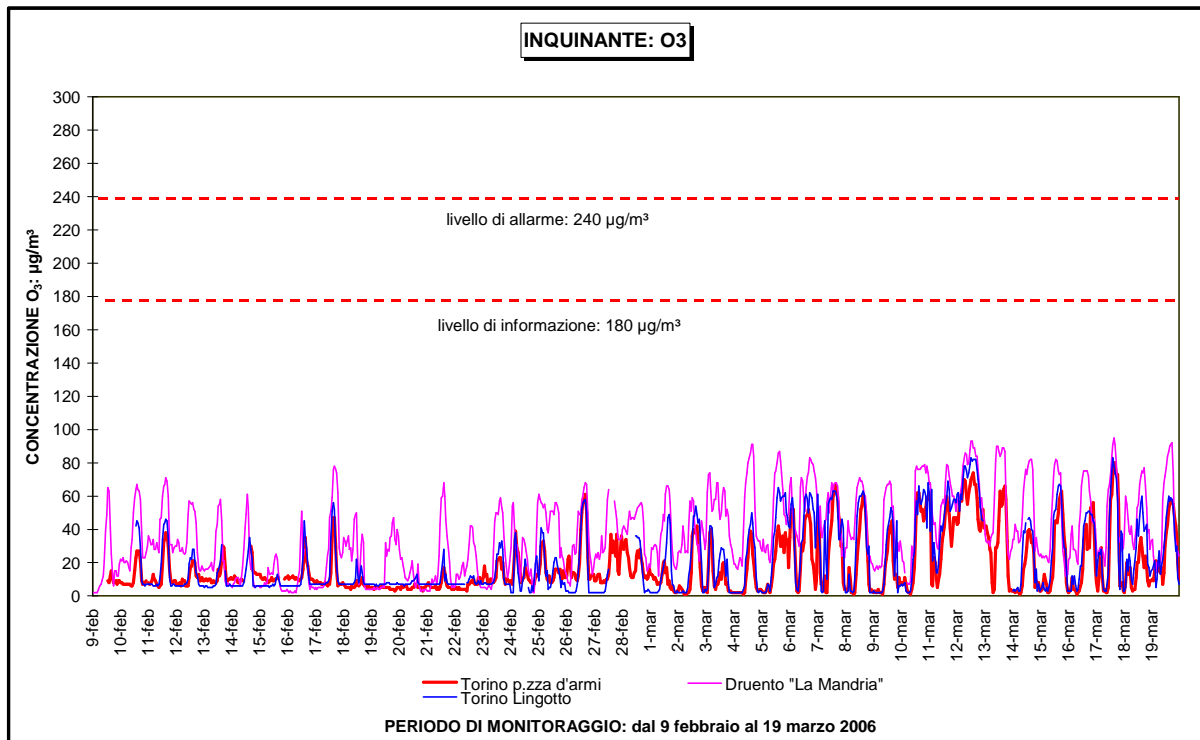


Figura 30 O₃ andamento giorno medio

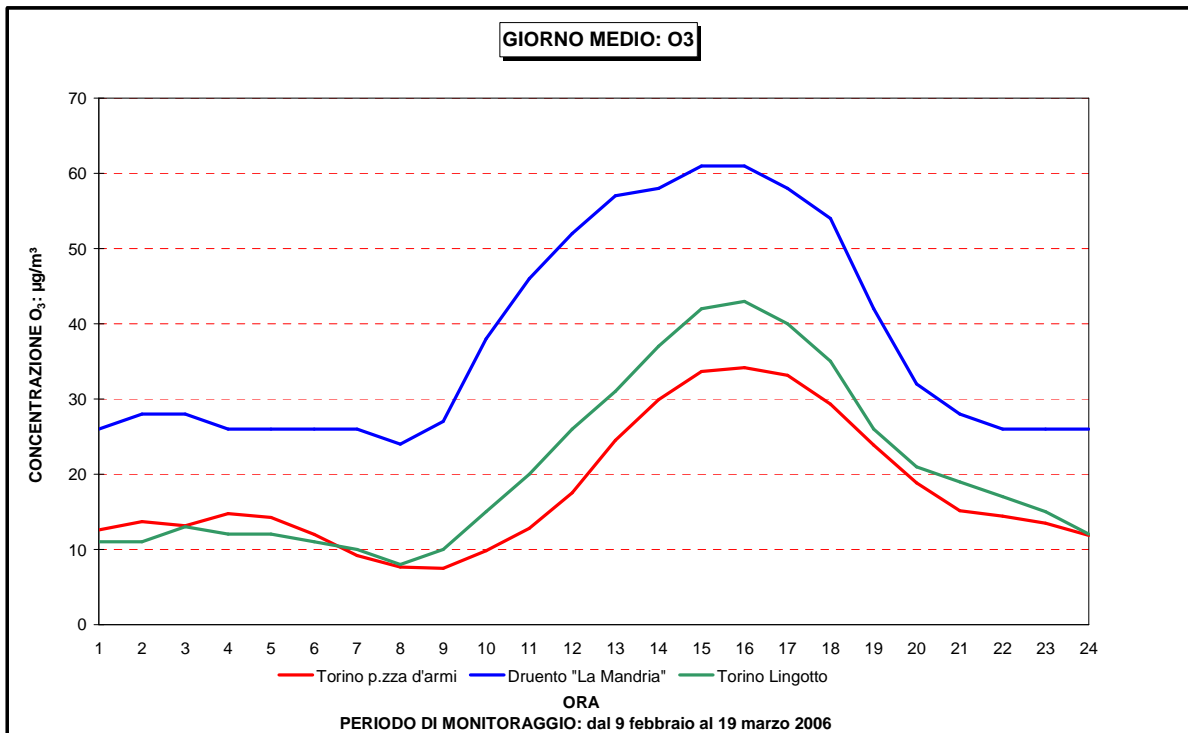
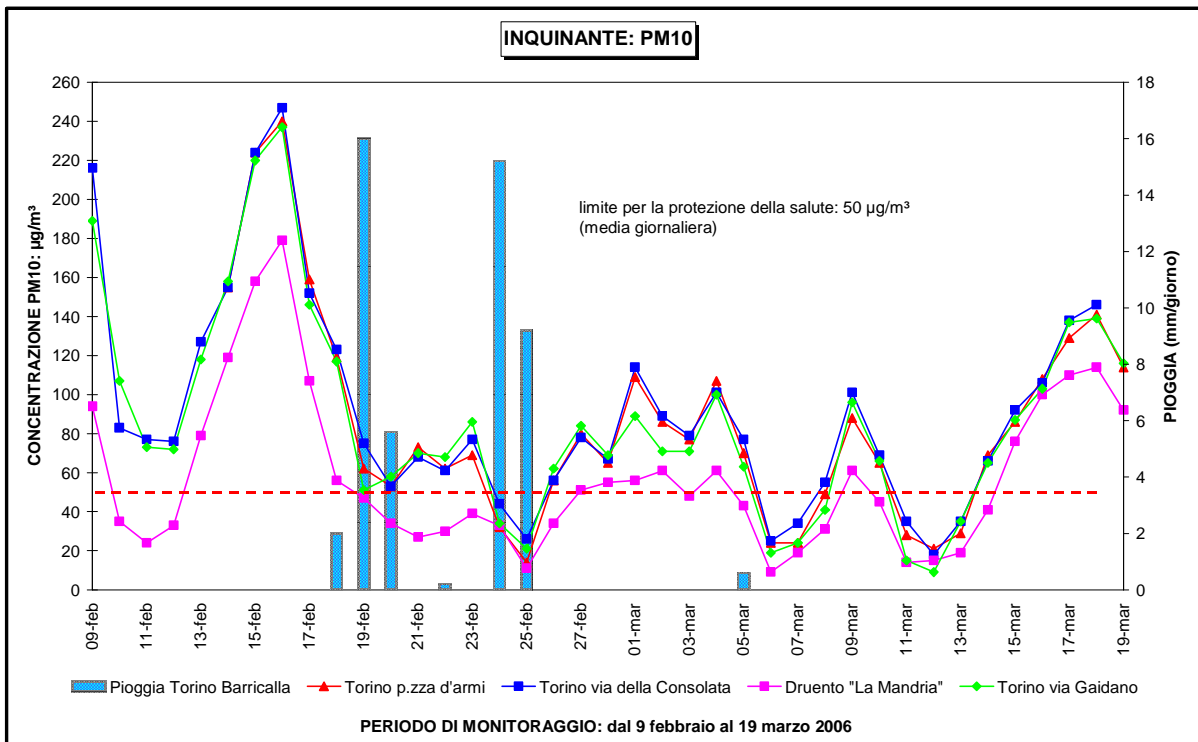


Figura 31 Andamento giornaliero Polveri PM10 confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e le stazioni di Torino via della Consolata, Druento La Mandria, e Torino Gaidano.



COMMENTO AI DATI

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Torino, infatti, nonostante sia stata condotta in un periodo in cui erano ancora in funzione gli impianti di riscaldamento i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti Tabella 11 e Figura 11. Il massimo valore giornaliero registrato è pari a 12 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), che corrisponde al 7,2% circa del limite orario per la protezione della salute (125 µg/m³). La massima media oraria è pari a 25 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal DM 60/2002 in 350 µg/m³.

Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto non è tossico, ma viene misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono. Per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria, si può tuttavia osservare che nel Comune di Torino nel periodo considerato si sono raggiunti valori particolarmente elevati, il massimo valore orario è stato di 559 µg/m³, Tabella 16 e la concentrazione media del periodo è in linea con la media registrata nelle stazioni della metropoli torinese valori riportati nella Tabella 19.

In Figura 16 sono messi a confronto le concentrazioni orarie di NO delle stazioni della rete di monitoraggio di Torino in Via Consolata, Torino Gaidano e Druento "La Mandria". con il livello di pioggia (stazione di Barricalla), dalla figura è evidente come dal 9 di febbraio sino al 17 febbraio si sono misurati i valori più elevati dell'intero periodo di monitoraggio, valori elevati si sono riscontrati per tutti gli inquinanti da traffico veicolare, dai grafici della pressione Figura 2 e velocità del vento Figura 6 si nota una condizione di stabilità atmosferica che non ha favorito la dispersione degli inquinanti consentendone l'accumulo, la situazione è cambiata con le piogge dei giorni 19 e 20 e del 24 e 25 febbraio ed il vento

dei giorni 10, 11 e 12 marzo che ha favorito la diminuzione delle concentrazioni degli inquinati.

In Figura 17 è rappresentato l'andamento del giorno medio misurato in piazza d'armi a Torino confrontato con quello delle stazioni ubicate in Torino via della Consolata, Torino Gaidano e Druento "La Mandria". Dal grafico è evidente che nelle stazioni metropolitane le concentrazioni di NO sono più elevate nelle ore di maggior traffico veicolare dalle 7:00 alle 10:00 e dalle 18:00 alle 22:00 mentre la stazione di Druento "La Mandria" posizionata in una zona remota non è coinvolta dagli aumenti delle concentrazioni dell'inquinante.

Tabella 19: Concentrazioni medie di NO NO₂ nella provincia di Torino (periodo: 9 febbraio 19 marzo 2006)

	Annuale 2004		Annuale 2005		09/02/06 - 19/03/06	
	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"	8	26	5	20	6	29
Oulx					12	33
Ciriè	15	31	14	31	13	41
Susa	7	34	10	25	7	42
Pinerolo	16	31	14	30	20	42
Alpignano	18	39	15	36	19	53
Borgaro	23	42	20	38	27	55
Ivrea	46	48	41	46	39	58
Orbassano	30	44	27	42	33	59
Vinovo	26	38	30	40	34	63
Grugliasco	48	50	43	53	38	64
Chieri	42	44	38	42	47	66
Beinasco	39	55	41	49	47	67
Rivoli	49	61	48	61	54	80
Nichelino	92	59	94	65	94	90
Settimo	65	58	69	67	86	94
media provincia	35	44	34	43	36	59
Torino lingotto	38	51	41	53	46	69
Laboratorio Mobile Torino p.zza d'armi					75	77
Torino via Consolata	65	72	63	65	80	91
Torino via madama Cristina	59	75	50	72	76	95
Torino pzza. Rivoli	91	81	87	84	84	95
Torino via Gaidano	63	71	59	64	63	108
Torino pzza. Rebaudengo	90	84	74	73	103	114
media citta di Torino	68	72	62	69	75	93

Biossido d'azoto

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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione

nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo formato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche in cui sono coinvolti molti precursori.

La Figura 15 mostra l'andamento del giorno medio per l' NO₂, le più alte concentrazioni di questo inquinante si hanno nelle ore con maggior traffico veicolare, dalle 7 alle 11, e dalle 18 alle 21 per poi mantenersi elevato sino alle 01 e decrescere lentamente sino alle 5 del mattino l'evento può essere spiegato dalla tendenza del monossido d'azoto a trasformarsi in biossido in presenza d'ossigeno e ozono, durante le ore serali il biossido tende ad accumularsi poiché non viene più attivata, dalla radiazione solare, la reazione di decomposizione $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. Da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, (*"Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000"*, APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x su percorso urbano stimato per le autovetture ammonta a 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Durante la campagna di monitoraggio si sono registrati **sei** superamenti del limite orario di 200 µg/m³ in **due** giorni (D.M. 60/2002), il valore massimo orario è pari a 233 µg/m³ Tabella 13.

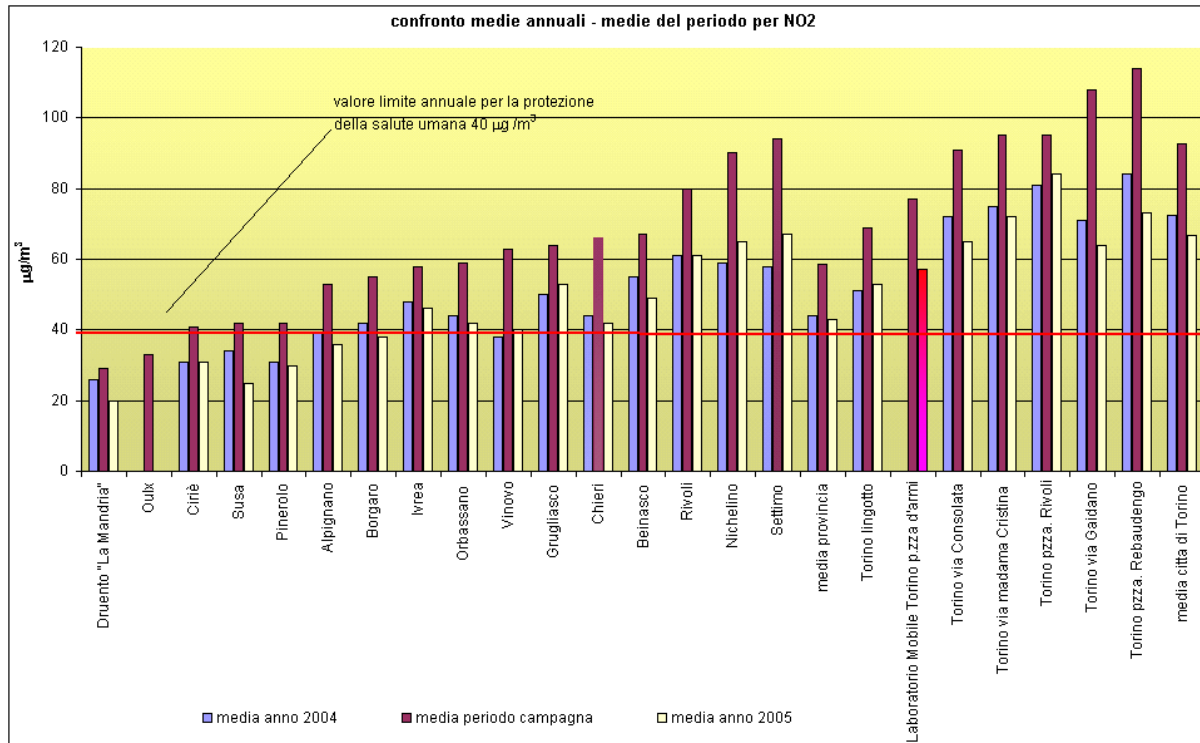
Le considerazioni sull'influenza dei parametri meteorologici e le concentrazione degli inquinanti descritti nel capitolo del monossido d'azoto valgono anche per il biossido d'azoto vedi Figura 22.

La normativa prevede che il valore di 200 µg/m³ non venga superato più di 18 volte in un anno. La soglia di allarme è rimasta uguale al livello di allarme del precedente decreto (400 µg/m³), considerando però tre ore consecutive anziché i valori orari.

Il D.M. 60/2002 prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. La media delle medie giornaliere della campagna di Torino in piazza d'armi è pari a 77 µg/m³, valore inferiore a quello registrato nello stesso periodo nella città di Torino (valore medio di NO₂ nelle stazioni metropolitane pari a 93 µg/m³) ma quasi il doppio del limite annuale per la protezione della salute umana, Tabella 19.

Dalla Figura 32 notiamo che vi è una proporzione tra i valori medi di NO₂ del periodo della campagna e le medie annuali, visto che la durata del monitoraggio nel comune di Torino in piazza d'armi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere misurate durante la campagna di monitoraggio, pari a 77 µg/m³, e un fattore ricavato come descritto nella *nota 1*.

Figura 32 NO₂ confronto media del periodo con medie annuali nella provincia di Torino



Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 57 µg/m³, valore superiore al limite e, come riportato in Figura 32, colloca Torino piazza d'armi tra i siti con concentrazioni di NO₂ più critiche.

Data la pericolosità di questo inquinante, soprattutto in qualità di precursore di altri inquinanti come l'ozono, si sottolinea che le politiche atte al controllo e alla limitazione delle concentrazioni di NO₂ nell'aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Nota 1

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia di Torino ottenendo le medie dell'area metropolitana e media provinciale non metropolitana; dal rapporto con la media dell'anno 2005 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Torino in piazza d'armi permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c: media periodo campagne NO₂ Torino piazza d'armi

M_c: media anno 2005 NO₂ Torino piazza d'armi

m_p: media periodo campagne NO₂ stazioni metropolitane Torino

M_p: media anno 2005 NO₂ stazioni metropolitane Torino

La normativa in vigore prevede inoltre per il parametro ossidi di azoto totali, dato dalla somma del monossido e biossido ed espressi come biossido, un valore limite annuale per la protezione della vegetazione. Tale limite non è stato preso in considerazione in quanto si riferisce a siti remoti, lontani dai centri abitati e industrializzati.

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. Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia.

La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

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, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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

I dati misurati durante la campagna di Torino piazza d'armi [Figura 18](#) confermano tale andamento osservato su scala regionale. Il DM 60 del 2/04/02 prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $2,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria [Figura 19](#) e [Tabella 12](#) visto che il massimo valore orario è pari a $4,4 \text{ mg}/\text{m}^3$. Dalla [Figura 19](#) emerge che le concentrazioni di monossido di carbonio rilevate in Torino piazza d'armi sono simili alla stazione dell'area metropolitana.

Le considerazioni descritte nel capitolo sul monossido d'azoto riguardo l'influenza dei parametri meteorologici sull'andamento orario della concentrazione degli inquinanti valgono anche per il monossido di carbonio vedi

Figura 21, la Figura 20 mostra il giorno medio delle concentrazioni del CO rilevati a Torino in piazza d'armi confrontate con i valori rilevati nelle centraline della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria ubicate nell'area metropolitana di Torino e Rivoli, le concentrazioni orarie più elevate si registrano nelle ore di maggior traffico veicolare.

Benzene e Toluene

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

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

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

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e l'obiettivo di qualità, su base annua secondo il DM 25/11/94 n.159, è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 un valore limite annuale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 31/12/2005. e passare progressivamente al valore limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 31/12/2010 Durante la campagna di monitoraggio in Torino piazza d'armi è stata rilevata una concentrazione media pari a $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media delle medie giornaliere) Tabella 17. Visto che il periodo preso in considerazione in questa campagna di monitoraggio è inferiore al periodo previsto dal DM n° 60, il servizio scrivente si riserva di verificare i dati prima di esprimere un parere per il rispetto del limite annuale.

Dalla Figura 23 osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile sono mediamente più alte delle concentrazioni rilevate nelle centraline site in Torino via della Consolata e in Rivoli C.so Francia, dalla Figura 24 osserviamo che le concentrazioni più elevate di benzene nel grafico del giorno medio si rilevano nelle ore mattutine di maggior traffico autoveicolare.

La Figura 25 mostra i valori orari di benzene in confronto con la Velocità. vento e il livello di pioggia anche per questo inquinante valgono le considerazioni espresse nel capitolo sul monossido d'azoto riguardo l'influenza dei parametri meteorologici sugli andamenti dei singoli inquinanti.

Per il toluene visto che la massima media giornaliera è risultata essere di 14,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Tabella 18 ne deriva che si è ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Nelle Figura 26 e Figura 27 sono illustrati gli andamenti orari e il giorno medio per il toluene confrontati con i dati delle centraline della rete sita in via Consolata in Torino e in Rivoli C.so Francia si può notare che i valori rilevati in Torino piazza d'armi sono mediamente in linea con quelli rilevati dalle centralina di Torino via della Consolata ed superiore a quella di Rivoli c.so Francia.

Particolato Sospeso (PM_{10})

IL particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria.

La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali ecc..

Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la 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 PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Per i rischi sanitari sopra esposti, la comunità europea consiglia gli stati membri una maggiore attenzione nel controllo del $PM_{2.5}$, anche se ancora non vi sono limiti né linee guida inerenti la concentrazione di tali polveri fini.

Durante il periodo di campionamento l'analizzatore di PTS purtroppo non era funzionante per cause tecniche.

Nel monitoraggio eseguito in Torino p.zza d'armi questo inquinante è critico in tutto il periodo temporale investigato, come del resto in tutto il territorio provinciale. In [Figura 33](#) e in [Tabella 20](#) si nota come vi siano stati superamenti del livello di protezione della salute in tutte le stazioni della rete provinciale, compresi siti non caratterizzati direttamente da fonti primarie di emissione, come ad esempio la centralina di Druento che è posizionata all'interno del parco La Mandria.

La frazione più fine del particolato atmosferico mostra un comportamento assimilabile a quella di un gas, quindi la diffusione può avvenire in zone anche molto lontane rispetto alle fonti, e in condizioni meteo-climatiche sfavorevoli come quelle verificatesi dal 9 al 18 febbraio 2006 vedi [Figura 31](#), [Figura 2](#) e [Figura 6](#) in cui l'alta pressione e la scarsa velocità del vento ha favorito l'accumulo degli inquinanti si osservano aumenti della concentrazioni. Stazioni anche piuttosto distanti hanno andamenti e concentrazioni di PM10 molto simili (in [Figura 31](#) è evidente l'andamento equivalente tra le stazioni messe a confronto in Torino e solo per la stazione di Druento "La Mandria", l'andamento è simile e la concentrazione leggermente inferiore).

Nel comune di Torino in piazza d'armi durante la campagna di rilevamento si sono verificati **26** superamenti del livello giornaliero di protezione della salute (pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) su 34 giorni, pari al 76 % dei valori validi.

Date le concentrazioni e il numero di superamenti rilevati su tutto il territorio provinciale, e dati gli obiettivi imposti dal DM 60/2002:

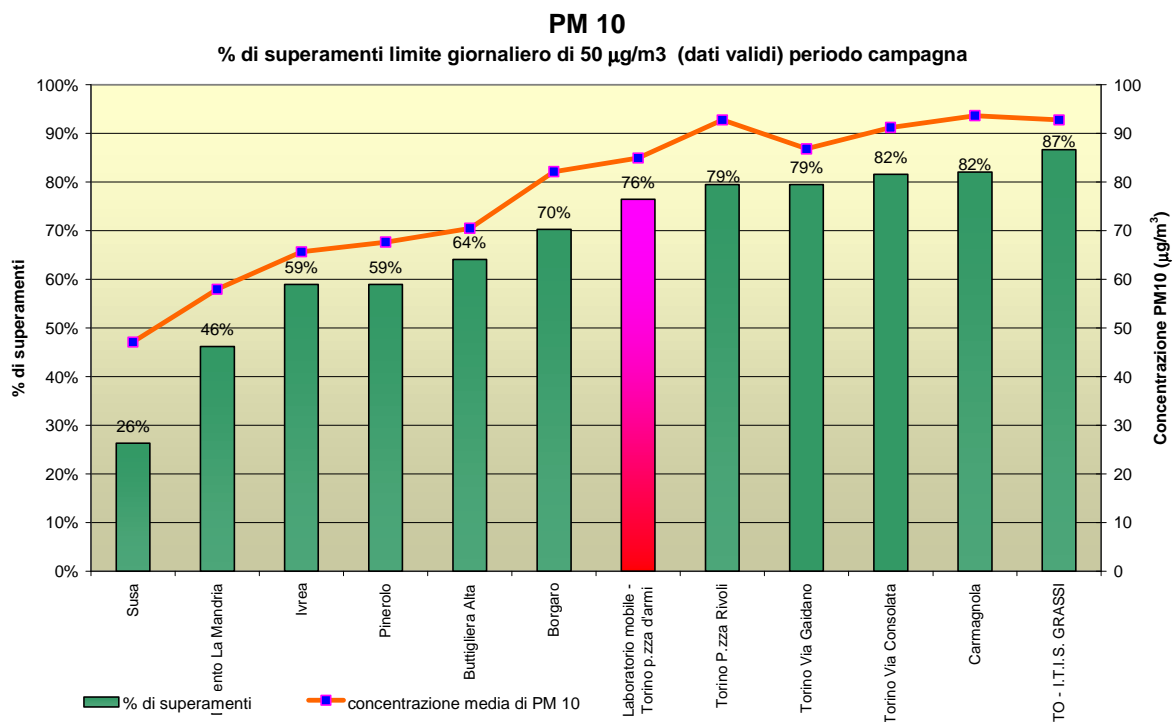
- entro il 2005 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 35, e valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- entro il 2010 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 7, e valore limite annuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

risultano indispensabili interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri. Tuttavia, qualunque intervento anche a livello locale, atto alla riduzione delle emissioni di polveri, darà un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 20 n° di superamenti livello giornaliero protezione de lla salute, concentrazione media periodo campagna confronto con medie anni 2004 e 2005

	periodo campagna		anno 2004		anno 2005	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2004 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2005 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Susa	47	10	30	42	29	41
Druento La Mandria	58	18	31	47	34	71
Ivrea	66	23	43	88	45	103
Pinerolo	68	23	37	77	40	91
Buttigliera Alta	70	25	43	105	44	115
Borgaro	82	26	46	130	48	121
Laboratorio Mobile - Torino p.zza d'armi	85	26				
TO - Via Gaidano	87	31	50	118	50	118
TO - Via Consolata	91	31	58	174	65	199
TO - Piazza Rivoli	93	31	39	65	56	128
TO - I.T.I.S. GRASSI	93	26	69	213	65	170
Carmagnola	94	32	47	107	42	103

Figura 33 % superamenti limite giornaliero protezione della salute e concentrazioni medie periodo campagna di rilevamento nella Provincia di Torino



Ozono

L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, 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) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (V.O.C.).

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

E' un inquinante tipico del periodo estivo, pertanto nel periodo di campionamento non si sono registrati superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come media trascinata sulle 8 ore) né superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria), vedi [Tabella 14](#), [Figura 28](#), [Figura 29](#) e [Figura 30](#)

IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici con due o più anelli aromatici fusi. Hanno una solubilità relativamente bassa in acqua e sono altamente lipofili.

Le sorgenti principali degli IPA, presenti nell'aria, sono i processi di combustione degli autoveicoli e del riscaldamento domestico che utilizza combustibili liquidi o solidi. Per quanto riguarda i processi di combustione degli autoveicoli, i motori a benzina senza catalizzatore (specie quelli dei motorini a due tempi) e quelli diesel presentano concentrazioni di IPA in emissione comparabili e piuttosto elevate; la presenza del catalizzatore nei veicoli a benzina riduce invece del 90% le concentrazioni di BaP (benzo(a)pirene) nei gas di scarico.

Gli IPA nelle emissioni veicolari possono derivare da composti già presenti nel carburante, da neoformazione durante la combustione o da perdite di oli lubrificanti. E' importante ricordare che la quantità di IPA emessi aumenta con il contenuto di idrocarburi aromatici presenti nel carburante, sia benzina che gasolio.

La ripartizione degli IPA tra fase volatile e fase particellare nei gas di scarico dipende, in buona misura, dalla tipologia di alimentazione: nelle emissioni dei veicoli a benzina gli IPA più leggeri sono associati principalmente alla fase vapore; nelle emissioni di veicoli diesel, dove si riscontra una più alta percentuale di materiale particellare, gli IPA sono soprattutto legati alle particelle.

La parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il metano per il riscaldamento domestico ha ridotto di molto l'emissione di IPA da tale sorgente mentre alcuni insediamenti industriali possono ancora dare origine ad emissioni quantitativamente importanti. In ambienti confinati il fumo di sigaretta è un'importante fonte di inquinamento da IPA.

La maggior parte degli IPA con una bassa volatilità sono adsorbiti sul particolato dove possono subire processi di fotodecomposizione da parte della componente ultravioletta della radiazione solare. Nell'atmosfera, gli IPA possono inoltre reagire con le sostanze

inquinanti quali ozono, ossidi d'azoto e biossido di zolfo generando classi di sostanze come azaareni e nitroderivati.

È importante sottolineare che, nelle diverse città soggette a monitoraggio, il cosiddetto "profilo degli IPA" (rapporto quantitativo dei singoli IPA sul totale degli IPA presenti nell'aria di una città) è costante nel tempo, per cui il benzo(a)pirene (BaP), il più studiato della classe, viene spesso utilizzato quale indicatore di esposizione dell'intera classe degli IPA.

Le concentrazioni di IPA presenti in atmosfera presentano un'elevata variabilità stagionale. In Italia si sono rilevate concentrazioni medie mensili 10 volte superiori in inverno rispetto all'estate. Per tale motivo è necessario utilizzare le concentrazioni medie annuali per stimare, sul lungo periodo, l'esposizione individuale. In merito alla tossicità, oltre al benzo(a)pirene, si devono considerare altri IPA presenti nelle emissioni veicolari: il benzo(a)antracene, l'indenopirene.

A titolo informativo questi ultimi tre composti sono stati recentemente proposti quali "IPA cancerogeni" dall'Istituto Superiore di Sanità, ai fini di una stima del rischio sanitario di esposizione umana, insieme ai seguenti altri IPA: benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(j)fluorantene, dibenzo(a,h)antracene (Rapporto ISTISAN n° 91/27, 1991). Ciò in quanto detti composti sono stati classificati, nel 1987, quali probabili e possibili cancerogeni per l'uomo, secondo lo I.A.R.C. (International Association for Cancer Research), e contemporaneamente sono i più frequenti e i più abbondanti tra gli IPA presenti nell'ambiente.

La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha raccomandato un valore guida di 1 ng/m^3 per la concentrazione media annuale di BaP, misurata nei luoghi a più alto inquinamento. Tale raccomandazione è stata in seguito recepita nella legislazione italiana nel DM 25/11/94.

La commissione ha stimato che, ad un'esposizione media annua di BaP compresa tra $0,1$ e 2 ng/m^3 , sarebbe attribuibile una proporzione di tumori polmonari variabile tra lo $0,003$ e il $0,1\%$ rispetto a tutti i tumori polmonari diagnosticati in Italia.

Per quanto riguarda la dinamica di movimento degli IPA nell'ambiente, si può dire che nel caso delle combustioni veicolari si verifica una veloce condensazione degli IPA in fase vapore ed una rapida sedimentazione della fase particellare più grossolana.

Inoltre le condizioni meteorologiche agiscono evidentemente sulla dispersione, in particolare il vento, che può trasportare il particolato anche a grandi distanze, e la pioggia, che favorisce la ricaduta al suolo.

L'assorbimento degli IPA è di tipo lipo-solubile ed avviene principalmente tramite il polmone, e la pelle dei mammiferi. Secondo i più recenti studi alcuni composti policiclici aromatici presentano caratteristiche di tossicità ed attività cancerogena.

In particolare, si hanno evidenze della cancerogenità del benzo(a)pirene poiché gli esperimenti in vitro hanno dimostrato la citotossicità di tale composto sulle cellule dei polmoni degli animali da laboratorio e degli esseri umani, dove sono causa dell'insorgenza di forme iperplastiche. Anche gli esperimenti in vivo, fatti in laboratorio, hanno fatto osservare numerosi casi di riduzione dei leucociti nel sangue e di depressione del midollo osseo con distruzione quasi completa delle cellule emopoietiche. Secondo stime dell'OMS,

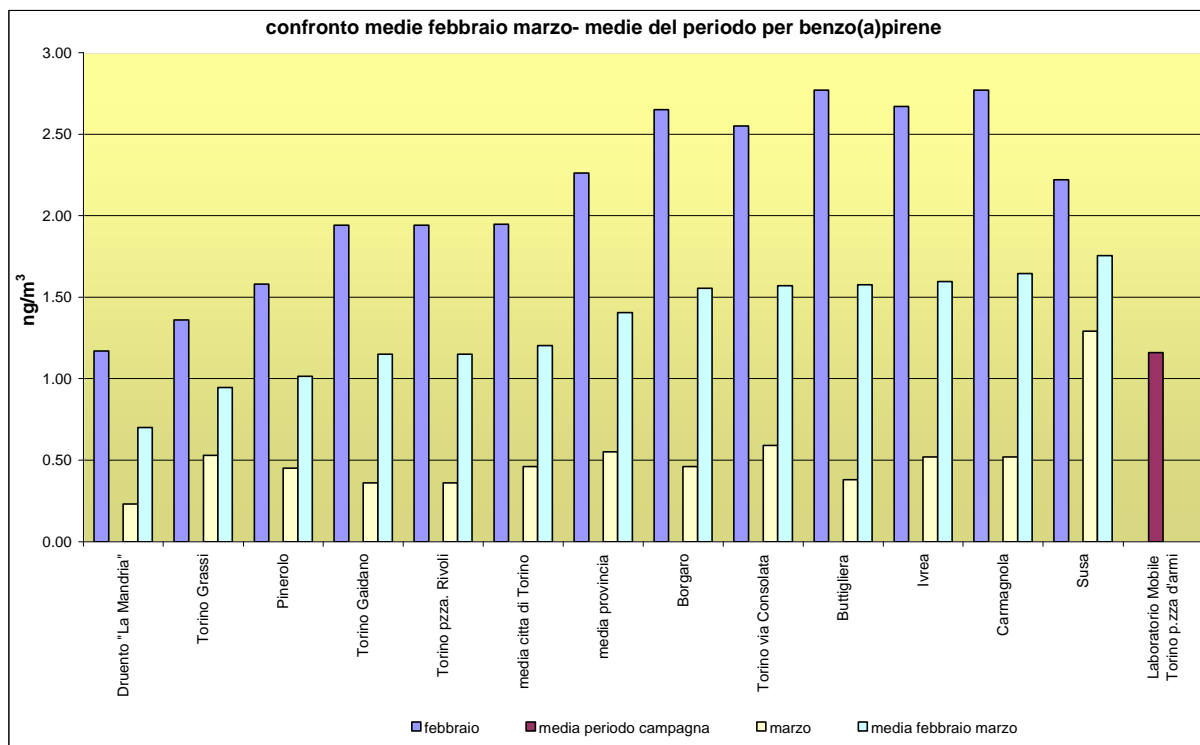
nove persone su centomila esposte ad una concentrazione di 1 ng/m³ di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.

Tali dati, sebbene limitati, presuppongono una correlazione tra il grado di immunosuppressività e la potenza cancerogena degli IPA.

Per quanto riguarda il monitoraggio degli I.P.A., occorre considerare che gli obiettivi di qualità previsti dal D. M. n. 159 del 25.11.94 - 1 ng/mc per il benzo(a)pirene - si riferiscono ad una statistica su base annuale; invece i valori rilevati per gli IPA nel corso della campagna del mezzo mobile sono stati ottenuti come media del periodo di durata della campagna, l'analisi è stata effettuata su 34 filtri di particolato PM 10 sottoposti ad estrazione con cicloesano e sull'estratto sono stati quantificati gli IPA mediante cromatografia liquida con rivelatore a fluorescenza.

Dai dati ottenuti [Figura 34](#) si osserva che la media rilevata nel periodo è in accordo con i valori rilevati nella città di Torino per il Benzo(a)pirene, unico IPA normato dalle leggi vigenti in Italia.

Figura 34 confronto medie febbraio marzo- medie del periodo per benzo(a)pirene



CONCLUSIONI RELATIVE ALLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.

Dai risultati relativi a questo periodo di monitoraggio, si evidenzia una criticità nelle concentrazioni delle polveri “sottili” PM10 Figura 31, per le quali si sono registrati 26 giorni di superamento del livello giornaliero per la protezione della salute (Decreto Ministeriale n. 60 aprile 2002, Tabella 15) rispetto a 34 giorni di campionamento.

La criticità del parametro è peraltro comune a tutto il territorio provinciale ed emerge come problema concreto che dovrà essere affrontato dai decisori politici al fine di poter raggiungere gli obiettivi indicati dalla normativa come massimo numero di superamenti nell’anno e come media annuale Figura 33 e Tabella 20.

L’altro parametro critico risulta essere il biossido d’azoto, si sono misurati sei superamenti del livello orario per la protezione della salute pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Decreto Ministeriale n. 60 aprile 2002) in due giorni, vedi Tabella 13 Dal 9 di febbraio sino al 17 febbraio si sono misurati i valori più elevati dell’intero periodo di monitoraggio, valori elevati si sono riscontrati per tutti gli inquinanti da traffico veicolare, dai grafici della pressione Figura 2 e velocità del vento Figura 6 si nota una condizione di stabilità atmosferica che non ha favorito la dispersione degli inquinanti consentendone l’accumulo, la situazione è cambiata con le piogge dei giorni 19 e 20 e del 24 e 25 febbraio ed il vento dei giorni 10, 11 e 12 marzo che ha favorito la diminuzione delle concentrazioni degli inquinati.

Data la pericolosità di questo inquinante, soprattutto in qualità di precursore di altri inquinanti come l’ozono, si sottolinea che le politiche atte al controllo e alla limitazione delle concentrazioni di NO_2 nell’aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti non si sono registrati superamenti dei limiti di legge.

I tecnici della Qualità dell’Aria

G. Castrogiovanni

dott.ssa M. Maringo

ing. M. Sacco

Il Responsabile della SS 06.02
Dott. Carlo Bussi

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo**

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

- **Ossidi di azoto**

MONITOR EUROPE ML 9841B

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

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono**

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio**

API 300 A

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- **Particolato sospeso PM10**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di 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

Gasromatografo 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;