

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

OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI COLLEGNO, PRESSO LA SCUOLA ELEMENTARE
F.LLI CERVI.

RELAZIONE I CAMPAGNA DI MONITORAGGIO (Maggio 2009)



Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico professionale Nome: ing. Milena Sacco	Data: 14.07.2009	Firma:
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente titolare di incarico professionale presso la S.S. 06.02 Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 15.07.2009	Firma:



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

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

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	3
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>4</i>
IL LABORATORIO MOBILE	6
IL QUADRO NORMATIVO	6
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>11</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>13</i>
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....</i>	<i>17</i>
Biossido di zolfo	18
Monossido di Carbonio	20
Ossidi di Azoto	23
Benzene e Toluene	27
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	31
Ozono	33
CONCLUSIONI	36
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	37



***CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO
INQUINAMENTO ATMOSFERICO***

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

Oggigiorno 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 siti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2007", 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 – Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di 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, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008. Detti limiti possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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

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

Nella Tabella 2, nella Tabella 3 e nella Tabella 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2007".

Tabella 2: Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Ozono espresso come O ₃ (D.LGS 21/05/04 n.183)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ (1)	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (2)		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h (2)		
benzo(a)pirene	OBIETTIVO DI QUALITA' (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ (4)	-	-

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

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

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

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

Tabella 3: Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-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



Tabella 4– Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 03/08/07, n. 152, come modificato dal D.Lgs. 26/06/08, n. 120)

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

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



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Collegno, promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino, è stata finalizzata al controllo della qualità dell'aria, in seguito alla richiesta del Comune (protocollo Comune di Collegno n° 39239 del 30.06.2008; protocollo Arpa n° 78100 del 02.07.2008).

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:

cortile interno della scuola elementare F.lli Cervi, via Cesana 34

In Figura 1 è riportata sull'ortofoto del Comune di Collegno l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

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

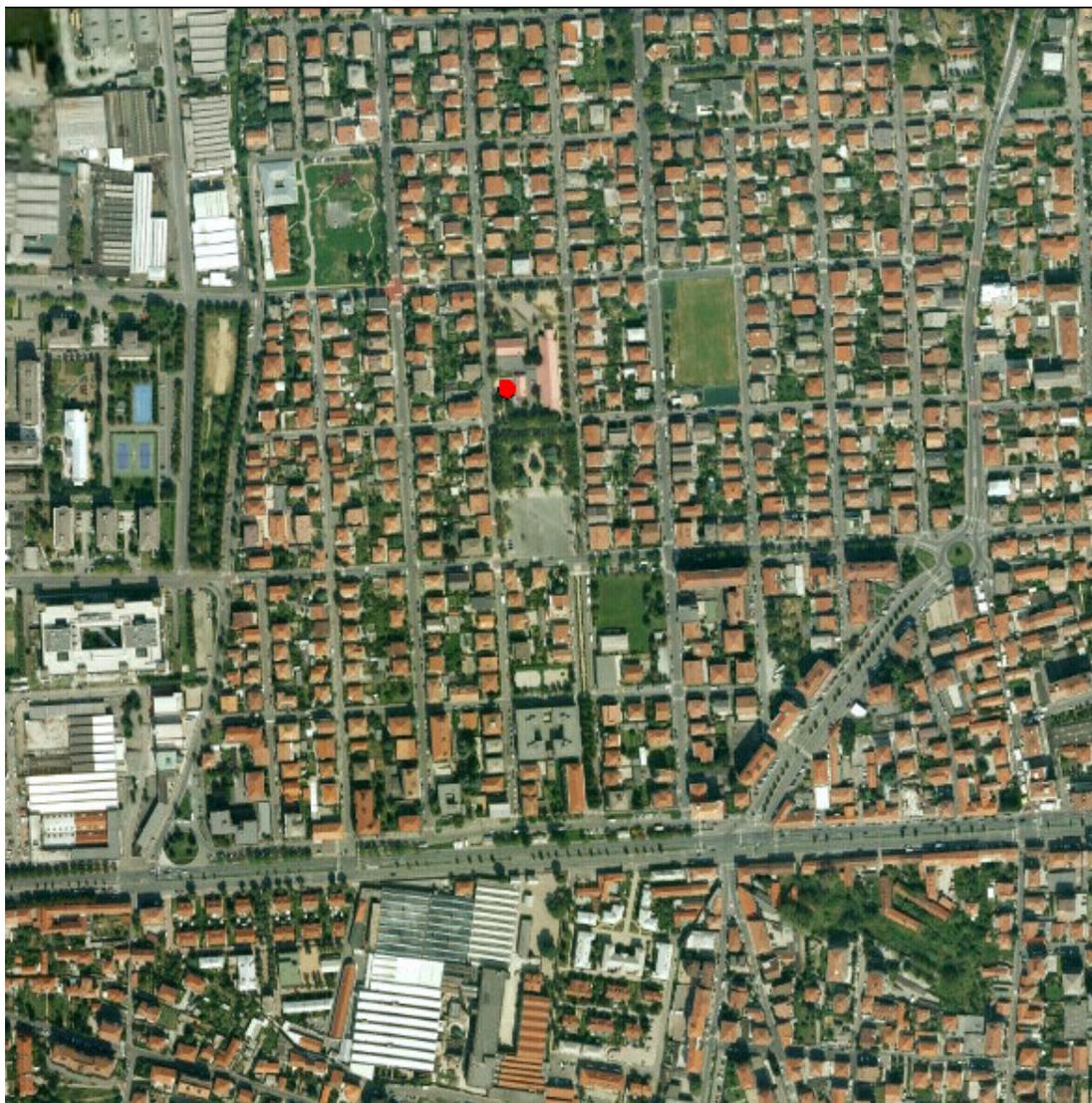
Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato X del D.M. 60/2002), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana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

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 della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Il primo monitoraggio è stato condotto tra il **30 aprile** e il **29 maggio 2009**. 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.

Durante la campagna di monitoraggio si sono verificati alcuni malfunzionamenti nell'impianto di condizionamento del laboratorio e questo ha influito sul rendimento degli strumenti maggiormente sensibili alla temperatura, quali l'analizzatore di monossido di carbonio, biossido di zolfo ed ossidi di azoto. Inoltre un problema tecnico al campionatore di PM10 ha limitato i giorni validi a 13 su 29 di monitoraggio.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel corso della campagna condotta nel comune di Collegno



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi. I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

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

Dati meteorologici registrati nel periodo (30/04/2009 – 29/05/2009)

Tabella 5 -- Radiazione solare globale (W/m²)

Minima media giornaliera	72.4
Massima media giornaliera	344.6
Media delle medie giornaliere	241.9
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	242.1
Massima media oraria	950.3
Ore valide	629
Percentuale ore valide	87%

Tabella 7 – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	13.8
Massima media giornaliera	23.3
Media delle medie giornaliere	19.0
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	19.3
Massima media oraria	31.8
Ore valide	630
Percentuale ore valide	88%

Tabella 6 – Radiazione solare netta (W/m²)

Minima media giornaliera	42.2
Massima media giornaliera	197.1
Media delle medie giornaliere	145.0
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	144.5
Massima media oraria	831.5
Ore valide	629
Percentuale ore valide	87%

Tabella 8– Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	31.6
Massima media giornaliera	87.3
Media delle medie giornaliere	52.3
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	52.2
Massima media oraria	94.8
Ore valide	630
Percentuale ore valide	88%

Tabella 9– Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	975.6
Massima media giornaliera	987.5
Media delle medie giornaliere	981.9
Giorni validi	18
Percentuale giorni validi	60%
Media dei valori orari	981.8
Massima media oraria	988.6
Ore valide	481
Percentuale ore valide	67%

Tabella 10– Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	0.9
Media delle medie giornaliere	0.6
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	0.6
Massima media oraria	2.2
Ore valide	628
Percentuale ore valide	87%

Elaborazione grafica dei dati meteorologici registrati nel periodo (30/04/2009 – 29/05/2009)

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

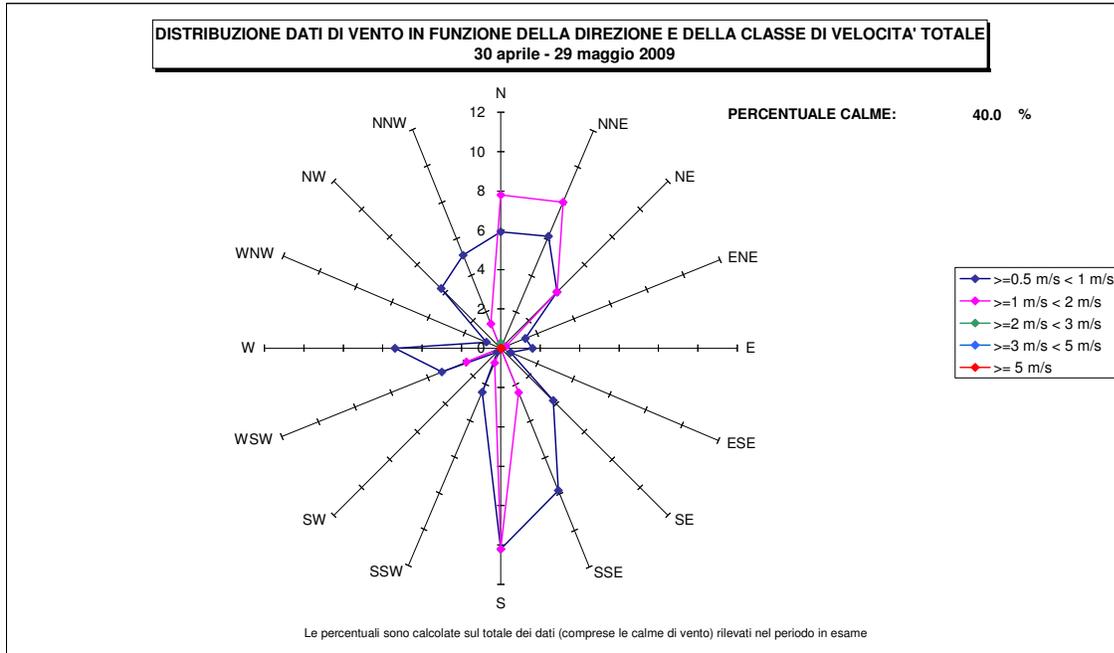


Figura 3: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità diurna

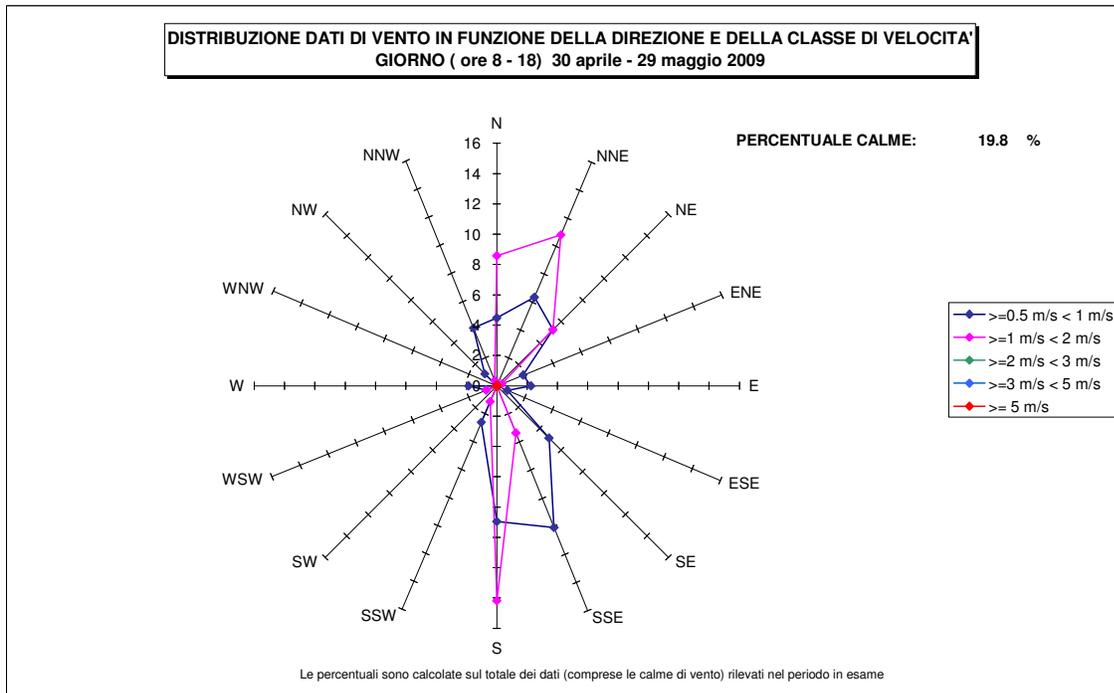


Figura 4: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notturna

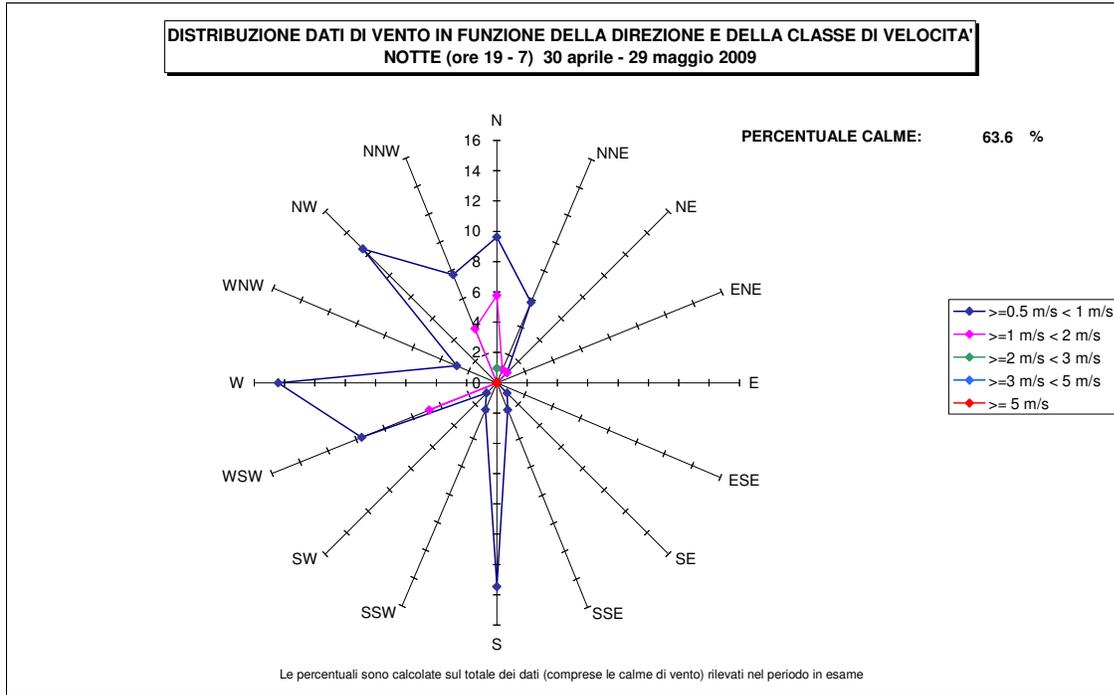


Figura 5: Parametro Velocità Vento

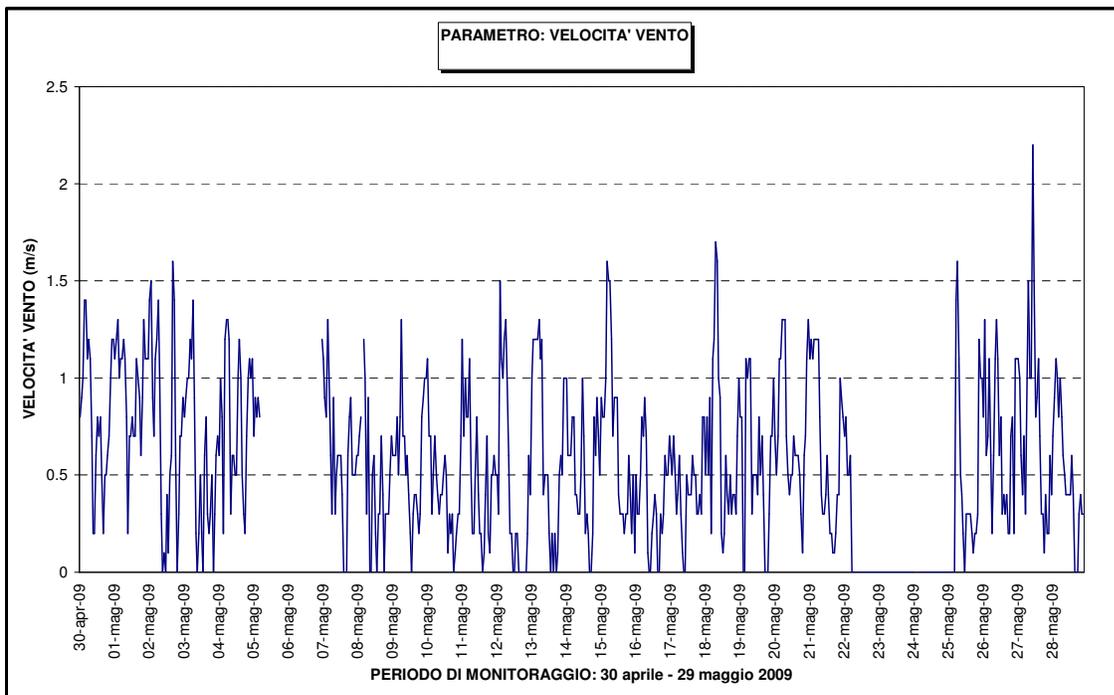


Figura 6: Pressione Atmosferica

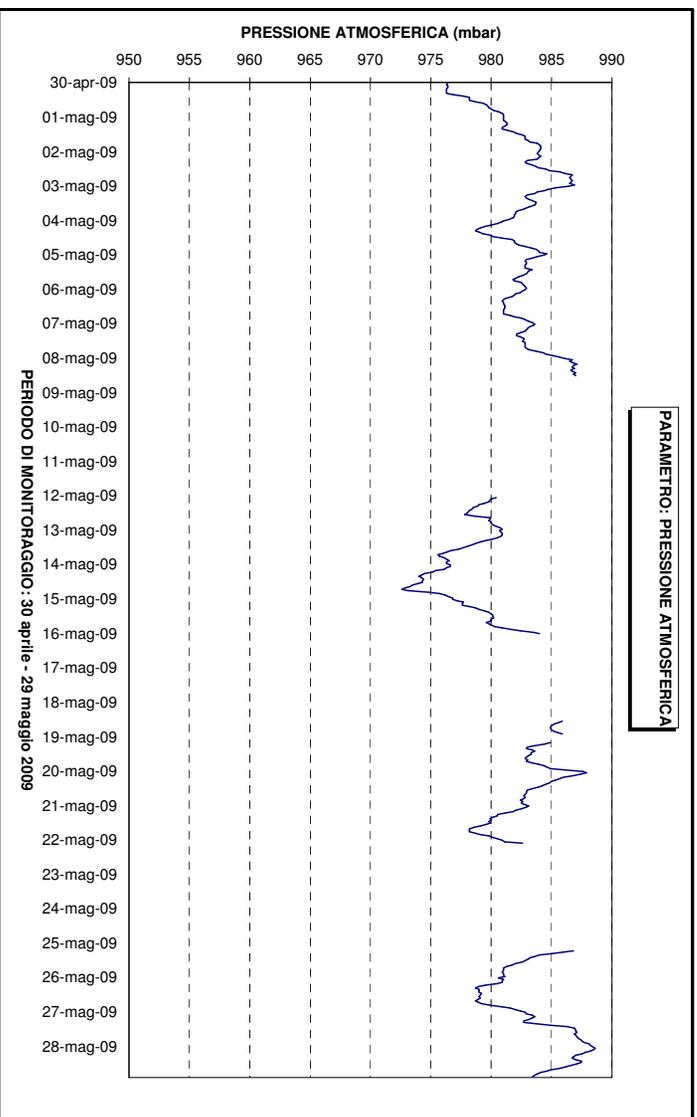


Figura 7: Umidità Relativa

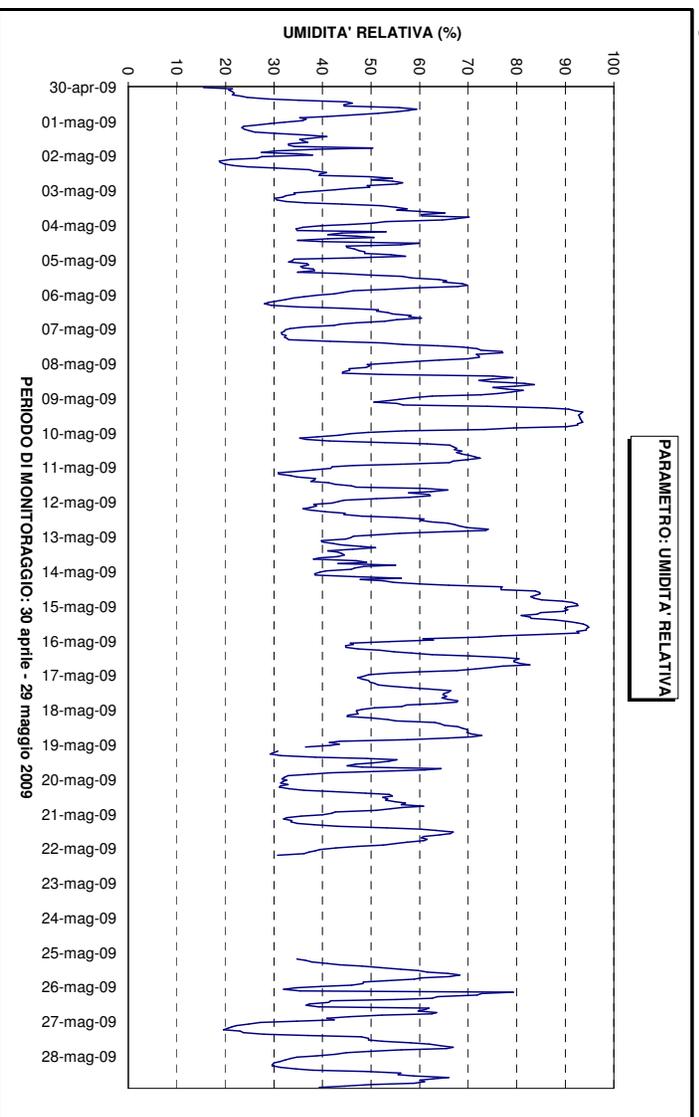


Figura 8: Temperatura aria

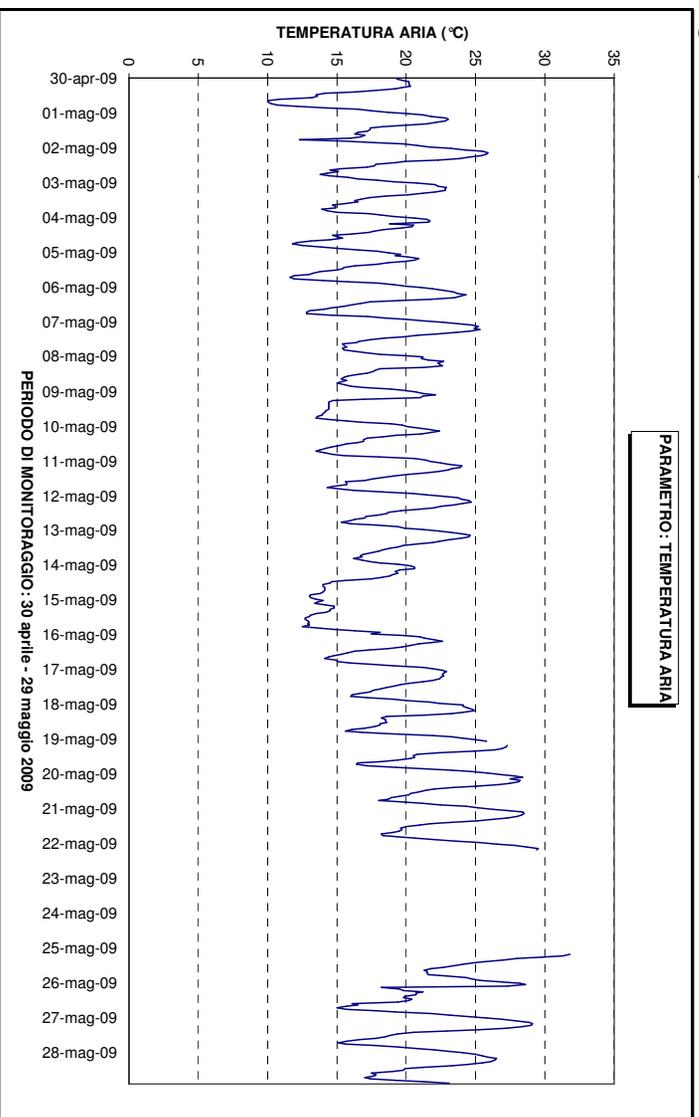


Figura 9: Radiazione Solare Globale

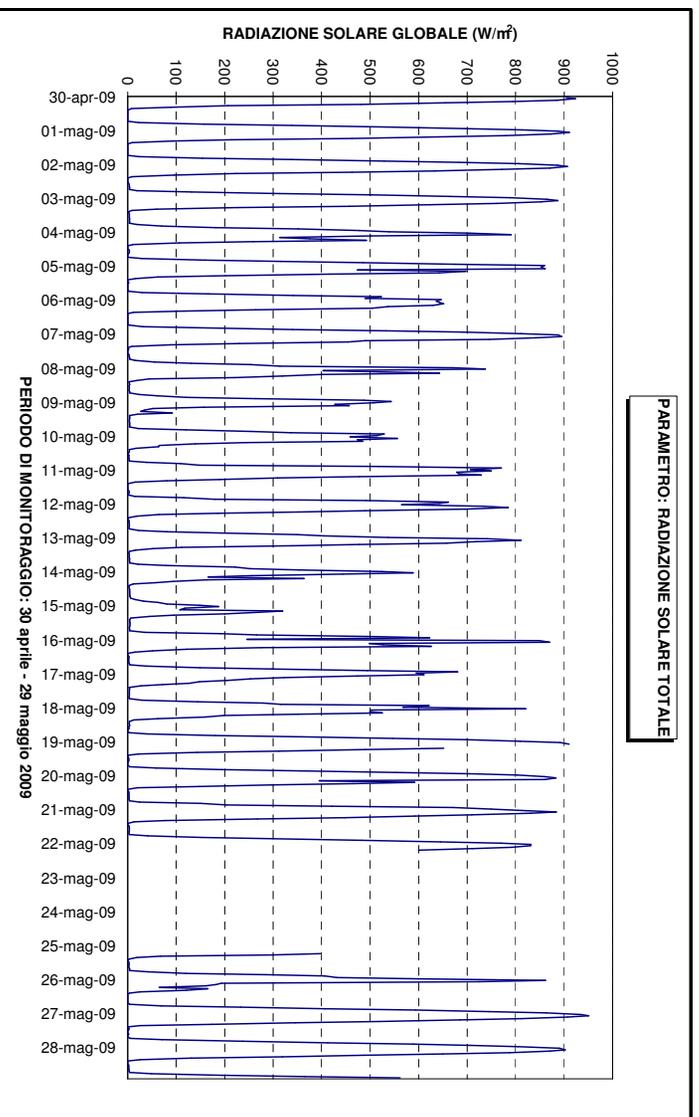
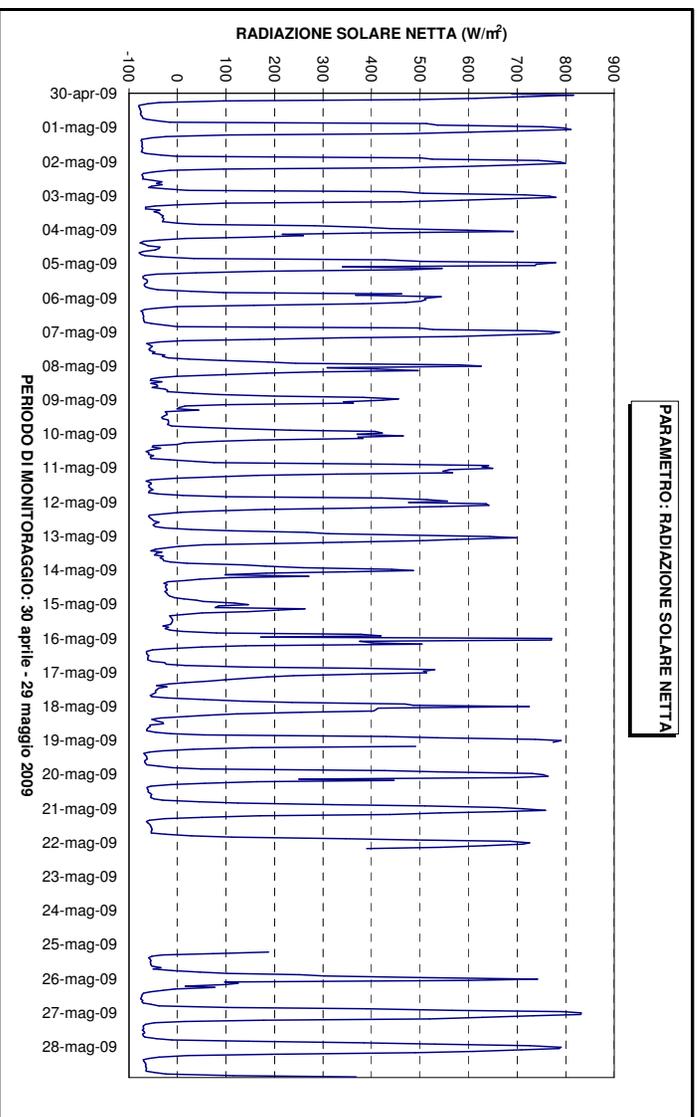


Figura 10: Radiazione Solare Netta



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://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.

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6-7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

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

Si possono osservare le statistiche relative ai dati raccolti nel comune di Collegno (Tabella 11), che evidenziano la non problematicità di questo inquinante. Infatti sia i valori giornalieri che quelli orari sono risultati ampiamente al di sotto dei limiti; il massimo valore giornaliero è pari a 5 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 8 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in 350 µg/m³.

L'andamento dell'inquinante nel corso della giornata è all'incirca piatto, con valori leggermente più alti nelle ore diurne (Figura 12).

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 ampiamente al di sotto dei limiti.

Tabella 11 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/ m³)

Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	5
Media delle medie giornaliere	3
Giorni validi	15
Percentuale giorni validi	50%
Media dei valori orari	3
Massima media oraria	8
Ore valide	391
Percentuale ore valide	54%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 11 – SO₂: andamento orario

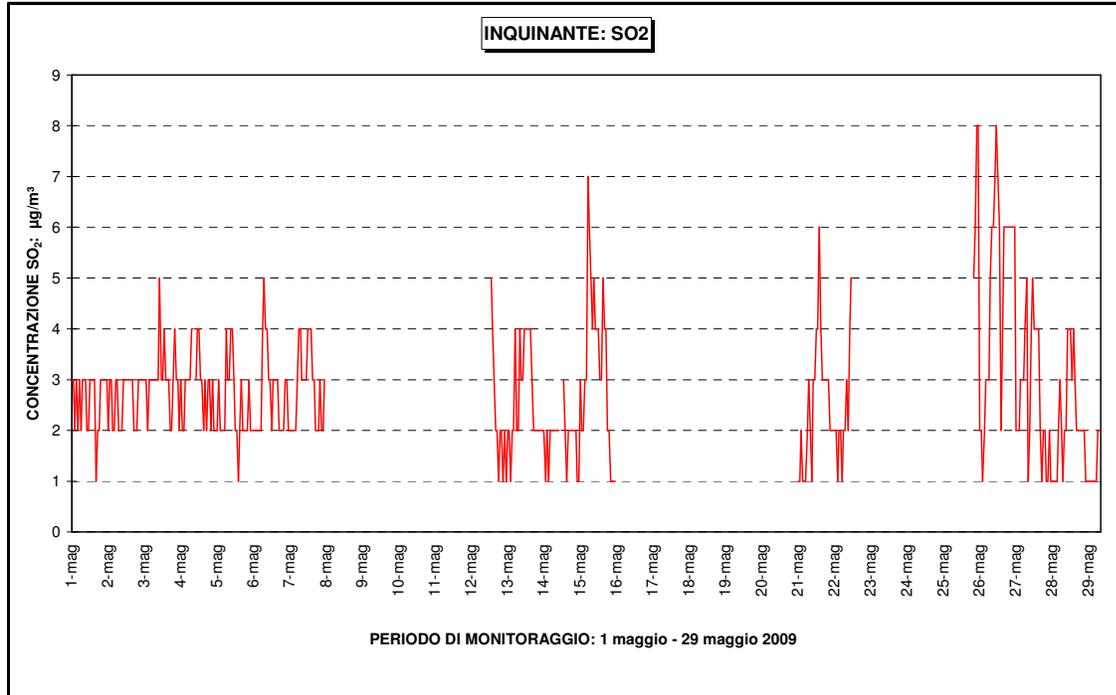
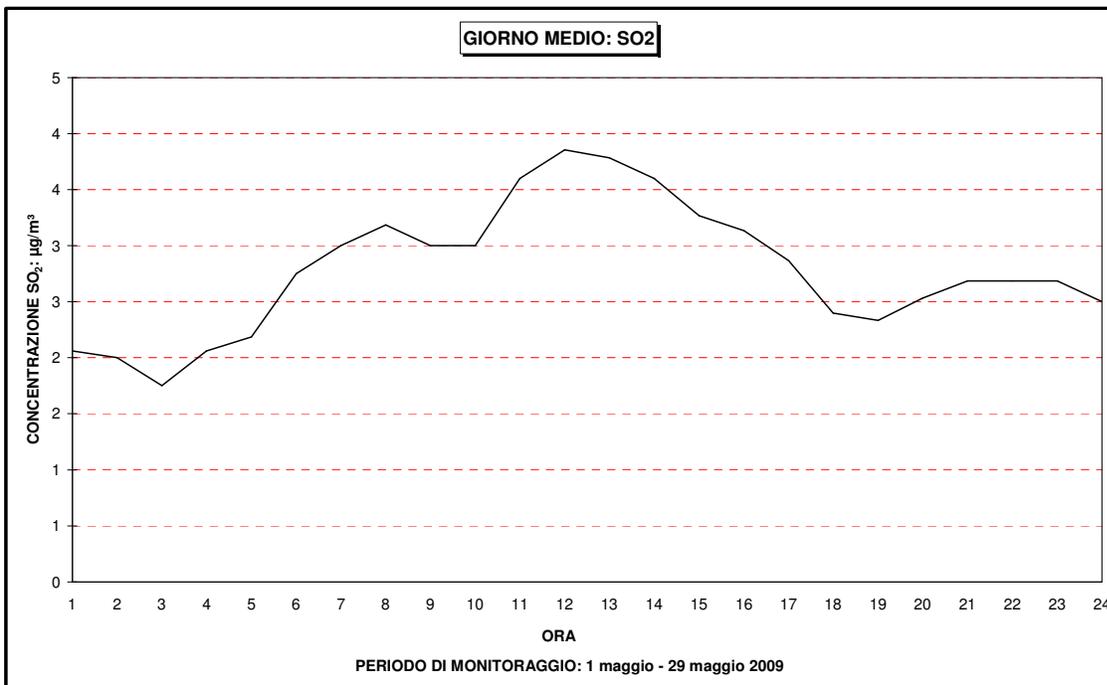


Figura 12 – SO₂: andamento del giorno medio



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

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

Sulla base dei dati misurati nel Comune di Collegno (Tabella 12), si può sostenere quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti, il DM 60 del 2/04/02, prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $0.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $0.8 \text{ mg}/\text{m}^3$). L'andamento delle medie orarie è riportato in Figura 13.

L'andamento del parametro nel corso della giornata (Figura 14) è piatto, evidenziando così che le concentrazioni rilevate hanno valori di fondo.

Tabella 12 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	0.5
Media delle medie giornaliere	0.4
Giorni validi	14
Percentuale giorni validi	47%
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	0.8
Ore valide	395
Percentuale ore valide	55%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.3
Massimo medie 8 ore	0.6
Percentuale medie 8 ore valide	54%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > {0})</u>	0

Figura 13– CO: andamento orario.

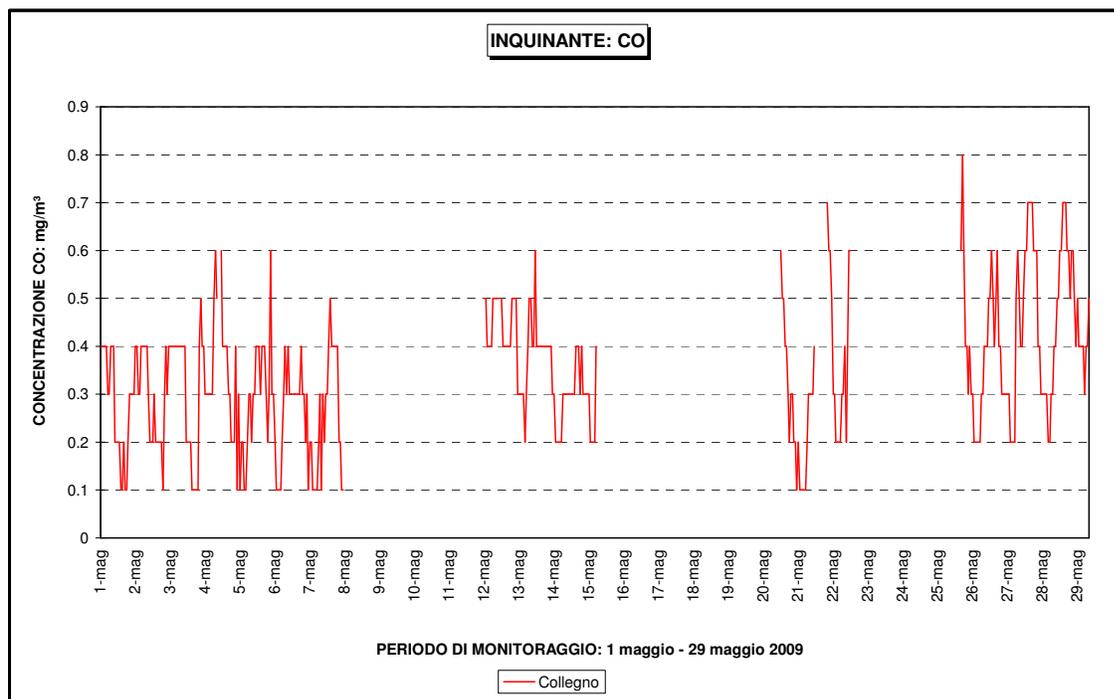
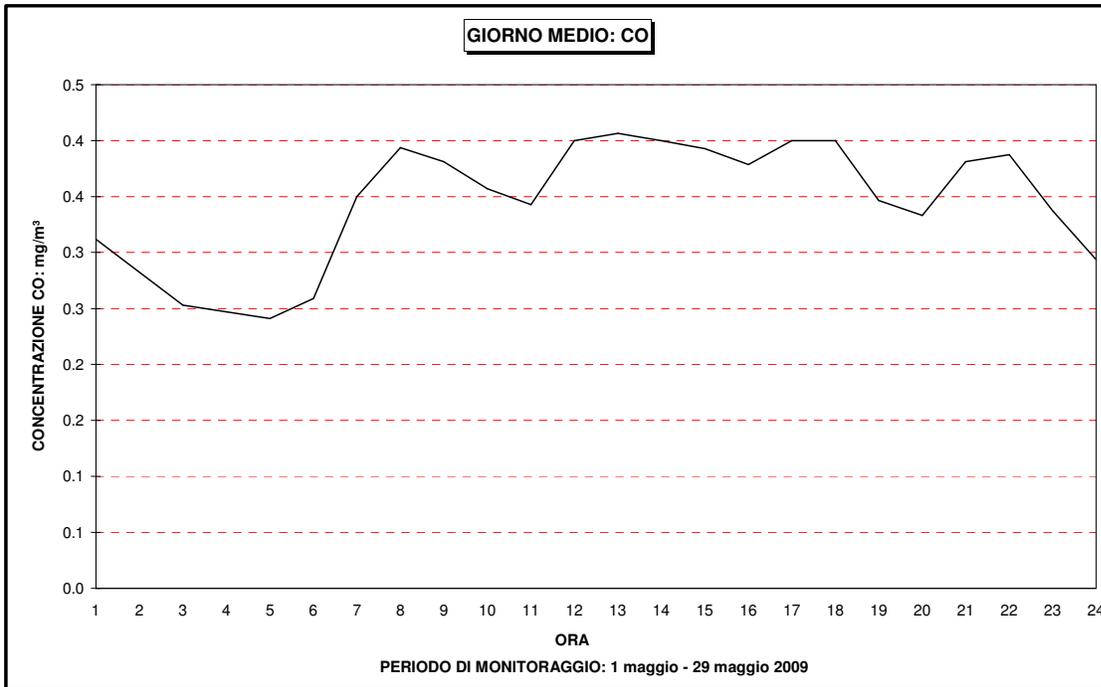


Figura 14 – CO: andamento del giorno medio



Ossidi di Azoto

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

Il **monossido di azoto** non è tossico, ma viene misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria.

I livelli di NO nel corso della campagna nel Comune di Collegno (Figura 15) rivelano concentrazioni tipiche di analoghe stazioni urbane residenziali di fondo. L'andamento del giorno medio del monossido di azoto ha un picco di concentrazione tra le 7 e le 8 del mattino, in corrispondenza del maggiore traffico veicolare (Figura 16).

Tabella 13 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	1
Massima media giornaliera	10
Media delle medie giornaliere	5
Giorni validi	16
Percentuale giorni validi	53%
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	67
Ore valide	438
Percentuale ore valide	61%

Figura 15– NO: andamento della concentrazione oraria

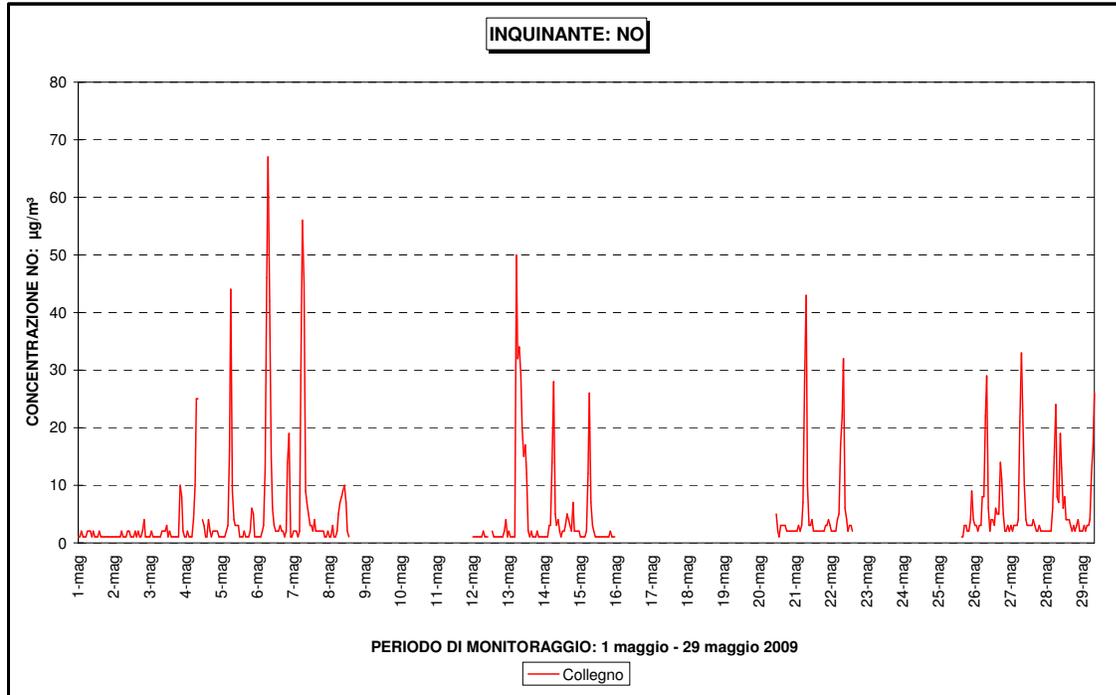
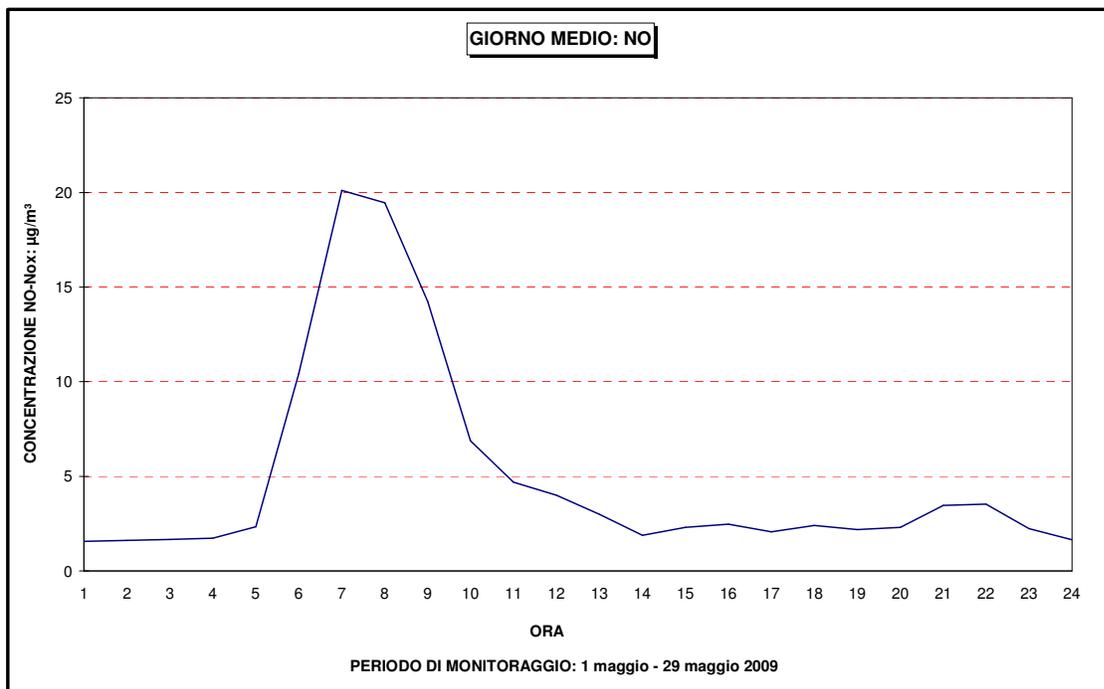


Figura 16– NO: andamento del giorno medio



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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall’ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all’interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso della campagna nel Comune di Collegno la concentrazione media oraria di NO₂ si è attestata sui 37 µg/m³ (Tabella 14), con andamento molto simile a quello rilevato nella stazione di Alpignano e Rivoli e valori che si collocano in media tra le due stazioni.

Non si è registrato alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³, il valore massimo orario è pari a 132 µg/m³, poco oltre la metà del limite, pertanto emerge come in Collegno l’inquinante NO₂ per il periodo considerato non desti alcuna preoccupazione.

Osservando il grafico del giorno medio (Figura 18), si può notare la natura prevalentemente secondaria dell’inquinante, in quanto si registra un maggior picco serale rispetto al monossido di azoto, suo precursore, molto probabilmente dovuto a trasporto atmosferico piuttosto che al traffico veicolare direttamente coinvolto nella zona; tale fenomeno è confermato anche rosa dei venti notturna (Figura 4) che nostra venti prevalentemente provenienti da Sud, da Ovest e da Ovest-SudOvest, vale a dire da zone interessate dalla presenza di assi viari a elevato traffico (C.so Francia e tangenziale sud).

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

Tabella 14 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	59
Media delle medie giornaliere	35
Giorni validi	16
Percentuale giorni validi	53%
Media dei valori orari	37
Massima media oraria	132
Ore valide	451
Percentuale ore valide	63%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Figura 17– NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati della stazione di Alpignano e Rivoli

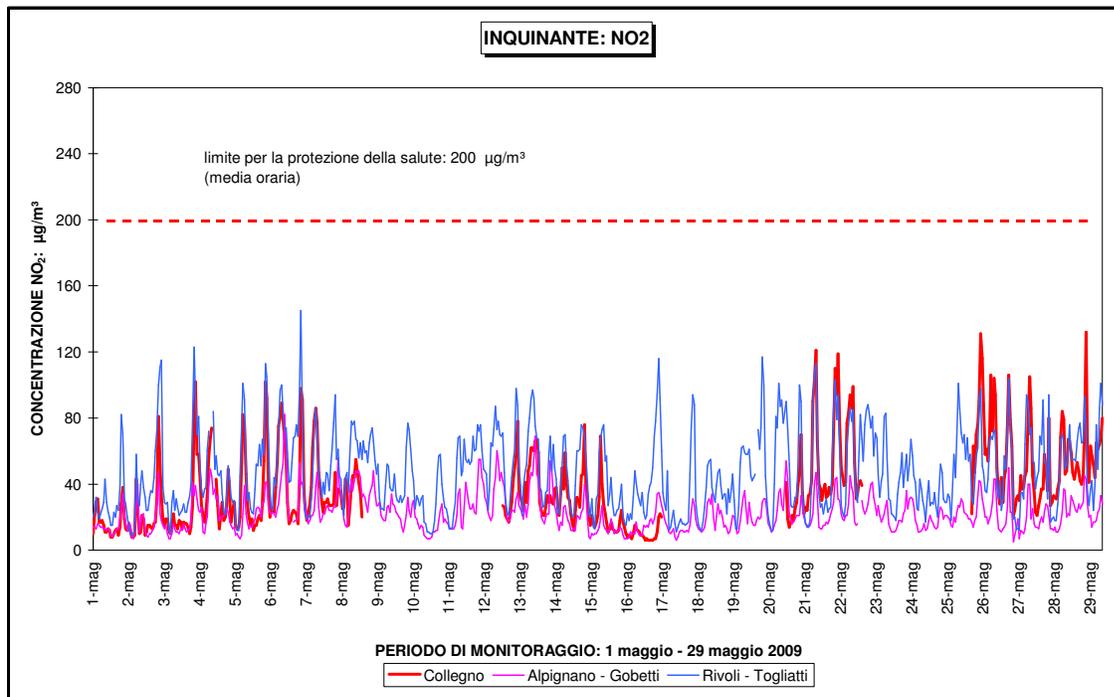
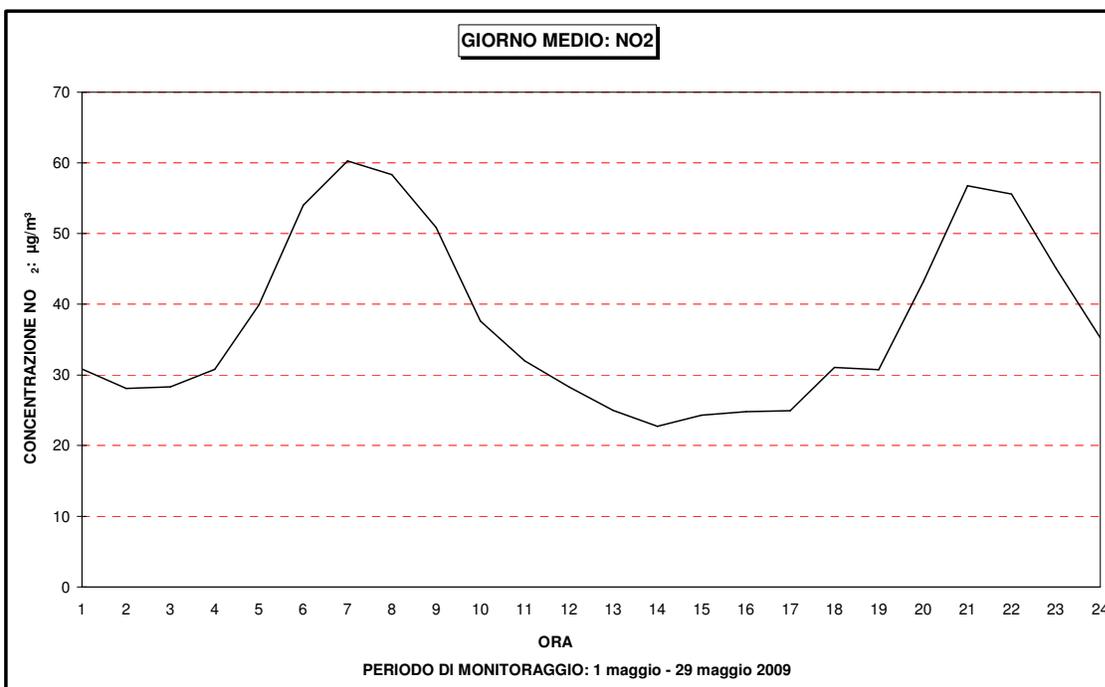


Figura 18– NO₂: andamento del giorno medio



Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

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

La normativa vigente (D.M.60 del 2/4/2002) prevede per il benzene per l'anno 2010 un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Poiché la normativa prevede il calcolo su un monitoraggio annuale, il servizio scrivente si riserva di elaborare un giudizio al termine della seconda campagna di rilevamento.

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno è stata determinata una concentrazione media (media delle medie giornaliere) pari a $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media oraria è pari a $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 15). L'andamento del giorno medio è pressoché piatto, non presenta i picchi tipici da traffico veicolare (Figura 21), e i valori registrati (Figura 19) sono inferiori a quelli della stazione di Rivoli, maggiormente vicina ad una strada ad intenso traffico (corso Francia).

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi i valori risultano ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 15– Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.4
Media delle medie giornaliere	0.9
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	77%
Media dei valori orari	1.0
Massima media oraria	5.6
Ore valide	583
Percentuale ore valide	81%

Tabella 16: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	2.1
Massima media giornaliera	7.3
Media delle medie giornaliere	4.2
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	77%
Media dei valori orari	4.2
Massima media oraria	42.4
Ore valide	586
Percentuale ore valide	81%

Figura 19– Benzene: andamento della concentrazione oraria e confronto con i dati di Rivoli.

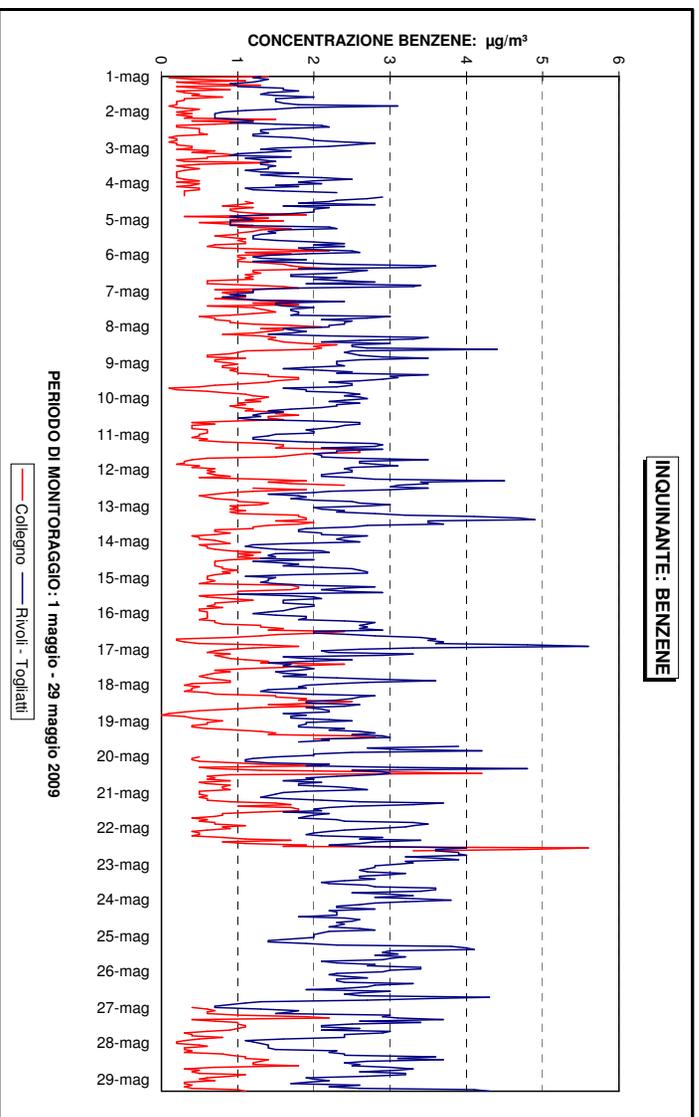


Figura 20– Toluene: andamento della concentrazione oraria.

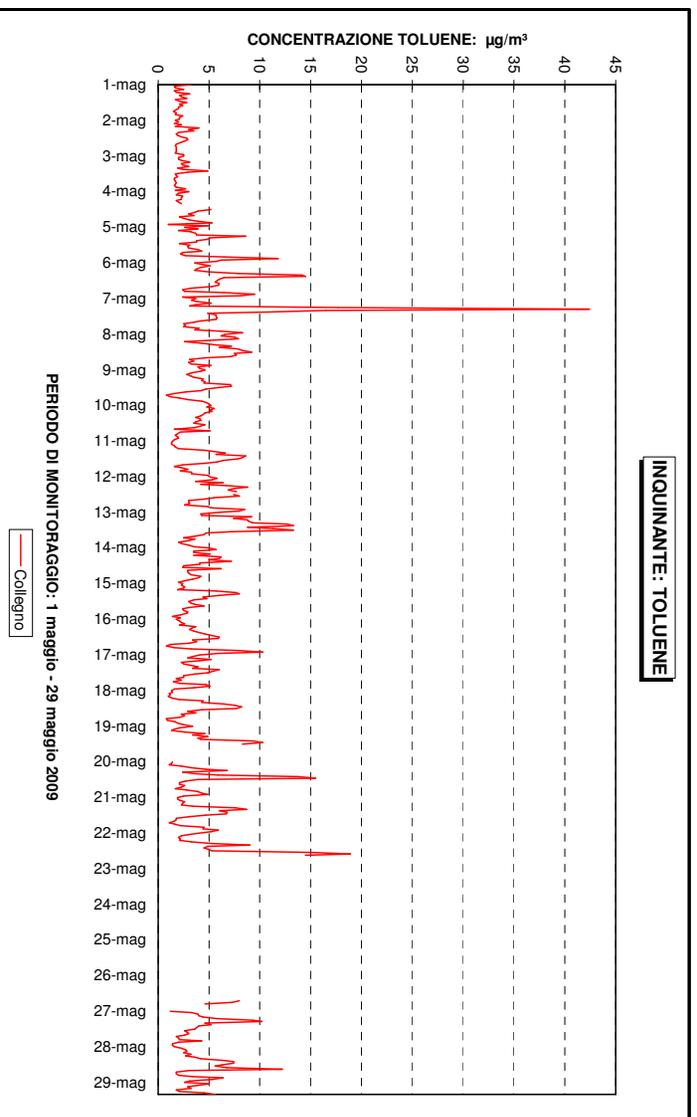
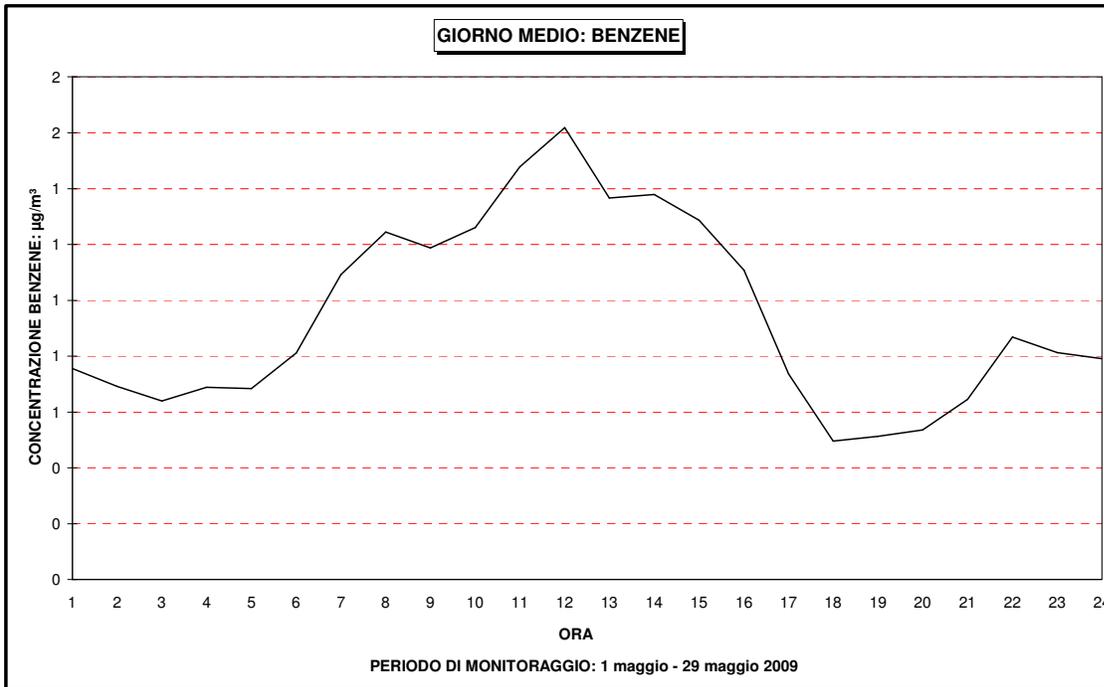


Figura 21– benzene: andamento del giorno medio



Particolato Sospeso (PM₁₀)

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

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la 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 ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

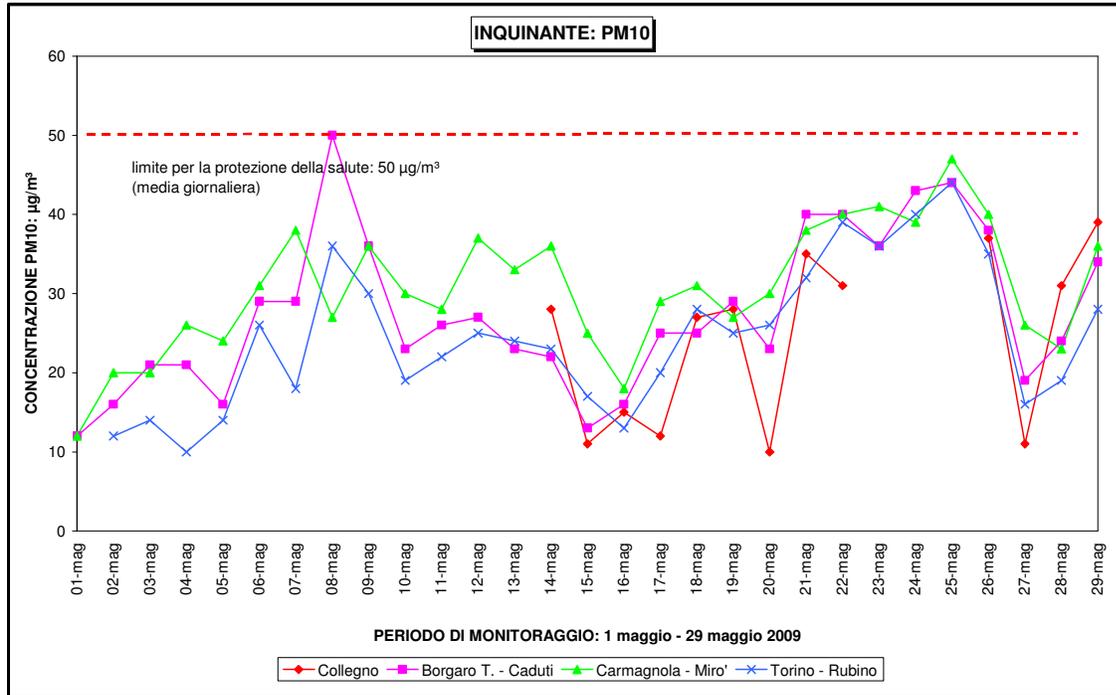
Il DM 60/2002 ha inoltre indicato che venga misurata la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm (PM_{2.5}), per il quale attualmente non sono ancora previsti dei limiti normativi a livello nazionale. Recentemente a livello europeo è stata emanata la direttiva 2008/50/CE (non ancora recepita in Italia) che fissa un valore obiettivo per la concentrazione media annuale di PM_{2.5} pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Collegno non si è avuto alcun superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ nei giorni validi (Tabella 17) il numero dei quali è stato limitato a 13 su 29 di monitoraggio, a causa di un problema tecnico avvenuto al campionatore. La media delle medie giornaliere è pari a 24 µg/m³. Come si può vedere in Figura 22, le concentrazioni sono simili a quelle rilevate nella stazione di Borgaro Torinese e Torino-Rubino, stazioni urbane residenziali di fondo di caratteristiche analoghe al sito considerato, e alle quali si può fare riferimento per avere un'indicazione delle concentrazioni potenzialmente rilevabili in Collegno.

Tabella 17– Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	39
Media delle medie giornaliere	24
Giorni validi	13
Percentuale giorni validi	43%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0

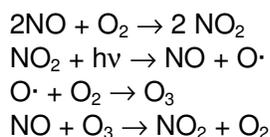
Figura 22– Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati delle stazioni di Borgaro T.se, Carmagnola e Torino-Rubino.



Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



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

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno i livelli di ozono hanno raggiunto la massima media oraria di $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come si può vedere in Tabella 18, si sono registrati 8 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (massimo della media giornaliera su 8 ore $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e 23 superamenti del livello protezione della salute su medie 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In effetti la campagna è stata svolta in un periodo di già intenso irraggiamento solare, che favorisce la formazione di questo inquinante, tipica del periodo estivo.

Complessivamente per questo inquinante la situazione nel sito di monitoraggio è analoga a quella osservata a Alpignano (Figura 23), il cui andamento è sovrapponibile a quello registrato in Collegno.

Anche l'andamento del giorno medio (Figura 24) indica la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura, presentando i valori massimi nel primo pomeriggio, tra le 14 e le 17. Si presenta una certa persistenza dell'inquinante anche in orari notturni, con minimi nelle ore di maggiore traffico veicolare, tra le 6 e le 9 del mattino.

Tabella 18– Dati relativi all’ozono (O₃) (µg/ m³)

Minima media giornaliera	41
Massima media giornaliera	98
Media delle medie giornaliere	70
Giorni validi	25
Percentuale giorni validi	83%
Media dei valori orari	70
Massima media oraria	179
Ore valide	625
Percentuale ore valide	87%
Minimo medie 8 ore	13
Media delle medie 8 ore	70
Massimo medie 8 ore	163
Percentuale medie 8 ore valide	87%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	23
<u>Numero di superamenti dell’obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	8
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

Figura 23– O₃: confronto con i limiti di legge e con la stazione di Alpignano.

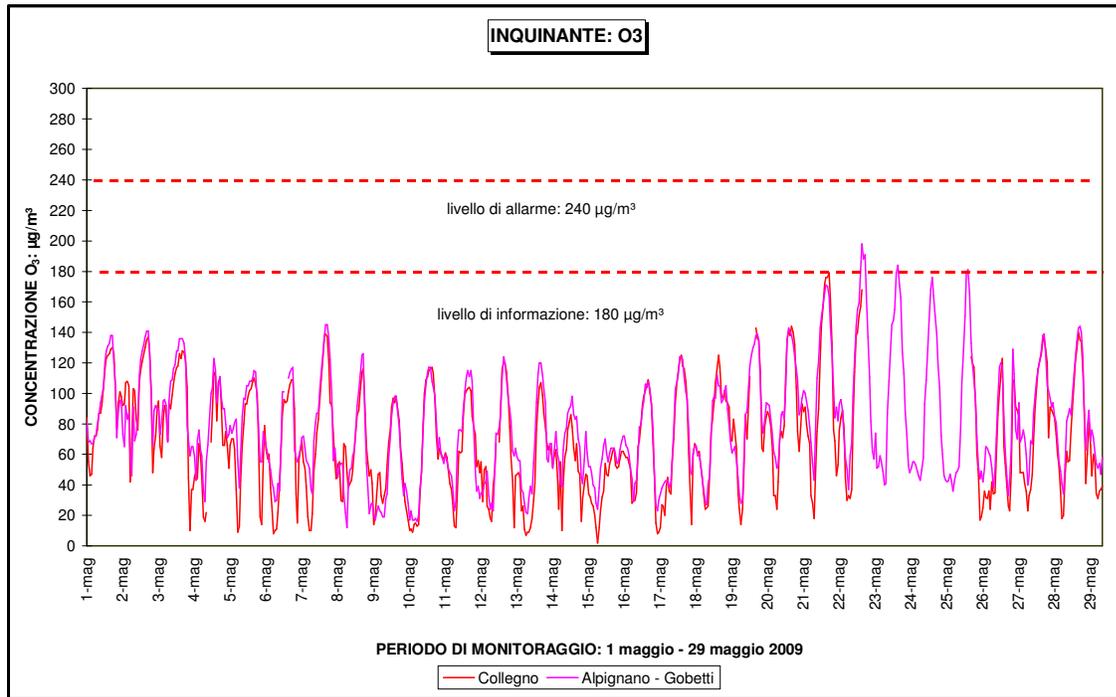
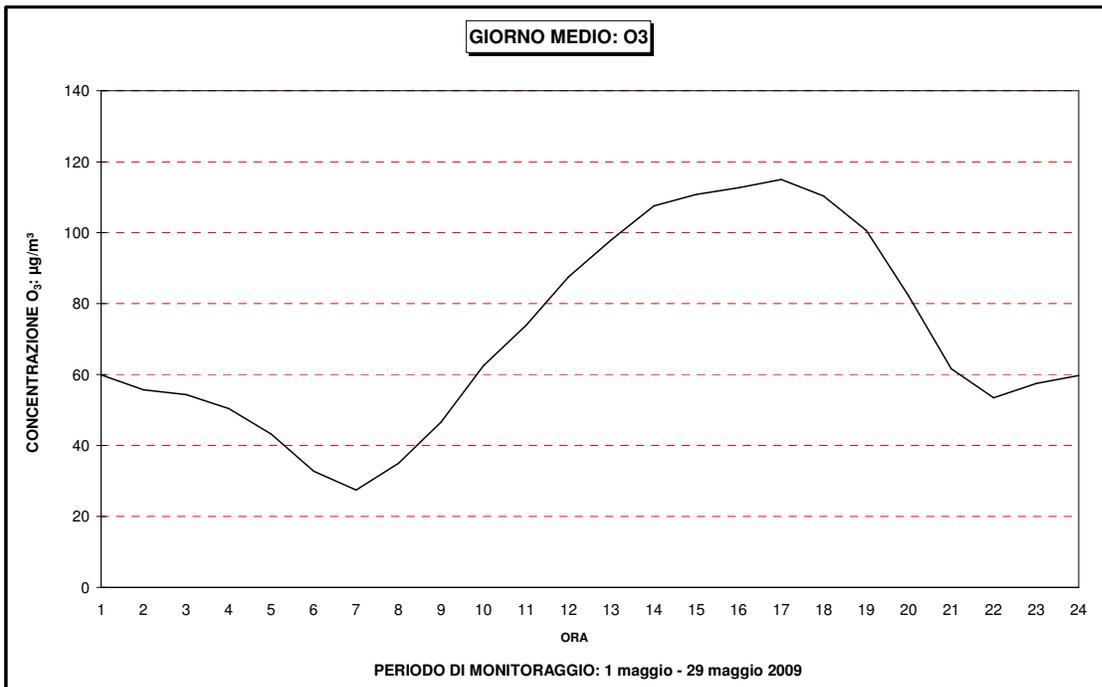


Figura 24– O₃: andamento del giorno medio



CONCLUSIONI

Le caratteristiche della qualità dell'aria nel territorio di Collegno, valutate a seguito della prima campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del laboratorio mobile, rispecchiano quelle osservate in siti simili della provincia di Torino, quale quello di Alpignano e Borgaro Torinese. Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il benzene e il PM₁₀. Il PM₁₀ è un'inquinante, però, maggiormente critico nel periodo invernale, pertanto ci si riserva di fare ulteriori considerazioni nel corso della campagna di monitoraggio che verrà condotta durante tale periodo.

Per contro per il parametro ozono si sono registrati 8 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (massimo della media giornaliera su 8 ore > 120 µg/m³) e 23 superamenti del livello protezione della salute su medie 8 ore (120 µg/m³). Si deve considerare, peraltro, che nello stesso periodo di monitoraggio si sono avuti superamenti anche nella stazione di Alpignano e in tutte le stazioni della Provincia di Torino nelle quali viene misurato l'ozono. La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono infatti un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori di questo inquinante.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**

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

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

- **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**

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

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

- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

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

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

- **Monossido di carbonio** **API 300 A**

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

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

- **Particolato sospeso PM₁₀** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM₁₀; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro EDEROL di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica** **LASTEM**

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

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

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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