

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA
CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
NEL COMUNE DI
Pavone Canavese
S.P.77, rotonda n° civici 93 - 97



RELAZIONE CONCLUSIVA
Aprile – Agosto 2006

ARPA Piemonte - Ente di diritto pubblico

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

SC06 – Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino

SS02 – ATTIVITÀ DI PRODUZIONE

Via San Domenico 22/B - 10122 Torino – tel. 0112278724 / 725 - fax. 0112278600 – 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.

Ha collaborato alla campagna di monitoraggio e alla stesura della presente relazione in qualità di tesista del corso di laurea in Tecniche della prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro la sig.na Francesca Pala .

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 Pavone Canavese per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	4
L'ARIA E I SUOI INQUINANTI.....	5
IL LABORATORIO MOBILE.....	7
IL QUADRO NORMATIVO.....	7
CAPITOLO 2 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	10
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	11
DATI METEOROLOGICI.....	13
ELABORAZIONI STATISTICHE E GRAFICHE RELATIVE AL MONITORAGGIO NEL COMUNE DI PAVONE CANAVESE E COMMENTO CONCLUSIVO AI DATI.....	22
Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	22
Giorno medio.....	22
Direzione e Velocità del vento	23
TRAFFICO VEICOLARE	25
Biossido di zolfo	28
Monossido di carbonio	30
Ossidi di azoto.....	36
Ozono.....	44
Benzene e Toluene	50
Particolato Sospeso (PTS e PM10).....	57
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).....	60
METALLI	62
CONCLUSIONI FINALI.....	68
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	69

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

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 2005", 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

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 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 Pavone Canavese, 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 del Comune (Vs.protocollo n°: 11490 del 21-11-2005, Ns. protocollo n° 147332 del 24-11-2005) in cui è stato richiesto di effettuare una campagna di monitoraggio d'inquinamento dell'aria nel Comune di Pavone Canavese.

Il Comune ha richiesto in concomitanza dei rilevamenti d'inquinanti aerodispersi anche un monitoraggio del traffico veicolare per quantificare l'aumento dei transiti dovuto all'apertura del supermercato Bennet, in particolare nei giorni festivi, dato che il supermercato è aperto anche la domenica.

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:

S.P. n° 77 (rotonda altezza n° civici 93 -97)

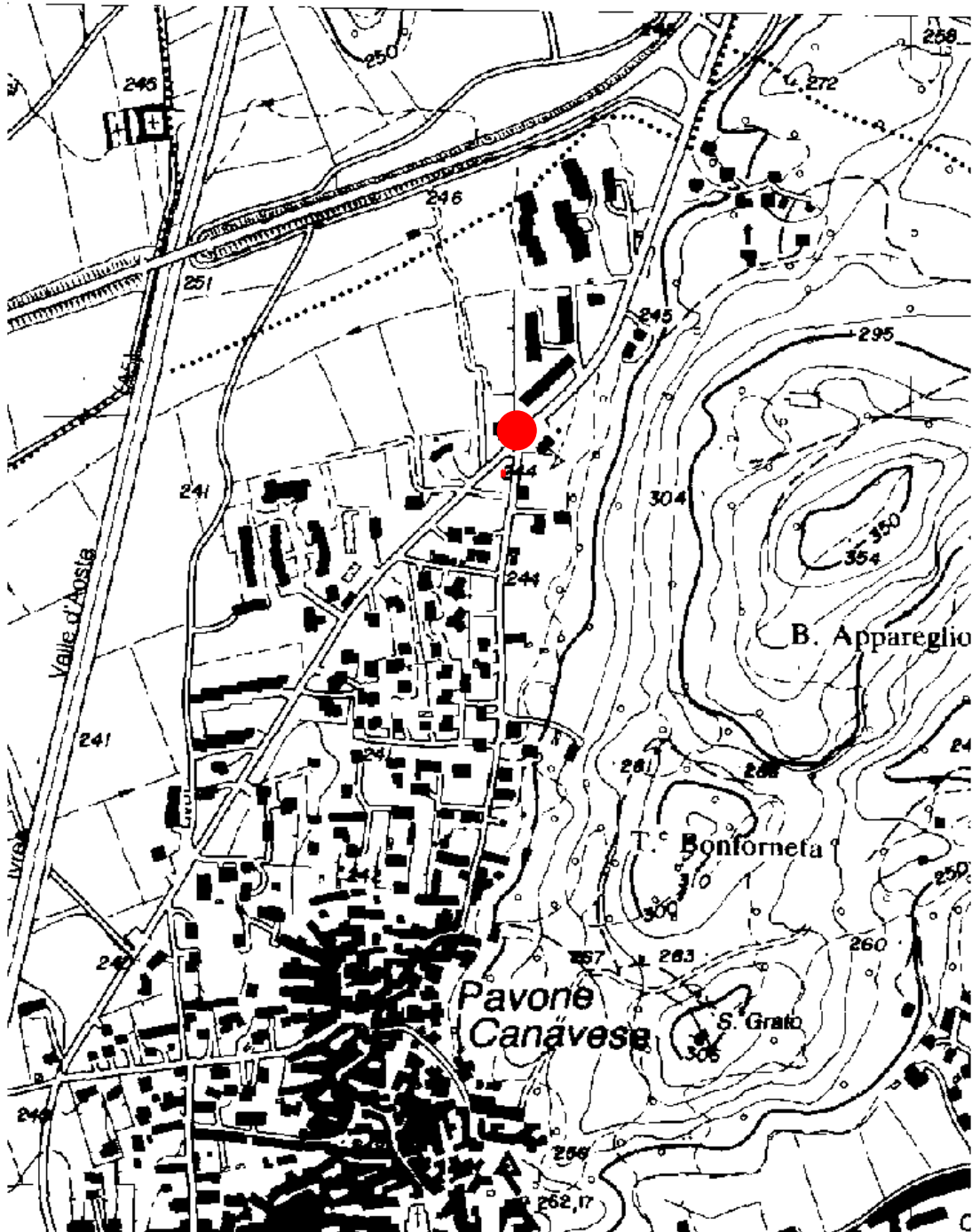
In Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Pavone Canavese l'indicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle campagne di monitoraggio.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne effettuate con i Laboratori Mobili non permettono di realizzare 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 primaverile è stata condotta tra il **23 marzo e il 23 aprile 2006** (32 giorni), mentre nel periodo estivo è stato effettuato un monitoraggio dal **1 al 31 agosto 2006** (31 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



DATI METEOROLOGICI

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

Nelle tabelle riassuntive sono stati riportati i dati rilevati in entrambe le campagne di monitoraggio: valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Pavone Canavese (Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10).

Confronto dei dati meteorologici registrati nel periodo primaverile (23/03/06 - 23/04/06) ed estivo (01/08/06 – 31/08/06)

Tabella 4 Parametro: Temperatura aria (gradi centigradi)

Temperatura Aria	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	8.2	16.7
Massima media giornaliera	17.2	24.8
Media delle medie giornaliere	11.9	20.2
Giorni validi	25	24
Percentuale giorni validi	78%	77%
Media dei valori orari	12	20.4
Massima media oraria	23.4	31
Ore valide	624	633
Percentuale ore valide	81%	85%

Tabella 5: Parametro: Direzione Vento (gradi)

Direzione Vento	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	62	122
Massima media giornaliera	260	249
Media delle medie giornaliere	129	178
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	128	178
Massima media oraria	360	360
Ore valide	672	630
Percentuale ore valide	88%	85%

Tabella 8: Parametro: Pressione (mbar)

Pressione	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	976.1	975.7
Massima media giornaliera	991.5	991.4
Media delle medie giornaliere	984.6	982.3
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	984.7	982.2
Massima media oraria	993.8	992.5
Ore valide	672	633
Percentuale ore valide	88%	85%

Tabella 6: Parametro: Velocità Vento (metri/secondo)

Velocità Vento	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	0.3	0.3
Massima media giornaliera	3.7	1.5
Media delle medie giornaliere	0.9	0.8
Giorni validi	25	24
Percentuale giorni validi	78%	77%
Media dei valori orari	0.9	0.8
Massima media oraria	5.4	4.2
Ore valide	624	630
Percentuale ore valide	81%	85%

Tabella 9: Radiazione Solare Globale (W/m²)

Radiazione Solare Globale	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	22.9	69.5
Massima media giornaliera	275.3	279.7
Media delle medie giornaliere	181.5	219.8
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	182	220.3
Massima media oraria	906.4	905.7
Ore valide	672	632
Percentuale ore valide	88%	85%

Tabella 7: Parametro: Umidità Relativa

Umidità Relativa	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	25.8	29.9
Massima media giornaliera	92.9	86.5
Media delle medie giornaliere	59.7	55.7
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	59.8	55
Massima media oraria	94.7	93.7
Ore valide	672	633
Percentuale ore valide	88%	85%

Tabella 10: Radiazione Solare Netta (W/m²)

Radiazione Solare Netta	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	0.6	25.7
Massima media giornaliera	110.6	124.1
Media delle medie giornaliere	72.4	88.3
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	73	88.7
Massima media oraria	515.5	527
Ore valide	672	632
Percentuale ore valide	88%	85%

Elaborazione grafica dei dati meteorologici registrati nel periodo primaverile (23/03/06 - 23/04/06) ed estivo (01/08/06 – 31/08/06)

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

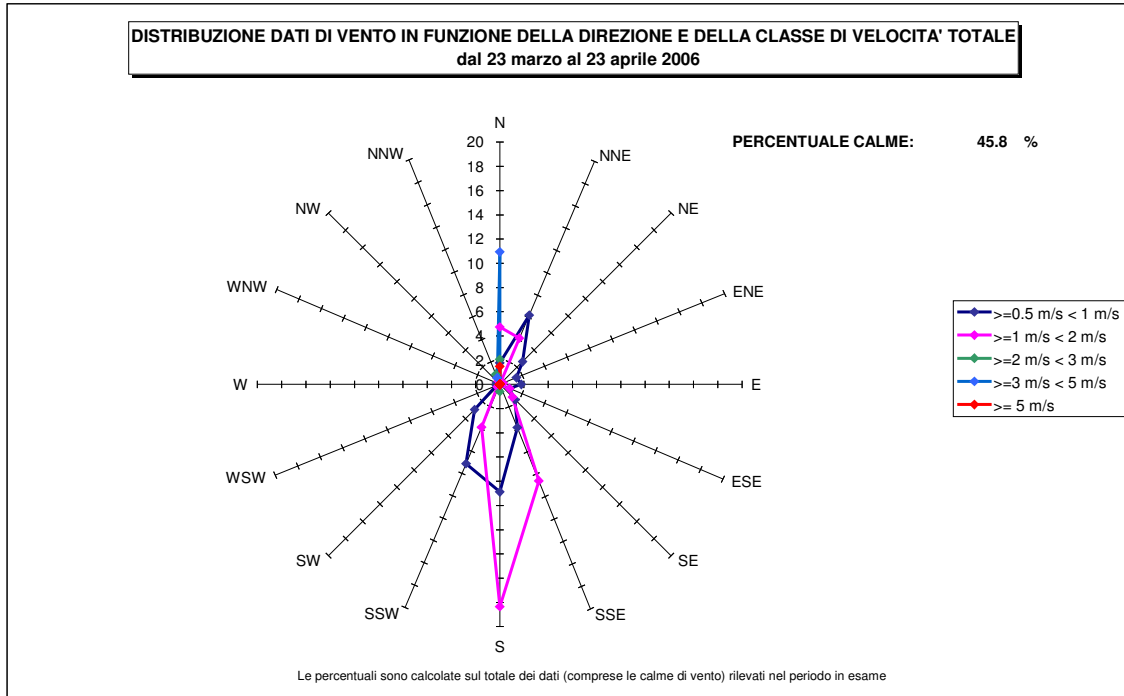


Figura 3: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale II campagna

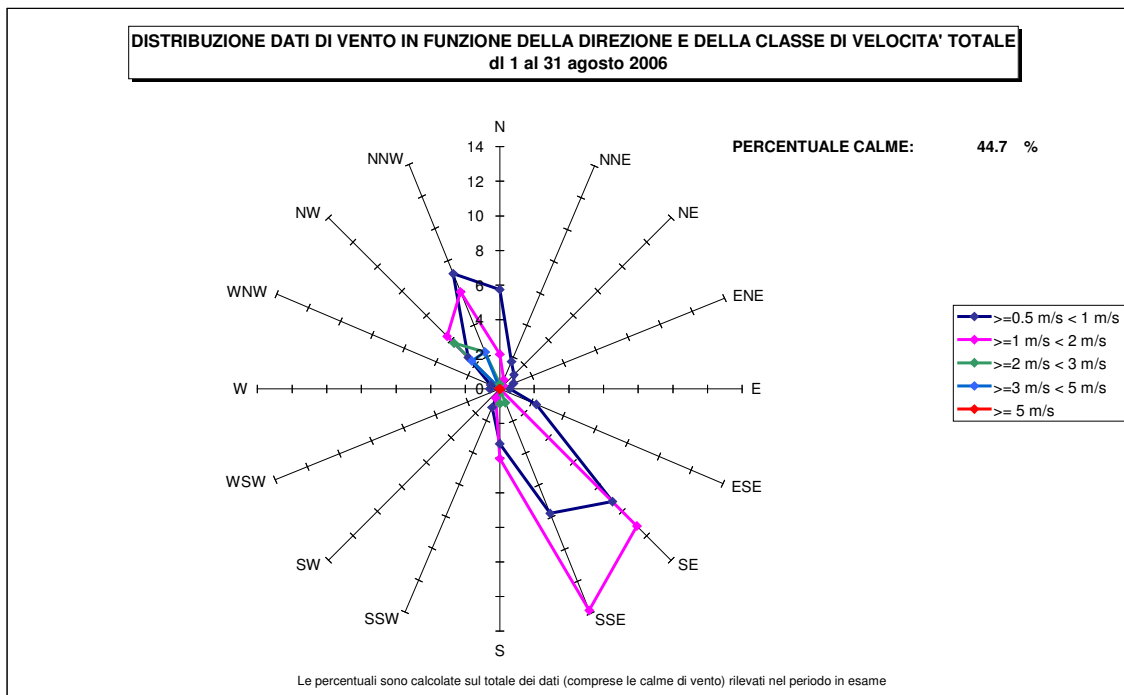


Figura 4: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità giorno I campagna

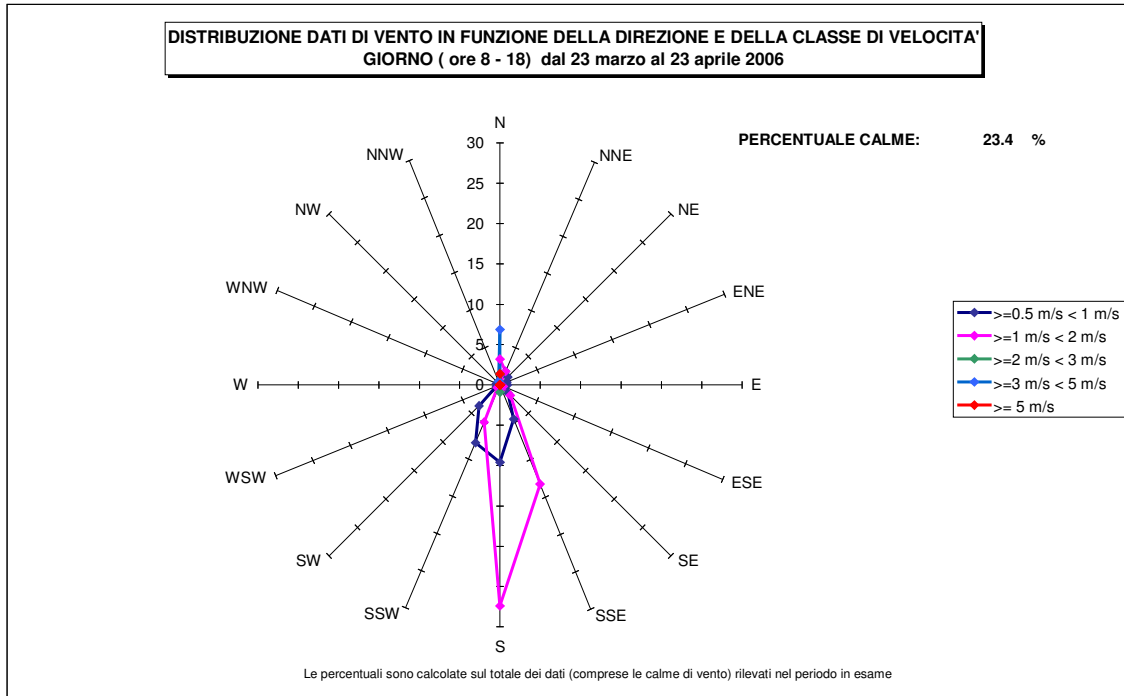


Figura 5: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità giorno II campagna

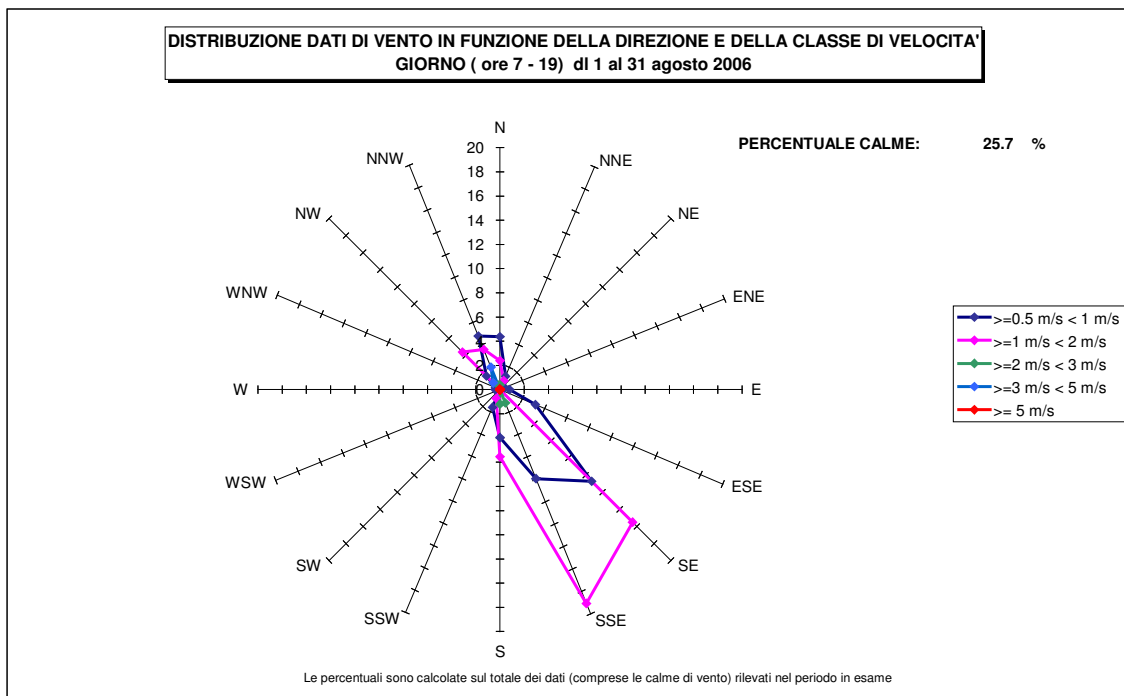


Figura 6: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notte I campagna

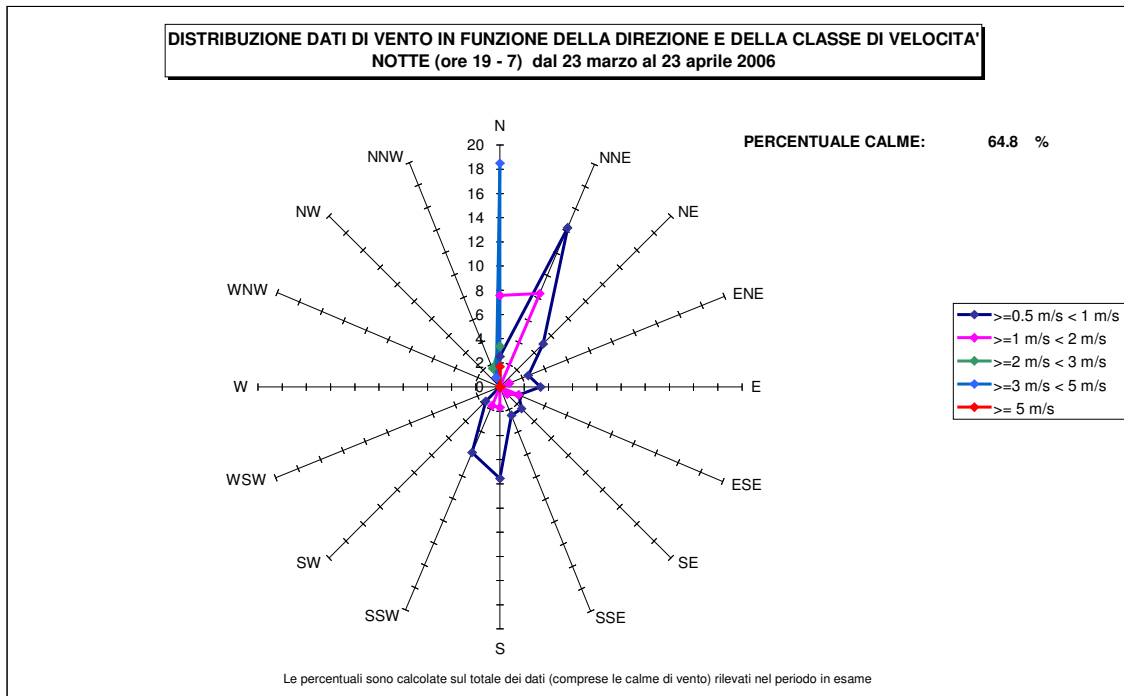


Figura 7: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notte II campagna

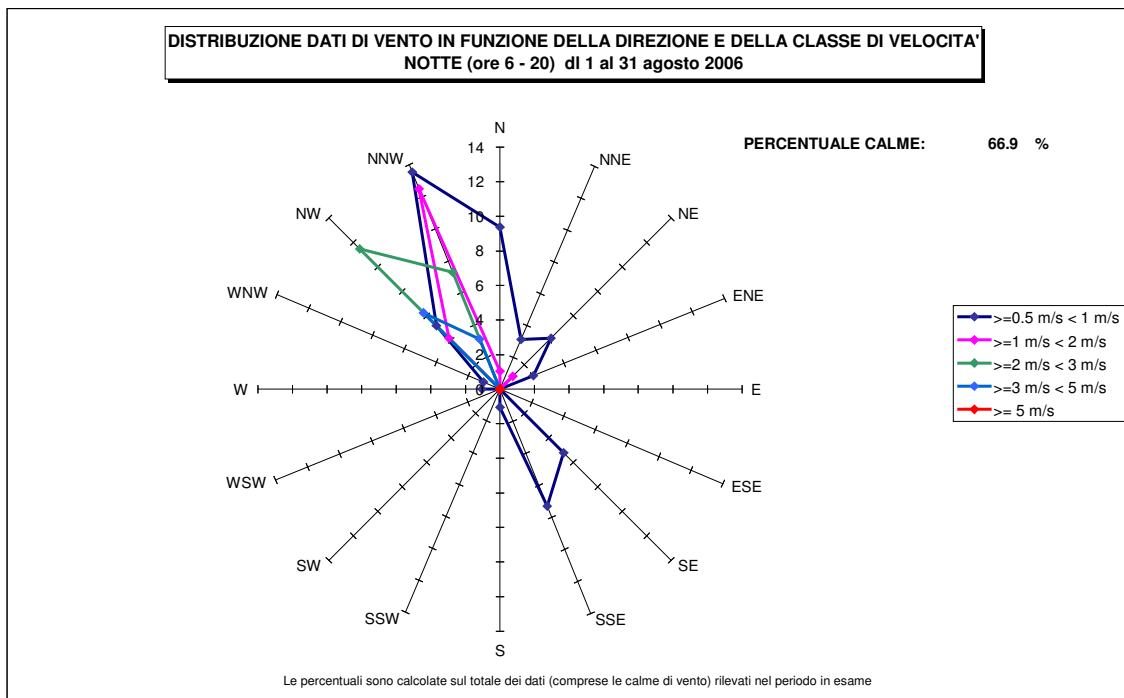


Figura 8: Parametro Velocità Vento

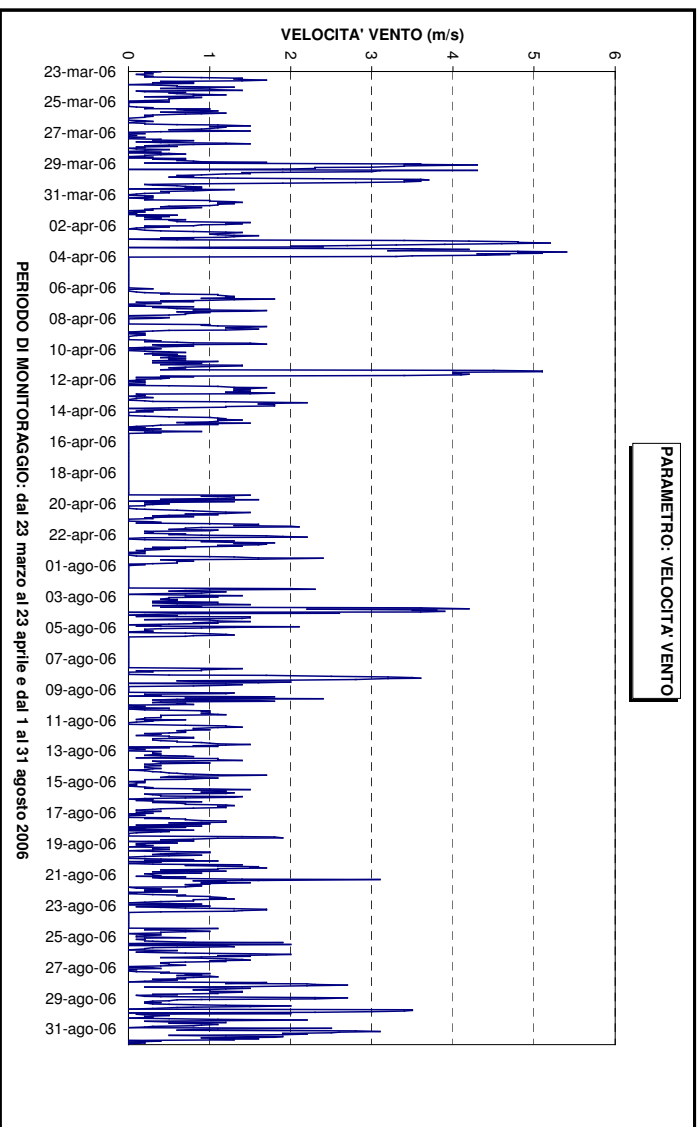


Figura 9: Direzione vento

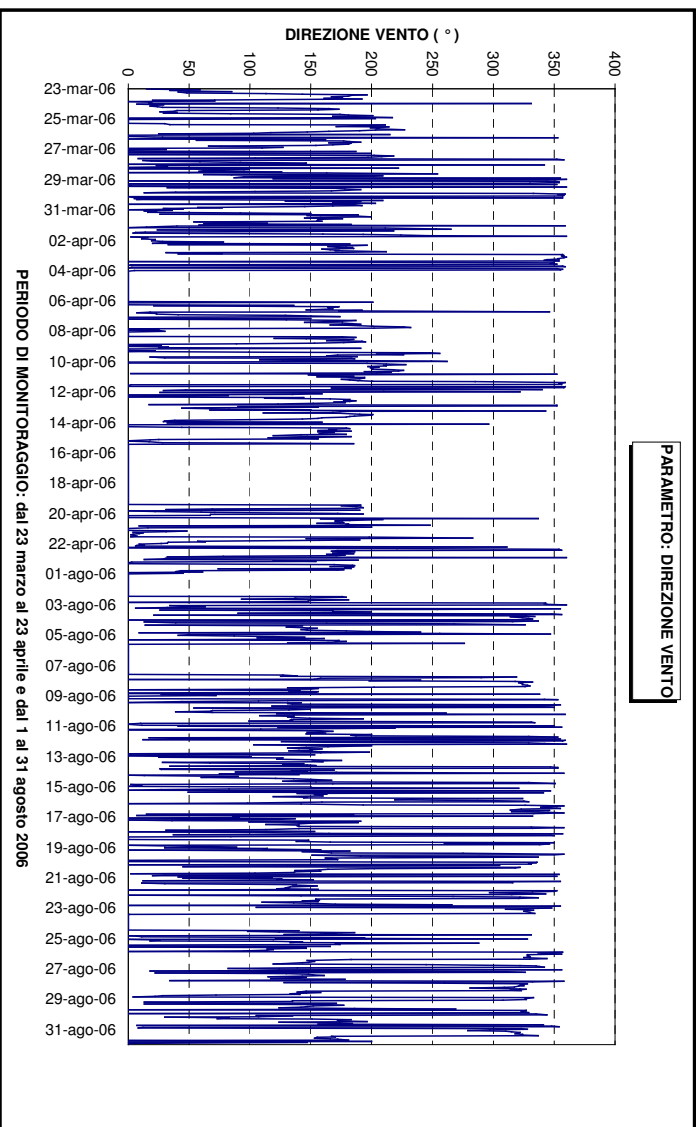


Figura 10: Pressione Atmosferica

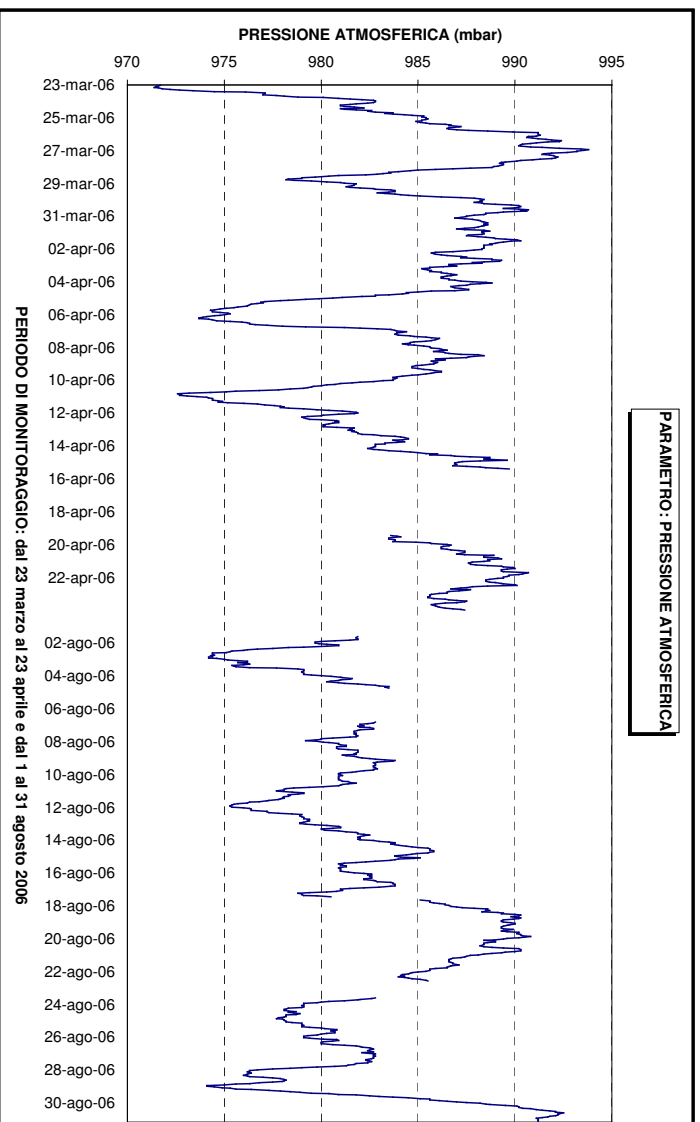


Figura 11: Umidità Relativa

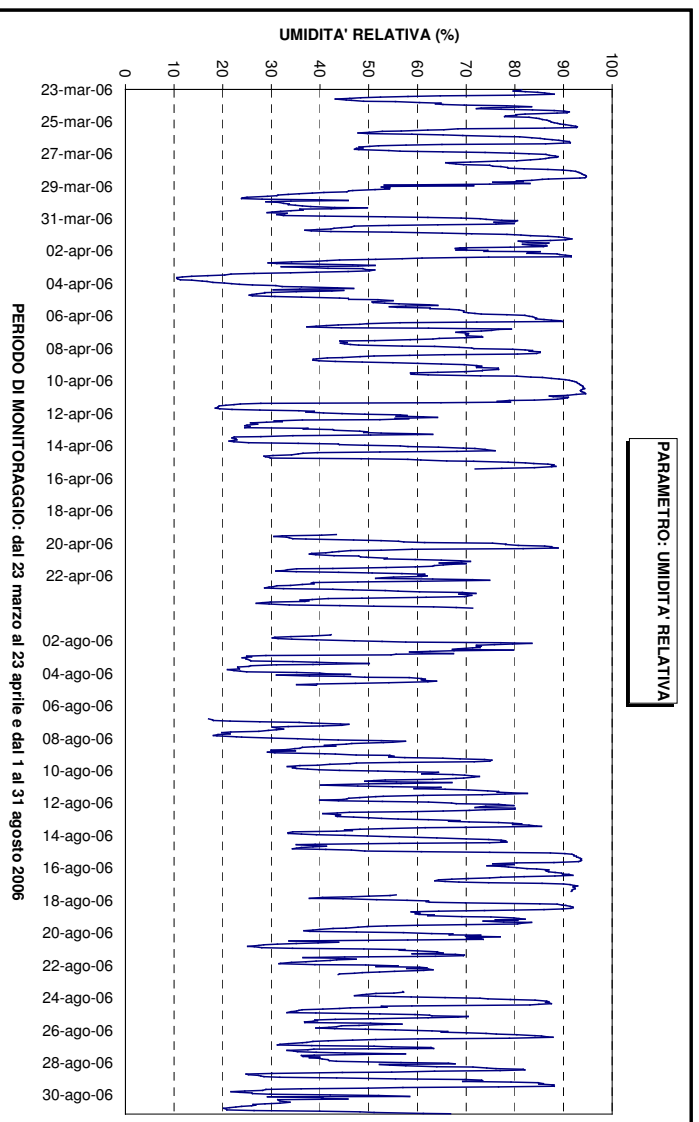


Figura 12: Temperatura aria

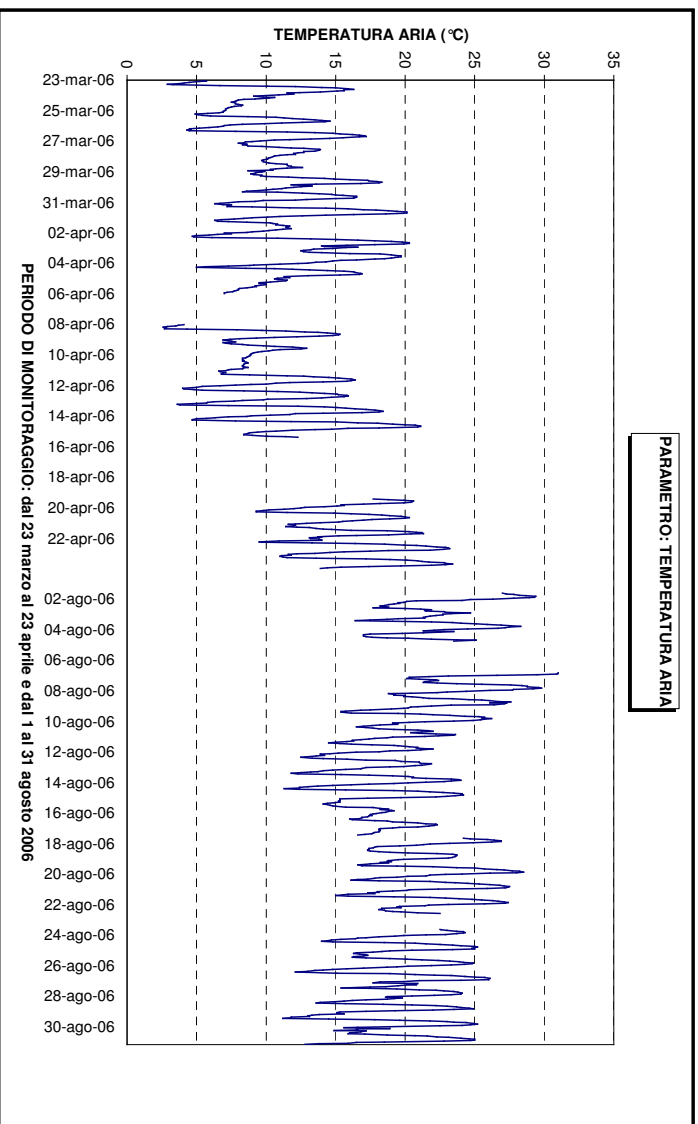


Figura 13: Radiazione Solare Globale

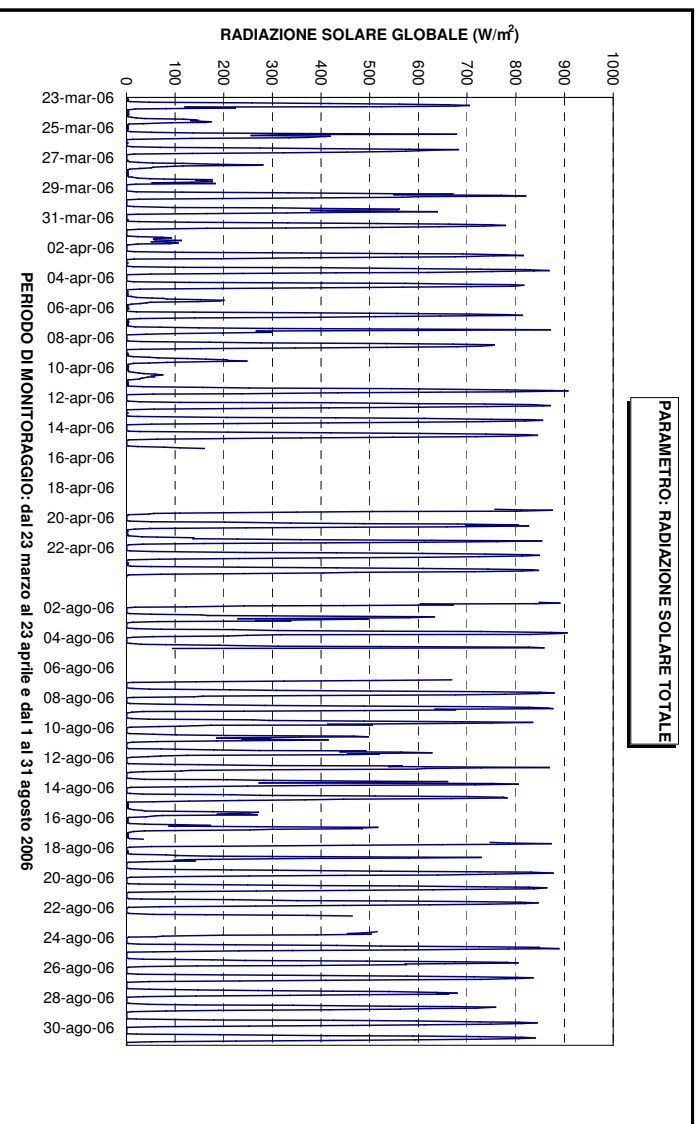
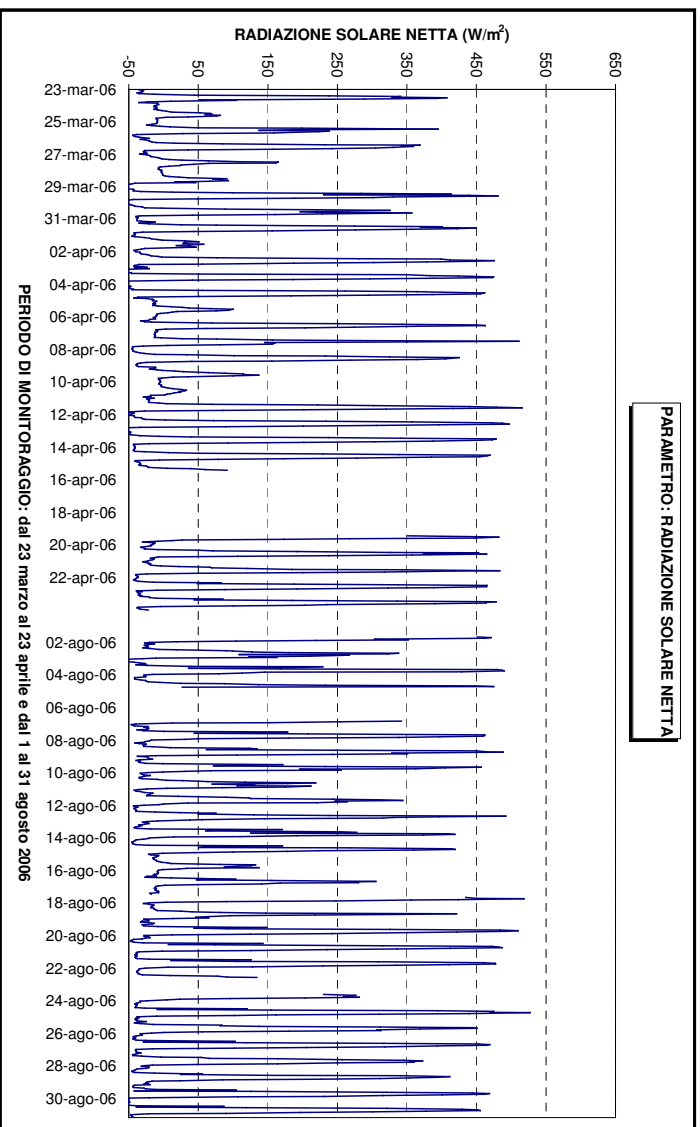


Figura 14: Radiazione Solare Netta



ELABORAZIONI STATISTICHE E GRAFICHE RELATIVE AL MONITORAGGIO NEL COMUNE DI PAVONE CANAVESE E COMMENTO CONCLUSIVO AI DATI

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 Pavone Canavese.

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
IPA	IDROCARBURI POLICLICI AROMATICI
As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Cu	METALLI (arsenico, cadmio, cobalto, cromo, manganese, nichel, piombo, rame)

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.

Direzione e Velocità del vento

Il regime di vento di Pavone Canavese è influenzato nelle sue componenti direzionali dalla presenza della vicina valle d'Aosta, la quale come ogni valle montana, è caratterizzata 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 scalda, 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 nelle due campagne di monitoraggio di Pavone C.se con i grafici di velocità del vento [Figura 8](#) e direzione del vento [Figura 9](#): in questi due grafici è evidente la ciclicità diurna e notturna dei due parametri, in particolare la [Figura 2](#) (Rosa dei venti totale periodo primaverile) e la [Figura 3](#) (Rosa dei venti totale periodo estivo), evidenziano come il vento abbia una lieve differenza nelle direzioni dominanti dovuta alla presenza della valle d'Aosta, infatti il classico regime giornaliero descritto sopra è più intenso in estate. In [Figura 4](#) e

[Figura 5](#) sono visualizzati le direzioni diurne delle due campagne in primavera da sud - sud est e in estate da sud sud est – sud est, la notte in primavera da nord-nord-est

Figura 6, in estate da nord ovest - nord nord ovest Figura 7.I valori di velocità del vento riportati in

Tabella 6 indicano che la massima media oraria registrata nel comune di Pavone C.se è di 5,4 m/s nel periodo primaverile e di 4,2 in quello estivo e la media dei valori orari è di 0,9 m/s nel periodo primaverile e di 0,8 m/s in quello estivo.

Il traffico veicolare costituisce oggi il principale responsabile dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane, a causa della emissione dei prodotti della combustione dei carburanti e della loro successiva trasformazione chimica.

Per analizzare il comportamento degli andamenti orari degli inquinanti da traffico veicolare, oltre ai parametri meteorologici, si è scelto di misurare nel sito di monitoraggio del comune di Pavone C.se il flusso veicolare, posizionando sullo stesso mezzo mobile uno strumento conta traffico a due fotocellule laser .

Il conta traffico è in grado di acquisire informazioni su ciascun veicolo in transito sulla sezione stradale su cui è collocato:

- data e ora di transito
- direzione del veicolo
- velocità di transito del veicolo
- lunghezza del veicolo

Prendendo come riferimento le “Le linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell’aria in Italia” dell’APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici); si è potuto classificare la stazione mobile in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

Il sito di monitoraggio in Pavone C.se, si è potuto classificare come “medio/alto volume di traffico”, in quanto ubicato in una rotonda stradale in area suburbana, con caratteristica residenziale, in prossimità della autostrada Torino Aosta e considerato il numero dei veicoli passanti al giorno rilevati dal conta traffico. Questo vale sia per quanto concerne la campagna effettuata nel periodo primaverile, sia per quella estiva.

La media giornaliera si ricava dal rapporto tra il numero totale di veicoli conteggiati dallo strumento e il numero dei giorni di durata della campagna.

1° PERIODO (campagna primaverile dal 28/3 al 23/4)
 media giornaliera veicoli leggeri **7739** veicoli/giorno
 media giornaliera veicoli pesanti **75** veicoli/giorno

2° PERIODO (campagna estiva dal 2/8 al 31/8)
 media giornaliera veicoli leggeri **6130** veicoli/giorno
 media giornaliera veicoli pesanti **43** veicoli/giorno

Tabella 11: flusso veicolare settimana media

	flusso veicolare: settimana media					
	leggeri I° campagna	pesanti I° campagna	leggeri II° campagna	pesanti II° campagna	leggeri I° e II° campagna	pesanti I° e II° campagna
lunedì	5208	48	5977	43	5592	45
martedì	7520	83	4597	33	6058	58
mercoledì	8405	86	5896	41	7011	61
giovedì	8337	84	6071	39	7078	59
venerdì	9109	87	7136	38	7522	62
sabato	8664	89	7136	38	7900	63
domenica	5660	39	5430	15	5545	27

Il contatraffico utilizzato nel monitoraggio è in uso dal settore d'inquinamento acustico di ARPA dipartimento di Torino e per questa ragione è stato settato per differenziare i veicoli pesanti con lunghezza superiore ai 9 metri (TIR, autobus) perché più impattanti dal punto di vista del rumore, mentre riconosce come veicoli leggeri tutti quelli con lunghezza inferiore ai 9 metri. Questa sottostima dei veicoli pesanti è da tenere in considerazione nel correlare i dati di traffico con gli andamenti dei singoli inquinanti aerodispersi, infatti il motore diesel ha un indice emissivo di CO, SO₂, Benzene e PM10 molto diverso dai veicoli con motore a benzina, che costituiscono la maggioranza dei veicoli leggeri, per cui si avranno andamenti del giorno medio per il benzene toluene e CO e SO₂ non sovrapponibili con il giorno medio da traffico veicolare sia leggero che pesante.

Inoltre è opportuno evidenziare che le medie orarie del traffico sono leggermente sottostimate considerando che il punto di posizionamento del mezzo mobile e quindi del conta traffico, una rotonda a cui afferiscono quattro strade. La rotonda non viene necessariamente percorsa a 360°, infatti dalla piantina in [Figura 1](#) e da come era posizionato il mezzo mobile possiamo dedurre che i veicoli che si recano da Ivrea a Pavone C.se non vengono conteggiati, mentre lo sono quelli che da Ivrea e da Pavone si recano al supermercato Bennet e poi tornano indietro. Uno dei scopi del monitoraggio del traffico veicolare era appunto quello di quantificare l'aumento dei transiti dovuto all'apertura del supermercato Bennet in particolare nei giorni festivi, dato che il supermercato è aperto anche la domenica.

Dalle [Figura 15](#), [Figura 16](#), [Figura 17](#) e dalla [Tabella 11](#) possiamo trarre le seguenti considerazioni;

1. il sabato e la domenica non hanno flessioni significative dei transiti veicolari in tutte e due i periodi di monitoraggio
2. il n° di veicoli giornalieri della campagna estiva è inferiore al n° dei passaggi giornalieri della campagna primaverile

Figura 15: andamento orario traffico veicolare

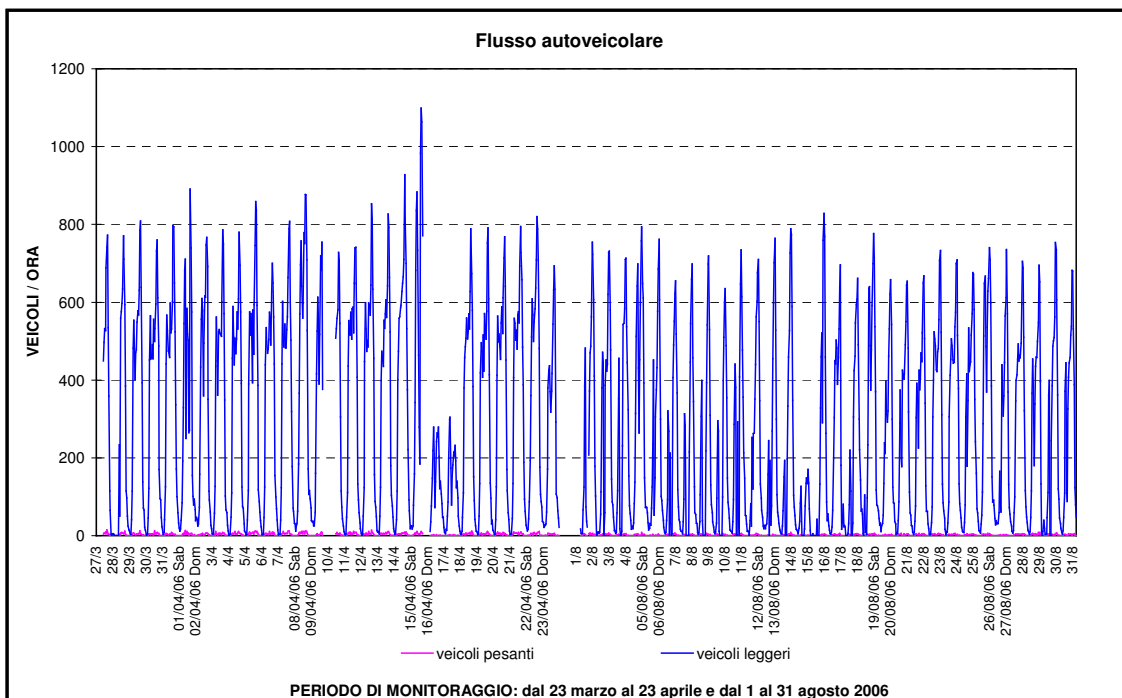


Figura 16: traffico veicolare passaggi giornalieri

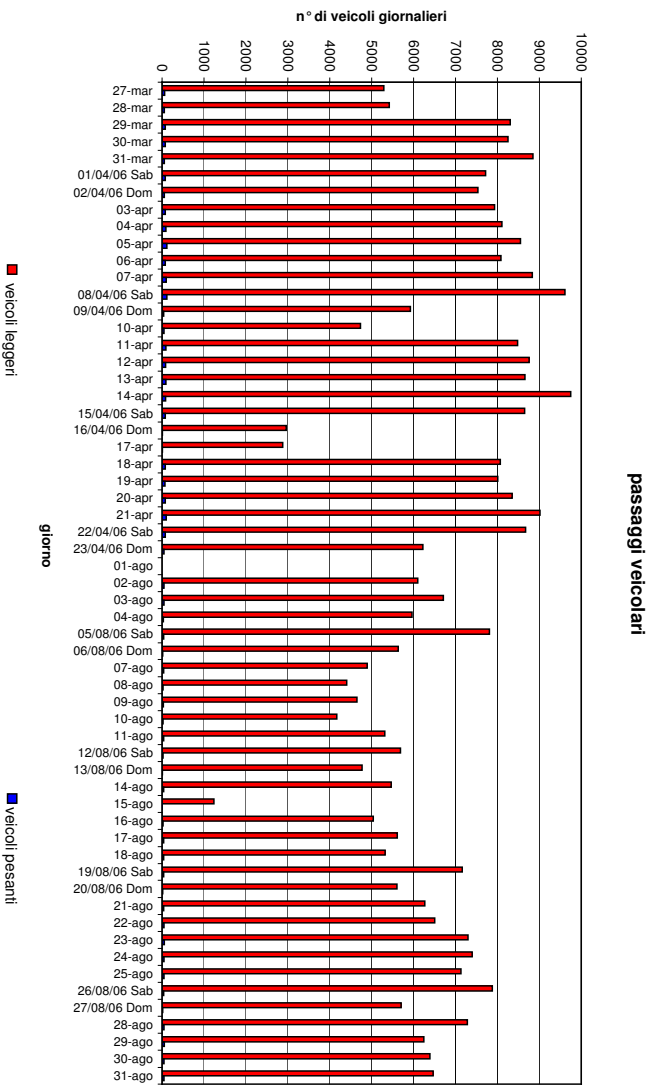
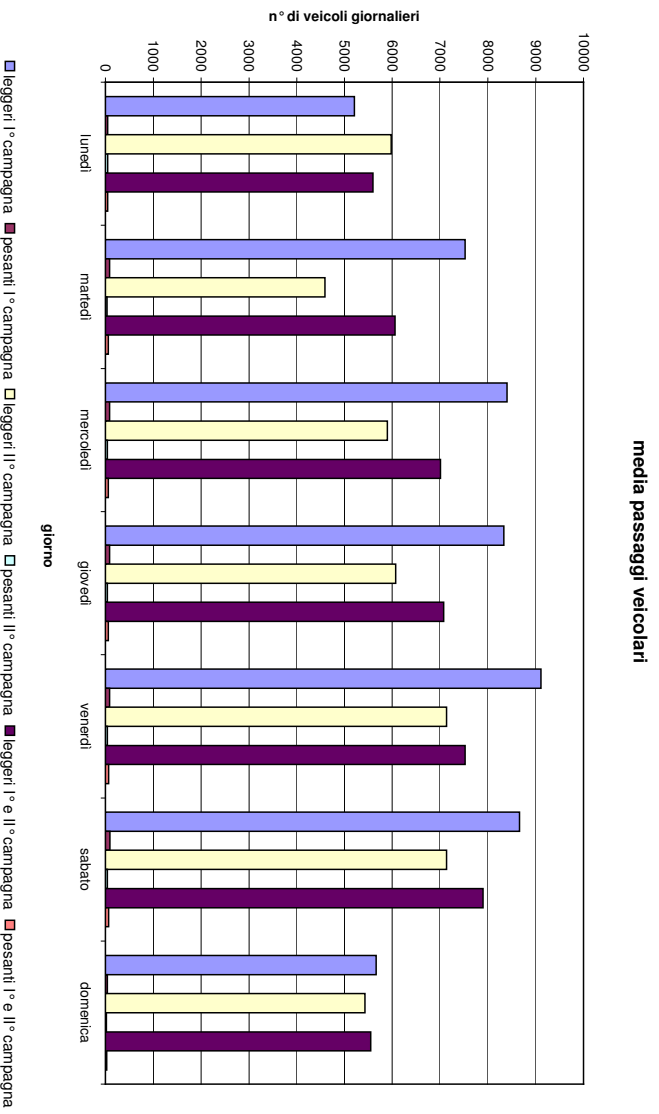


Figura 17: traffico veicolare, settimana media



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 Pavone C.se si osservano concentrazioni di biossido di zolfo molto contenute; infatti in entrambe le campagne di rilevamento i valori orari sono di alcuni µg/m³, il massimo valore giornaliero è stato registrato nel periodo estivo ed è pari a 4 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), che corrisponde al 3,2 % circa del limite giornaliero per la protezione della salute (125 µg/m³). Il valore massimo orario si è registrato sempre nel periodo estivo ed è pari a 6 µg/m³, quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. Dai dati riportati in Figura 18 e Tabella 12 si osserva il non superamento dei limiti previsti dalla normativa.

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 12: Parametro: Biossido di Zolfo (microgrammi/ metro cubo)

SO₂	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	2	3
Massima media giornaliera	3	4
Media delle medie giornaliere	2	3
Giorni validi	22	24
Percentuale giorni validi	69%	77%
Media dei valori orari	2	3
Massima media oraria	4	6
Ore valide	606	630
Percentuale ore valide	79%	85%
<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 18: SO₂ confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

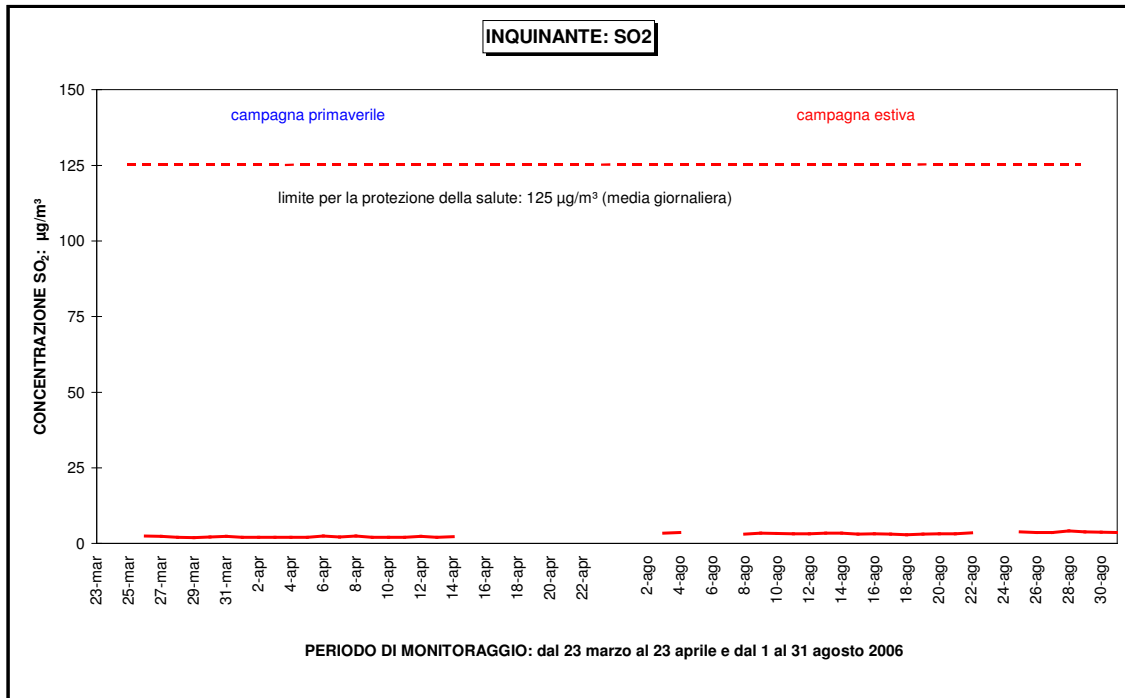
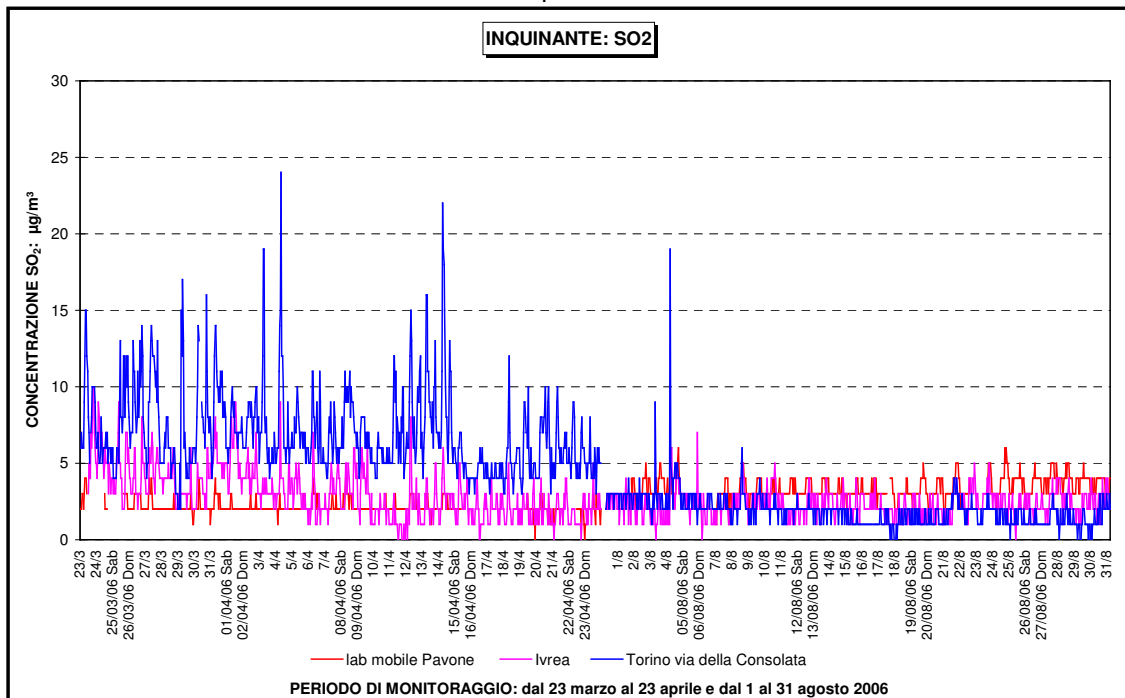


Figura 19: SO₂ andamento medie orarie e confronto con i dati delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria di Ivrea e Torino in via della Consolata.



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 le campagne di monitoraggio nel comune di Pavone C.se non si sono osservate criticità per questo parametro Tabella 13 e Figura 21, infatti 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 $2,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ durante il periodo estivo, mentre nel periodo primaverile è stato di $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$. Come riportato in Figura 20 nel periodo primaverile le concentrazioni di monossido di carbonio sono più elevate rispetto ai dati misurati nel monitoraggio estivo, aumento riscontrato in tutte le centraline di rilevamento della rete fissa della Regione Piemonte.

Il confronto del giorno medio di CO in entrambe le campagne di monitoraggio con il giorno medio dei dati rilevati nelle centraline di monitoraggio della Q.A. site in Ivrea e Torino in via della Consolata mostra che i valori di monossido di carbonio in Pavone in entrambe le campagne sono inferiori a Torino via della Consolata e simili ad Ivrea, vedi Figura 23 e Figura 24.

Il confronto delle medie orarie di CO con i dati di traffico veicolare mostra che nei giorni festivi le concentrazioni orarie di CO sono simili ai giorni feriali, in accordo con i flussi di traffico veicolare che non hanno variazioni quantitativamente significative nei giorni festivi rispetto ai feriali (Figura 22); invece per quanto riguarda il confronto del giorno medio di CO con il giorno medio del traffico veicolare delle due campagne (Figura 25 e Figura 26) non vi è un andamento sovrapponibile dei due parametri: il perché è spiegato dal fatto

che il lettore di traffico è stato tarato per i veicoli pesanti con una lunghezza di 9 metri, pertanto il lettore riconosce come veicoli leggeri anche camion che misurano 6, 7 e 8 metri, il cui motore ha un indice emissivo di CO, Benzene, SO₂ e PM10 molto diverso dai veicoli con motore a benzina che costituiscono la maggioranza dei veicoli leggeri, per questo motivo si sono avuti andamenti del giorno medio per il benzene, toluene, SO₂ e CO non sovrapponibili con il giorno medio da traffico veicolare leggero e pesante.

Tabella 13: Parametro: Monossido di Carbonio (milligrammi/ metro cubo)

CO	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	0.3	0.2
Massima media giornaliera	1.2	0.8
Media delle medie giornaliere	0.6	0.4
Giorni validi	26	23
Percentuale giorni validi	81%	74%
Massima media oraria	1.8	2.6
Ore valide	646	590
Percentuale ore valide	84%	79%
Minimo delle medie 8 ore	0.2	0.1
Media delle medie 8 ore	0.6	0.4
Massimo delle medie 8 ore	1.3	1.1
Percentuale medie 8 ore valide	83%	78%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0	0

Figura 20: CO andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino-via della Consolata e Ivrea

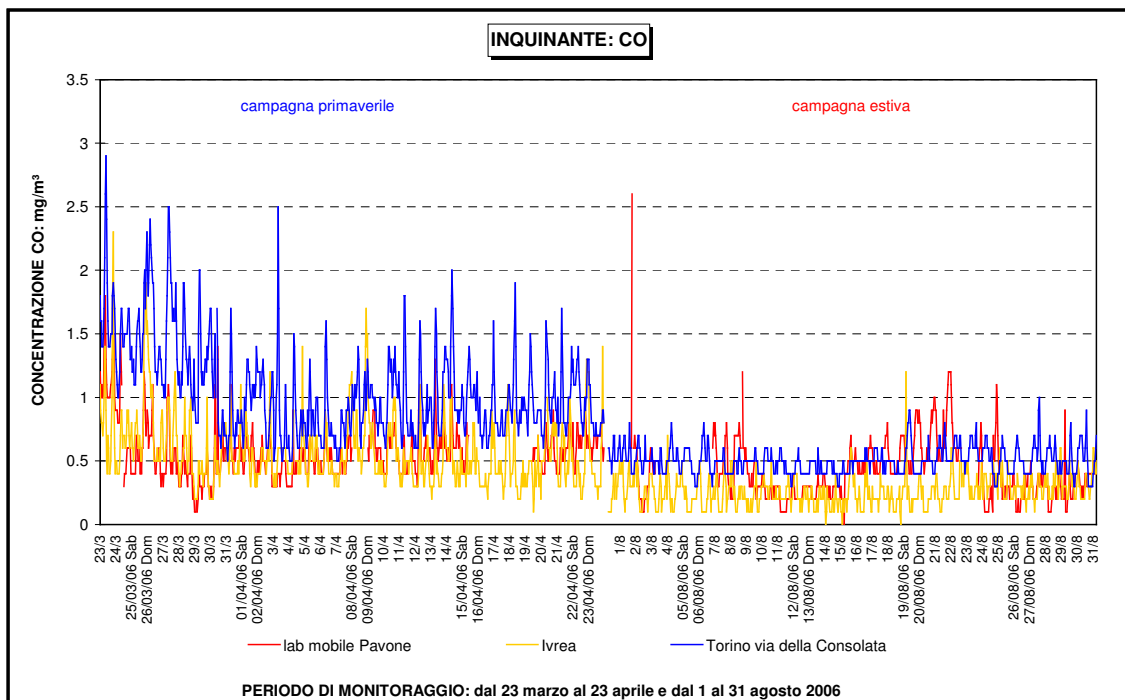


Figura 21: CO Confronto con il limite di legge (media trascinata su 8 ore)

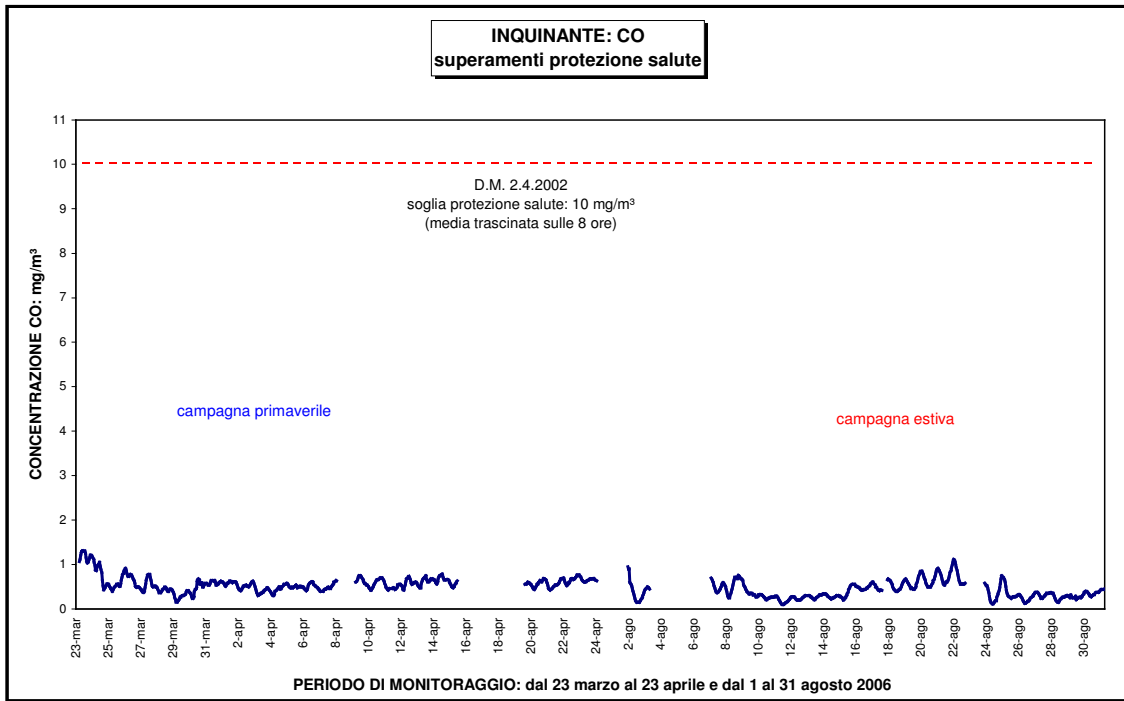


Figura 22: confronto medie orarie di CO con medie orarie di traffico veicolare.

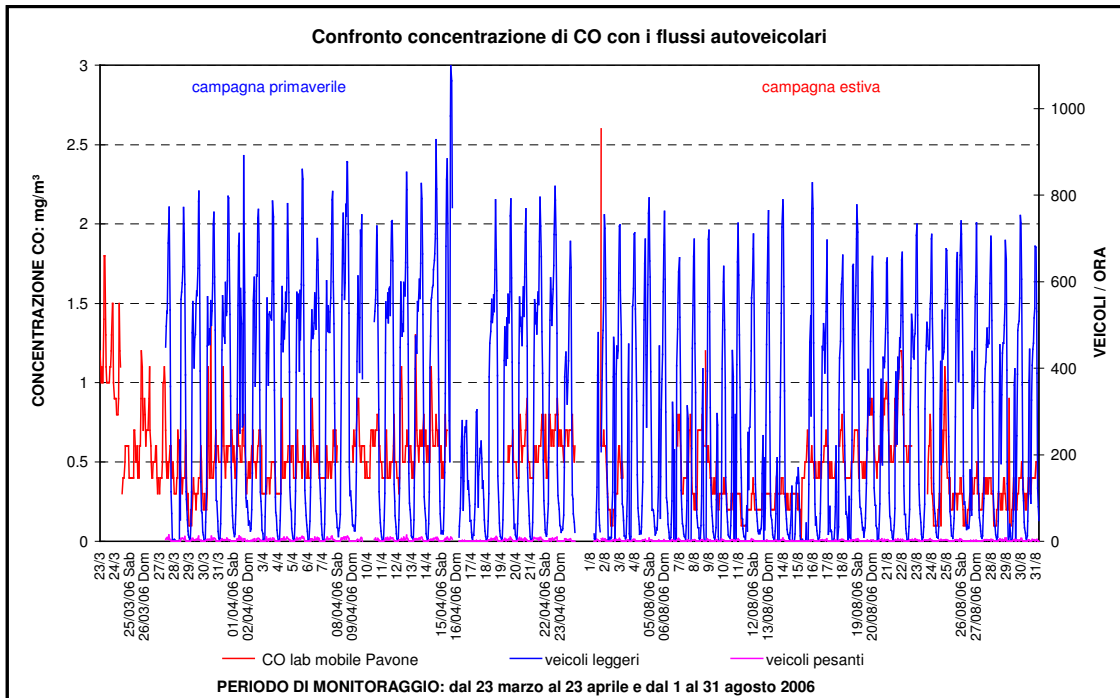


Figura 23: CO andamento giorno medio campagna primaverile

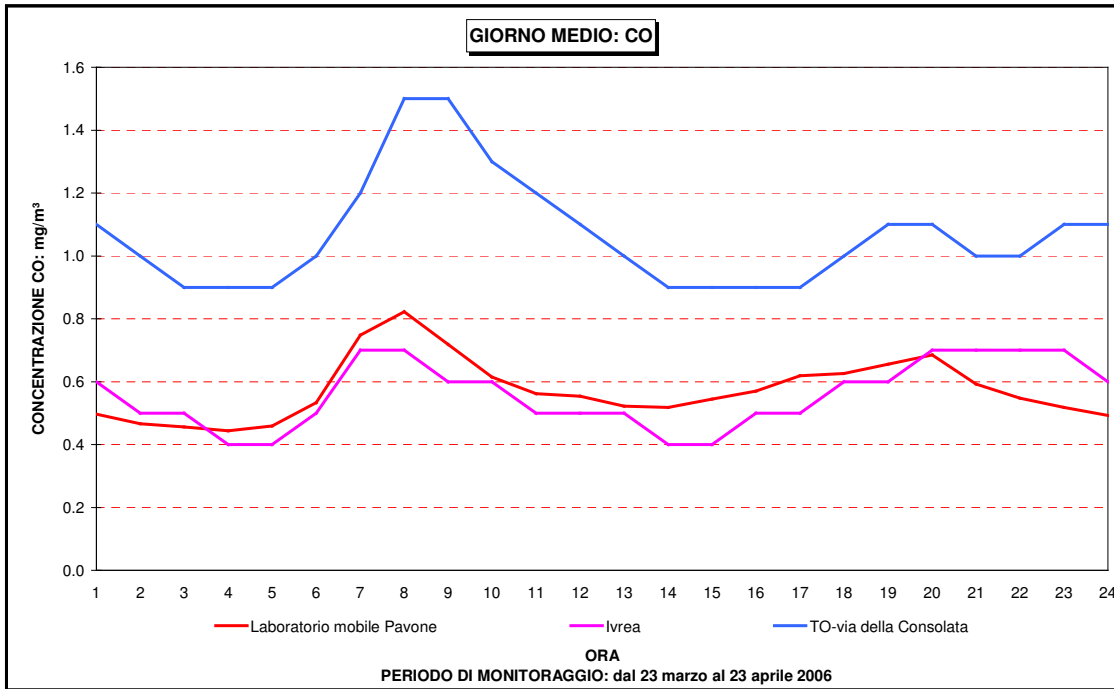


Figura 24: CO andamento giorno medio campagna estiva

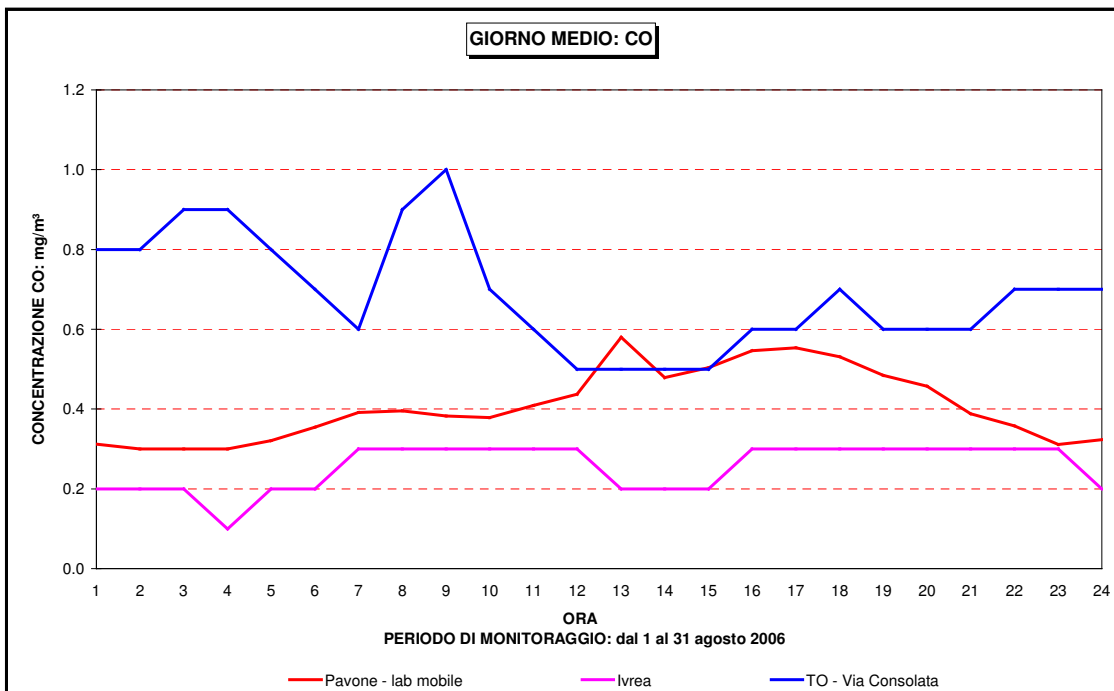


Figura 25: CO Confronto giorno medio campagna primaveraile con giorno medio dati di traffico veicolare

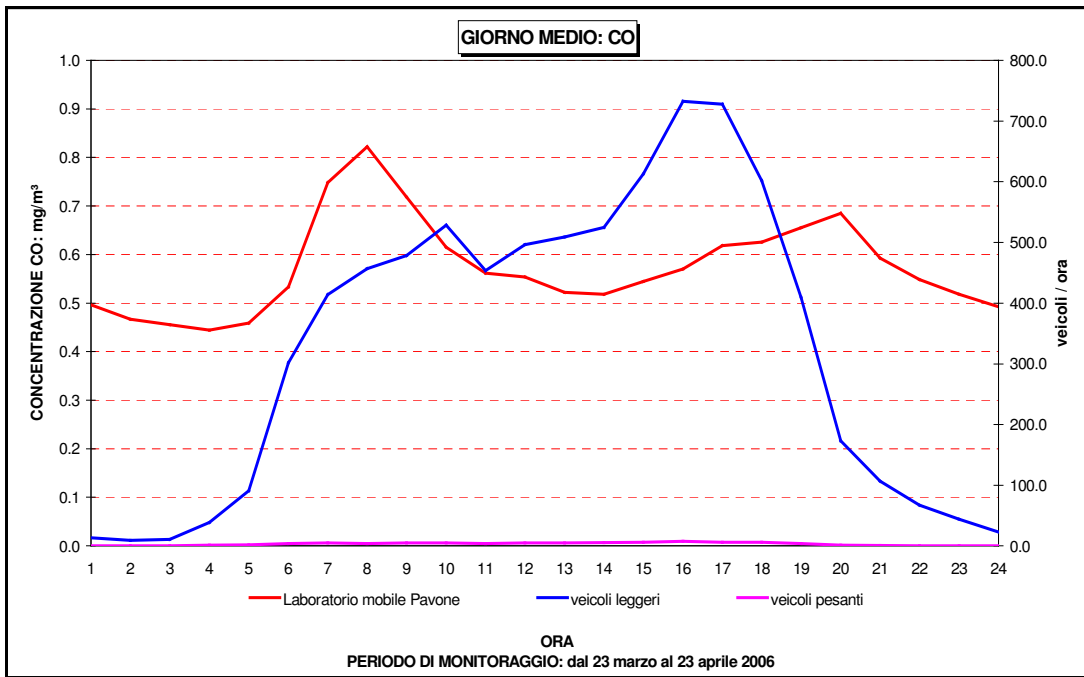
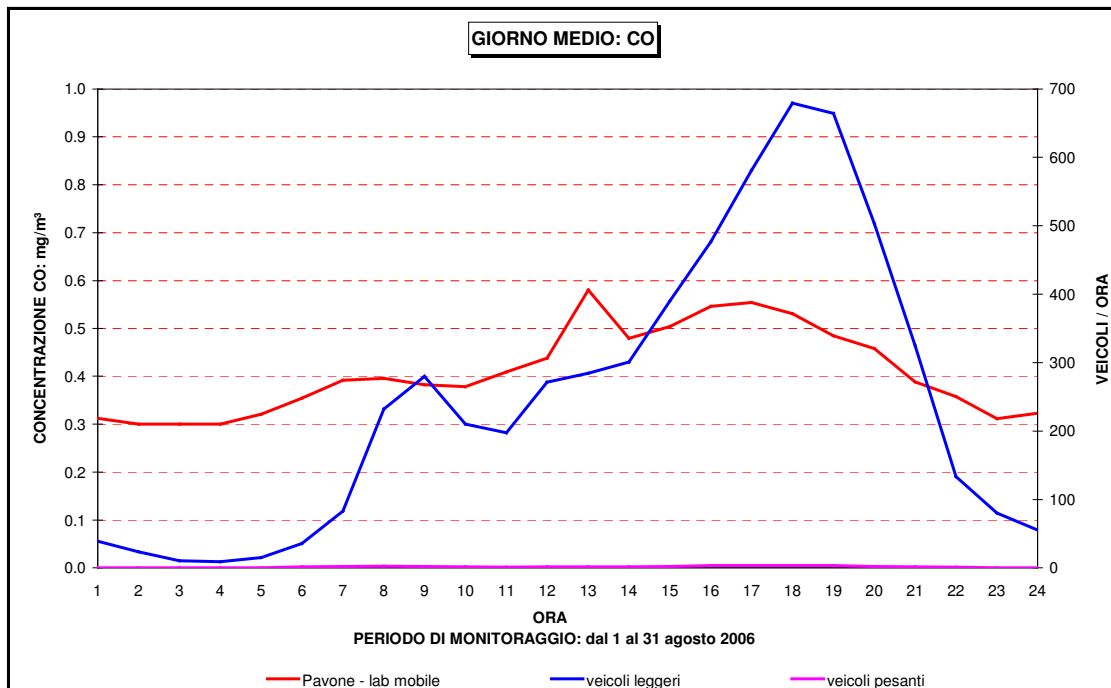


Figura 26: CO Confronto giorno medio campagna estiva con giorno medio dati di traffico veicolare



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 15](#) e [Figura 27](#) si osserva che nel comune di Pavone C.se, per il biossido di azoto, non si sono osservati superamenti dei limiti orari durante le due campagne di monitoraggio.

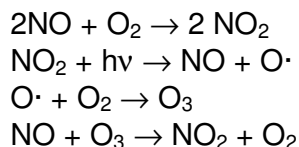
Il valore massimo orario, pari a $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato registrato durante il monitoraggio primaverile ed in questo periodo si sono registrati valori medi più elevati rispetto al periodo estivo, ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In [Tabella 16](#) e in [Figura 37](#) sono messi a confronto valori medi di NO e NO₂ rilevati nella provincia di Torino durante le due campagne di monitoraggio e i valori medi anno 2005 dal confronto emerge come in Pavone C.se l'inquinante NO₂ non desta alcuna preoccupazione.

Il confronto del giorno medio del flusso veicolare con il giorno medio degli inquinanti NO₂, NO e O₃ visualizzato nei grafici in [Figura 31](#) e [Figura 32](#) mostra una non sovrapposizione dei giorni medi del traffico veicolare con NO e NO₂ nelle ore pomeridiane ma ad una attenta osservazione si possono fare le considerazioni che seguono.

Dalla [Figura 31](#) e [Figura 32](#) si osserva che nei due periodi durante le ore mattutine le concentrazioni di NO e NO₂ aumentano in concomitanza con il traffico veicolare, mentre nelle ore pomeridiane, caratterizzate da intenso irraggiamento solare ed elevate temperature, l'NO e NO₂ emessi dai motori degli autoveicoli partecipano alla formazione di O₃, per cui in queste ore si hanno i valori minimi di NO e NO₂ ed i massimi di ozono.

Questo fenomeno è spiegato dalle reazioni che avvengono coinvolgendo NO e de NO₂ nella formazione dell'ozono in presenza di radiazione elettromagnetica (hv):



Durante la campagna primaverile il n° di passaggi veicolari è più elevato che nella campagna estiva particolarmente nelle ore mattutine infatti dalla [Figura 31](#) e dalla [Figura 32](#) alle ore 8, durante la campagna primaverile, il n° di passaggi autoveicolare risulta essere di circa 470 veicoli/ora; nella stessa ora si hanno valori di NO₂ ed NO rispettivamente di 61 e $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, durante la campagna estiva invece il n° di veicoli /ora alle ore 8.00 è di circa 200 con concentrazioni di NO₂ ed NO rispettivamente di 20 e $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il monossido di azoto non è considerato significativo dalla normativa per quanto riguarda la salute umana, ma viene misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono. In Pavone C.se la concentrazione media dei due periodi di monitoraggio è simile al valore medio registrato nelle stazioni della provincia di Torino, vedi Tabella 16. In Figura 34 e Figura 35 sono rappresentati l'andamento del giorno medio in Pavone C.se durante i due periodi di monitoraggio confrontati con quello delle stazioni ubicate in Torino via della Consolata, Druento "La Mandria" e Ivrea. Dai grafici è evidente che in Pavone C.se la concentrazione dell'inquinante NO risulta essere inferiore alle concentrazioni di via della Consolata in Torino e simili alle concentrazioni riscontrate in Ivrea. Il valore medio delle due campagne per l' NO è di $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il valore medio registrato in provincia di Torino ad esclusione delle centraline site in Torino è di $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 14 Parametro: Monossido di Azoto (microgrammi/ metro cubo)

NO	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	4	3
Massima media giornaliera	47	74
Media delle medie giornaliere	18	13
Giorni validi	27	21
Percentuale giorni validi	84%	68%
Media dei valori orari	18	13
Massima media oraria	203	180
Ore valide	670	563
Percentuale ore valide	87%	76%

Tabella 15 Parametro: Biossido di Azoto (microgrammi/ metro cubo)

NO₂	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	15	3
Massima media giornaliera	56	35
Media delle medie giornaliere	37	22
Giorni validi	27	21
Percentuale giorni validi	84%	68%
Media dei valori orari	36	22
Massima media oraria	105	94
Ore valide	670	567
Percentuale ore valide	87%	76%
<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 27: 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 Ivrea.

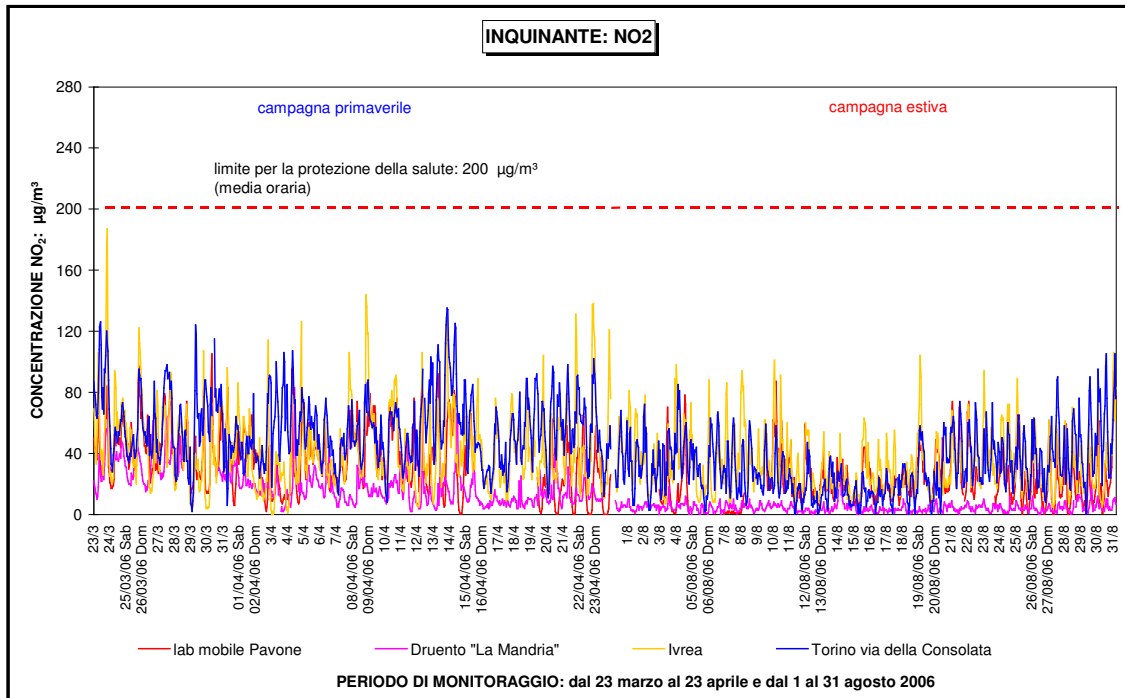


Figura 28: NO₂ andamento giorno medio campagna primaverile, confronto con i dati i alcune stazioni di rilevamento della qualità dell'aria.

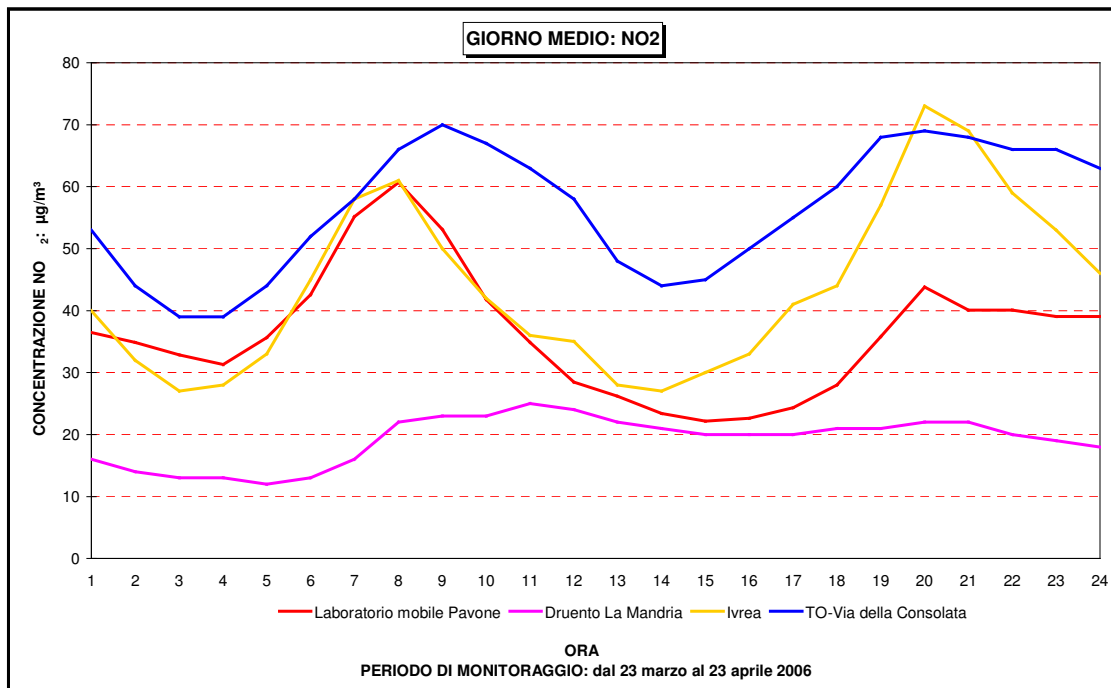


Figura 29: NO₂ andamento giorno medio campagna estiva.

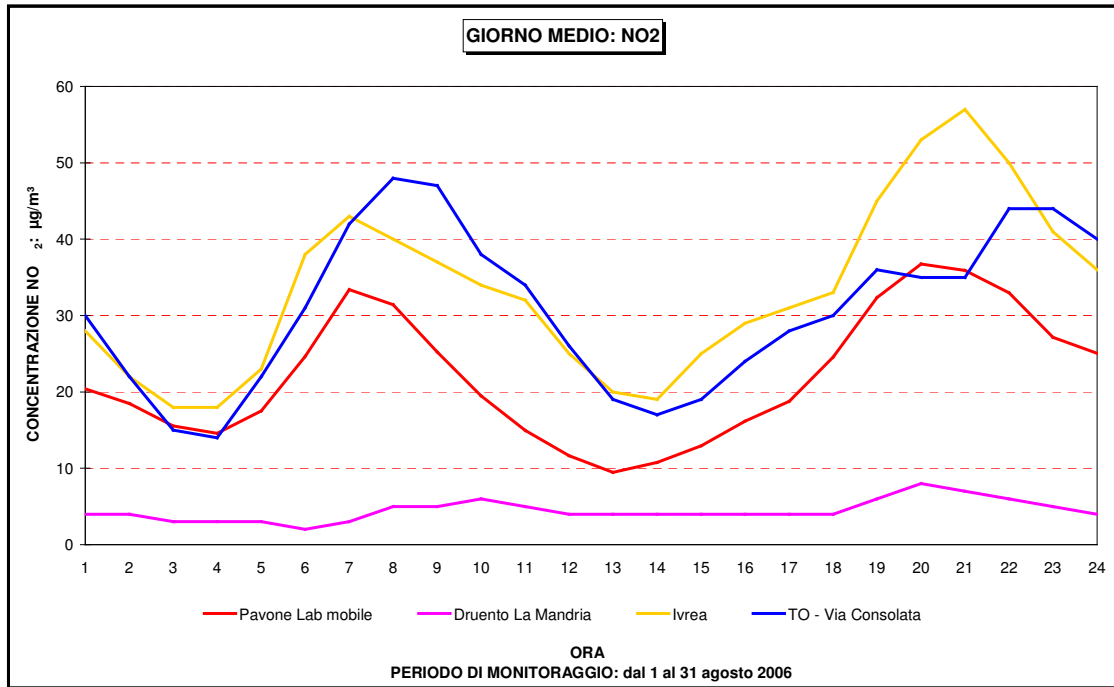


Figura 30: NO₂ - traffico veicolare confronto medie orarie

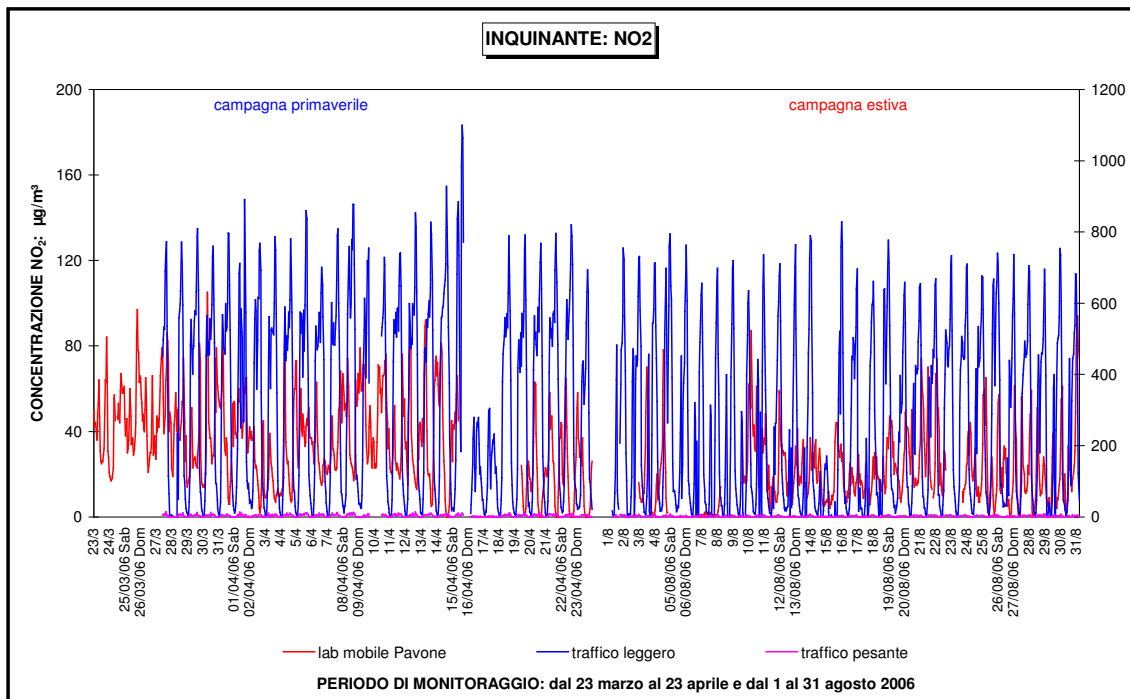


Figura 31: NO₂ - NO - O₃- traffico veicolare confronto giorno medio campagna primaverile

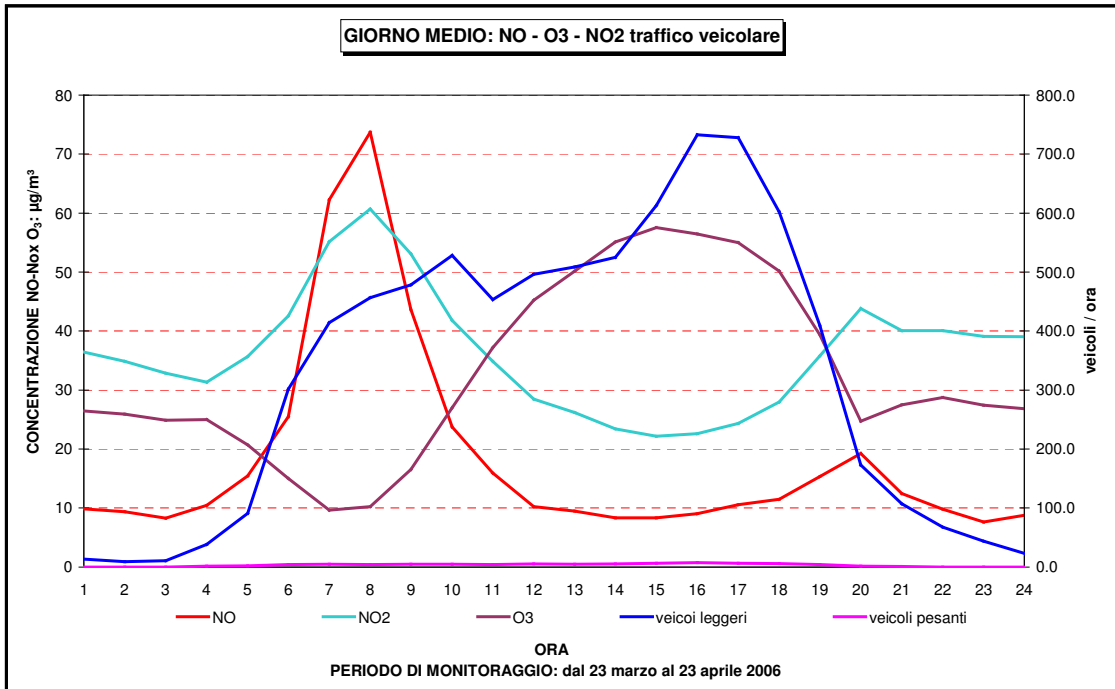


Figura 32: NO₂ -NO O₃ - traffico veicolare confronto giorno medio campagna estiva

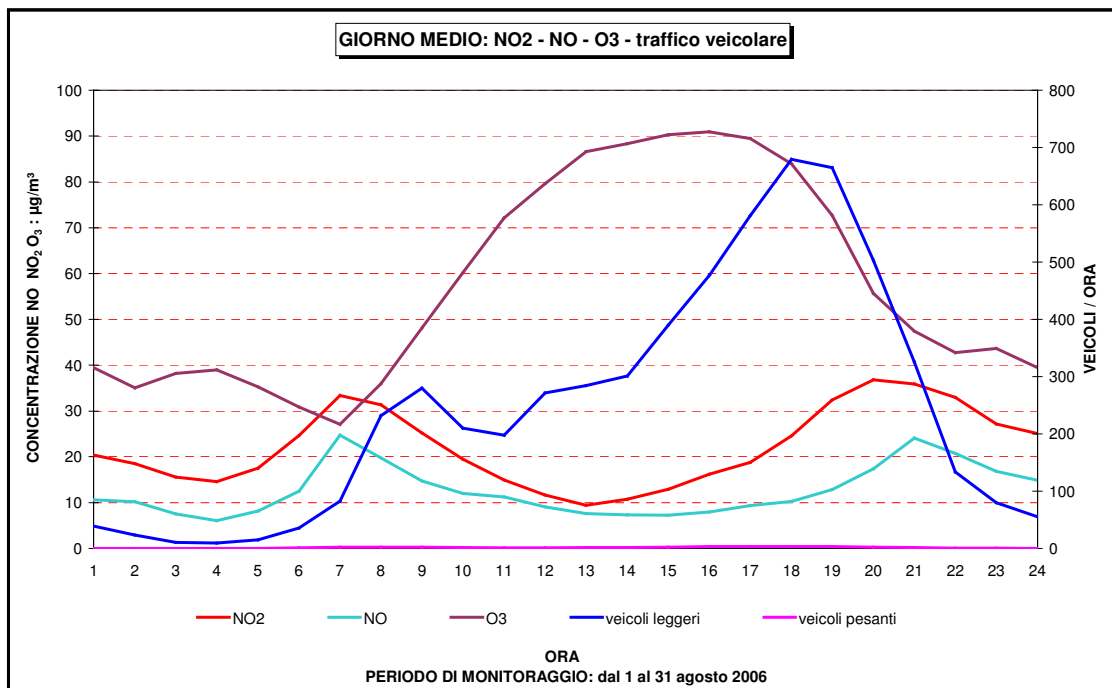


Figura 33: NO andamento orario, confronto con i dati delle centraline di Torino-via della Consolata, Druento "La Mandria" e Ivrea.

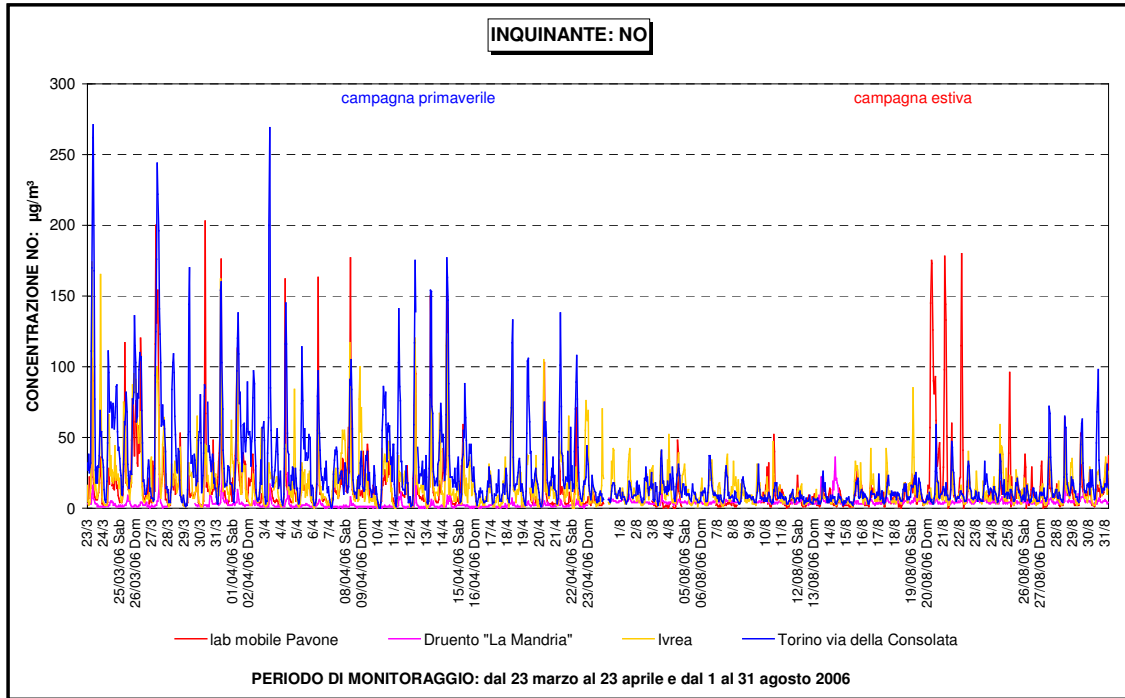


Figura 34: NO andamento giorno medio campagna primaverile, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata e Ivrea.

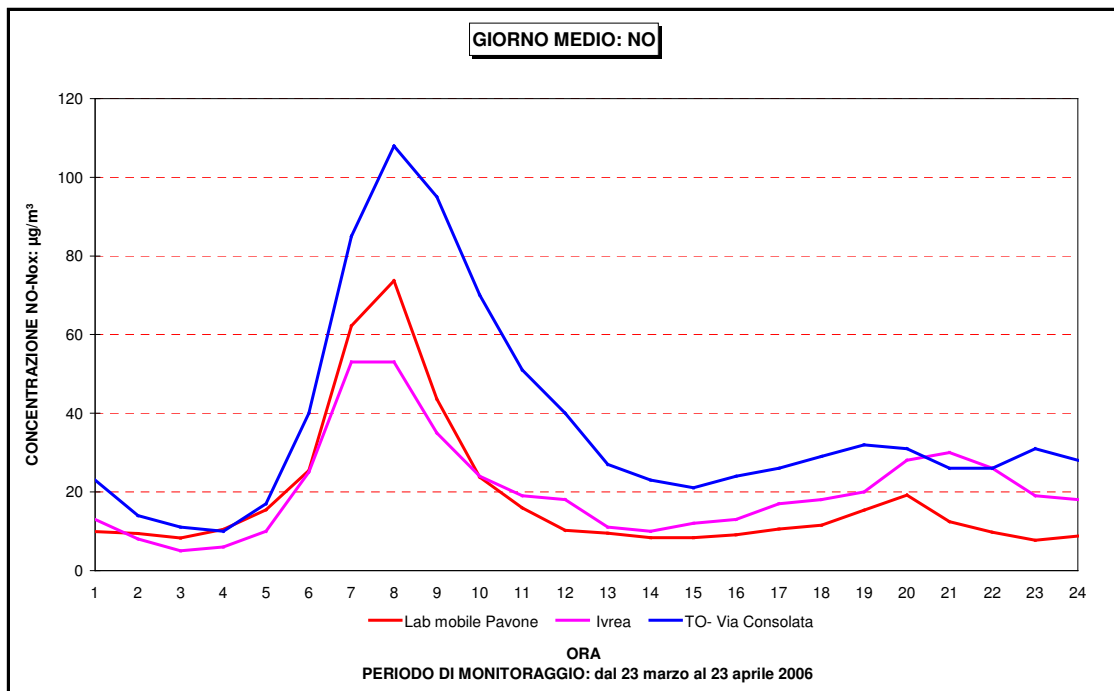


Figura 35: NO giorno medio campagna estiva, confronto con i dati registrati in Torino-via della Consolata, Druento “La Mandria” e Ivrea.

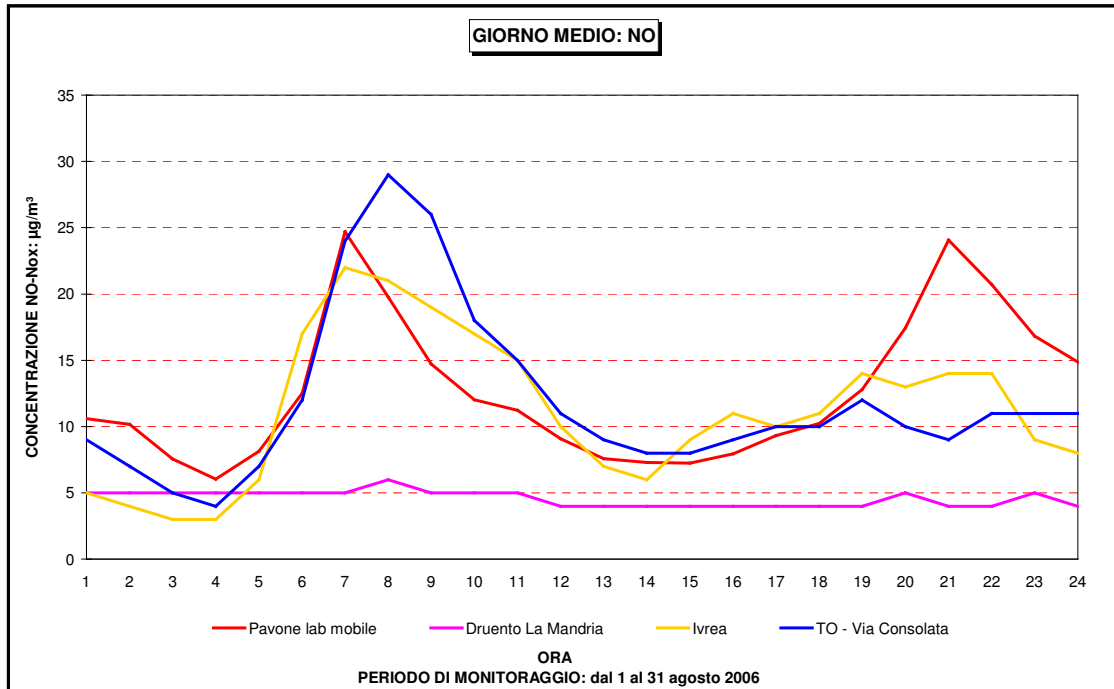


Figura 36: NO – traffico veicolare confronto medie orarie

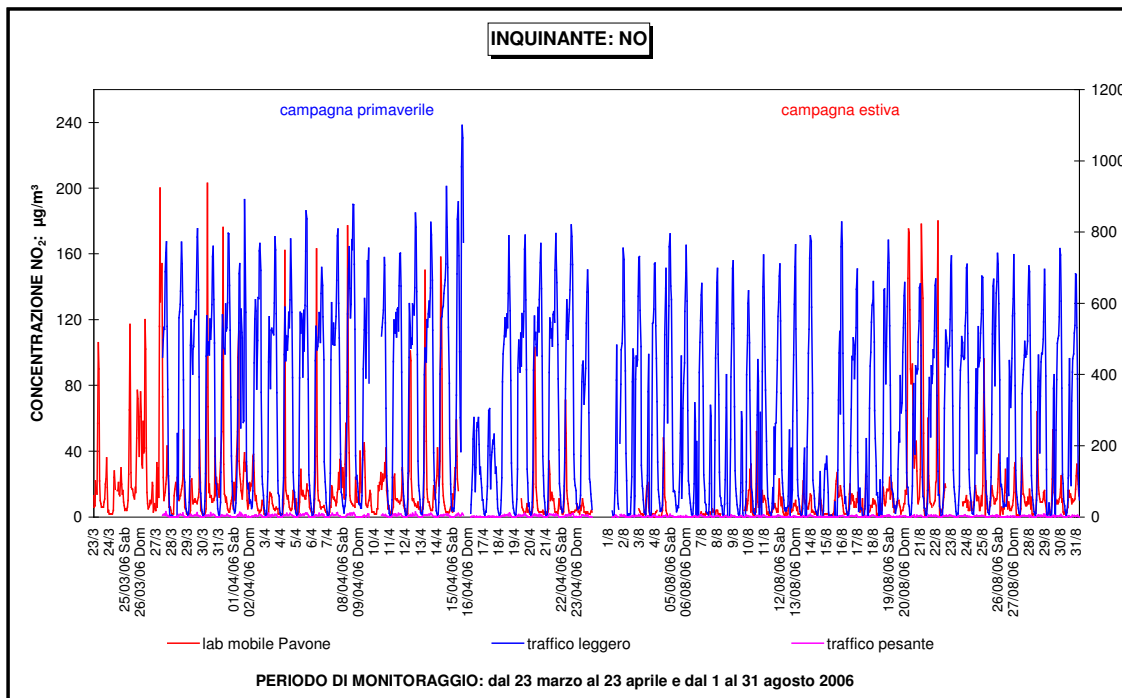
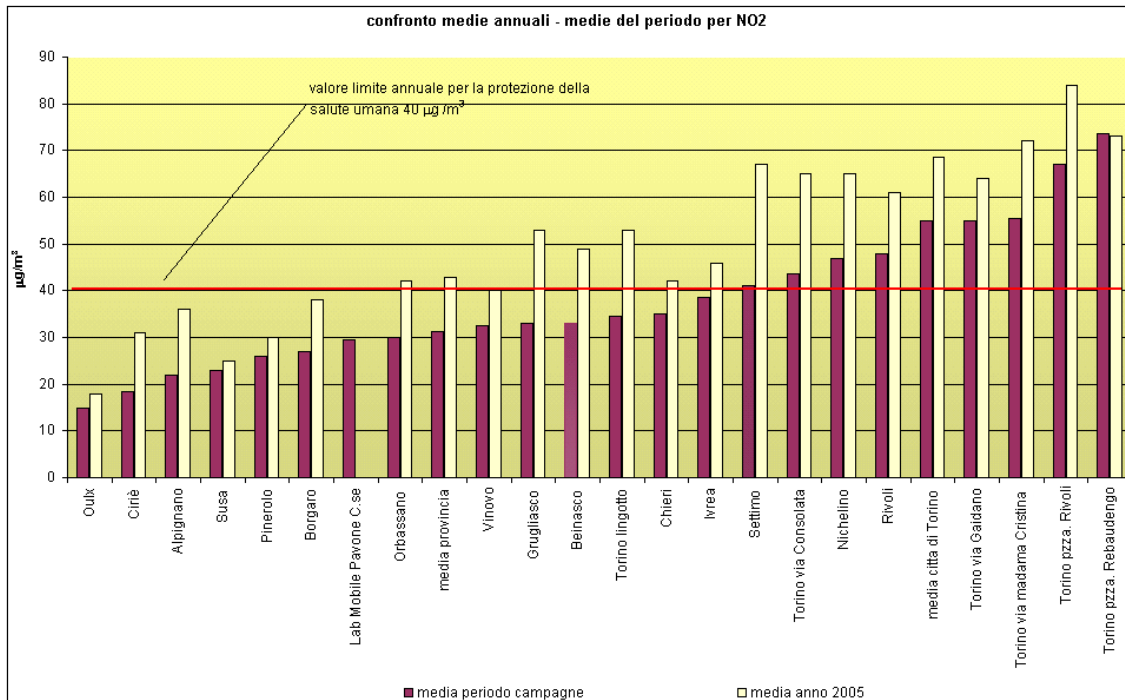


Tabella 16: valori medi di NO e NO₂ rilevati nella provincia di Torino durante le due campagne di monitoraggio e valori medi anno 2005

	Annuale 2005		23/03/06 - 23/04/06		1/08/06 - 31/08/06		media periodo campagne	
	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)
Oulx	6	18	6	18	7	12	7	15
Ciriè	14	31	6	24	4	13	5	19
Alpignano	15	36	5	31	1	13	3	22
Susa	10	25	4	35	7	11	6	23
Pinerolo	14	30	12	31	6	21	9	26
Borgaro	20	38	8	37	3	17	6	27
Lab Mobile Pavone C.se			18	37	13	22	16	30
Orbassano	27	42	12	38	5	22	9	30
media provincia	34	43	17	40	7	22	12	31
Vinovo	30	40	10	42	3	23	7	33
Grugliasco	43	53	18	45	4	21	11	33
Beinasco	41	49	18	43	6	23	12	33
Torino lingotto	41	53	16	42	5	27	11	35
Chieri	38	42	26	45	11	25	19	35
Ivrea	41	46	20	44	11	33	16	39
Settimo	69	67	29	53	8	29	19	41
Torino via Consolata	63	65	37	56	12	31	25	44
Nichelino	94	65	43	61	12	33	28	47
Rivoli	48	61	29	62	8	34	19	48
media città di Torino	62	69	32	68	19	42	25	55
Torino via Gaidano	59	64	32	76	26	34	29	55
Torino via madama Cristina	50	72	25	68	31	43	28	56
Torino p.zza Rivoli	87	84	33	79	15	55	24	67
Torino p.zza Rebaudengo	74	73	49	84	24	63	37	74

Figura 37: Concentrazioni medie annuali e media periodo (27/04/2005 - 25/05/2005) e (22/12/2005 - 25/01/2006) di NO₂ nella provincia di Torino.

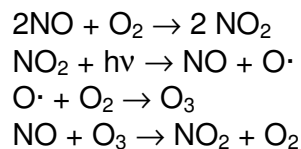


Ozono

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 31](#) e [Figura 32](#) e dagli andamenti orari riuniti per entrambi gli inquinanti ([Figura 40](#)). Nel periodo invernale si hanno le concentrazioni maggiori di NO e NO₂ e concentrazioni di ozono

minime, viceversa nel periodo estivo le concentrazioni di NO e NO₂ diminuiscono e aumentano i valori di ozono. Nel periodo primaverile 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.

In [Figura 39](#) sono riportati gli andamenti orari dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale e in [Figura 38](#) rispetto alla temperatura.

Durante il periodo primaverile nel comune di Pavone C.se non si sono verificati superamenti del livello per la protezione della salute (120 µg/m³ come media su otto ore), mentre nel periodo estivo ci sono stati 3 superamenti verificatisi nella giornata del 9 agosto su 23 giorni di campionamento validi ([Tabella 17](#) e [Figura 43](#)).

Questo parametro si mostra problematico, visto che la normativa attualmente in vigore (D.Lgs 21 maggio 2004 n. 183) prevede che entro il 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni; tuttavia dalla [Figura 41](#) e dalla [Tabella 18](#) si evince che si tratta di una criticità estesa a tutto il territorio provinciale e che le stazioni più periferiche quali Druento, Orbassano e Alpignano sono caratterizzate da concentrazioni e superamenti ancora maggiori. Infatti, nei siti più periferici e remoti, sono più probabili fenomeni di accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle metropoli vicine; nella stazione di Pino Torinese, oltre ai fenomeni sopra descritti, concorre alla percentuale di superamenti del limite anche l'altitudine della stazione di rilevamento.

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.

Tabella 17: Parametro Ozono (microgrammi/ metro cubo)

Parametro: Ozono (O3)	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	7	28
Massima media giornaliera	63	96
Media delle medie giornaliere	33	57
Giorni validi	27	23
Percentuale giorni validi	84%	74%
Massima media oraria	104	130
Ore valide	670	574
Percentuale ore valide	87%	77%
Minimo delle medie 8 ore	1	9
Media delle medie 8 ore	33	58
Massimo delle medie 8 ore	89	123
Percentuale medie 8 ore valide	86%	75%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	0	3
Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	0	1
Numero di superamenti livello informazione (180)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (240)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (240)	0	0

Figura 38: Andamento orario dell'ozono rispetto alla temperatura dell'aria nelle due campagne di monitoraggio

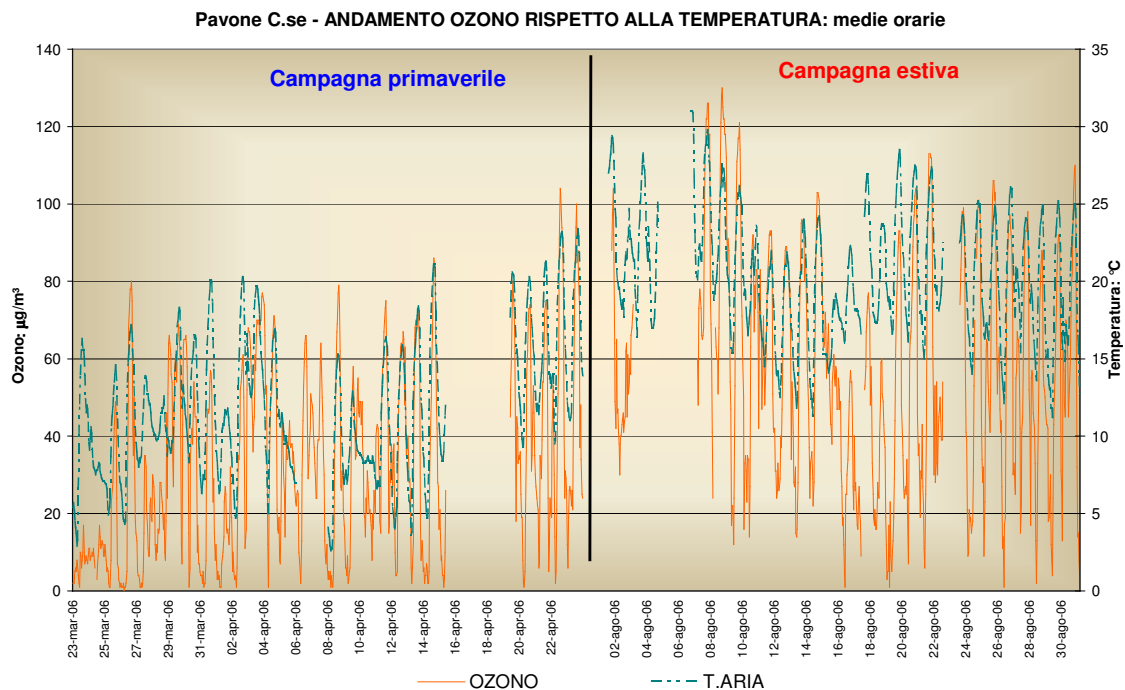


Figura 39: Andamento orario dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale nelle due campagne di monitoraggio

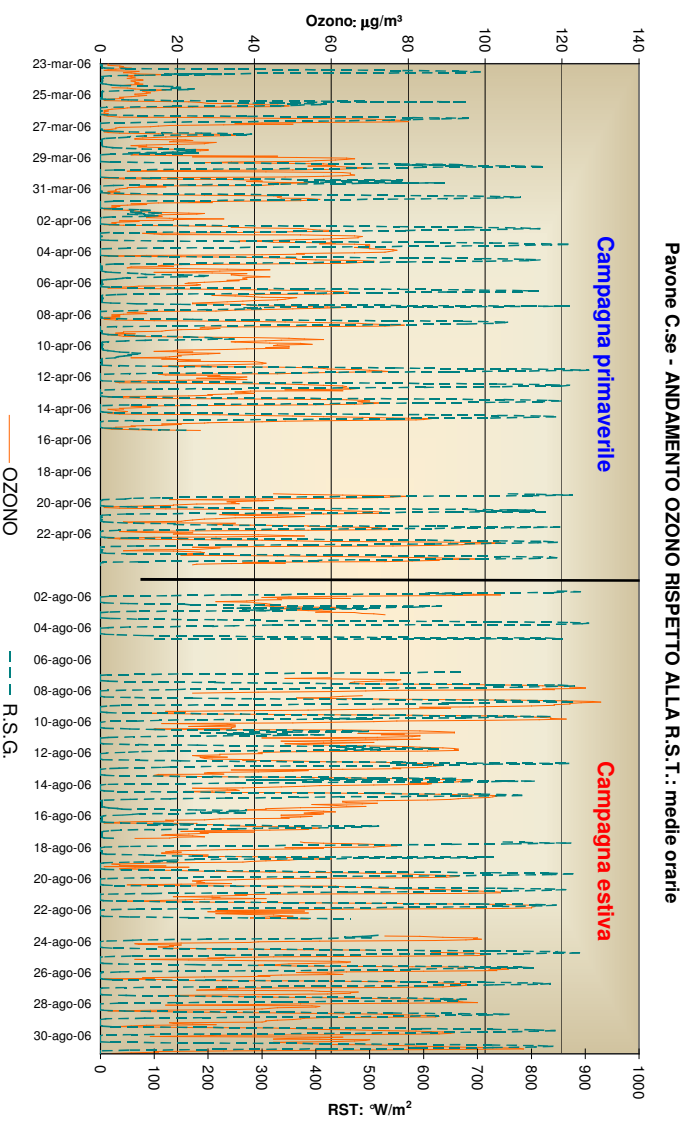


Figura 40: Andamento orario di ozono ed NO₂ nelle due campagne di monitoraggio

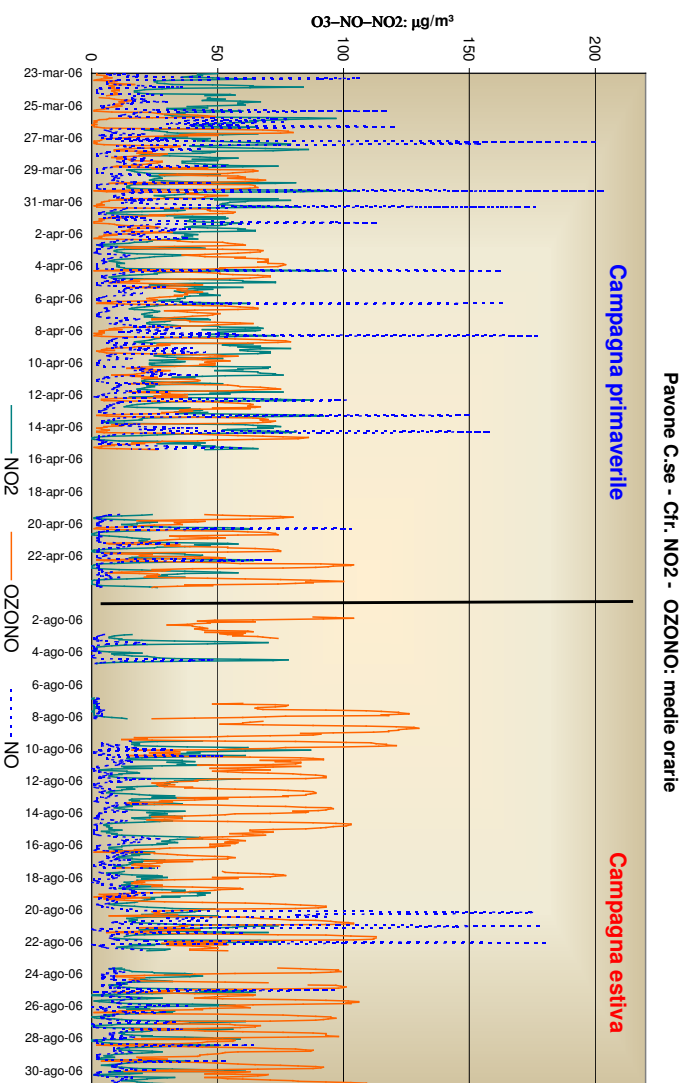


Figura 41: O₃ numero di superamenti del limite per la protezione della salute nella provincia di Torino nel corso delle due campagne di monitoraggio

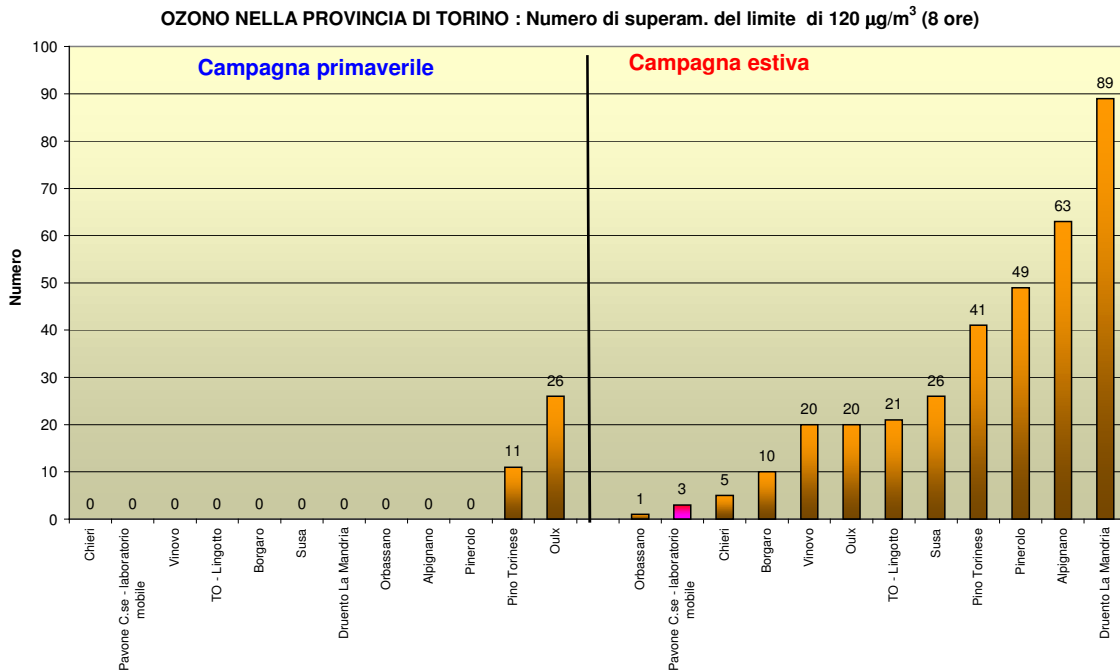


Figura 42: O₃ (medie orarie) confronto con i limiti di legge, livello di informazione, livello di allarme e con i dati della centralina di Druento “La Mandria”

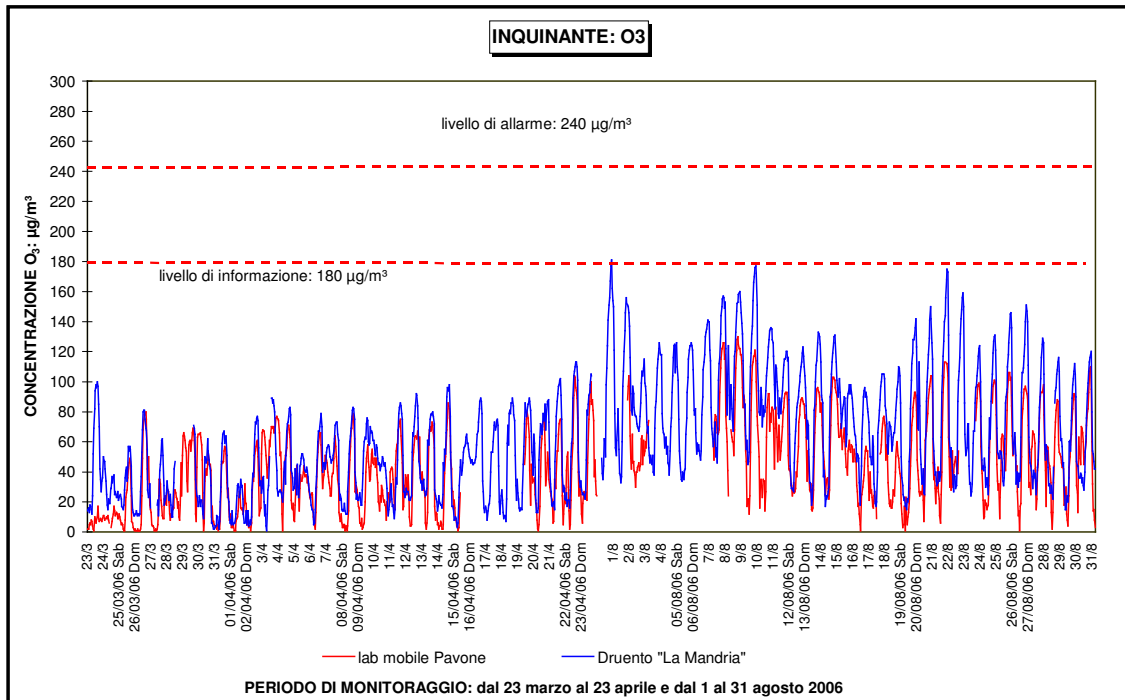


Figura 43: O₃ confronto con il livello di protezione salute umana (media trascinata sulle 8 ore)

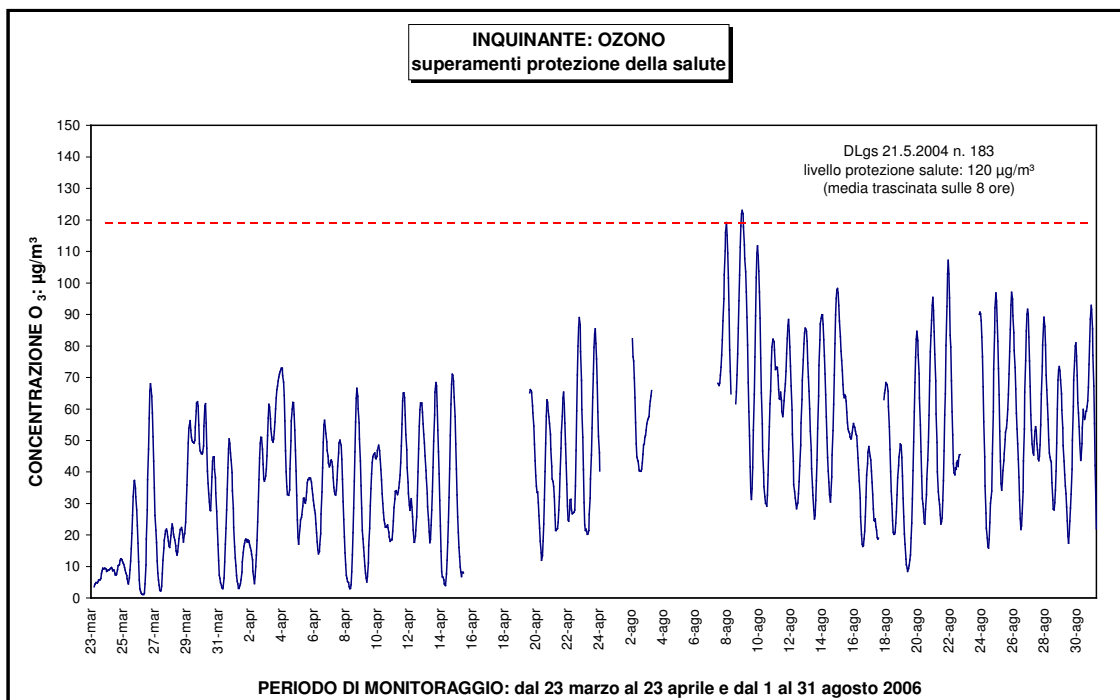


Tabella 18: Ozono n° di superamenti delle medie di otto ore, confronto medie delle campagne e medie annuali 2005 su tutto il territorio provinciale

	I° campagna (primaverile)		II° campagna (estiva)		I° e II° campagna		anno 2005	
	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)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero superamenti di 120 µg/m ³ (media su 8 ore)
Pavone C.se - laboratorio mobile	33	0	57	3	45	3		
TO - Lingotto	37	0	69	21	53	21	42	438
Vinovo	47	21	66	20	57	41	40	251
Borgaro	48	0	66	10	57	10	44	269
Chieri	50	0	67	5	59	5	45	263
Orbassano	52	0	66	1	59	1	49	447
Druento La Mandria	43	0	82	89	63	89	55	470
Alpignano	47	0	80	63	64	63	46	300
Pinerolo	55	0	83	49	69	49	59	372
Susa	62	0	78	26	70	26	55	280
Oulx	76	26	81	20	79	46		
Pino Torinese	82	11	89	41	86	52	77	1016

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 questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

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

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 2006 un valore limite annuale di $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed entro il 2010 tale limite deve raggiungere il valore di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche se la normativa prevede il calcolo su un monitoraggio annuale, si può affermare che tale limite nel comune di Pavone C.se è rispettato; infatti dalla Tabella 19 sia la concentrazione media rilevata durante le due campagne (63 giorni) che il valore medio del periodo primaverile (più critico del periodo estivo per il benzene) risultano nettamente inferiori anche del valore limite che entrerà in vigore nel 2010

Per il toluene i valori risultano ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS con una massima media giornaliera di $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato nel periodo primaverile.

Dal confronto con i grafici del giorno medio del benzene periodo primaverile e invernale (Figura 46 e Figura 47) e del toluene (Figura 50 e Figura 51), dall'andamento orario dei due periodi (Figura 44) per il benzene e per il toluene (Figura 45) si deduce che in analogia con gli altri inquinanti da traffico veicolare nel periodo primaverile si sono misurati valori più elevati della campagna estiva e che le concentrazioni di benzene e toluene in Pavone C.se sono inferiori a quelle misurate in Torino via della Consolata e simili a quelli misurate in Rivoli. Il confronto del giorno medio di benzene e toluene con il giorno medio del traffico veicolare di tutte e due le campagne (Figura 48, Figura 49, Figura 52 e Figura 53) non mostrano un andamento sovrapponibile; i motivi di questo sono gli stessi espressi nei capitoli sul traffico veicolare e monossido di carbonio.

Tabella 19 Parametro: Benzene (microgrammi/ metro cubo)

Benzene	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	0.7	1.3
Massima media giornaliera	5	2.1
Media delle medie giornaliere	2	1.6
Giorni validi	27	24
Percentuale giorni validi	84%	77%
Media dei valori orari	2	1.6
Massima media oraria	8.7	4.5
Ore valide	670	625
Percentuale ore valide	87%	84%

Tabella 20 Parametro: Toluene (microgrammi/ metro cubo)

Toluene	Pri.	IEst
Minima media giornaliera	2.3	3.5
Massima media giornaliera	14.1	6.1
Media delle medie giornaliere	5.9	4.5
Giorni validi	27	17
Percentuale giorni validi	84%	55%
Media dei valori orari	5.8	4.5
Massima media oraria	27.6	12.5
Ore valide	670	456
Percentuale ore valide	87%	61%

Figura 44: Medie orarie di Benzene rilevate nelle due campagne di monitoraggio

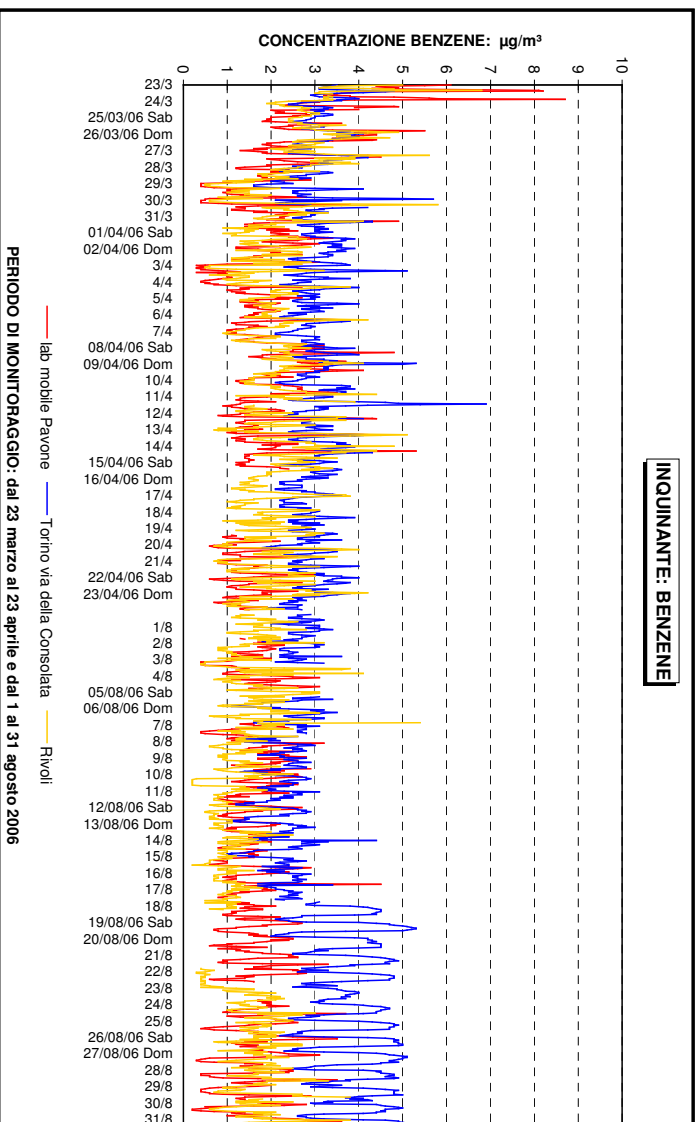


Figura 45: Medie orarie di Toluene rilevate nelle due campagne di monitoraggio

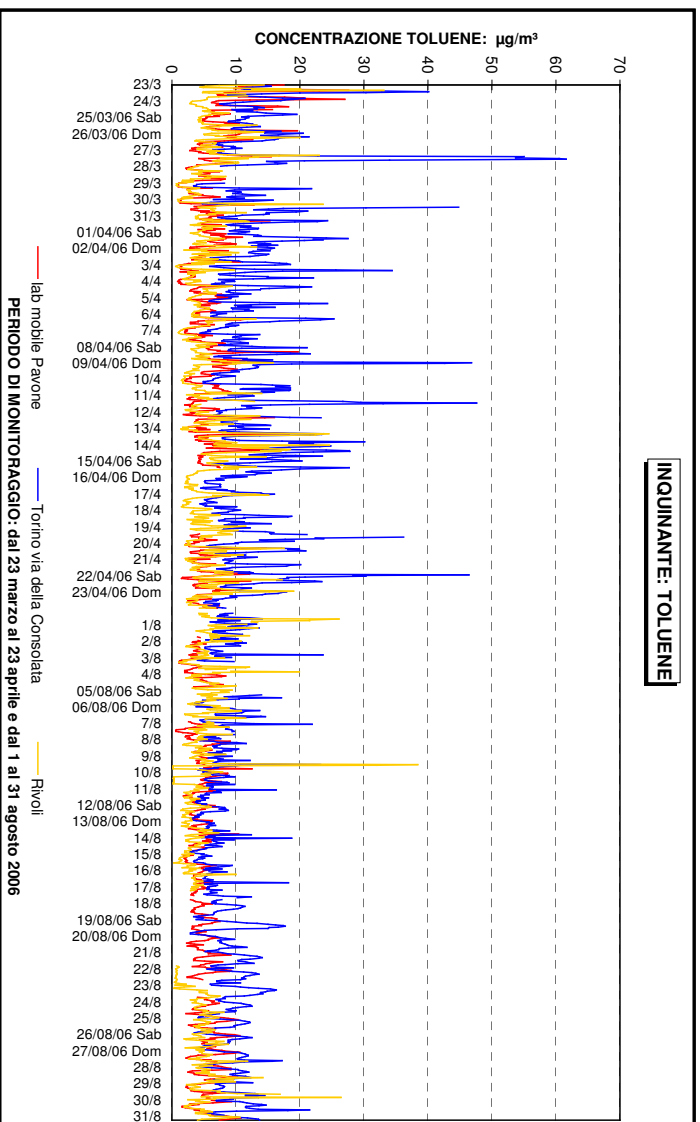


Figura 46: Benzene andamento giorno medio campagna primaverile confronto con i dati di Torino via della Consolata e Rivoli

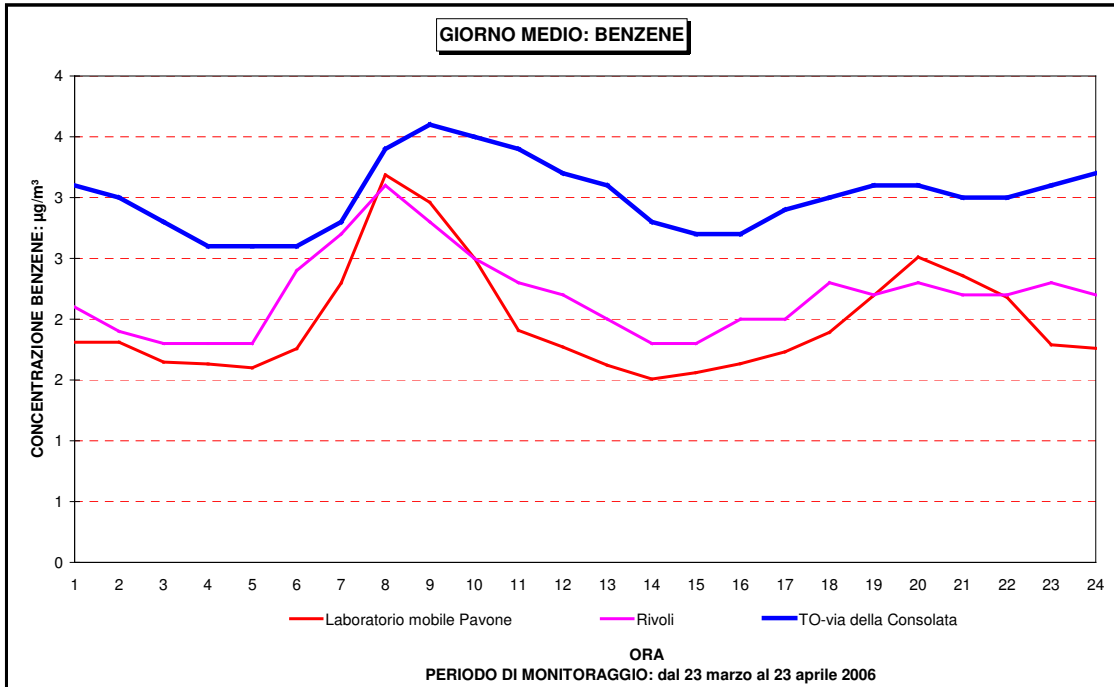


Figura 47: Benzene andamento giorno medio periodo invernale confronto con i dati di Torino via della Consolata e Rivoli

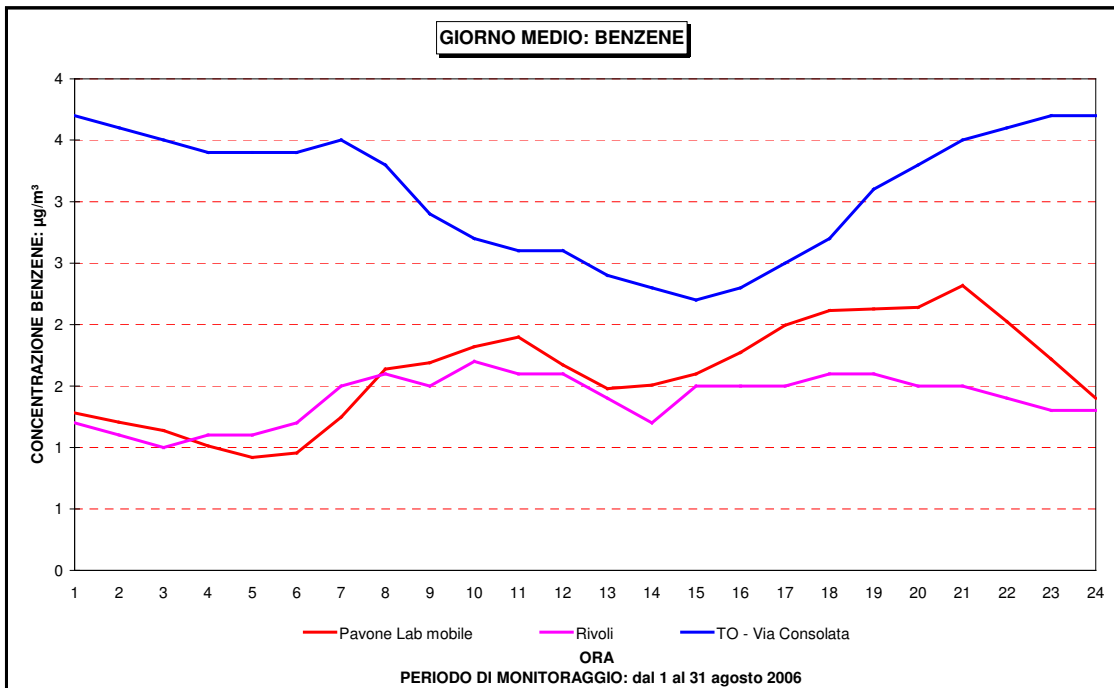


Figura 48: Benzene / traffico veicolare confronto giorno medio campagna primaverile

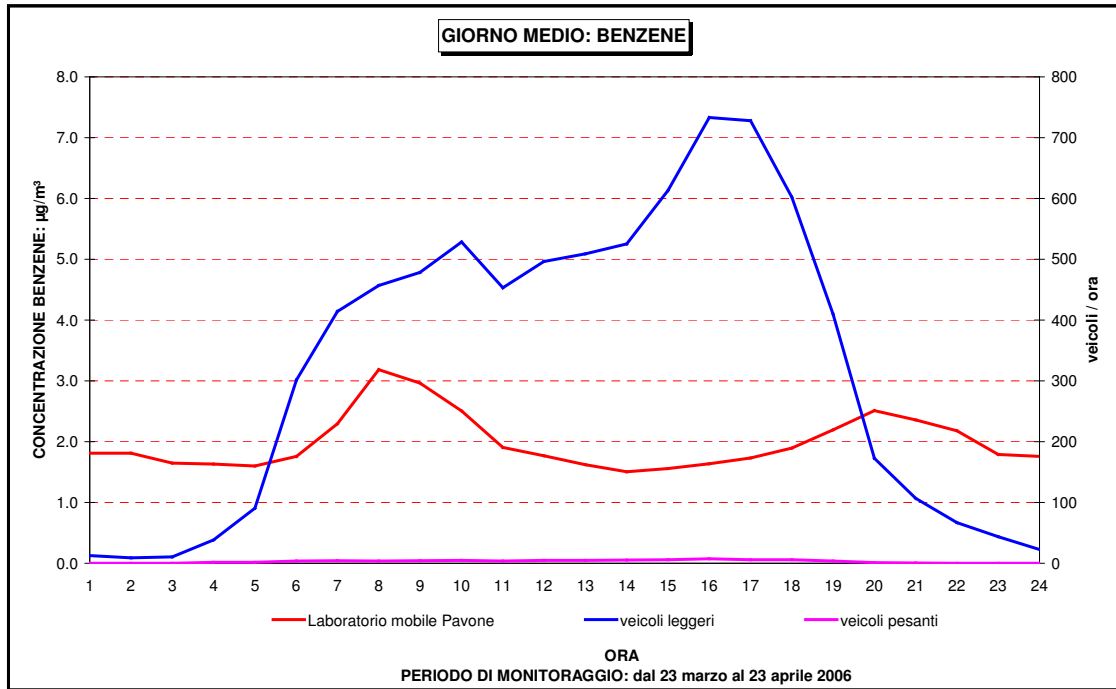


Figura 49: Benzene / traffico veicolare confronto giorno medio campagna estiva

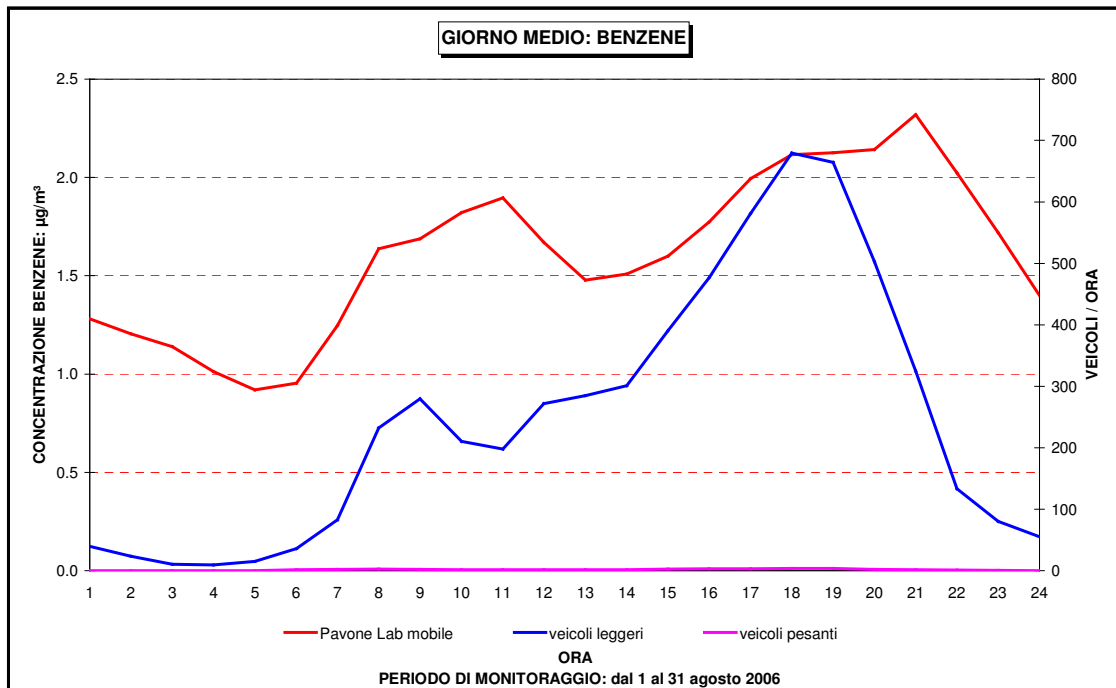


Figura 50: Toluene andamento giorno medio campagna primaverile confronto con i dati delle stazioni di Torino via della Consolata e Rivoli

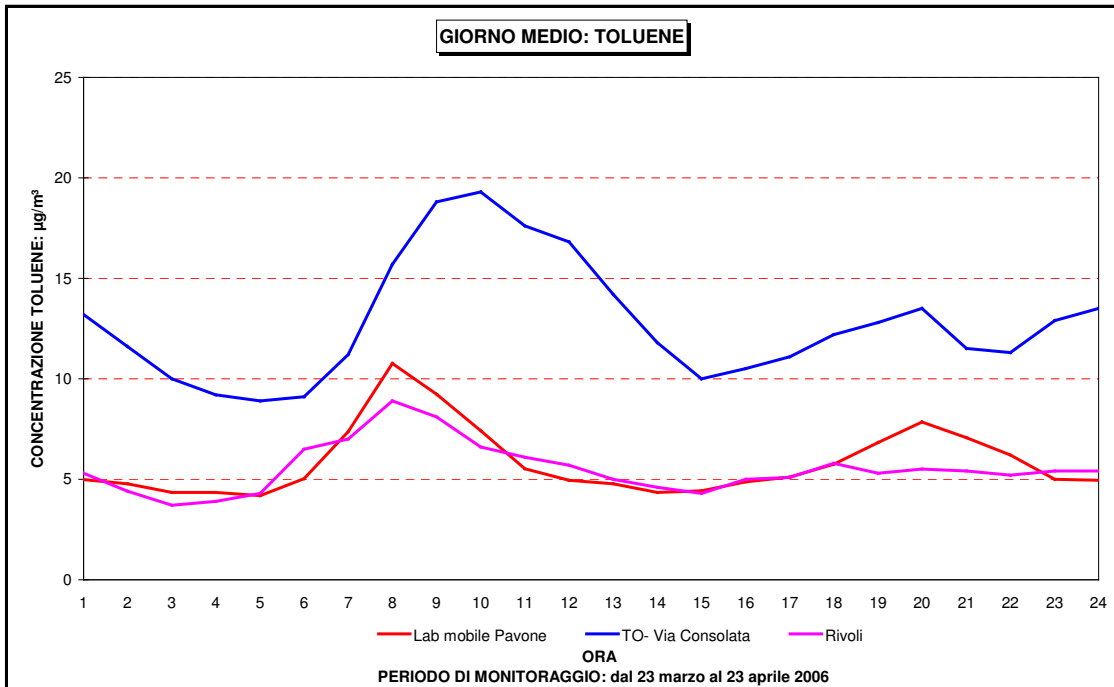


Figura 51: Toluene andamento giorno medio campagna estiva confronto con i dati delle stazioni di Torino via della Consolata e Rivoli

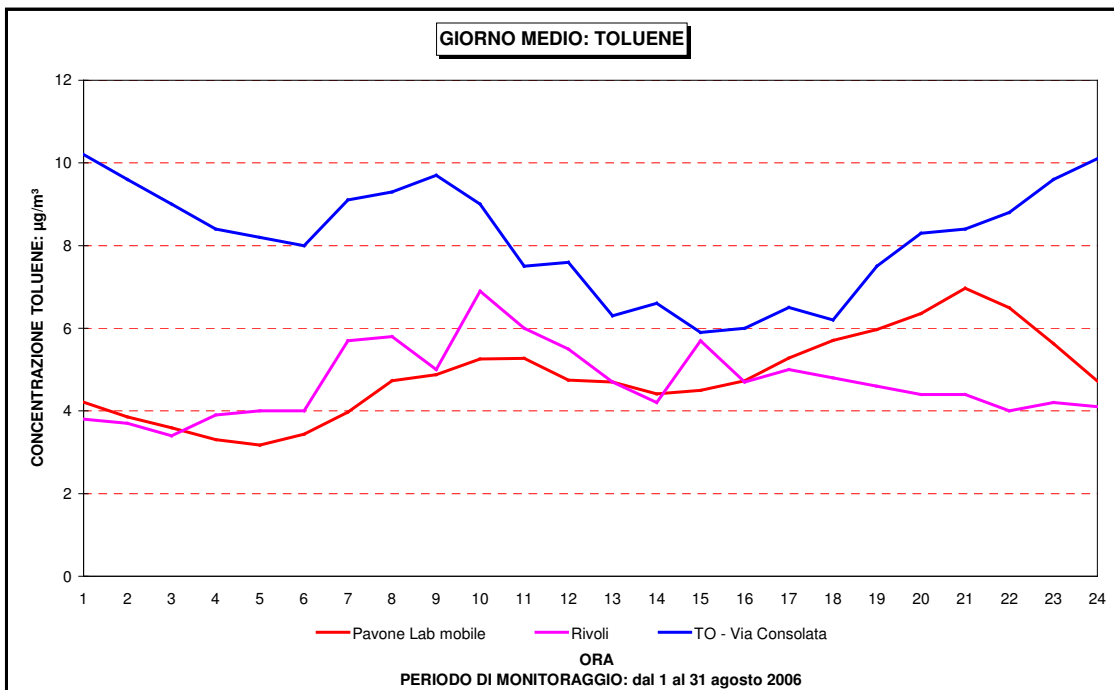


Figura 52: Toluene / traffico veicolare confronto giorno medio campagna primaverile

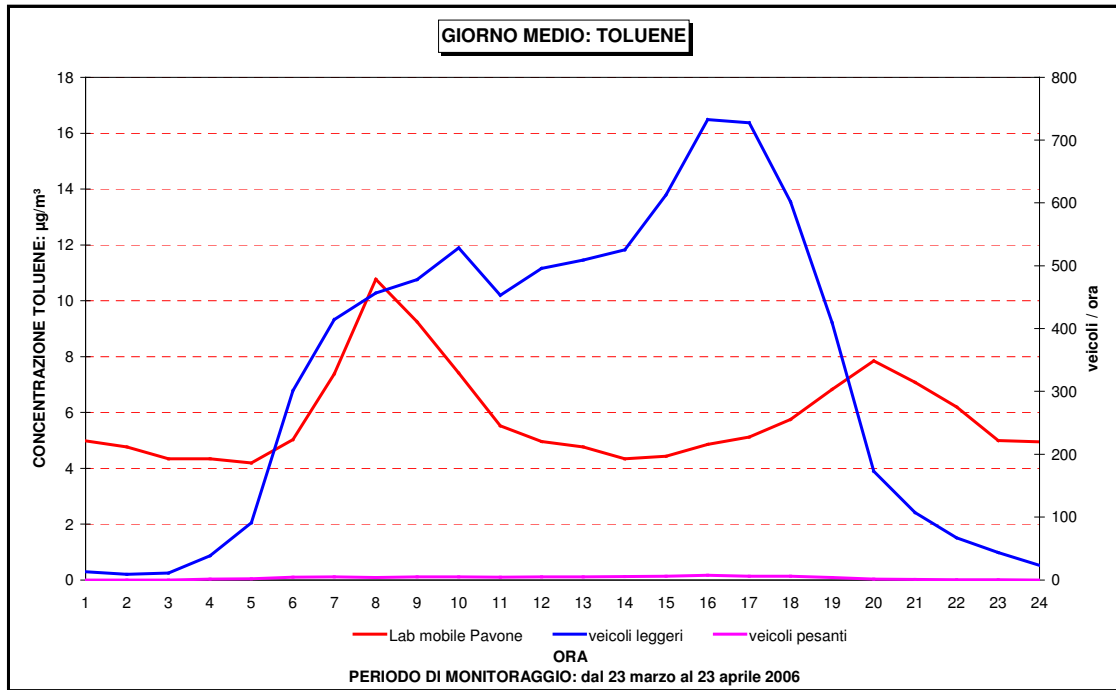
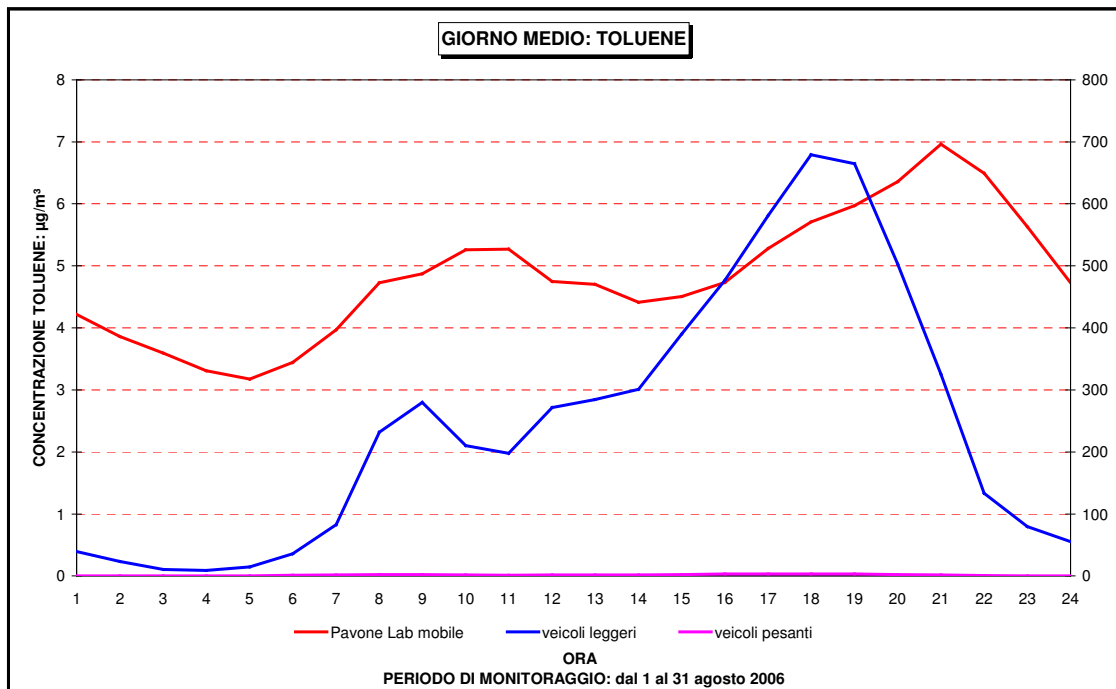


Figura 53: Toluene / traffico veicolare confronto giorno medio campagna estiva



Particolato Sospeso (PTS e PM10)

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

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

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

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la 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 monitoraggio eseguito in Pavone C.se questo inquinante mostra una criticità nel solo periodo primaverile: in Figura 55 si nota come nel periodo primaverile 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 si osservano fenomeni di accumulo. Stazioni anche piuttosto distanti hanno andamenti e concentrazioni di PM10 molto simili; in Figura 54 è evidente l'andamento equivalente tra le stazioni in confronto.

Nel comune di Pavone C.se durante la campagna primaverile si sono verificati 4 superamenti del livello giornaliero di protezione della salute (pari a 50 µg/m³) Tabella 21 su 32 giorni pari al 13% dei valori validi.

Questo inquinante è particolarmente problematico nella stagione invernale mentre in quella estiva non mostra criticità, infatti la Tabella 21 e la Tabella 22 mostrano che in Pavone C.se nel periodo estivo non si sono riscontrati superamenti del livello giornaliero di protezione della salute (pari a 50 µg/m³) e in generale in nessuna delle centraline della rete di monitoraggio provinciale.

Considerando le due campagne il valore medio di PM10 nel comune di Pavone C.se è pari a 22 µg/m³ (Tabella 22).

Date le concentrazioni e il numero di superamenti rilevati su tutto il territorio provinciale Figura 55 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 21: Parametro: Polveri PM10 - Basso Volume (microgrammi/ metro cubo)

PM10	Pri.	Est.
Minima media giornaliera	10	5
Massima media giornaliera	99	27
Media delle medie giornaliere	31	12
Giorni validi	32	29
Percentuale giorni validi	100%	94%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	4	0

Figura 54: Medie giornaliere di PM10 rilevate nelle due campagne di monitoraggio

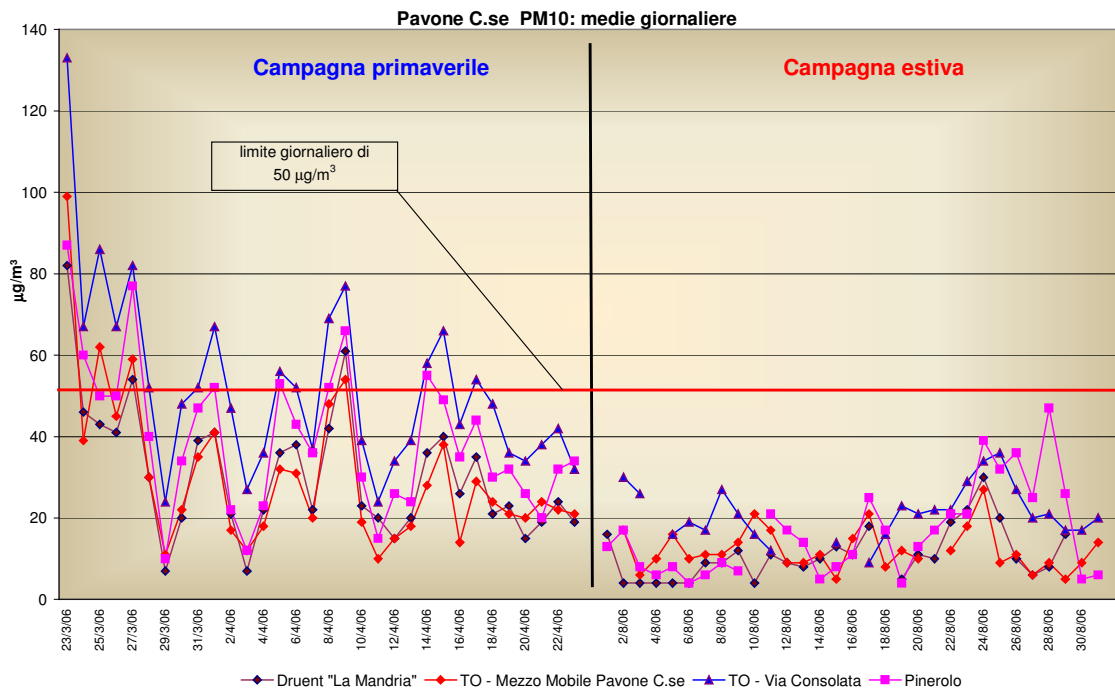


Figura 55: Percentuali di superamento del limite giornaliero per la protezione della salute nella provincia di Torino durante le due campagne di rilevamento

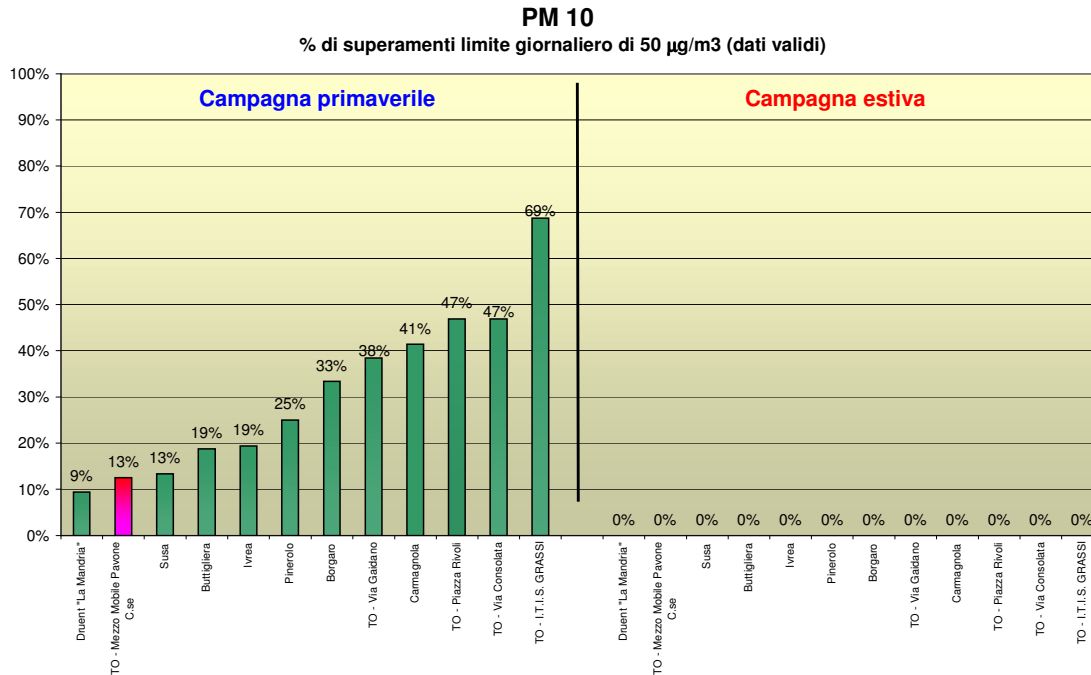


Tabella 22: parametro PM10 media periodo I° e II° campagna e media anno 2005 delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Torino

	periodo I° campagna (primaverile)		II° campagna (estiva)		periodo I° e II° campagna		anno 2005	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [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	28	4	10	0	19	4	29	41
Druento La Mandria	31	3	11	0	21	3	34	71
Laboratorio Mobile in Pavone C.se	31	4	12	0	22	4		
Pinerolo	40	8	16	0	28	8	40	91
Buttigliera Alta	38	6	13	0	26	6	44	115
Ivrea	38	6	14	0	26	6	45	103
Borgaro	46	10	18	0	32	10	48	121
Carmagnola	47	12	18	0	33	12	42	103
TO - Via Gaidano	49	10	16	0	33	10	50	118
TO - Piazza Rivoli	51	15	23	0	37	15	56	128
TO - I.T.I.S. GRASSI	63	22	21	0	42	22	65	170
TO - Via Consolata	52	15	21	0	37	15	65	199

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.

E' 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/m^3 di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.

Tali dati, sebbene limitati, presuppongono una correlazione tra il grado di immunosoppressività 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/m^3 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 relativi alla durata dei due periodi di monitoraggio, l'analisi è stata effettuata su tutti i filtri validi di particolato PM 10 per ogni campagna, sottoposti ad estrazione con cicloesano ; sull'estratto sono stati quantificati gli IPA mediante cromatografia liquida con rivelatore a fluorescenza.

Il valore del benzo(a)pirene è disponibile solo per la campagna primaverile dai dati ottenuti (Tabella 23) si osserva, una concentrazione di $0,23 \text{ ng/m}^3$. Il valore è dello stesso ordine di grandezza di quelli rilevabili nello stesso periodo dell'anno in ambito urbano, sarà cura del nostro servizio presentare i dati del periodo estivo meno critico per questo inquinante.

Tabella 23: concentrazioni IPA nelle due campagne, confronto con rapporto IPA/BaP

	Campagna primaverile campione n° 6162/2006 (ng/m3)	Rapporto IPA/BaP		Rapporto IPA/BaP	Rapporto IPA/BaP-aree urbane*
Benzo(b)fluorantene	0.23				2.0-14.8
Benzo(k)fluorantene					0.7-3.9
Benzo(a)pirene					<0.1-<0.8
Indeno(1,2,3-cd)pirene					
Dibenzo(a,h)antracene					
Benzo(g,h,i)perilene					
totale					

*fonte: Istisan 91/27

METALLI

In merito all'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel), Pb (piombo) poiché veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr, As provengono principalmente dalle industrie minerarie e siderurgiche, Cu e Ni da processi di combustione, Co, Cu, Cr, Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi. L'avvelenamento da zinco, ad esempio, si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite.

Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici.

Cromo e nichel, infine, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di α 1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia.

Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici. Il rischio di intossicazione da piombo è particolarmente grave nei bambini ed è determinato dal danno subclinico (piombemia < 25 mg/dl) con misconoscimento dello stato di intossicazione che può condurre a gravi alterazioni della crasi ematica e a grave ritardo mentale.

Di seguito si riportano informazioni su alcuni dei metalli monitorati :

- Il CADMIO in natura è molto raro e si ritrova generalmente in associazione con lo Zn. Circa 85-90% delle emissioni di cadmio nell'aria deriva da fonti antropogeniche, principalmente dalla fusione e dal raffinamento dei metalli non ferrosi, dalla combustione di combustibile fossile e dall'incenerimento dei rifiuti urbani, mentre la principale fonte naturale sono le emissioni vulcaniche. Globalmente si possono così suddividere: naturale 9.3%; industria di metallo non ferrosa 20.4%; combustione dell'olio 17.9%; incenerimento residuo 17.5%; industria siderurgica 15.3%; combustione del carbone 13.4%; fabbricazione del cemento 4.4%; ed altri 1.8%. Quest'ultima frazione percentuale è in aumento, vista la richiesta di cadmio per la fabbricazione delle batterie ricaricabili (nicel-cadmio), ed un sempre maggior utilizzo di questo metallo nella fabbricazione di accumulatori energetici, nei componenti elettronici e nell'industria aerospaziale. (Air Quality Guidelines for Europe 2000)
- L'ARSENICO è presente disperso nell'aria in forma sia organica sia inorganica come sale metallico. La fonte naturale principale è l'attività vulcanica, con i contributi secondari dagli essudati da vegetazione. Come fonti emmissive artificiali oggi si contano la fusione dei metalli, (rame, piombo o l'estrazione dai minerali dell'oro), la combustione della lignite di qualità inferiore e di carbone ricco di arsenico, la produzione dell'arsenuro di gallio nell'industria di microelettronica, le attività di demolizione delle caldaie a petrolio, l'estrazione mineraria del metallo stesso, il fumo di sigaretta ed alcuni prodotti per il trattamento e la conservazione del legno. (Air Quality Guidelines for Europe 2000)
- Il NICHEL è un metallo poco presente sulla crosta terrestre (0.008%), contrariamente al nucleo dove è un componente principale. Per le sue caratteristiche di metallo è utilizzato molto nell'industria dell'acciaio e delle leghe, soprattutto per i componenti elettrici. Nelle nostre case è frequente la presenza sotto forma di lega, (soprattutto nei vari elettrodomestici, ma anche tra i materiali da costruzione). E' molto usato nell'industria della numismatica, in quella aerospaziale e in quella chimica. Sebbene vi siano varie lavorazioni, il 90% del nichel immesso in atmosfera deriva principalmente dai fumi sviluppatosi nei processi di fusione, di incenerimento dei rifiuti urbani e dal fumo di sigaretta (circa 0.04-0.58 µg di nichel sono liberati con il fumo di una sigaretta). Si è stimato che in media si inalano da 0.1-0.8 µg /giorno di nichel, essendovi una concentrazione di 5-40 ng/m³ in aria ambiente. Fumare 40 sigarette al giorno può condurre ad un'inalazione di 2-23µg di nichel. La sua pericolosità per le vie respiratorie, dipende dalle dimensioni e dalla solubilità delle particelle che si formano (2.0-0.5 µm) come per gli altri metalli sino a qui visti. (Air Quality Guidelines for Europe 2000)
- Il PIOMBO è un metallo pesante che si presenta in natura, sia come composti inorganici che organici. Le concentrazioni di piombo nell'aria nelle zone industriali e nelle aree urbane con alta densità di traffico sono diminuite costantemente in questi ultimi 15 anni, grazie alla riduzione delle emissioni industriali, all'eliminazione del piombo nella benzina e all'adozione di sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per auto. Tuttavia il piombo viene ancora utilizzato in medicina, nelle industrie siderurgiche ed in quelle delle vernici speciali. Il tempo di soggiorno delle particelle di Pb nell'aria varia secondo un certo numero di fattori, quali la dimensione delle particelle, le correnti del vento, la pioggia e l'altezza del punto di emissione. (Air Quality Guidelines for Europe 2000)

- Il MANGANESE è un elemento ampiamente distribuito nella crosta terrestre sebbene non si presenti allo stato puro, ma sotto forma di ossidi, carbonati e silicati. Il manganese è usato principalmente nei processi metallurgici, come additivo di deossidazione e desolforizzazione ed in molte leghe metalliche. Inoltre è usato nella produzione delle batterie a secco, nell'industria chimica, del vetro, tessile e del cuoio e come fertilizzante. I residui carbonilici organici di manganese sono usati come additivi inibitori del fumo nell'olio combustibile. Il manganese della crosta terrestre è immesso nell'atmosfera tramite processi naturali, quali l'erosione del terreno da parte dei venti, che trasportano particelle del diametro aerodinamico medio di circa 2,5 μm , e dalla risospensione di particelle minerali e ceneri di combustibili fossili sotto forma di particelle ancor più fini. Il grado dell'assorbimento di manganese per inalazione dipende soprattutto dalla dimensione delle particelle. Le particelle abbastanza piccole possono raggiungere gli alveoli polmonari ed essere assorbite nella circolazione sanguigna. Le particelle grosse tendono ad essere rimosse dalle vie respiratorie tramite azione mucociliari.
La solubilità dei composti del manganese incide notevolmente sull'assorbimento tramite le vie respiratorie, ma non è necessariamente l'unico fattore. Infatti in letteratura sono molti i casi contrastanti quest'ultima osservazione. (Air Quality Guidelines for Europe 2000).
- Il RAME è uno dei metalli maggiormente presente in natura. La sua immissione nell'aria deriva principalmente dall'attività industriale, visti i molteplici usi di tale elemento metallico.

DANNI CAUSATI

Tra i metalli che sono stati oggetto di monitoraggio, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio, e il piombo. I composti del nichel, del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

Dati rilevati nelle due campagne

I valori rilevati per i metalli nel corso della campagna del mezzo mobile sono relativi alla sola campagna primaverile, mentre il Decreto Ministeriale n. 60 aprile 2002 prevede per il piombo un valore limite annuale per la protezione della salute umana pari a 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In Pavone C.se il periodo di monitoraggio è inferiore al periodo previsto dal DM 60 quindi i valori non sono comparabili, Tabella 25; per quanto riguarda i metalli previsti nelle linee guida della O.M.S. il nichel ha una concentrazione tipica di una area urbana; mentre per il piombo, l'arsenico, e il cadmio di un area remota.

Le analisi dei metalli del periodo estivo sono attualmente in corso sarà cura di questo servizio di spedirle in allegato al V.S. Comune.

La Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 dicembre 2004 2004/107/CE indica dei valori obiettivo per i seguenti metalli e per il benzo(a)pirene

Valori obiettivo per l'arsenico, il cadmio, il nickel e il benzo(a)pirene della Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 dicembre 2004 - 2004/107/CE	
Inquinante	Valore obiettivo media annuale
Arsenico	6 ng/m³
Cadmio	5 ng/m³
Nickel	20 ng/m³
Benzo(a)pirene	1 ng/m³

Per il cobalto e il rame non sono previsti limiti dalla legislazione nazionale ed europea.

Tabella 24: linee guida O.M.S. (Organizzazione Mondiale Della Sanità) e classificazione delle aree urbane, industriali e remote rispetto alle concentrazioni dei metalli espressi come media annuale (anno di pubblicazione: 2000).

	Cadmio µg/mc	Cromo µg/mc	Piombo µg/mc	Manganese µg/mc	Nichel µg/mc	Arsenico µg/mc	Cobalto µg/mc	Rame µg/mc
Linee Guida	(Nota 3) 0.005 (Nota 2) per effetti renali *	(Nota 3)	0.5 (Nota 2)	0,15 (Nota 2)	(Nota 3)	(Nota 3)	non presente	non presente
Concentrazioni tipiche in area urbana	0.001 - 0.01	0.004 -0.07	0.15 - 0.5	0.01 - 0.07	0,001 - 0,01	< 0,03		
Concentrazioni tipiche in area industriale	0.001 - 0.02	0.005 -0.2		0.2 - 0.3 vicino fonderie	0,11 - 0,18	1 vicino fonderie e impianti energetici alimentati a carbone ricco di arsenico		
Concentrazioni tipiche in area remota	0.0001- 0.0005	0 - 0.003	< 0.15	0.01 - 0.03	< 0,001	0,001 - 0,01		

Nota 1: media di 24 ore

Nota 2: media annuale

Nota3: sostanza cancerogena

* limite per evitare l'incremento di Cd nei terreni agricoli

Tabella 25: Metalli, concentrazioni rilevate nella campagna primaverile .

	Cadmio µg/mc	Piombo µg/mc	Nichel µg/mc	Arsenico µg/mc
Campagna primaverile	< 0.0002	0.0156	0.0121	< 0.0017

CONCLUSIONI FINALI

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

Per quanto riguarda gli altri inquinanti, nel periodo primaverile si osservano quattro superamenti del valore limite giornaliero (pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per il PM10, per il quale il superamento del valore limite è avvenuto per il 13% delle giornate valide.

Nel periodo estivo il parametro più critico è l'ozono. Infatti si sono verificati 3 superamenti del valore limite per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su otto ore), verificatisi nella giornata del 9 agosto su 23 giorni di campionamento validi, dalla Tabella 18 notiamo che nello stesso periodo di monitoraggio si sono avuti superamenti in tutte le centraline di rilevamento della qualità dell'aria della Provincia.

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.

I tecnici della qualità dell'aria

Giacomo Castrogiovanni

Ing. Milena Sacco

Dott.ssa. Marilena Maringo

Il Responsabile della SS 06.02
Dott. Carlo Bussi

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