

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

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO
DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI CERESOLE REALE. RELAZIONE
CONCLUSIVA (19 Settembre – 23 Ottobre 2007)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Ing. Milena Sacco	Data:	Firma:
Verifica		Data:	Firma:
Approvazione	Funzione: Responsabile S.C. 06.02 Nome: Dott. Carlo Bussi	Data:	Firma:



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

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati 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, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco.

Si ringrazia il personale di Iride Energia per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>5</i>
IL LABORATORIO MOBILE.....	7
IL QUADRO NORMATIVO.....	7
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	11
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	12
<i>Elaborazione dati meteorologici</i>	<i>14</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Ceresole Reale e commento conclusivo ai dati.....</i>	<i>21</i>
Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	21
Giorno medio.....	21
Biossido di zolfo	22
Ossidi di Azoto	24
Monossido d'azoto	24
Biossido d'azoto	25
Monossido di Carbonio.....	27
Benzene e Toluene	30
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	32
Ozono.....	34
CONCLUSIONI	38
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	39

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'aria e i suoi inquinanti

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

Oggi 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 2006", 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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale 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, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007. 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 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, 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 2006".

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.Lgs. 03/08/07, n. 152)	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

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 03/08/07, n. 152)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ^{(1) (2) (3)}
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 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.

(2): La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.

(3): Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero.



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Ceresole Reale è stata richiesta dalla SC05 di Arpa Piemonte, previa consultazione dei funzionari della Direzione regionale competente, al fine di valutare l'appropriatezza del sito per l'installazione di una stazione fissa di fondo rurale in quota, vista la carenza di stazioni di questo tipo nel territorio regionale (nota prot. n. 80112/05 del 13.06.2007)

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:

Borgata Villa, nel piazzale antistante l'impianto di produzione di energia idroelettrica di IRIDE ENERGIA

In Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Ceresole Reale l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio. L'altitudine a cui è stato posto il laboratorio è di 1583 m s.l.m.

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.

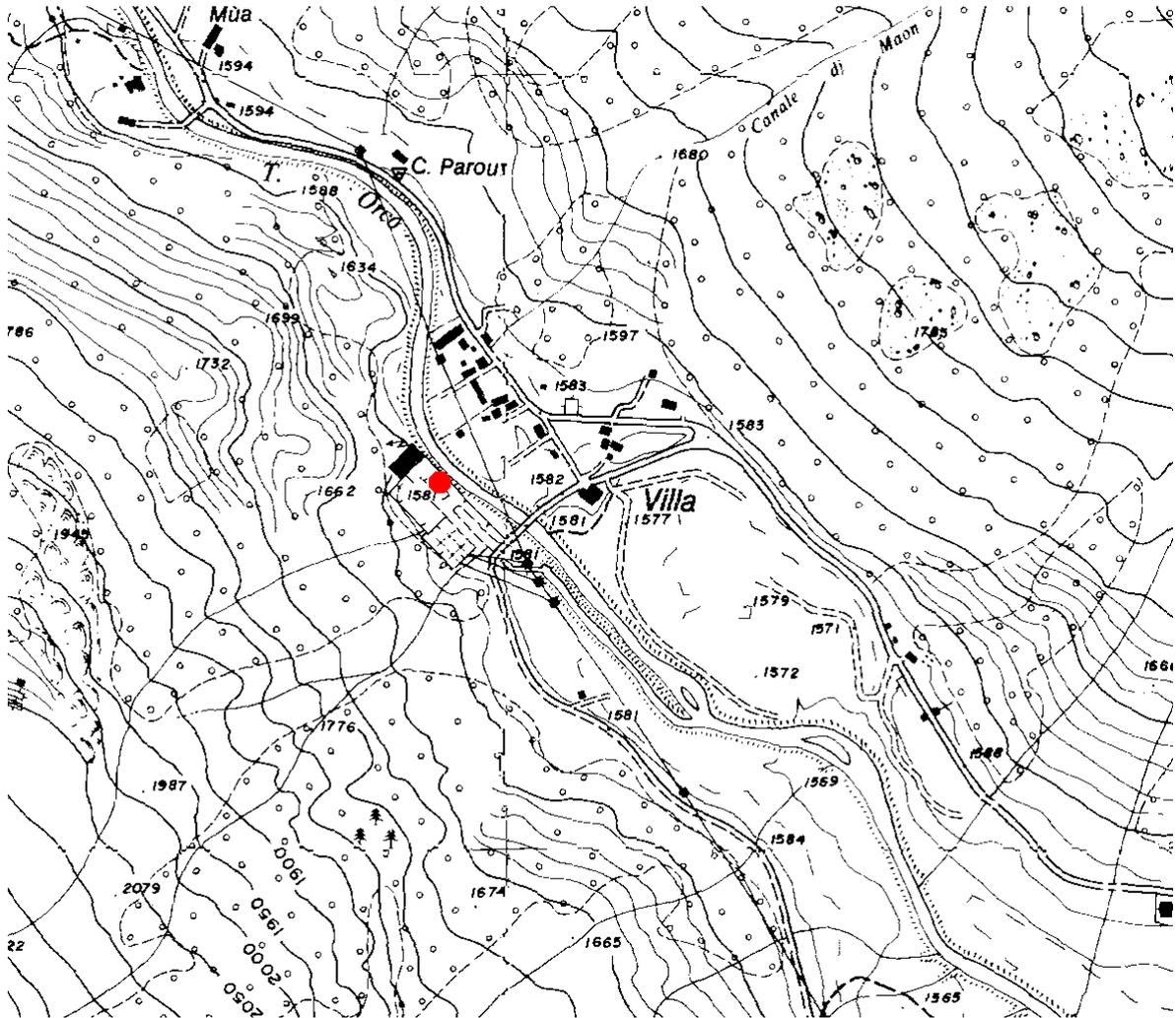
Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato X del D.M. 60/2002), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana 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.

La campagna è stata condotta tra il **19 settembre** e il **23 ottobre 2007** (35 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.

Nella presente relazione sono riportati e commentati i dati relativi agli inquinanti chimici e meteorologici monitorati.

Figura 1 – Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile



Elaborazione dati meteorologici

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

Nelle tabelle riassuntive ([Tabella 5](#), [Tabella 6](#), [Tabella 7](#), [Tabella 8](#), [Tabella 9](#), [Tabella 10](#), [Tabella 11](#)) sono stati riportati i dati rilevati nella campagna di monitoraggio: valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Ceresole Reale.

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

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

Tabella 5: Parametro Temperatura Aria (gradi centigradi)

Minima media giornaliera	-2.1
Massima media giornaliera	10.8
Media delle medie giornaliere	6.0
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	79%
Media dei valori orari	6.1
Massima media oraria	16.7
Ore valide	669
Percentuale ore valide	84%

Tabella 6: Parametro Umidità Relativa (percentuale)

Minima media giornaliera	40.5
Massima media giornaliera	91.4
Media delle medie giornaliere	71.6
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	79%
Media dei valori orari	71.9
Massima media oraria	94.8
Ore valide	669
Percentuale ore valide	84%

Tabella 9: Parametro Velocità Vento (metri/secondo)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.6
Media delle medie giornaliere	0.8
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	94%
Media dei valori orari	0.8
Massima media oraria	3.3
Ore valide	772
Percentuale ore valide	97%

Tabella 7: Parametro Radiazione Solare Globale (W/m^2)

Minima media giornaliera	52.1
Massima media giornaliera	169.8
Media delle medie giornaliere	113.9
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	94%
Media dei valori orari	115.5
Massima media oraria	691.9
Ore valide	773
Percentuale ore valide	98%

Tabella 10: Parametro Direzione Vento (gradi)

Minima media giornaliera	118
Massima media giornaliera	280
Media delle medie giornaliere	215
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	94%
Media dei valori orari	215
Massima media oraria	360
Ore valide	773
Percentuale ore valide	98%

Tabella 8: Parametro Pressione (mbar)

Minima media giornaliera	829.4
Massima media giornaliera	850.4
Media delle medie giornaliere	842.8
Giorni validi	28
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	842.8
Massima media oraria	852.1
Ore valide	701
Percentuale ore valide	89%

Tabella 11: Parametro Radiazione Solare Netta (W/m^2)

Minima media giornaliera	9.7
Massima media giornaliera	68.9
Media delle medie giornaliere	39.4
Giorni validi	30
Percentuale giorni validi	91%
Media dei valori orari	40.9
Massima media oraria	405.6
Ore valide	749
Percentuale ore valide	95%

Figura 2 Pressione Atmosferica

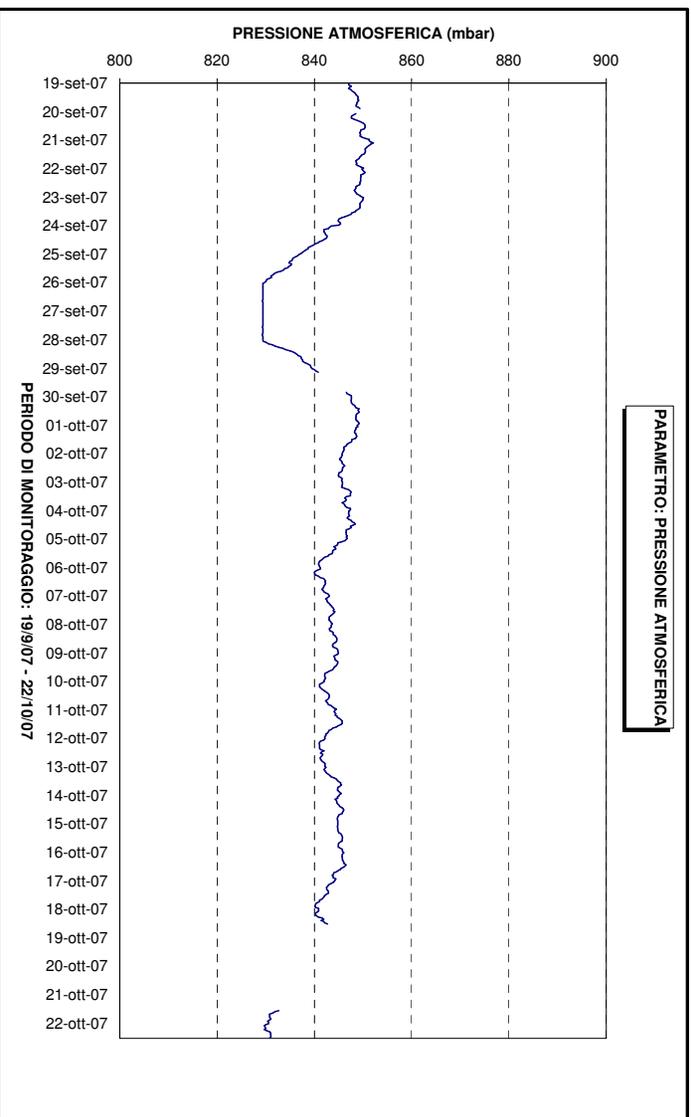


Figura 3 Umidità Relativa

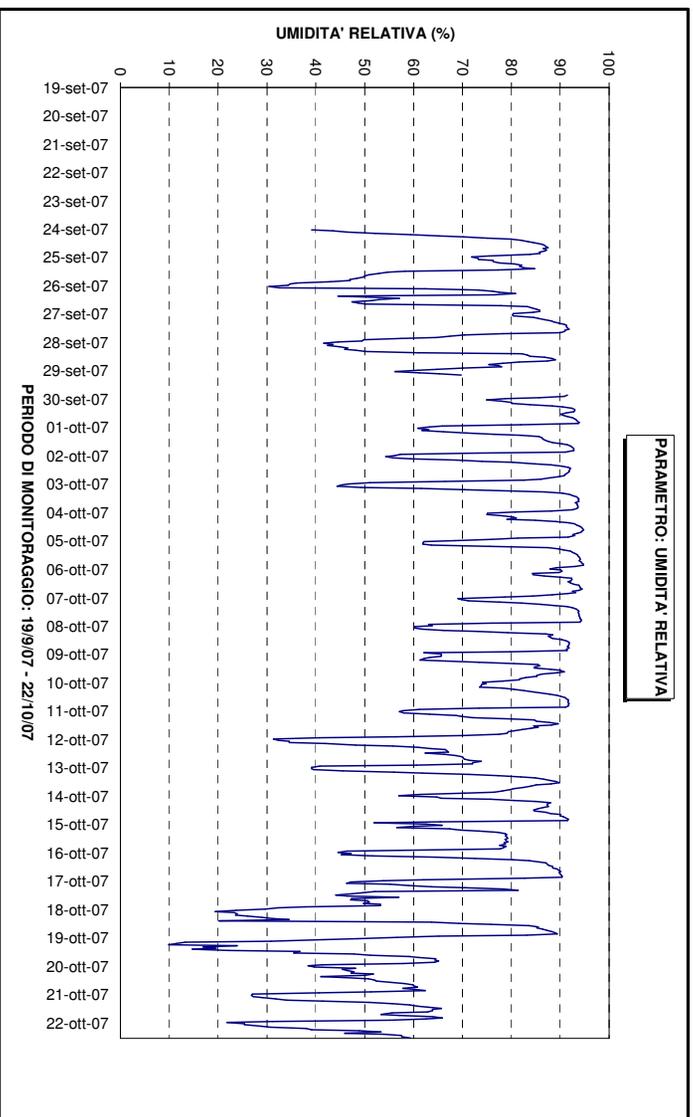


Figura 4 Temperatura aria

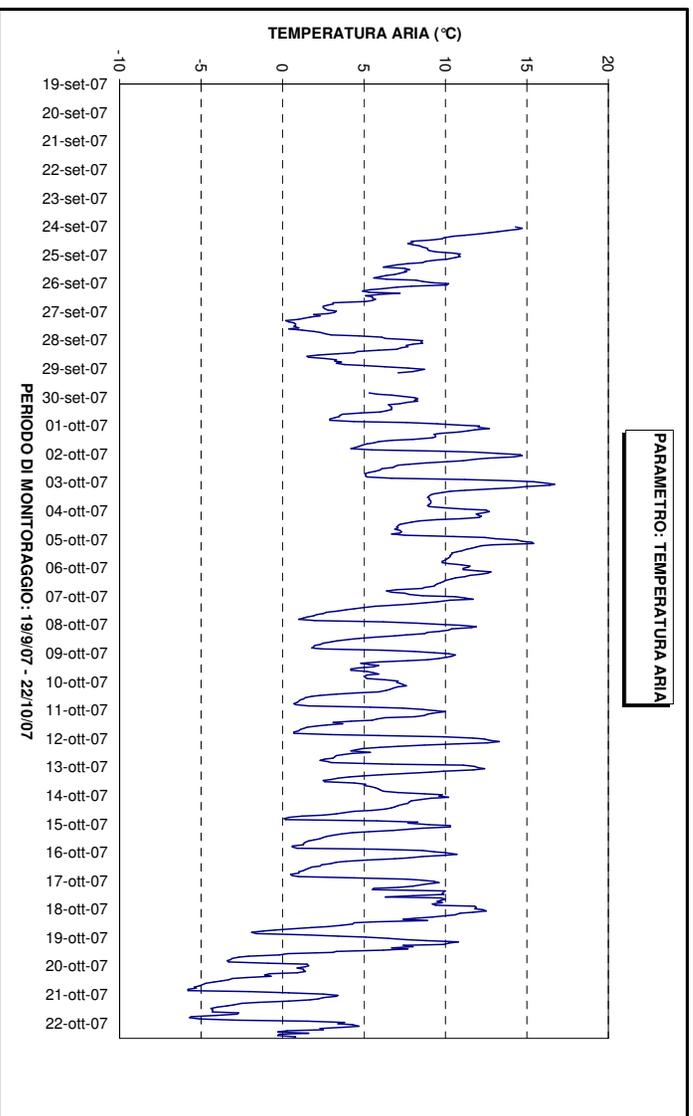


Figura 5: Radiazione Solare Globale

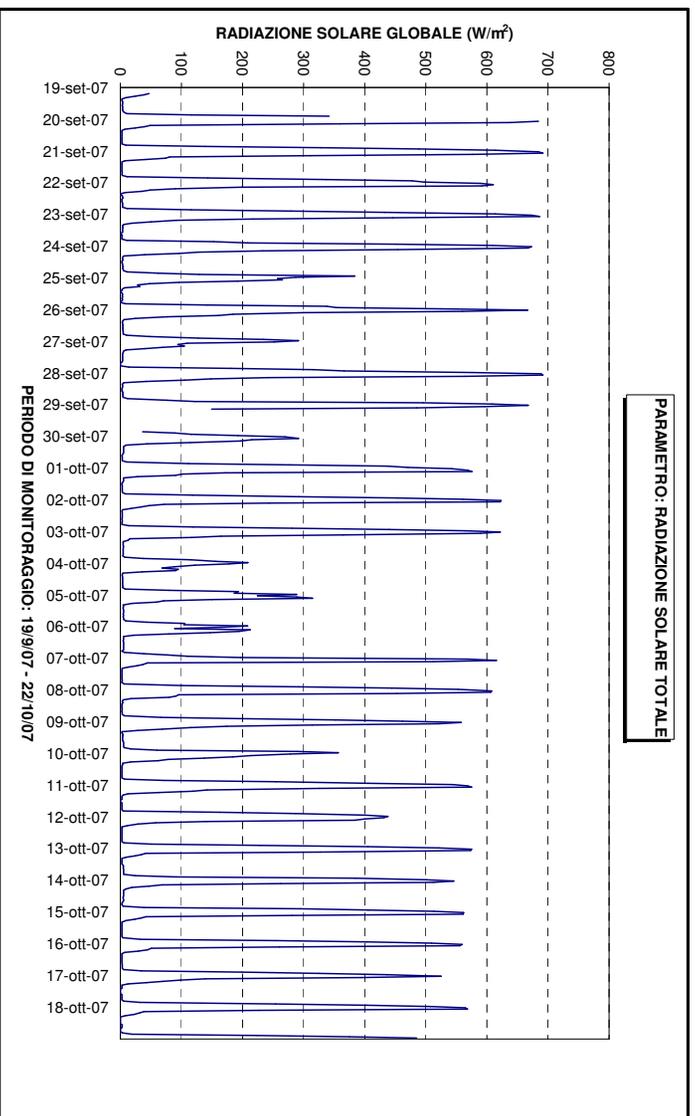


Figura 6 Velocità vento

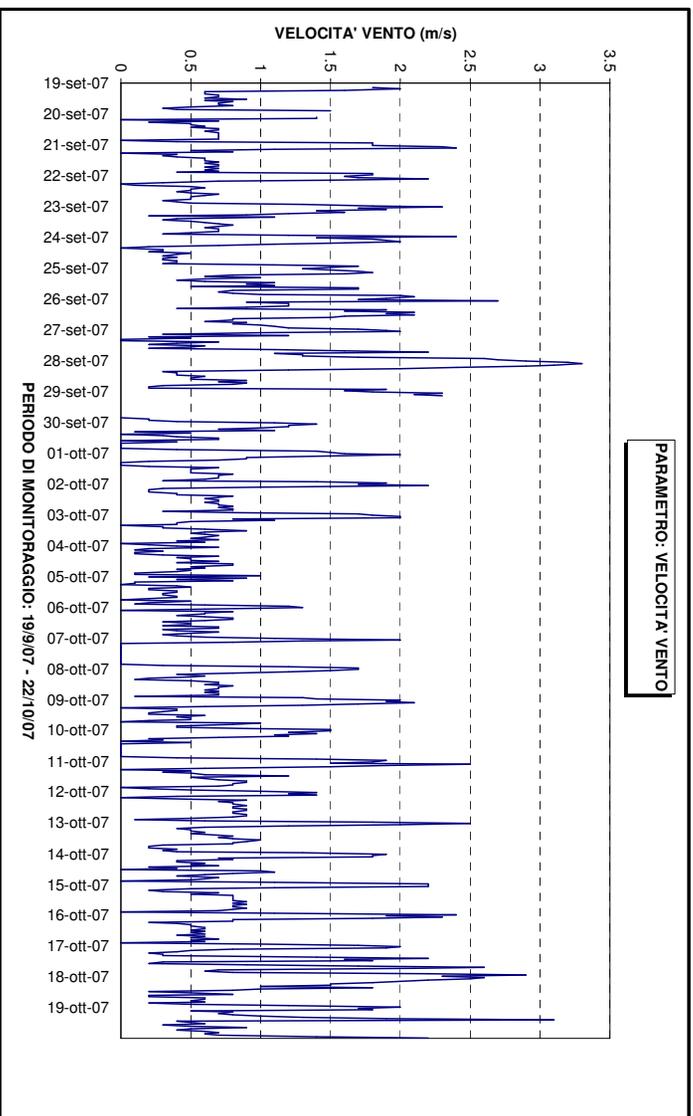


Figura 7 Radiazione Solare Netta

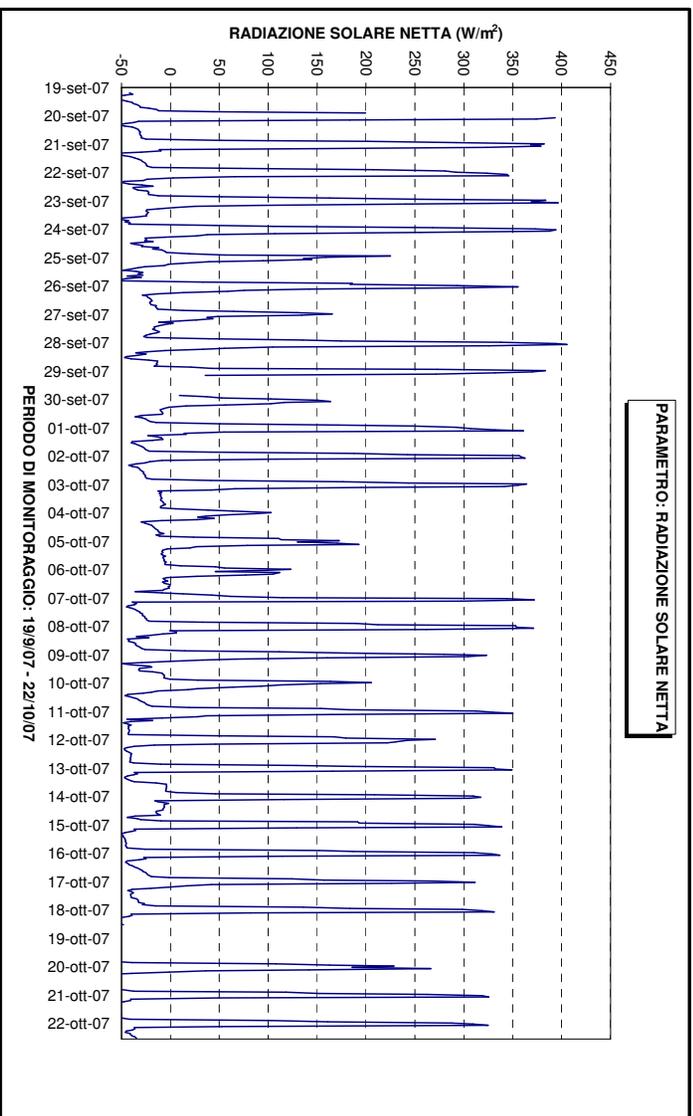


Figura 8 Rosa dei venti Totale con percentuale della classe di velocità

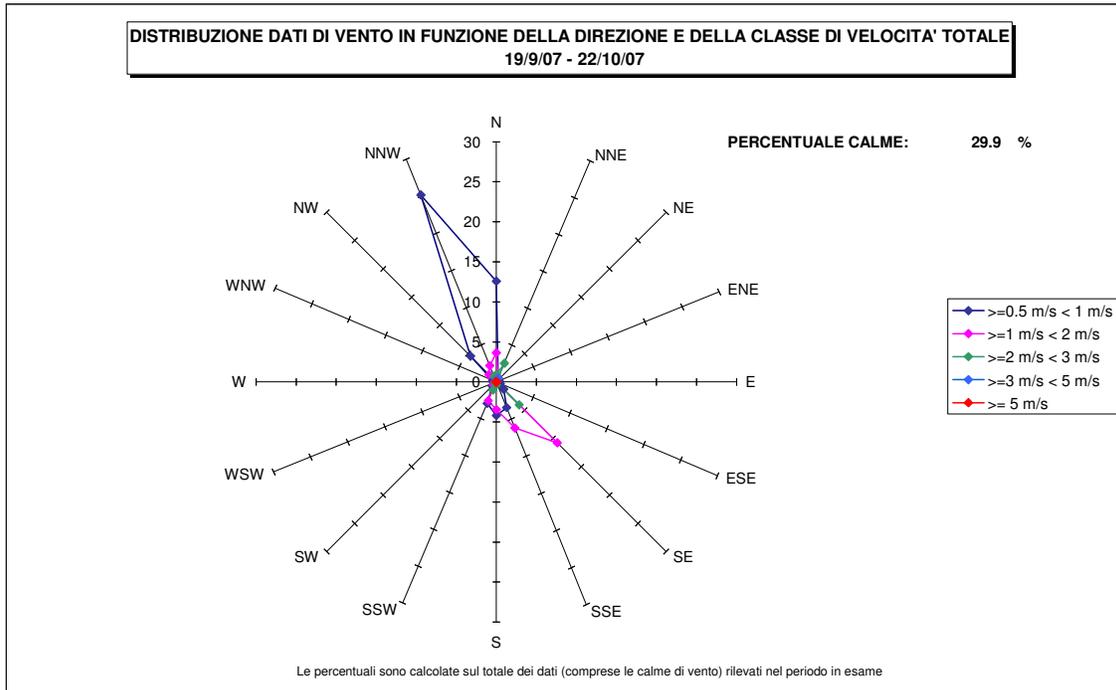


Figura 9 Rosa dei venti diurna con percentuale della classe di velocità

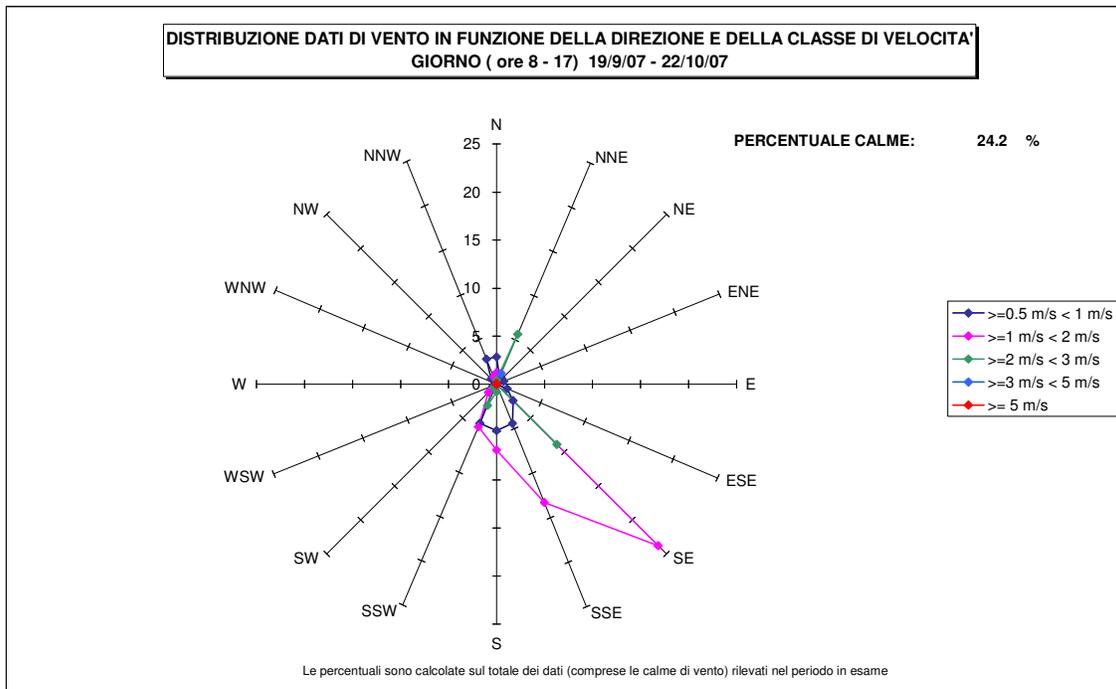
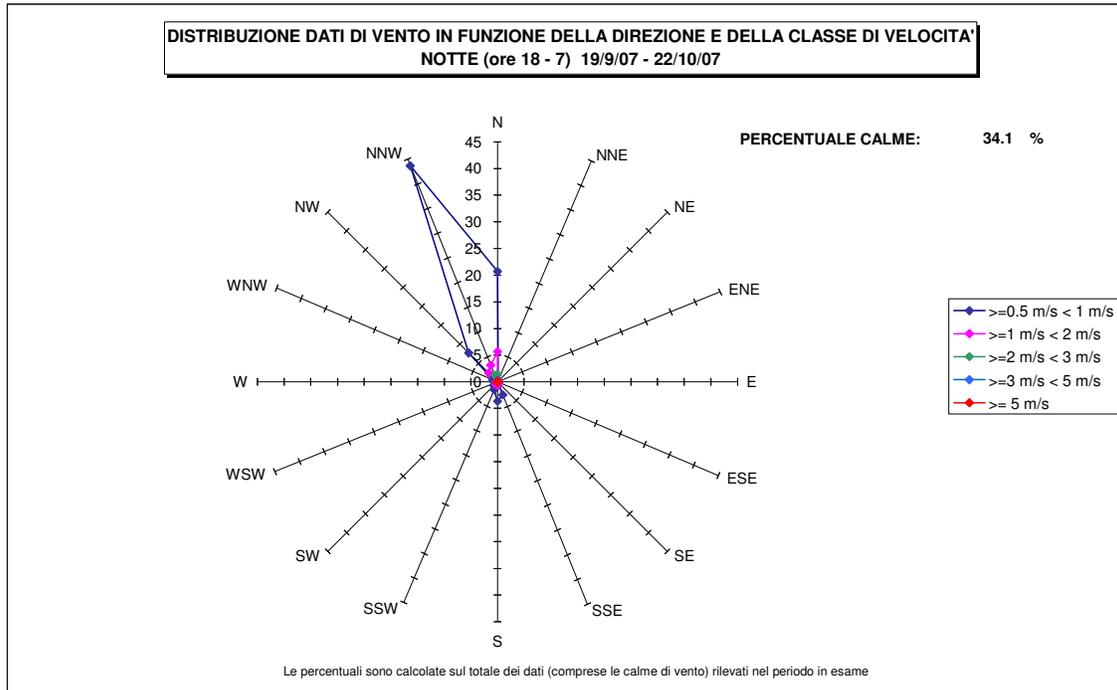


Figura 10 Rosa dei venti notturna con percentuale della classe di velocità



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Ceresole Reale 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 nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

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

Le elaborazioni relative agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e dei metalli sono attualmente in corso, pertanto i risultati verranno esposti in una relazione successiva. 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, 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.

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 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 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Biossido di zolfo

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

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

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

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

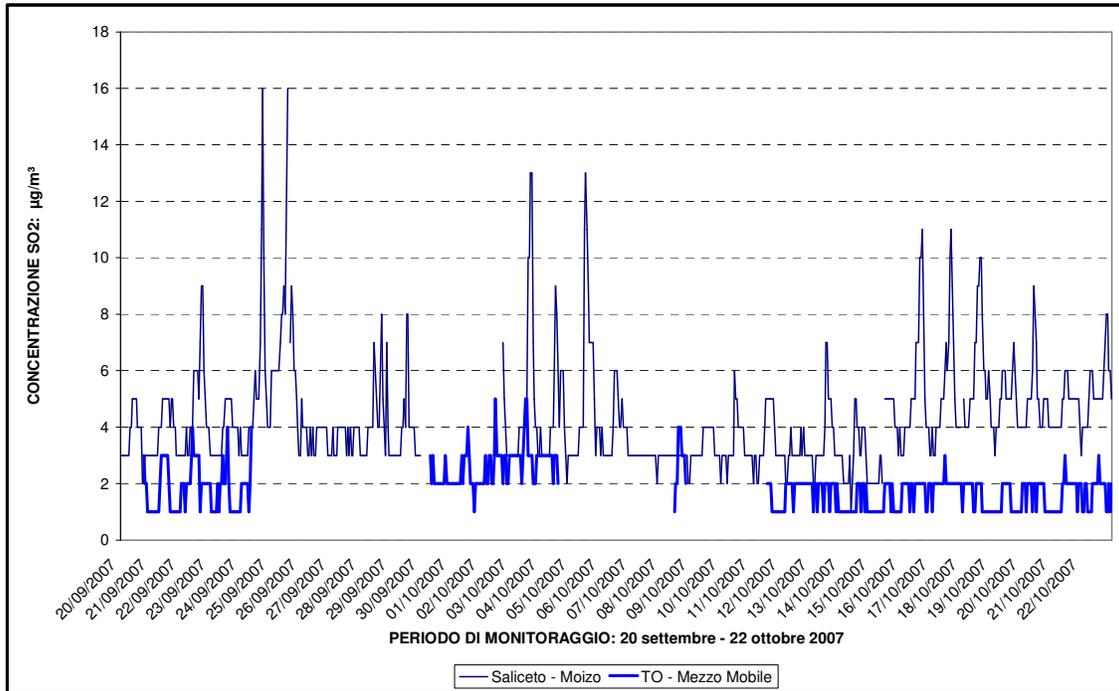
La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Ceresole Reale, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 12), come avviene anche in siti molto più critici dal punto di vista del traffico veicolare e del carico inquinante. Se si confrontano i dati rilevati con un'altra stazione di fondo come quella di Saliceto (CN), pur se posta non in quota (388 m s.l.m.), si può notare come i valori siano inferiori rispetto alla stessa (Figura 11). Il massimo valore giornaliero è pari a 3 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 5 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in 350 µg/m³.

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 - Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/ m³)

Minima media giornaliera	1
Massima media giornaliera	3
Media delle medie giornaliere	2
Giorni validi	17
Percentuale giorni validi	52%
Media dei valori orari	2
Massima media oraria	5
Ore valide	477
Percentuale ore valide	60%
<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: medie orarie - confronto con la stazione di Saliceto



Ossidi di Azoto

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

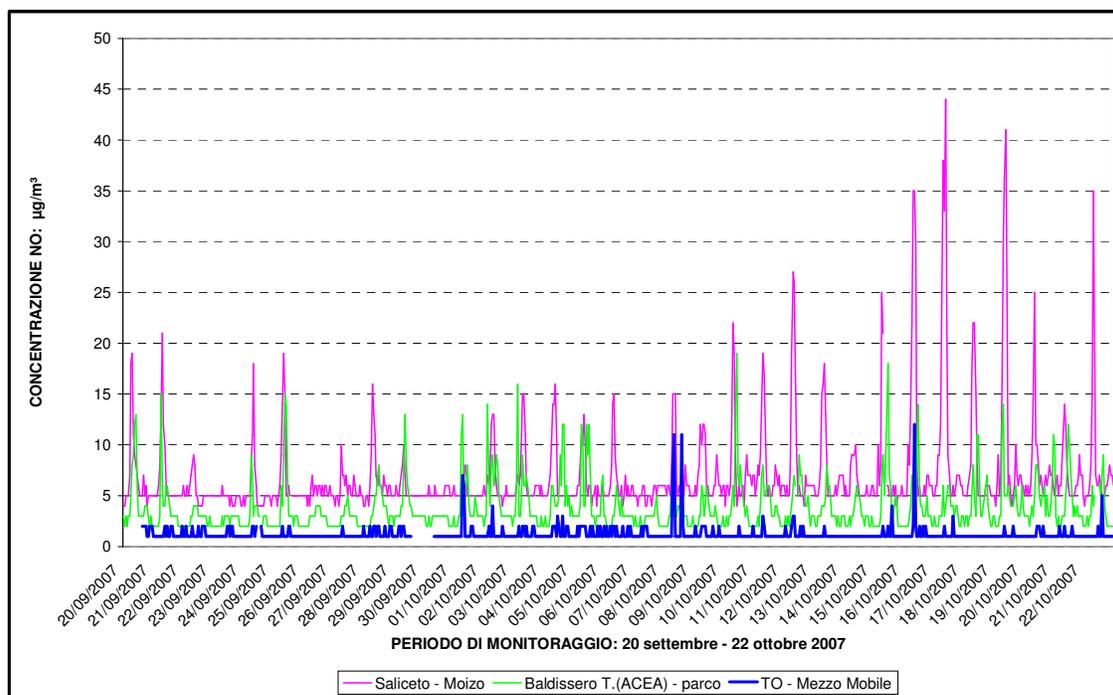
Monossido d'azoto

Il monossido di azoto non è tossico, ma viene misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono. Per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria; nel Comune di Ceresole nel periodo considerato i valori sono bassissimi: il massimo valore registrato (media oraria) è pari a 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media giornaliera è di 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore medio dell'intera campagna è di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 13). Anche il confronto con la stazione di Saliceto e di Baldissero Torinese evidenzia come il monitoraggio a Ceresole abbia rilevato dati tipici di una stazione di fondo rurale (Figura 12).

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

Minima media giornaliera	1
Massima media giornaliera	2
Media delle medie giornaliere	1
Giorni validi	30
Percentuale giorni validi	91%
Media dei valori orari	1
Massima media oraria	12
Ore valide	757
Percentuale ore valide	96%

Figura 12 – Monossido di Azoto, medie orarie. Confronto con le stazioni di Saliceto e Baldissero Torinese



Biossido d'azoto

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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo formato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche in cui sono coinvolti molti precursori.

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

Per quello che riguarda NO₂ (Tabella 14), durante la campagna di monitoraggio nel comune di Ceresole non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³. La Figura 13 permette di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti dalle stazioni poste a Saliceto (di fondo rurale) e Ponzone (in provincia di Biella, posta a 487 m s.l.m. e classificata come di fondo suburbana). Si può notare come le escursioni tra i massimi e i minimi registrati a Ceresole siano molto più ridotti rispetto alle altre due stazioni.

La Figura 14 mostra l'andamento del giorno medio per il biossido di azoto, come si può vedere l'andamento è quasi piatto, in virtù della lontananza della stazioni da fonti di emissione.

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

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	15
Media delle medie giornaliere	12
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	79%
Media dei valori orari	12
Massima media oraria	30
Ore valide	665
Percentuale ore valide	84%
<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 13 – NO₂ : confronto con i dati delle stazioni fisse di Saliceto e Ponzone

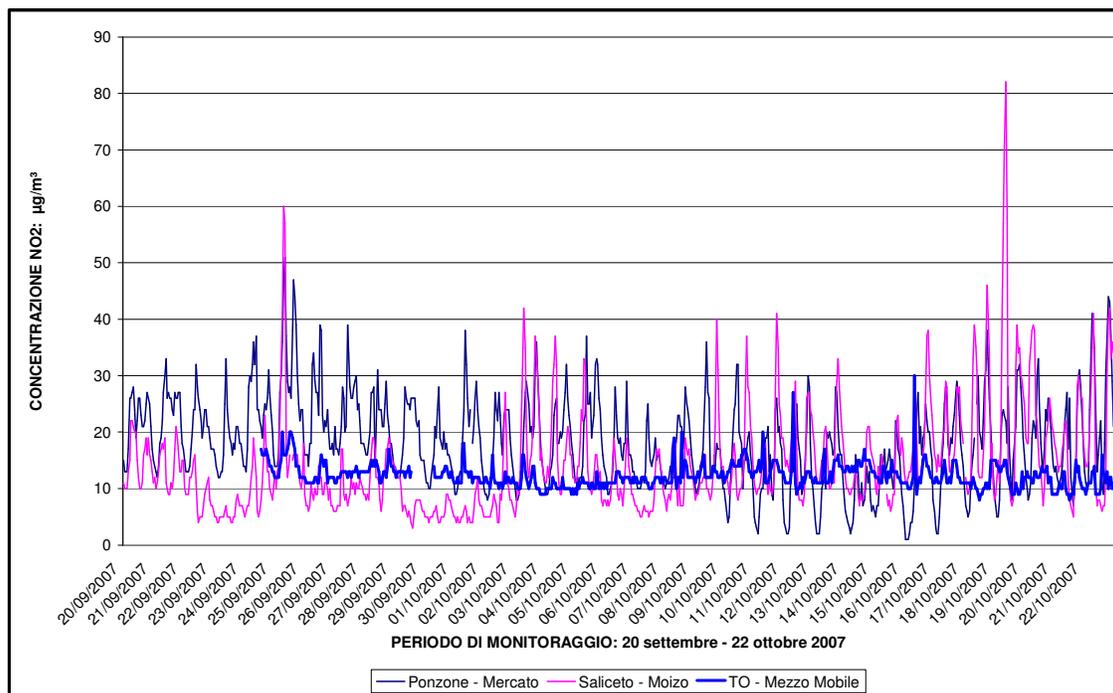
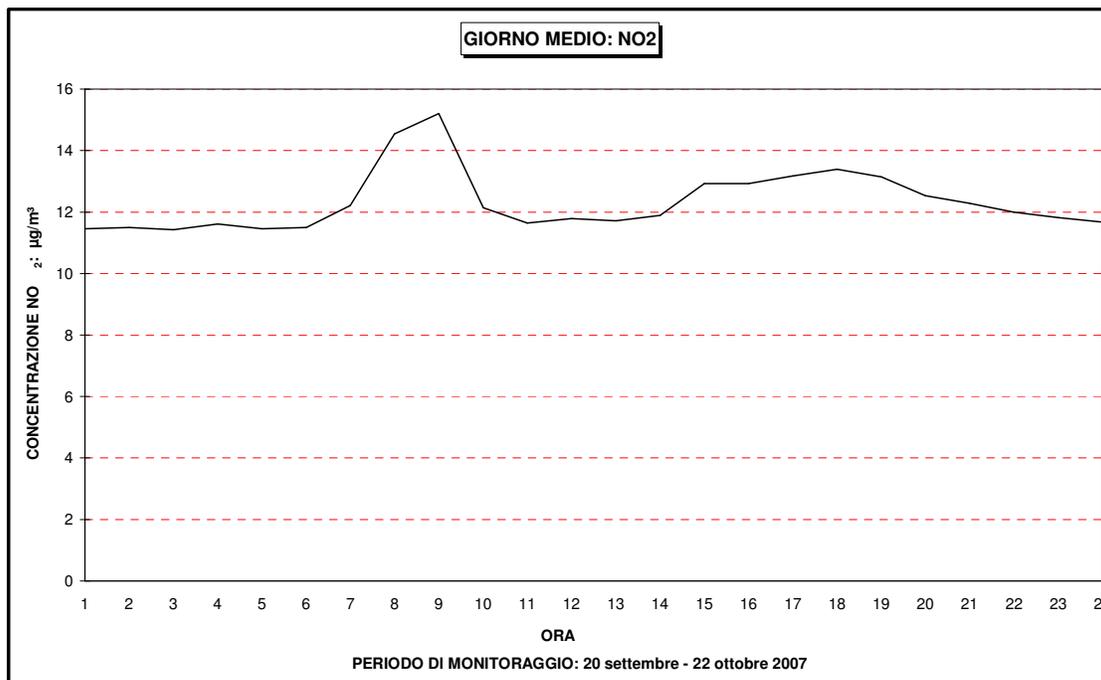


Figura 14 – NO₂: andamento del giorno medio



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/m³) 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 carbossemoglobina, 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.

I dati misurati durante la campagna di Ceresole (Tabella 15) confermano tale andamento osservato su scala regionale. Il DM 60 del 2/04/02 prevede un limite di 10 mg/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 mg/m^3 (Figura 15) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a 0.7 mg/m^3).

La Figura 16 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata; anche in questo caso, come per il biossido di azoto, l'andamento è quasi piatto.

In Figura 17 è invece riportato l'andamento orario confrontato con alcune stazioni di monitoraggio della Regione Piemonte.

Tabella 15: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.6
Media delle medie giornaliere	0.4
Giorni validi	30
Percentuale giorni validi	91%
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	0.7
Ore valide	752
Percentuale ore valide	95%
Minimo delle medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.4
Massimo delle medie 8 ore	0.6
Percentuale medie 8 ore valide	94%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

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

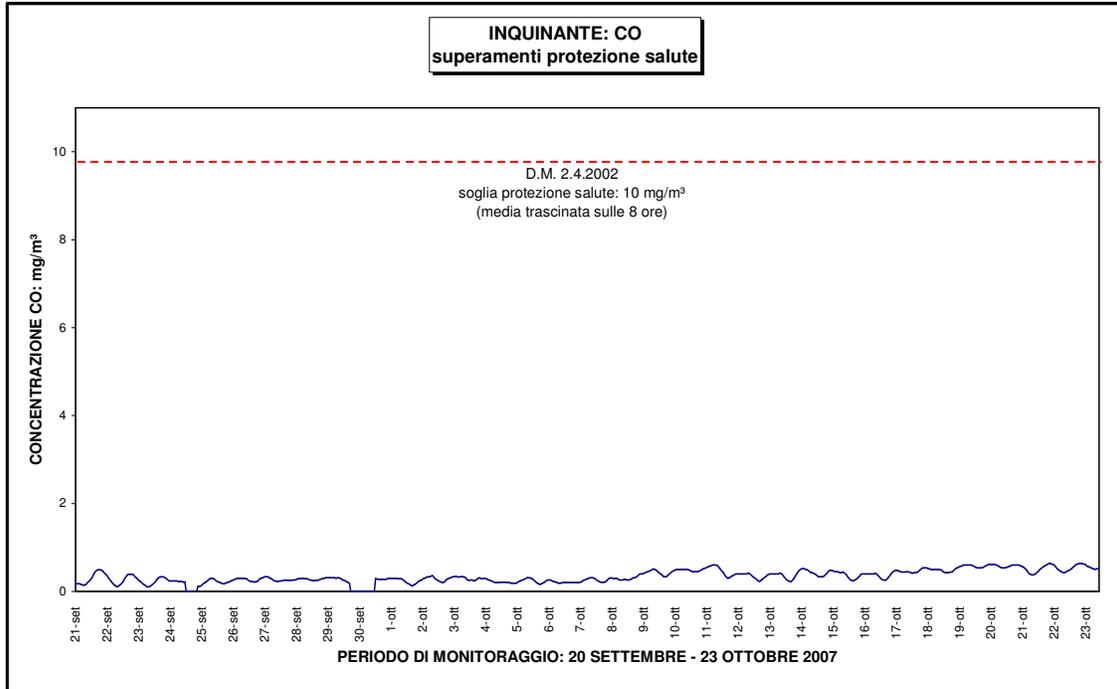


Figura 16– CO: andamento del giorno medio

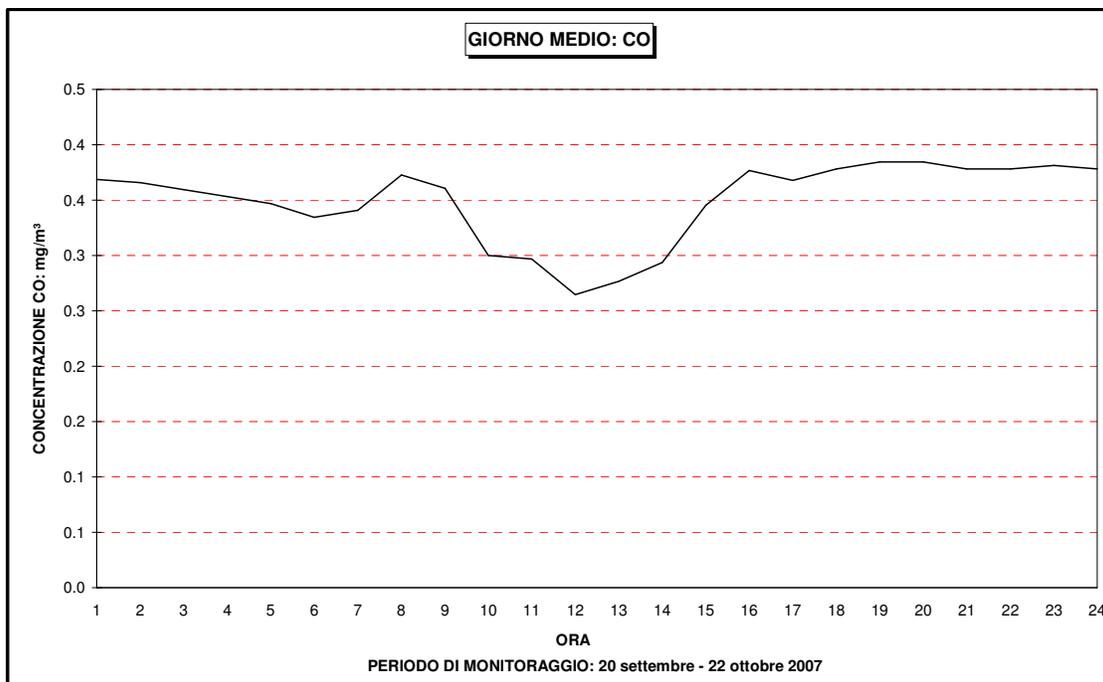
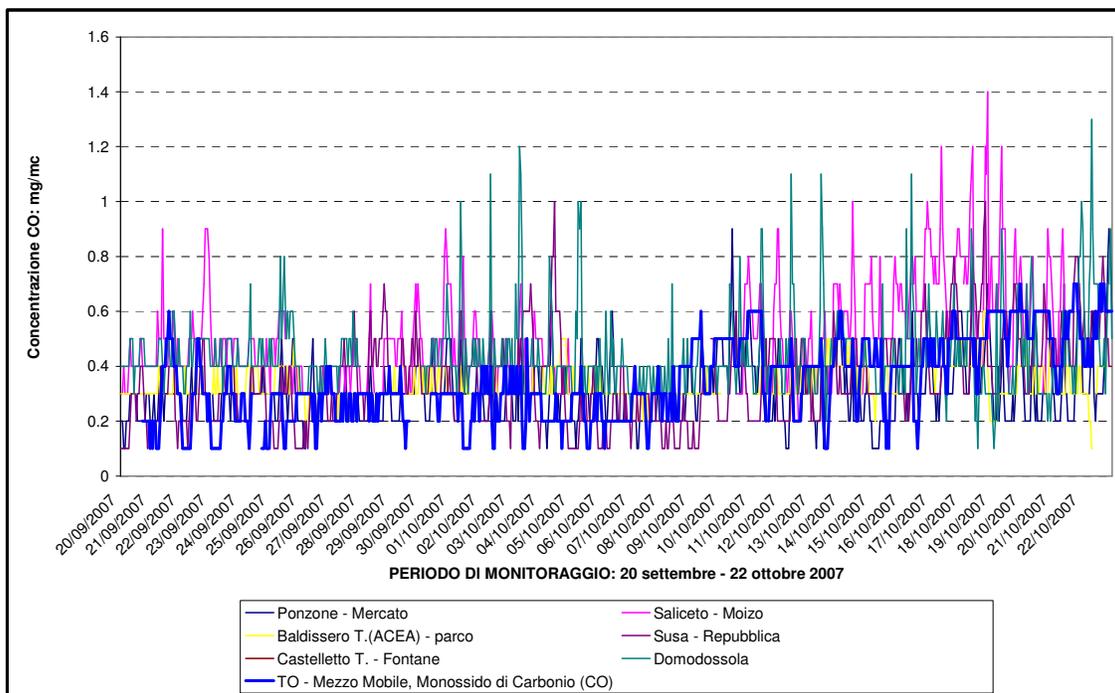


Figura 17– CO: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Ponzone, Susa, Saliceto, Castelletto Ticino, Baldissero Torinese e Domodossola



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) 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il 2007 un valore limite di 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel 2010 il limite in vigore sarà di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Ceresole Reale è stata determinata una concentrazione media pari a 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media delle medie giornaliere), come riportato in [Tabella 16](#), valore circa 10 volte inferiore rispetto ai valori registrati in ambito urbano.

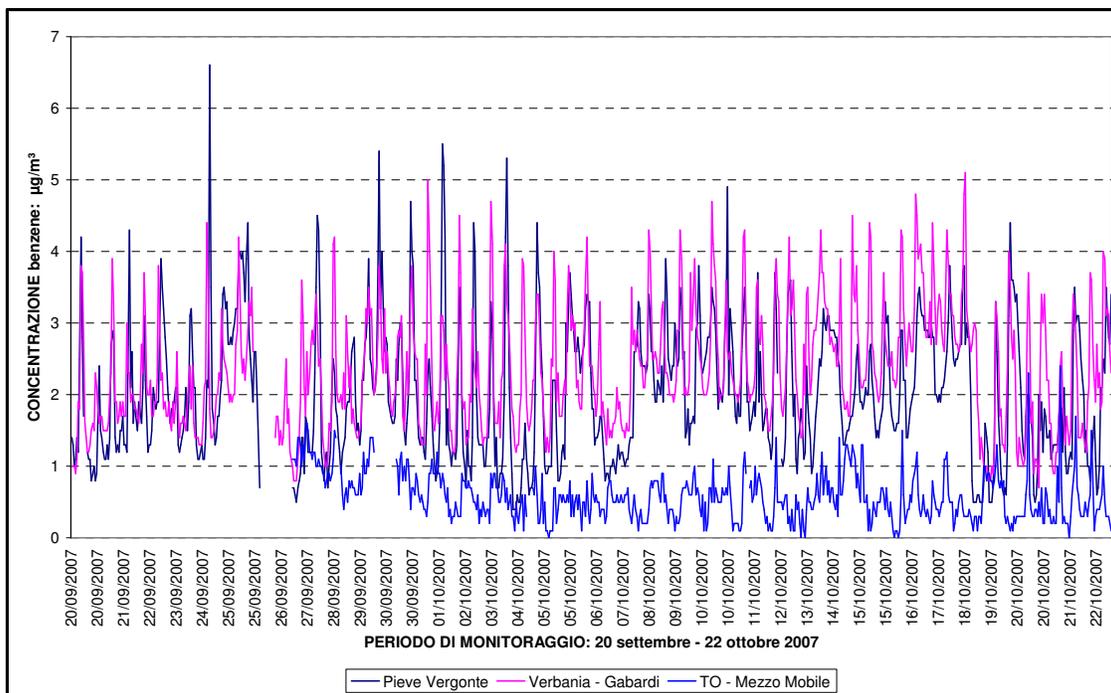
In [Figura 18](#) è riportato l'andamento delle medie orarie confrontato con le stazioni di Pieve Vergonte e Verbania-Gabardi.

I valori di toluene registrati durante la campagna di monitoraggio sono stati tutti invalidati, in quanto aventi andamento non coerente con quelli registrati in altre stazioni di fondo.

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

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.2
Media delle medie giornaliere	0.6
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	73%
Media dei valori orari	0.6
Massima media oraria	2.4
Ore valide	599
Percentuale ore valide	76%

Figura 18 – Benzene: andamento orario e confronto con i dati della stazione di Pieve Vergonte e Verbania-Gabardi



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.

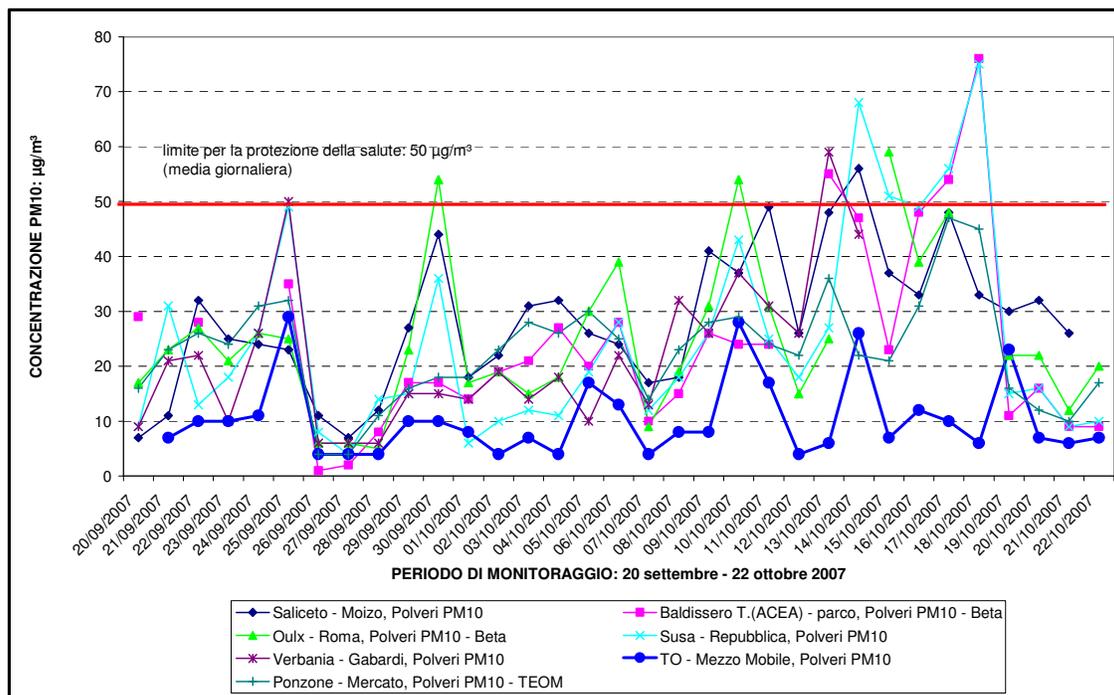
Nel monitoraggio eseguito nel comune di Ceresole Reale non si ha alcun superamento del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutti i giorni di misura validi, complessivamente 32, come indicato in Tabella 17 e in Figura 19. La massima media giornaliera è pari a 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore ampiamente al di sotto del limite di legge.

La Figura 19 mostra come i valori registrati a Ceresole si collochino tra i minimi registrati in tutta la regione Piemonte.

Tabella 17 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	29
Media delle medie giornaliere	10
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	97%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

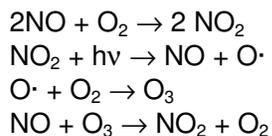
Figura 19– Particolato sospeso PM_{10} : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati delle stazioni di Saliceto, Oulx, Verbania-Gabardi, Baldissero T.se, Susa



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 periodo di campionamento si sono registrati 37 superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come media trascinata sulle 8 ore - [Figura 21](#)) e 4 superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria), come riportato in [Tabella 18](#).

L'andamento del parametro è molto simile a quello registrato in altri siti in quota (Baldissero, Oulx e Pino T.se), come si può notare in [Figura 20](#) e [Figura 22](#). I valori registrati nelle stazioni in quota sono solitamente superiori a quelli delle stazioni di pianura, sia a causa della minor presenza di inquinanti (ad es. NO), che riducono l'ozono, sia a causa dei maggiori scambi di ozono con gli strati più alti dell'atmosfera.

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

Minima media giornaliera	32
Massima media giornaliera	132
Media delle medie giornaliere	76
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	79%
Media dei valori orari	76
Massima media oraria	201
Ore valide	684
Percentuale ore valide	86%
Minimo delle medie 8 ore	13
Media delle medie 8 ore	75
Massimo delle medie 8 ore	174
Percentuale medie 8 ore valide	85%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	37
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	6
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	4
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	1
<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 20 – O₃: confronto con i limiti di legge e con le stazioni di Baldissero, Oulx e Pino T.se

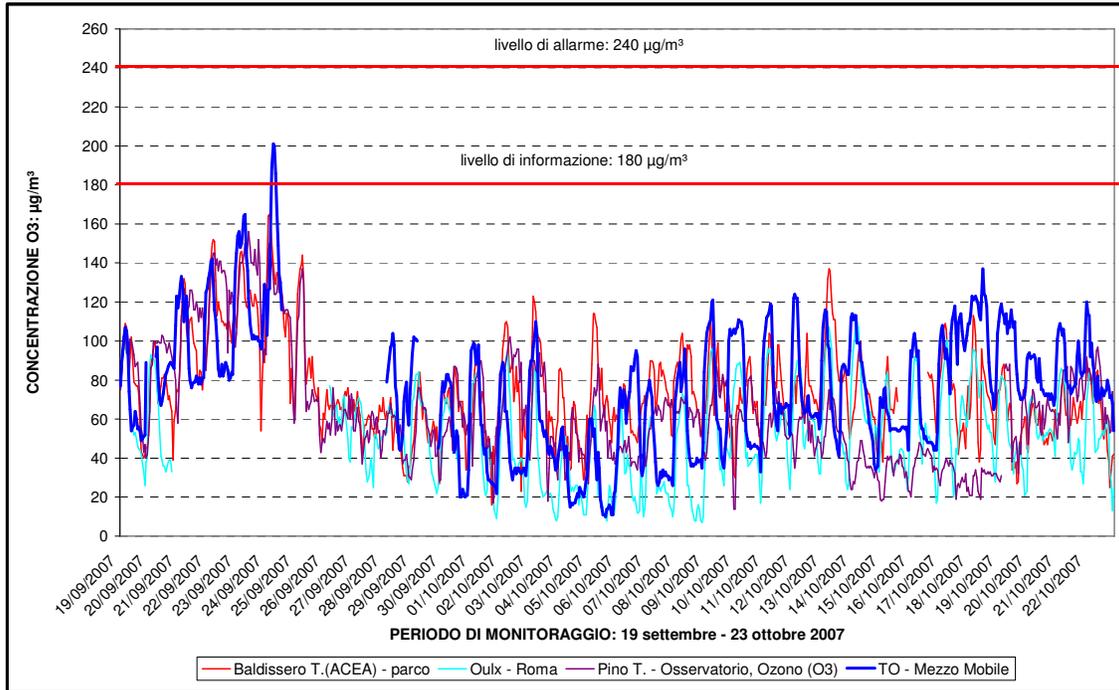


Figura 21 – O₃: andamento delle medie trascinate su 8 ore

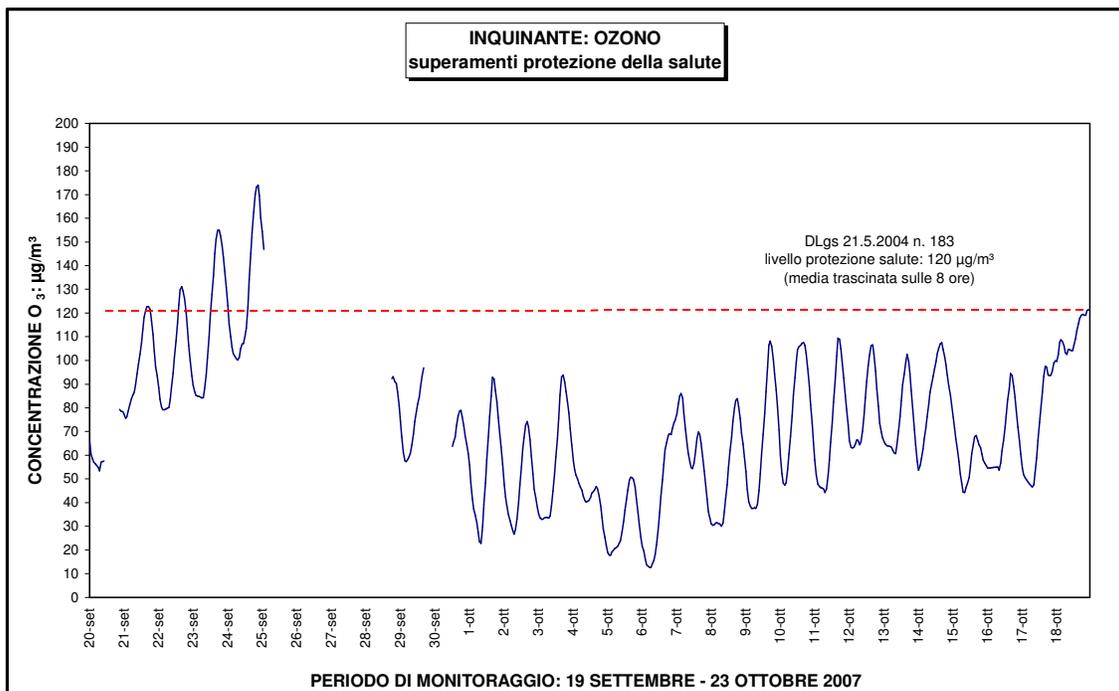
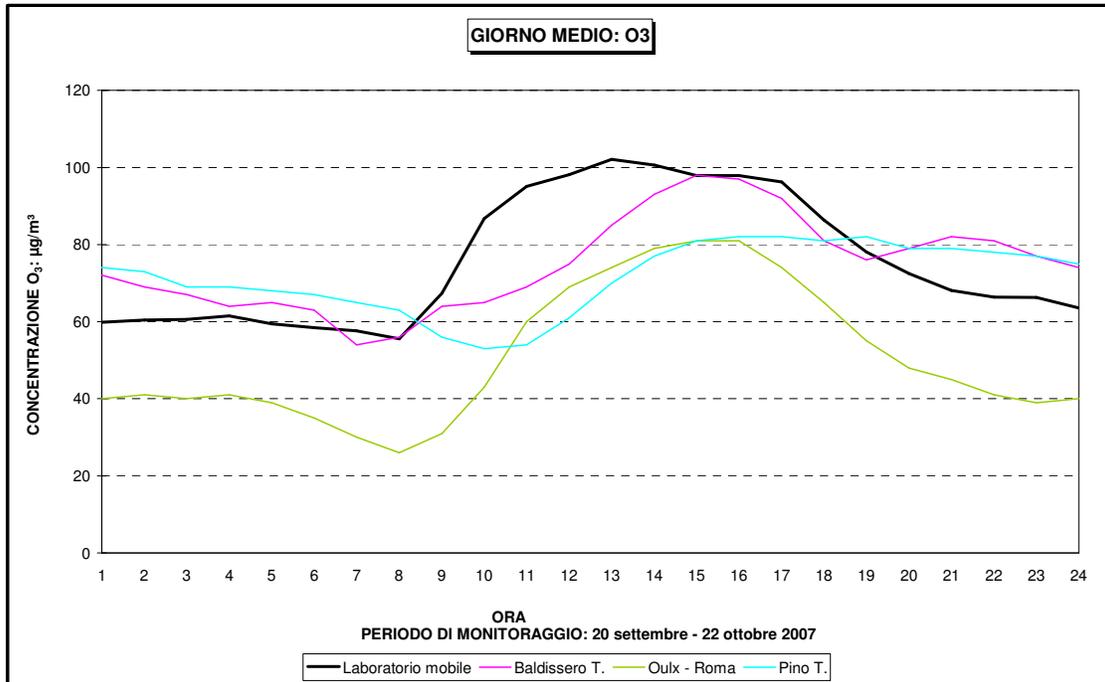


Figura 22 – O₃: andamento giorno medio confrontato con le stazioni di Baldissero, Oulx e Pino T.se



CONCLUSIONI

Il monitoraggio condotto nel comune di Ceresole Reale ha indicato come il sito possa essere considerato adatto per l'ubicazione di una stazione di fondo rurale in quota.

Le concentrazioni rilevate sono inferiori a quelle registrate dalla rete di monitoraggio piemontese, anche in stazioni di fondo rurale, ad eccezione dell'ozono, il cui andamento è tipico di una stazione posta ad una certa altitudine e pertanto ha presentato dei superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come media trascinata sulle 8 ore) e del livello d'informazione (pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria). Ci si attende pertanto che il livelli siano ancora superiori nel periodo estivo, maggiormente critico per 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;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;