



Laboratorio Mobile
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico
Comune di Triuggio
Via Aldo Moro c/o Scuola Media

02/10/2007 – 02/11/2007



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

Comune di Triuggio

Via Aldo Moro c/o Scuola Media

MONZA,

Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile

p.i. Davide Paladini

p.i. Valter Meda

Il Responsabile del Procedimento

dott. Raffaella Marigo

Il Responsabile dell'U. O. Sistemi Ambientali

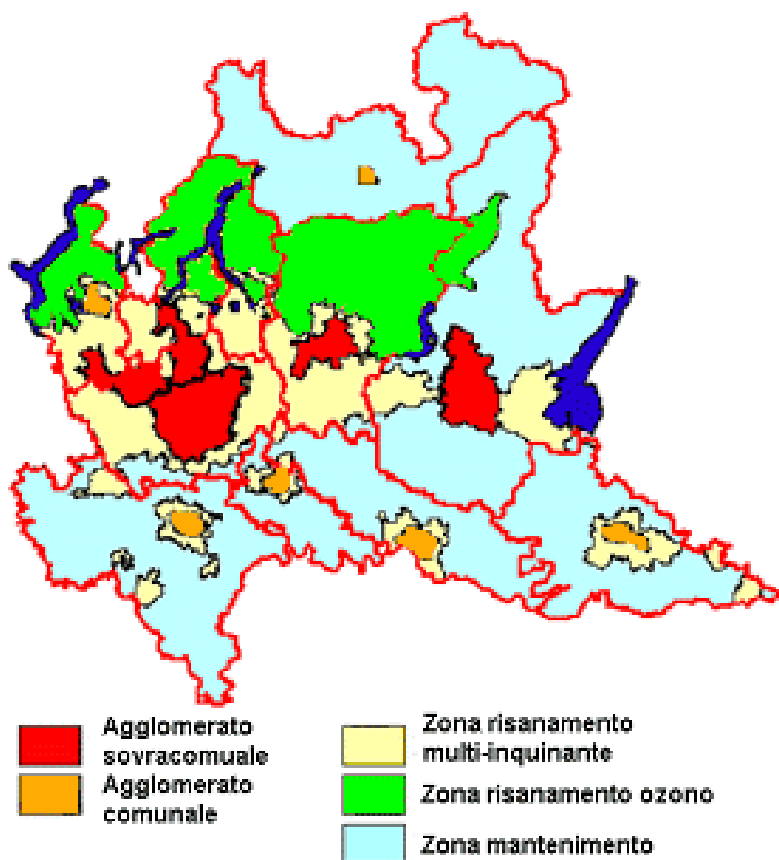
dott. geol. Madela Torretta

Premessa

La misura della qualità dell'aria è utile per garantire la tutela della salute della popolazione e la protezione degli ecosistemi.

La legislazione italiana, costruita sulla base della cosiddetta direttiva europea madre (Direttiva 96/62/CE recepita dal D.Lgs. 351/99), definisce che le Regioni sono l'autorità competente in questo campo, e prevede la suddivisione del territorio in zone e agglomerati sui quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite.

La Regione Lombardia con provvedimenti successivi ha zonizzato il territorio in zone ed agglomerati:



Nelle zone e negli agglomerati la valutazione della qualità dell'aria deve essere condotta in modo integrato, mediante le stazioni fisse ma anche i mezzi mobili, le campagne con campionatori passivi, i modelli matematici di dispersione le stime obiettive, quali quelle fornite dall'inventario comunale delle emissioni INEMAR.

Introduzione

Il Laboratorio Mobile è stato posizionato, in accordo con i tecnici dell'Amministrazione Comunale, all'interno del parco giochi di via Aldo Moro, adiacente alla scuola media, rispettando i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento (Allegato VIII del D.M. 60/02).

La strumentazione montata sul furgone permette il rilevamento dei seguenti inquinanti:

- Ossidi di azoto (NO_x);
- Monossido di carbonio (CO);
- Ozono (O₃);
- Particolato fine (PM10);

Tale strumentazione è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria permettendo così un confronto diretto delle misure rilevate nel sito di misura con i dati raccolti dalle centraline della rete fissa di monitoraggio.

L'apparecchiatura in dotazione risponde alle caratteristiche previste dalla normativa vigente (D.P.C.M. 28/3/83, D.P.R. 24/5/88, D.M. 60/02).

Anche per le altezze delle sonde di prelievo sono fornite indicazioni nazionali e regionali:

- il monossido di carbonio viene prelevato a 1.6 m dal suolo (altezza uomo) e a non più di 5 metri dal ciglio della strada;
- la sonda per il prelievo di NO_x e O₃ è posta a tra 1.5 e 4 m di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 m dal suolo.

Normativa

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi.

Per quanto riguarda i limiti a lungo termine, viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana, della vegetazione e degli ecosistemi (D.P.C.M. 28/3/83 – D.P.R. 24/5/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 16/5/96 – D.M. 2/4/02) allo scopo di prevenire esposizioni croniche; per gestire episodi d'inquinamento acuto vengono invece utilizzate le soglie di attenzione e allarme (D.M. 16/5/69 – D.M. 2/4/02 - D.L. 21/5/04).

E' importante sottolineare che il D.M. 60 del 2/4/02 ha introdotto, oltre ad una serie di valori limite, anche le date alle quali tali valori devono essere raggiunti; esso prevede inoltre un percorso nel tempo che porta ad un graduale raggiungimento dei limiti, stabilendo un margine di tolleranza che si riduce negli anni. Nella tabella seguente tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2007.

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2007.

Biossido di Zolfo	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione ecosistemi	20	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. 2/4/02
Soglia di allarme	500	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 2/4/02

Biossido di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	200	1 h	D.P.R. 24/5/88
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 (+30)	1 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40 (+6)	Anno civile	D.M. 2/4/02
Soglia di allarme	400	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 2/4/02

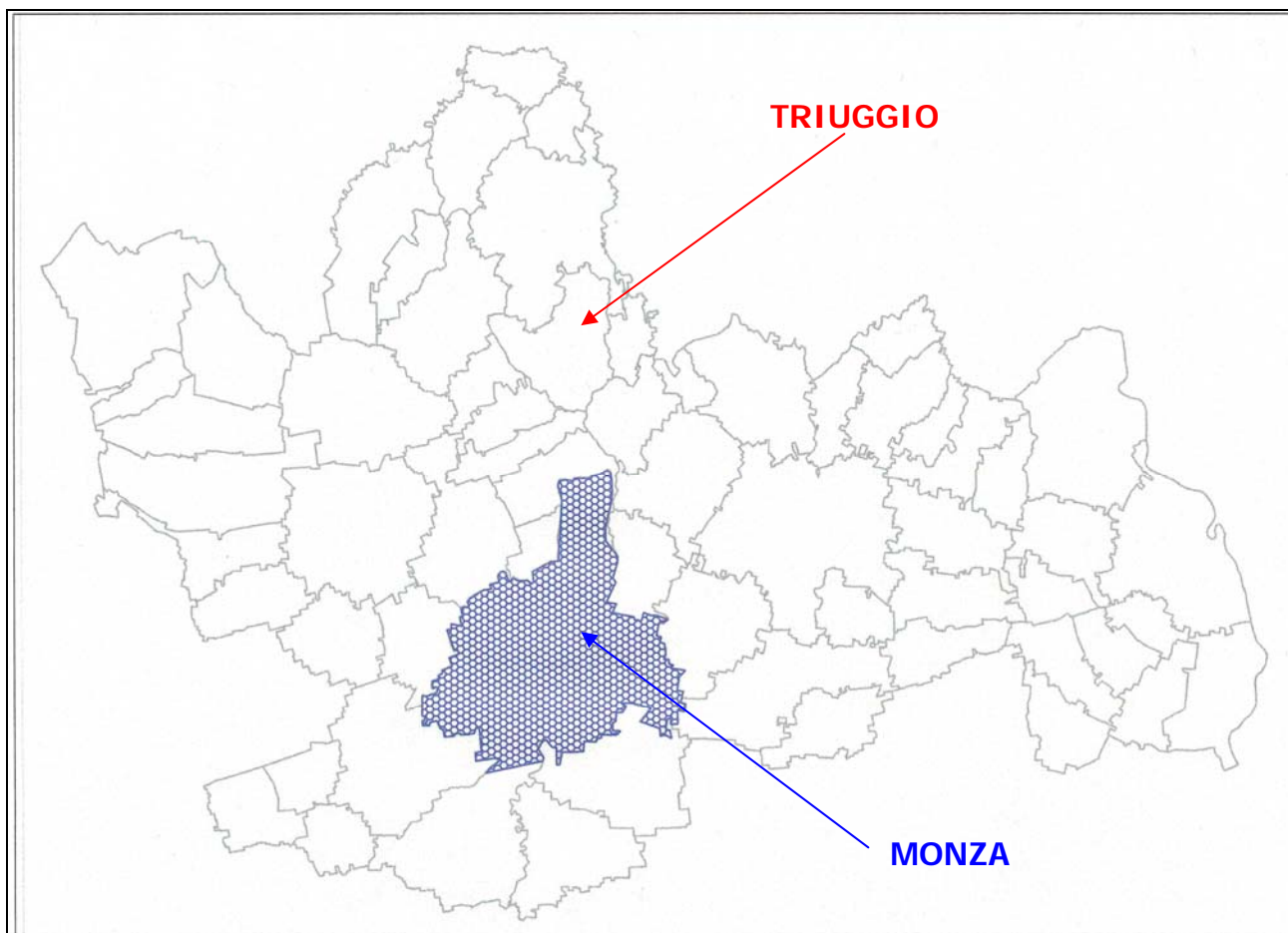
Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 2/4/02

Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m^3)	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità	40	1 h	D.P.C.M. 28/3/83
Standard di qualità	10	8 h	D.P.C.M. 28/3/83
Valore limite protezione salute umana	10	8 h	D.M. 2/4/02
Soglia di attenzione	10	8 h	D.G.R. 28/10/02

Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di mediazione	Legislazione
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	120		8 h	D.L. 21/5/04
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	18000		AOT40 (mag – lug) su 5 anni	D.L. 21/5/04
Soglia di informazione	180		1 h	D.L. 21/5/04
Soglia di allarme	240		1 h	D.L. 21/5/04

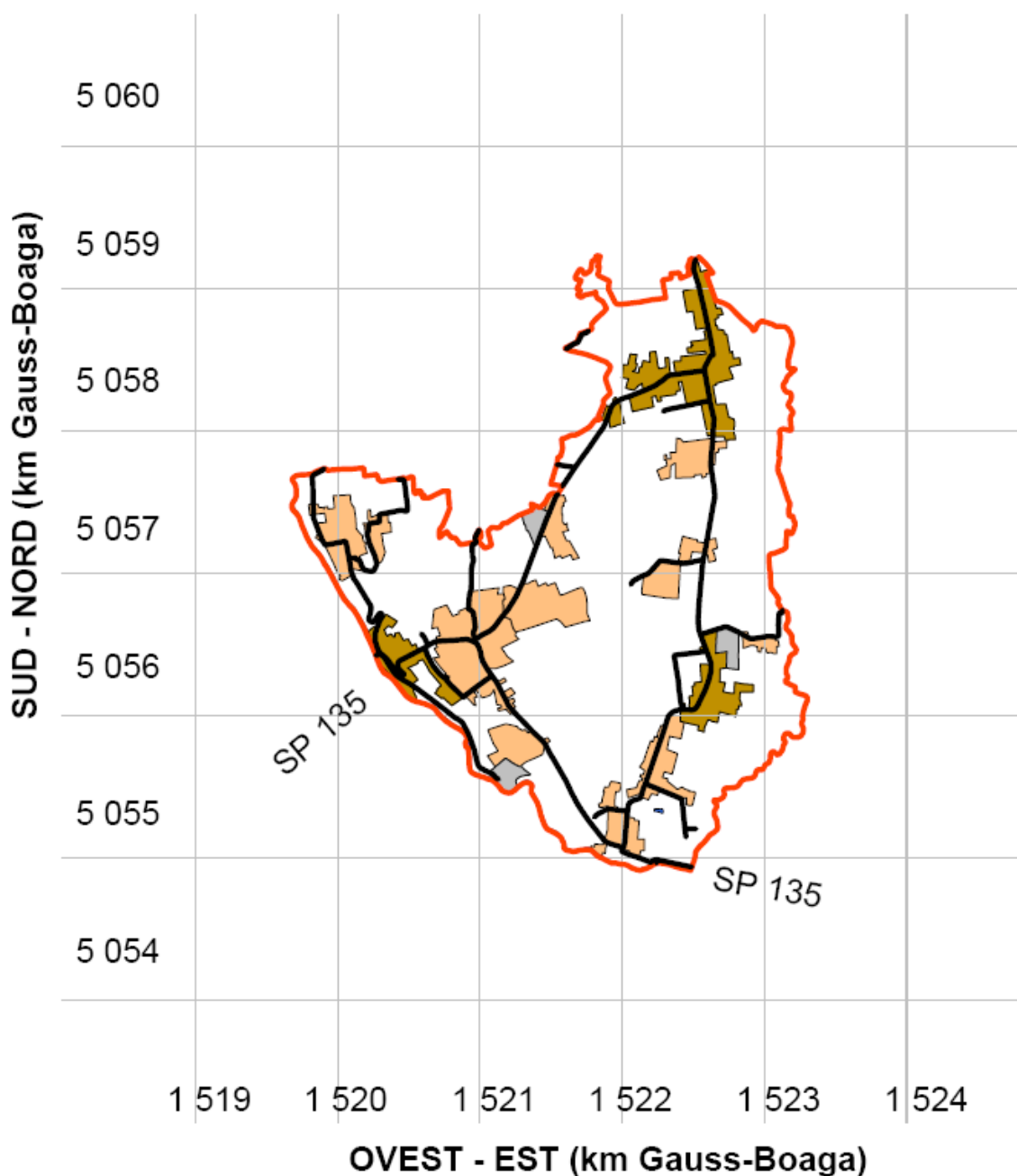
Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50		24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40		Anno civile	D.M. 2/4/02

Sito di Misura



Periodo di misura	02 ottobre – 02 novembre 2007
Sito di misura:	Via Aldo Moro c/o scuola media
Assi stradali statali e provinciali:	S.P. n. 135 (Arcore – Seregno)
Assi stradali comunali	Via Diaz – Via Cagnola Via Vittorio Emanuele Via Conte Paolo Taverna – Via Don Colli Via Dante

Mapa dei principali assi viari cittadini



- area residenziale
- area mista (*residenziale e produttiva*)
- area produttiva
- parchi e giardini
- aree idriche naturali e artificiali

II Territorio Comunale di Lentate sul Seveso

Triuggio è un centro abitato che conta circa **7674** abitanti distribuiti su una superficie di circa **8.37 Km²** per una densità abitativa di circa 916.8 abit/km².

Il comune, collocato all'interno del territorio brianzolo, dista circa 25 Km dal capoluogo in direzione Nord Est; fanno parte del territorio cittadino le località Canonica, Rancate e Tregasio.

Triuggio confina a Nord con Besana Brianza, a Ovest con Correzzana, a Sud Est con Lesmo, a Sud Ovest con Sovico, a ovest con Albiate, e a Nord Ovest con Carate Brianza.

Caratterizzazione del sito di misura

Lo scenario analizzato è illustrato in figura 1.

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura dell'inquinamento atmosferico condotta con Laboratorio mobile in periodo autunnale **dal 2 ottobre al 2 novembre 2007**.

Scopo della campagna di misura è la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria in questa zona del territorio.

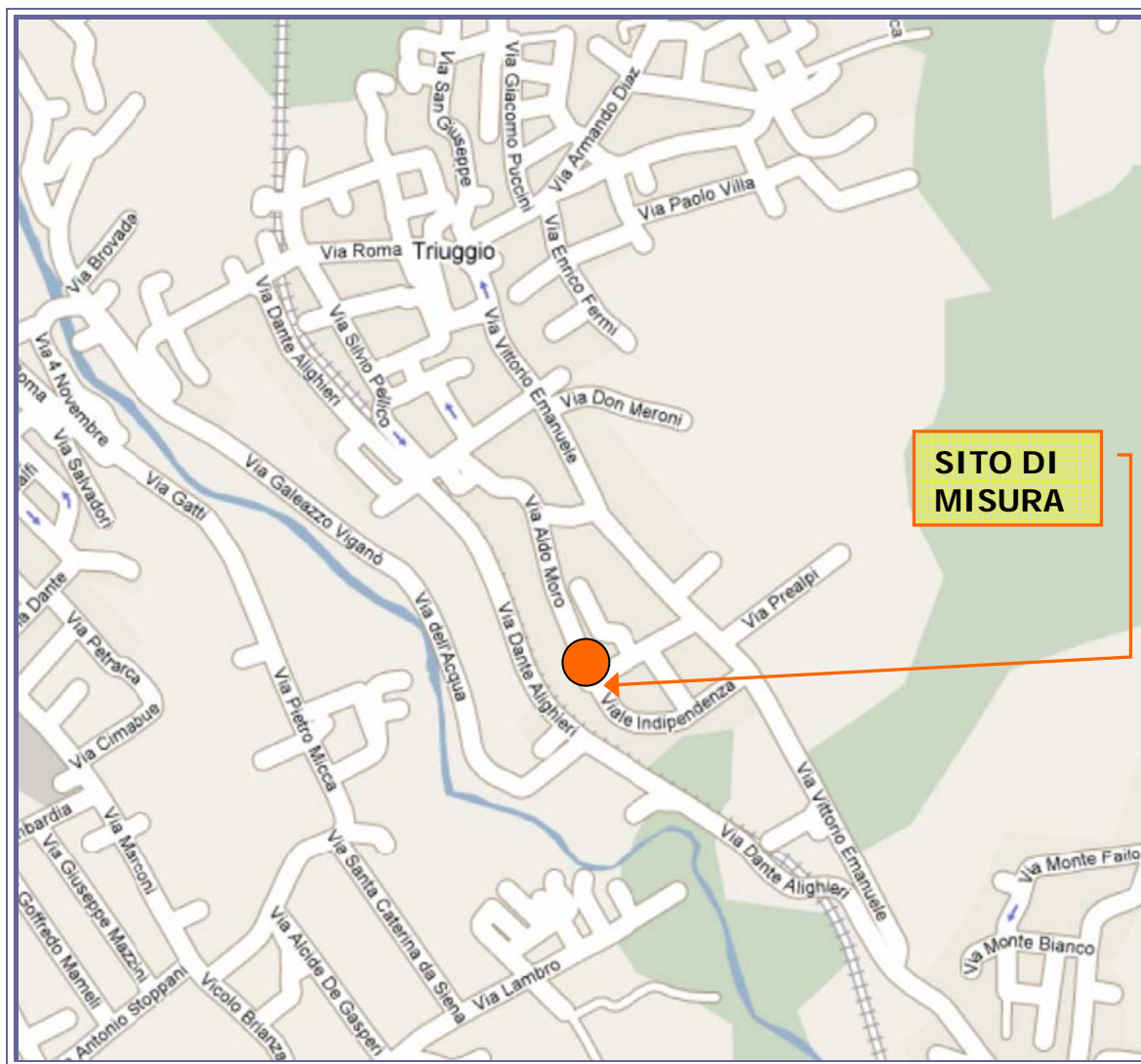


Figura 1: punto di posizionamento del Laboratorio mobile nel Comune di Triuggio

La postazione di misura si trova all'interno del parco comunale di via Aldo Moro, a ridosso della locale scuola media; tale sito è caratteristico di una situazione di *fondo urbano*.

Il punto di misura ricade all'interno di un'area residenziale del comune, delimitata dalla via Aldo Moro e dalla via Kennedy ed è caratterizzato da un traffico veicolare prettamente di tipo locale.

Le principali arterie viarie della zona (via Vittorio Emanuele e via Dante) si trovano a circa 200 m di distanza dalla postazione di misura. Tali strade permettono l'attraversamento del territorio cittadino lungo la direttrice Nord – Sud Est e sono interessate da un traffico continuo durante tutte le ore della giornata sia da autovetture che da trasporto pesante.



Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Triuggio è stato utilizzato l'inventario regionale INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **riferita all'anno 2003**.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore vengono presi in considerazione diversi inquinanti: sia quelli che fanno riferimento alla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione in quanto considerati gas ad effetto serra:

- Ossidi di azoto (NO_x)
- Composti organici volatili (COV)
- Precursori dell'Ozono (prec_Oz)
- Monossido di carbonio (CO)
- Polveri totali sospese (PTS)
- polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM10) e inferiore a 2.5 (PM2.5)

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web: <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>.

I dati di INEMAR sono stati elaborati al fine di definire i contributi delle singole sorgenti all'inquinamento atmosferico all'interno del Comune di Triuggio.

Come è possibile osservare in allegato 1 vengono forniti i contributi all'inquinamento atmosferico dei singoli combustibili per macrosettore; in allegato 2 invece vengono evidenziati i contributi delle singole sorgenti, riportando per un confronto anche i dati riferiti all'intera Provincia di Milano.

Dall'analisi degli allegati emerge che le principali fonti di inquinamento nel comune di Triuggio sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento. Va comunque sottolineato come insediamenti produttivi che utilizzo solventi (ad esempio nell'industria del mobile) contribuisca in modo significativo sia all'emissioni di composti organici volatili (COV) che a sostanze precursori dell'ozono.

La presenza di assi viari comunali ed intercomunali trafficati fa sì che i carichi emissivi di PM10, PM2.5, NO_x e CO risultano significativi in tutto il territorio comunale, incidendo rispettivamente per il, 41% 39% 48% e 65% del totale.

La combustione non industriale incide in modo preponderante sulla qualità dell'aria, contribuendo con il 20% all'emissione in atmosfera di PM10, il 22% a quella di PM2.5 ed il 19% di CO; per quanto riguarda le emissioni di NO_x e SO₂ queste influiscono rispettivamente con il 17% e il 69%.

Allegato 1

Combustione non industriale								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
GPL	0.00	0.35	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.45
metano	0.10	10.44	1.04	5.22	0.04	0.04	0.04	14.36
gasolio	1.69	0.85	0.05	0.34	0.08	0.08	0.08	1.12
kerosene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
olio combustibile	0.10	0.10	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.13
legna e similari	0.07	0.37	7.53	29.44	1.45	1.51	1.40	11.25
Totale	1.96	12.12	8.65	35.08	1.60	1.66	1.54	27.32

Processi produttivi								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	16.03	0.00	0.00	0.00	0.00	16.03
Totale	0.00	0.00	16.03	0.00	0.00	0.00	0.00	16.03

Estrazione e distribuzione combustibili								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	6.79	0.00	0.00	0.00	0.00	7.82
Totale	0.00	0.00	6.79	0.00	0.00	0.00	0.00	7.82

Uso di solventi								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	145.58	0.00	0.00	0.00	0.00	145.58
Totale	0.00	0.00	145.58	0.00	0.00	0.00	0.00	145.58

Agricoltura								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.36	0.08	0.00	0.14	0.32	0.04	1.81
Totale	0.00	0.36	0.08	0.00	0.14	0.32	0.04	1.81

Combustione nell'industriale								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
metano	0.00	7.20	0.18	1.44	0.01	0.01	0.01	9.13
gasolio	0.41	3.44	0.23	0.92	0.37	0.39	0.35	4.52
olio combustibile	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
legna e similari	0.03	0.22	1.68	20.97	0.29	0.42	0.23	4.26
Totale	0.46	10.86	2.09	23.33	0.67	0.82	0.59	17.91

Trasporto su strada								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
GPL	0.00	1.23	0.64	3.02	0.00	0.00	0.00	2.47
diesel	0.13	28.23	2.13	8.53	1.58	1.61	1.58	37.50
metano	0.00	0.04	0.02	0.19	0.00	0.00	0.00	0.10
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	1.74	0.63	0.00
benzina verde	0.10	5.72	39.79	112.12	0.50	0.50	0.50	59.13
Totale	0.23	35.22	42.59	123.85	3.26	3.86	2.71	99.21

Altre sorgenti e assorbimenti								
Combustibile	SO ₂	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	9.52	0.65	0.41	0.41	0.41	9.59
Totale	0.00	0.00	9.52	0.65	0.41	0.41	0.41	9.59

Allegato 2

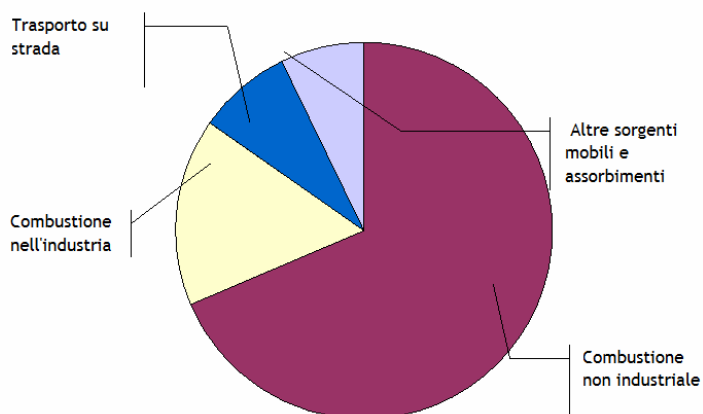
COMUNE DI TRIUGGIO

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O ₃ t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Combustione non industriale	1.96	12.12	8.65	35.08	1.60	1.54	27.32
Combustione nell'industria	0.46	10.86	2.09	23.33	0.67	0.59	17.91
Processi produttivi	0.00	0.00	16.03	0.00	0.00	0.00	16.03
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	6.79	0.00	0.00	0.00	7.82
Uso di solventi	0.00	0.00	145.58	0.00	0.00	0.00	145.58
Trasporto su strada	0.23	35.22	42.59	123.85	3.26	2.71	99.21
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.21	14.40	2.72	7.08	1.90	1.64	21.07
Treatmento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agricoltura	0.00	0.36	0.08	0.00	0.14	0.04	1.81
Altre sorgenti e assorbimenti	0.00	0.00	9.52	0.65	0.41	0.41	9.59
TOTALE	2.86	72.95	234.04	190.00	7.98	6.94	346.33

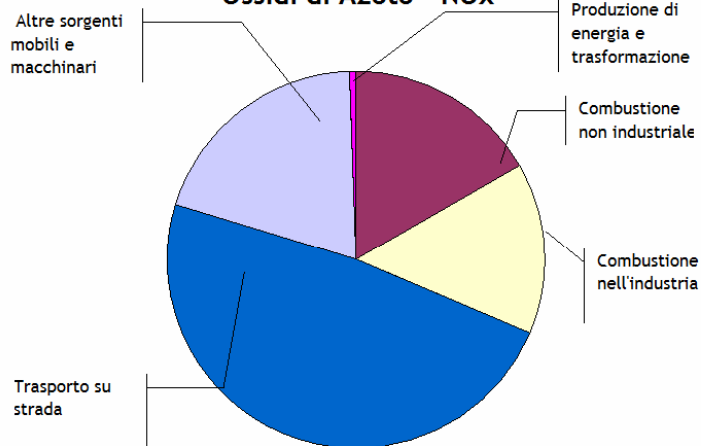
PROVINCIA DI MILANO

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O ₃ t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	1550.58	3056.97	193.53	477.64	39.17	27.82	3977.97
Combustione non industriale	1927.94	6722.81	3225.55	13213.69	627.28	607.17	12895.03
Combustione nell'industria	1467.01	6652.30	1166.62	5034.90	306.26	246.47	9845.43
Processi produttivi	0.04	61.39	7989.43	254.24	61.09	16.26	8092.30
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	4491.52	0.00	0.00	0.00	4991.53
Uso di solventi	0.23	17.23	78349.94	0.00	249.89	88.54	78370.96
Trasporto su strada	188.90	30198.48	23459.72	75088.86	2385.73	2003.87	68576.04
Altre sorgenti mobili e macchinari	146.23	4597.51	1238.54	3339.98	529.67	519.83	7215.18
Treatmento e smaltimento rifiuti	27.51	839.30	12.79	510.12	6.22	6.22	1295.33
Agricoltura	0.00	245.68	182.83	3614.85	208.15	165.50	1085.66
Altre sorgenti e assorbimenti	0.34	1.49	622.06	355.99	201.51	201.26	663.16
TOTALE	5308.78	52393.15	120932.55	101890.26	4614.96	3882.95	197008.59

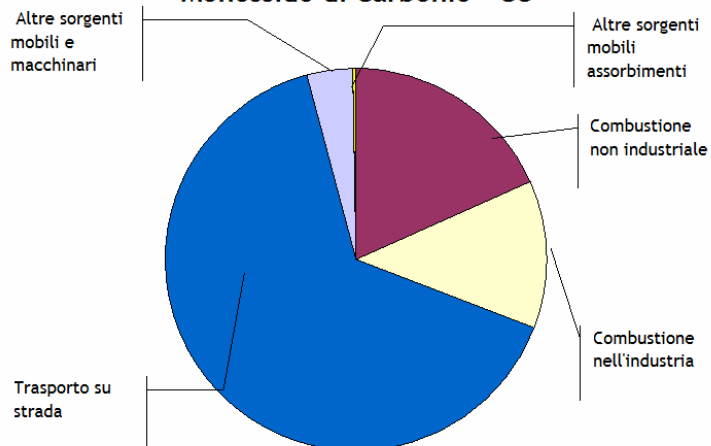
Biossido di Zolfo - SO₂

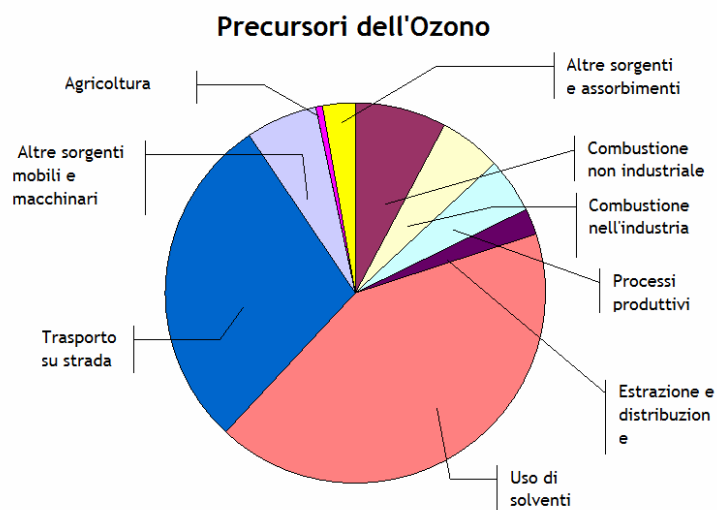
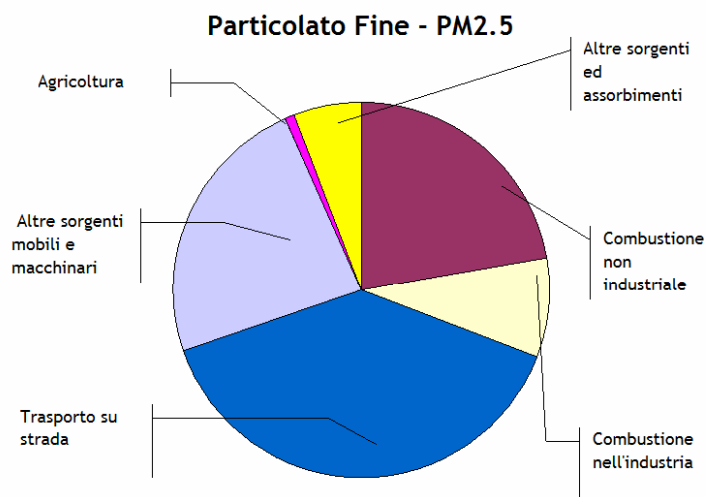
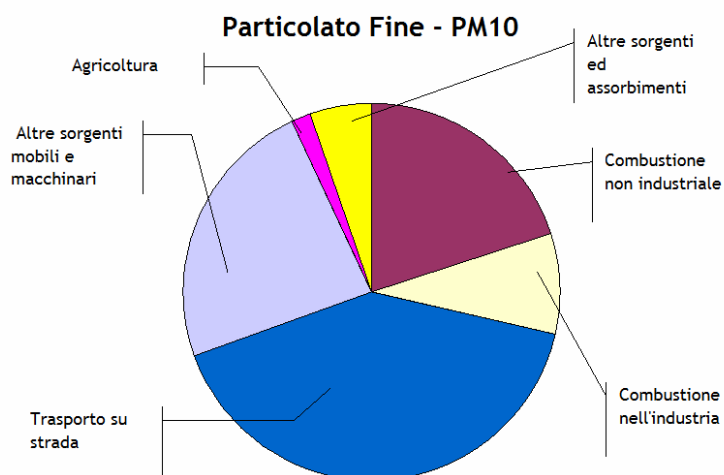


Ossidi di Azoto - NOx



Monossido di Carbonio - CO





Fattori meteorologici

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma la situazione meteorologica influisce sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa.

E' pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

Le caratteristiche diffusive dell'atmosfera fanno sì che le polveri e gli inquinanti in generale risentono fortemente della meteorologia del momento. I maggiori processi atmosferici che condizionano l'inquinamento sono:

- ✓ sistemi sinottici: tipi di masse d'aria, passaggi frontali, presenza di strutture cicloniche o anticicloniche che favoriscono il ricambio o la stagnazione dell'aria alla mesoscala (300 Km);
- ✓ l'intensità e la direzione del vento che determinano trasporto e diffusione degli inquinanti;
- ✓ precipitazioni e nebbie che agiscono sul dilavamento degli inquinanti, le prime, e sulla rimozione umida, le seconde;
- ✓ l'altezza dello strato di rimescolamento che indica l'altezza del "contenitore" aria nel quale vengono dispersi i vari inquinanti emessi dalla superficie;
- ✓ la temperatura che è un indicatore dei processi turbolenti in prossimità della superficie.

Vedremo di seguito in dettaglio come tali elementi siano correlati con l'andamento dell'inquinamento atmosferico nel sito di misura.

Andamento stagionale e caratteristiche dello strato rimescolato

Lo strato di rimescolamento è influenzato da processi sinottici e alla mesoscala che producono moti verticali e avvezioni orizzontali ove si diffondono tutti gli inquinanti e particolarmente le polveri che possono essere viste come un buon indicatore dello stato di inquinamento.

I processi che influenzano il rimescolamento sono: la turbolenza meccanica determinata dal vento negli strati più vicini alla superficie e la turbolenza termica risultato del trasferimento di calore dalla superficie o del raffreddamento radiativo di strati d'aria più elevati dell'atmosfera.

L'altezza di rimescolamento o mixing height risente della struttura verticale dell'atmosfera che presenta variazioni nelle 24 ore (ciclo giorno-notte) e stagionali (stagione calda-fredda).

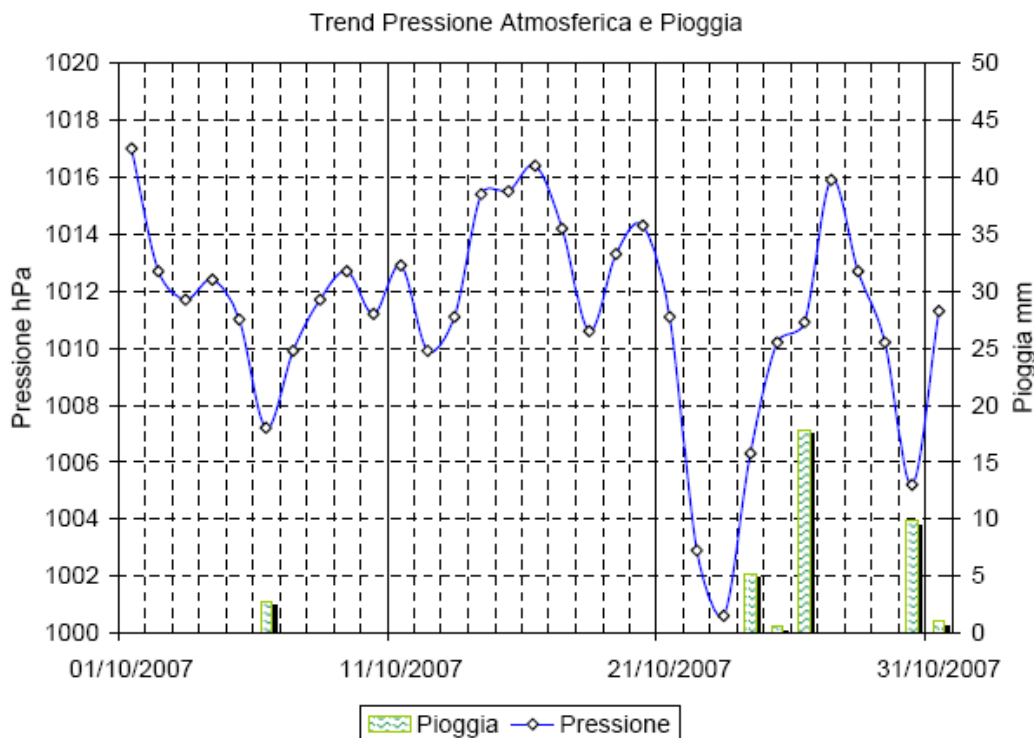
Tale altezza agisce come parete mobile di un contenitore: in corrispondenza di basse altezze del mixing layer, polveri ed altri inquinanti hanno così a disposizione un volume più piccolo per la loro dispersione e ciò favorisce di conseguenza un aumento della loro concentrazione.

Situazione meteorologica nel periodo di misura

La campagna di monitoraggio nel comune di Triuggio è stata condotta nel periodo autunnale interessando tutto il mese di Ottobre e i primi due giorni del mese di Novembre.

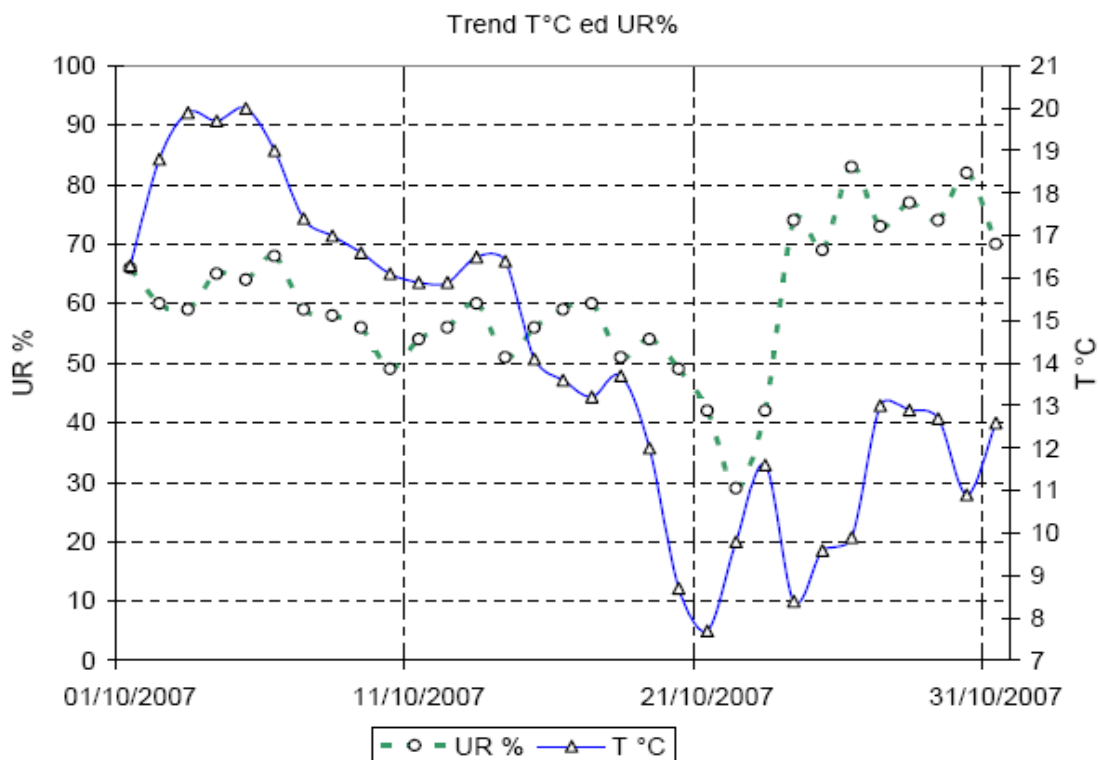
Da un punto di vista meteorologico, **il mese di Ottobre 2007** è stato caratterizzato durante la prima decade, dalla presenza dell'anticiclone che non ha favorito le precipitazioni piovose dando luogo ad un clima caldo ed umido con valori massimi di temperatura superiori a 25°C. L'arrivo di un fronte freddo artico a metà del mese, associato a rovesci piovosi temporaleschi, ha portato una

sensibile diminuzione delle temperature, a cui è seguita una terza fase caratterizzata da piogge moderate a carattere continuo e temperature tipiche autunnali.



Nel complesso la temperatura media mensile, misurata nella stazione di Milano Juvara, è stata di 14.2 °C, coincidente al valore storico stagionale.

Per quanto riguarda le precipitazioni il valore totale osservato di 37 mm è stato nettamente inferiore al valore medio degli ultimi 50 anni (111 mm).



Nonostante non siano mancati fenomeni di precipitazione piovosa, *l'umidità relativa media* registrata è stata del 60%, valore decisamente inferiori rispetto alla media stagionale degli ultimi 20 anni (79%).

In questo variabilità climatica l'attività *anemologica è stata molto scarsa*; nella stazione di Milano Juvara, infatti il valore medio registrato è stato di 0.8 m/s, inferiore di 0.3 m/s al valore medio di degli ultimi 20 anni.

Grazie alle molte giornate soleggiate, la radiazione solare, con 115 W/m², è risultata superiore alla media di 92 W/m².

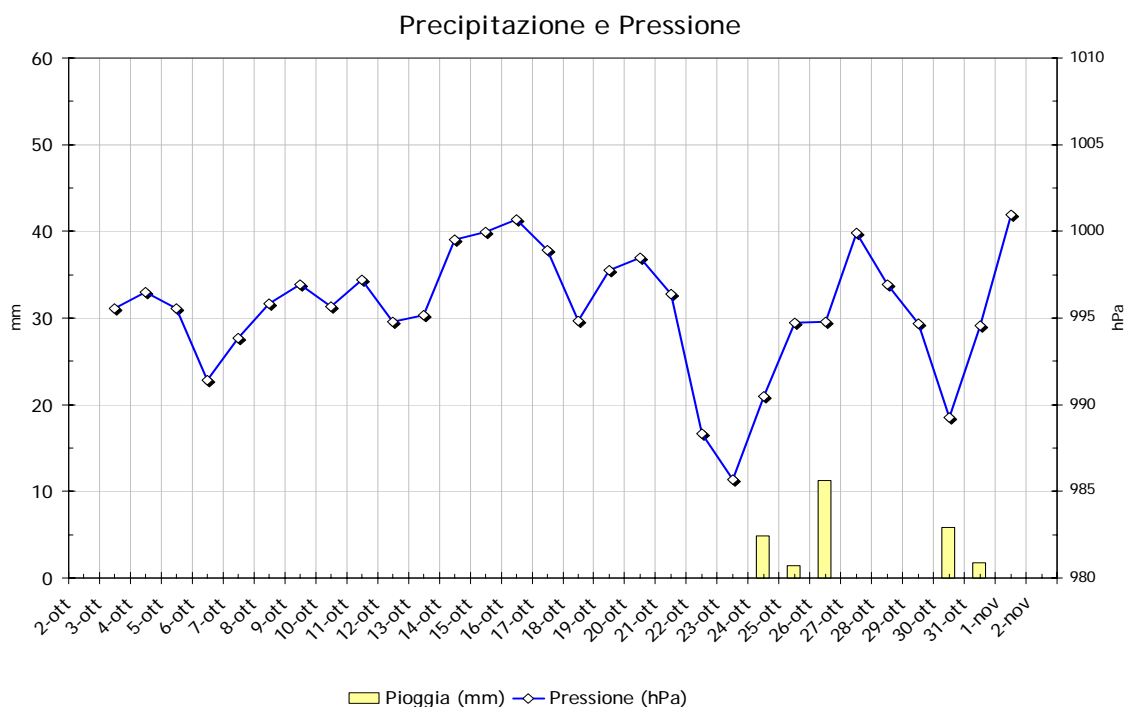
Le condizioni climatiche riscontrate durante il mese di Ottobre non hanno contribuito in modo sostanziale ad un buon rimescolamento degli strati inferiori dell'atmosfera favorendo in questo modo l'accumulo degli inquinanti; sono stati osservati, nelle stazioni a nord della provincia milanese, molti superamenti del limite di attenzione del PM10 e concentrazioni non trascurabili di NO₂. A dispetto di ciò, fatta eccezione per l'ozono, le concentrazioni medie del periodo di tutti gli inquinanti hanno subito una lieve diminuzione rispetto ai valori misurati nel 2006.

Situazione meteorologica nel periodo di misura rilevata dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile

I livelli di concentrazione degli inquinanti osservati, sono stati valutati alla luce delle condizioni meteorologiche registrate nel periodo del monitoraggio, dalla stazione meteo montata sul Laboratorio Mobile.

Il periodo di misura è stato caratterizzato da fenomeni di bassa pressione associata nella parte finale del mese a fenomeni locali di precipitazioni piovose. *Il valore medio di pressione* durante il periodo di misura è stato di 995.6 hPa ed il *valore totale della precipitazioni è stato di 25 mm*, in linea con quanto misurato nella stazione milanese di Milano Juvara.

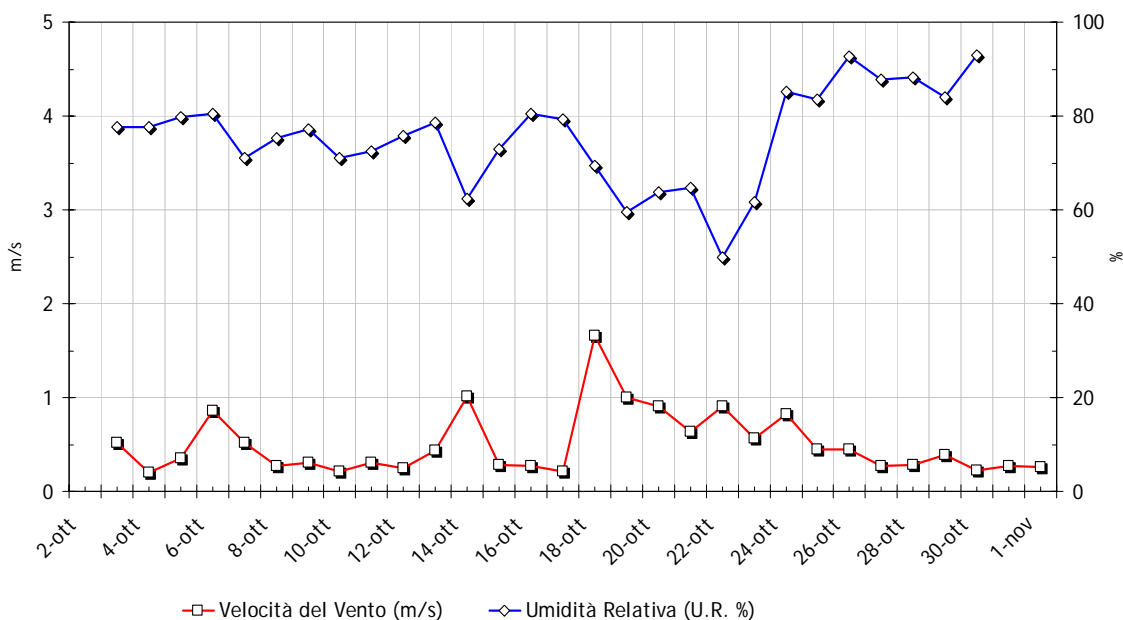
Durante la campagna di rilevamento sono stati registrati 5 giorni piovosi su 30 giorni di campagna, concentrati nel periodo 24 – 31 ottobre. Il fenomeno di maggiore intensità è stato registrato giovedì 26 ottobre 11.2 mm.



Il valore medio dell'umidità relativa, nel sito oggetto d'indagine, è stato del 76%, valore decisamente più alto rispetto alla centralina di Milano Juvara ma in linea con il valore medio del

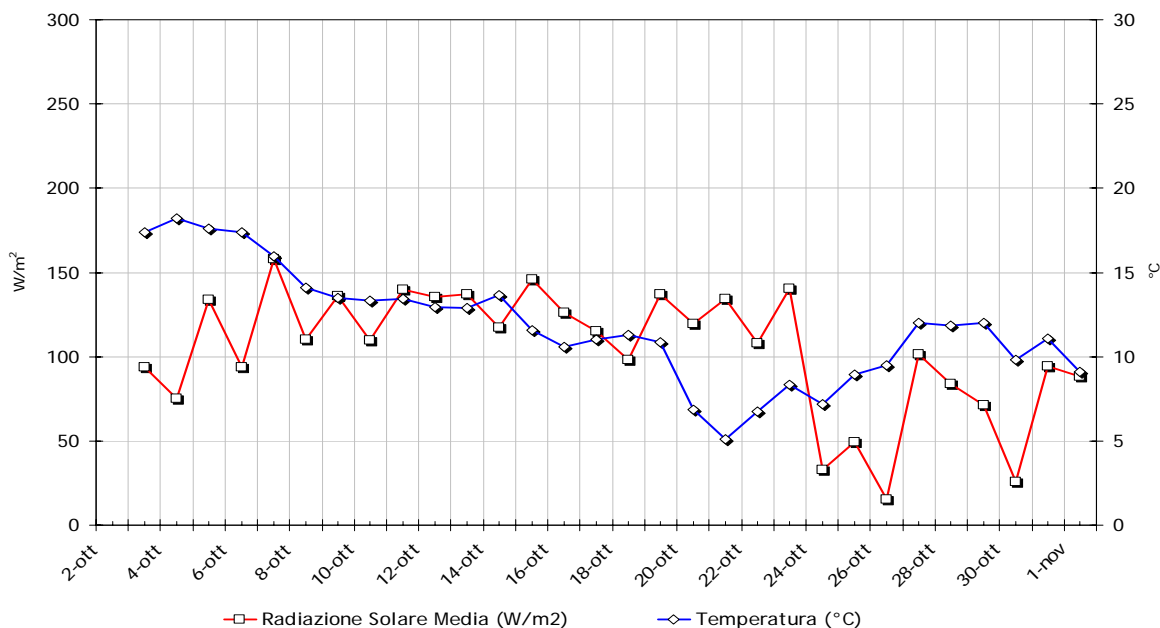
periodo (79%); il valore massimo (100%) è stato registrato durante i giorni in cui vi sono state le precipitazioni piovose più significative, invece il valore minimo (18.1%) è stato osservato giovedì 18 ottobre giorno in cui l'attività anemologica è risultata maggiormente sostenuta (massima oraria pari a 7.4 m/s)

Velocità del Vento e Umidità Relativa



Per quanto riguarda la temperatura il valore medio giornaliero più alto (18.2 °C) è stato osservato all'inizio delle misurazioni, il giorno 4; successivamente si è osservata una graduale diminuzione dei valori fino a raggiungere il valore minimo (5.1 °C) il giorno 21, in concomitanza dell'arrivo di aria fredda artica. La temperatura media del periodo di misura è stata di 11.8 °C .

Radiazione Solare Media e Temperatura

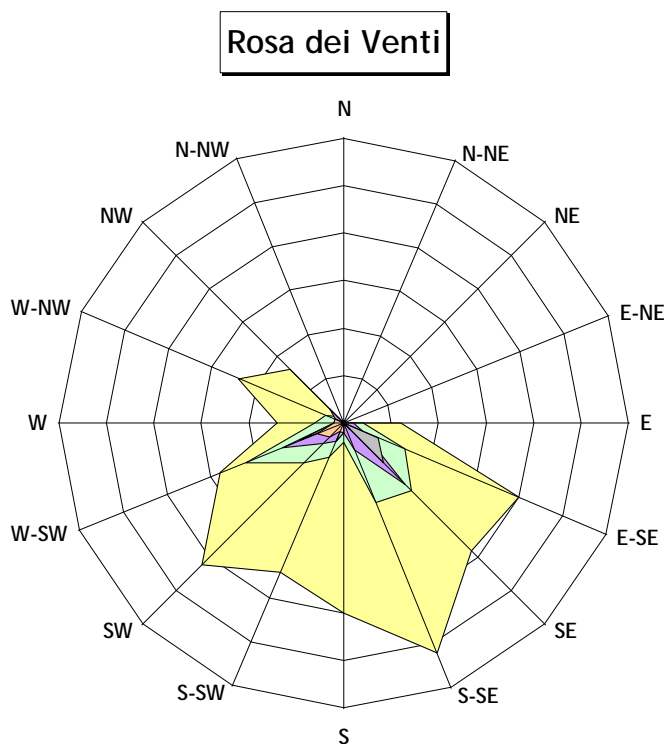


Le molte giornate serene hanno contribuito a far registrare un valore medio di Radiazione Solare pari a 109 W/m², in linea con quanto misurato nella stazione di Milano Juvara.

I venti durante il periodo di misura sono risultati quasi sempre deboli facendo registrare una velocità media del periodo pari a 0.5 m/s. Significativi risultano solo i valori misurati nei giorni 6, 14 e 18 ottobre in cui i valori medi giornalieri sono stati rispettivamente di 0.9, 1.0 e 1.7 m/s.

L'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra come i settori maggiormente interessati siano stati quelli compresi tra le direzioni Est – Sud Est e Sud-Ovest; in particolare le direzioni in cui ha maggiormente soffiato il vento sono S-E (16%) e W-SW (29%). I casi di bava di vento ($0.2 < VV < 1.5$) sono stati registrati per il 59% del periodo mentre i casi di brezza leggera ($1.5 < VV < 3.3$) sono stati registrati per il 19%.

Sia il valore medio giornaliero che il valore medio orario massimo, riscontrati il giorno 18 ottobre, presentano come direzione prevalente il settore Ovest – Sud Ovest.

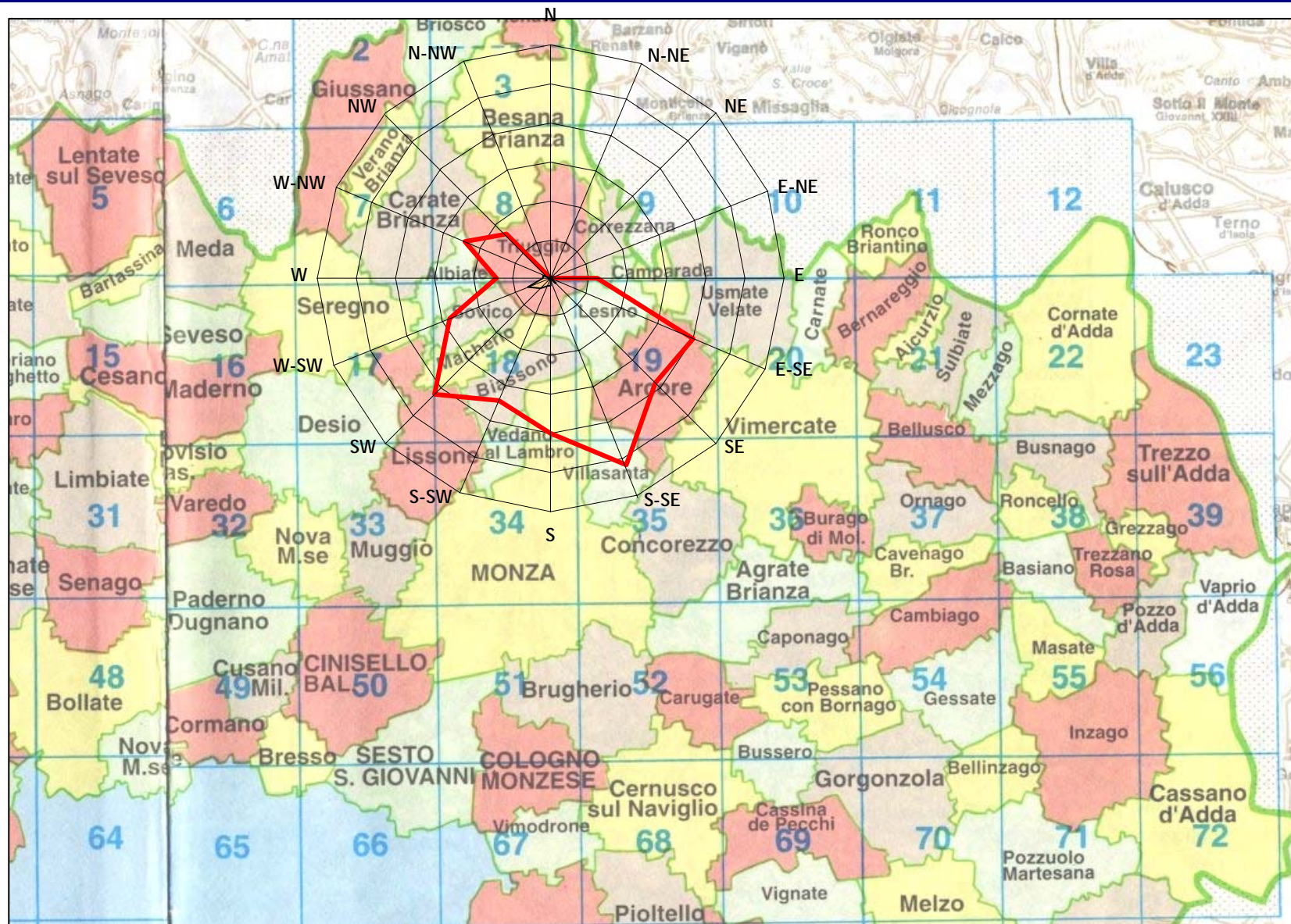


	0.2 < VV < 1	1 < VV < 1.5	1.5 < VV < 2	2 < VV < 3	VV > 3
N	0	0	0	0	0
N-NE	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0
E-NE	0	0	0	0	0
E	6	2	1	0	0
E-SE	20	7	2	4	0
SE	19	10	9	6	1
S-SE	26	9	3	0	0
S	20	2	1	1	1
S-SW	17	4	2	2	1
SW	21	6	3	0	2
W-SW	14	11	7	5	3
W	7	3	1	1	1
W-NW	12	2	1	0	1
NW	8	1	2	0	0
N-NW	0	0	0	0	0

VV = Velocità del Vento (m/s)

Numero totale di casi 604
Percentuale di casi di calma 52%

Figura 2



Inquinanti atmosferici monitorati con laboratorio mobile

I principali inquinanti che si trovano nell'aria possono essere divisi schematicamente in due gruppi: *inquinanti primari* ed *inquinanti secondari*. I primi vengono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

Gli **ossidi di azoto (NO e NO₂)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO_x aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

Al momento dell'emissione gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO, con un rapporto NO/NO₂ decisamente a favore del primo. Si stima che il contenuto di NO₂ nelle emissioni sia tra il 5 e il 10% del totale degli ossidi di azoto.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto, attraverso la sua ossidazione in NO₂ e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O₃ troposferico.

Il **monossido di carbonio (CO)** ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. E' un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina, in particolare quando sono in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni pertanto sono strettamente legate ai flussi di traffico in prossimità della zona in cui avviene il prelievo e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono poi a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

L'**ozono (O₃)** è un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare e che causano la formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, si trovano nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimica. A differenza degli inquinati primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse delle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa. Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovoventi rispetto ai centri urbani principali.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grande quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare (rappresentata di seguito con $h\nu$), la formazione di ozono avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto: $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}^*$

L'ossigeno atomico O^* , reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella relazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata: $\text{O}^* + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$

Una volta generato l'ozono reagisce con l'NO e rigenera NO₂: $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che da solo non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO₂ senza consumare O₃, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo di O₃.

Il **particolato fine (PM10)** è considerato uno dei "nuovi inquinanti", la cui misura è stata introdotta a partire dal 1998; esso è costituito da particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, in grado quindi di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia.

Andamento inquinanti nel periodo di misura

Esaminando gli indicatori proposti dalla normativa, appare subito evidente che la scala temporale adeguata per una valutazione della qualità dell'aria è generalmente quella annuale. Una campagna di misura condotta per un periodo più breve può essere utile in un'ottica di approccio preliminare alla caratterizzazione dei livelli di immissione nel luogo soggetto all'indagine, in rapporto alle informazioni provenienti dal resto della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria.

Gli inquinanti considerati nello studio sono quelli usualmente monitorati nelle aree urbane: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO, NO₂), ozono (O₃) e polveri sottili (PM10).

La strumentazione presente sul Laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi (NO, NO₂, CO, O₃), per quanto riguarda il PM10, la misura ha permesso di avere un valore medio giornaliero.

I dati sono stati raccolti alla migliore risoluzione temporale permessa dagli strumenti. Ove i dati fossero disponibili su base oraria, si è provveduto a calcolare le medie giornaliere a condizione che fosse presente almeno il 75% dei dati per ogni giorno.

Come descritto nel capitolo Normativa (vedi Tab. pagg 4 - 5), il D.M. 60 del 02.04.02 stabilisce, per NO₂, CO e PM10 i valori limite per la protezione della salute umana e i margini di tolleranza che si riducono progressivamente negli anni. Per gli inquinanti monitorati tale margine di tolleranza è attualmente nullo ad eccezione di quello relativo al biossido di azoto.

I livelli di concentrazione degli inquinanti elencati sono stati pertanto di seguito confrontati con i rispettivi limiti a "regime", cioè con margini di tolleranza zero, anche per quanto riguarda il biossido di azoto, adottando così le condizioni più cautelative anche per questo inquinante.

Per "giorno tipo" o "giorno medio" si intende l'andamento delle concentrazioni medie orarie mediate su tutti i giorni feriali (o su tutti i giorni pre-festivi o festivi) del periodo in questione.

I giorni feriali, pre-festivi e festivi sono stati considerati separatamente nel calcolo del giorno tipo per mettere in evidenza le eventuali diverse caratteristiche emissive, legate al traffico o alle attività produttive.

Le caratteristiche del sito di misura poi e le condizioni meteorologiche sono elementi essenziali per l'interpretazione dei dati. La **concentrazione degli inquinanti in atmosfera**, soprattutto in ambiente urbano, è infatti **influenzata da diversi fattori legati alla meteorologia**.

Durante la campagna di misura le condizioni meteorologiche riscontrate (progressivo attenuarsi del rimescolamento verticale e persistenza di condizioni stabili) hanno sfavorito la dispersione degli inquinanti in atmosfera. A dispetto di ciò le concentrazioni medie degli inquinanti, nelle stazioni di misura site sul territorio della provincia di Milano, sono risultate in calo rispetto ai

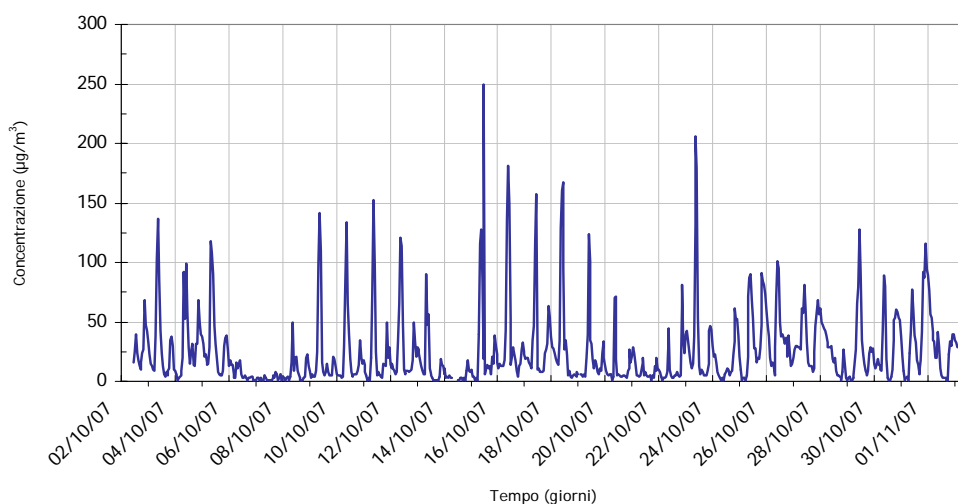
valori misurati nello stesso periodo dello scorso anno.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati dell'analisi degli andamenti temporali degli inquinanti ricavati da un mese di osservazioni presso la postazione di Via Aldo Moro¹.

NO

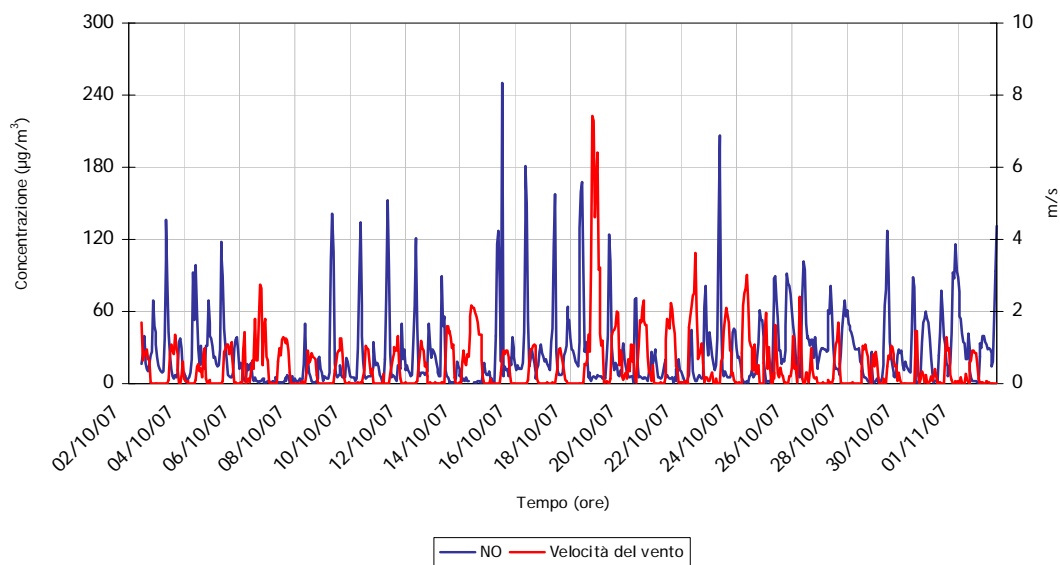
Relativamente al **monossido di azoto** i valori delle concentrazioni orarie hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 25 µg/m³ ed un valore massimo di concentrazione oraria pari a 250 µg/m³ lunedì 15 ottobre alle 13.00.

NO - Medie Orarie



Dal confronto tra monossido di azoto e velocità del vento è possibile osservare come valori massimi di concentrazione di NO si trovino in corrispondenza dei minimi di vento a conferma del fatto che la presenza di questo inquinante nel sito è dovuta principalmente a fenomeni di tipo locale e non di trasporto.

Confronto No - Velocità del Vento



¹ L'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare.

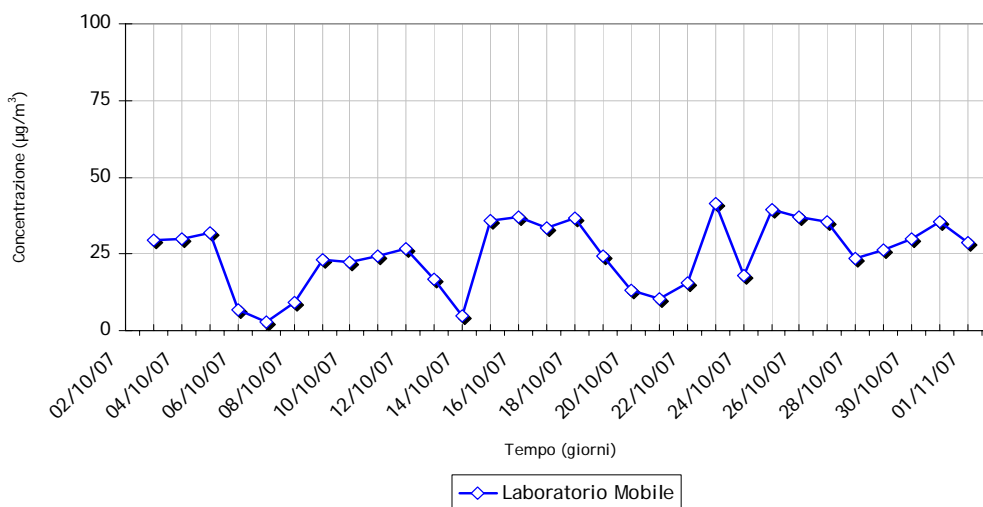
A riprova di questo è possibile osservare come i valori di NO rilevati con laboratorio mobile non presentino una buona correlazione² con nessuna delle centraline fisse della rete regionale.

La matrice di Pearson infatti mostra come non vi siano rapporti di correlazione superiori a 0.48, che non permettono di trarre delle informazioni su una possibile affinità tra il sito di misura e le postazioni fisse di rilevamento della Provincia.

	Laboratorio Mobile	Milano Pascal	Monza	Agrate Brianza	Carate Brianza	Meda	Villasanta	Vimercate
Laboratorio Mobile	1.00							
Milano Pascal	0.23	1.00						
Monza	0.43	0.57	1.00					
Agrate Brianza	0.26	0.55	0.82	1.00				
Carate Brianza	0.27	0.17	0.53	0.52	1.00			
Meda	0.28	0.26	0.54	0.52	0.74	1.00		
Villasanta	0.37	0.49	0.79	0.75	0.56	0.72	1.00	
Vimercate	0.32	0.32	0.75	0.75	0.78	0.74	0.76	1.00

Si riporta di seguito il grafico relativo all'andamento medio giornaliero dell'NO riferito al periodo di misura.

NO - Medie Giornaliere



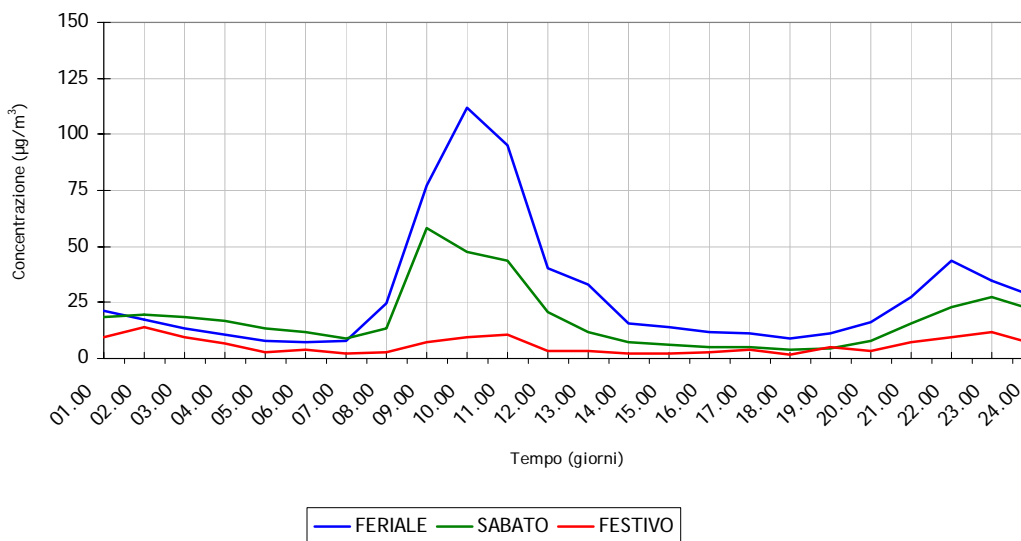
Al fine quindi di caratterizzare il sito di misura è stato tracciato il grafico del giorno tipo che permette di metterne in evidenza la tipologia in riferimento alla componente traffico.

Osservando gli andamenti del giorno tipo infatti è possibile acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serali; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 08.00 alle ore 12.00 del mattino e dalle 20.00 alle 23.00 di sera con un trend pressoché costante durante il resto della giornata.

² Il coefficiente di correlazione di Pearson (R) misura il grado di correlazione lineare tra due variabili x e y calcolando il rapporto tra la loro covarianza ed il prodotto delle rispettive deviazioni standard (0<R<1, più R si avvicina a 1 più i valori sono correlati):

$$R = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x) \times \text{var}(y)}}$$

NO - Giorno Tipo

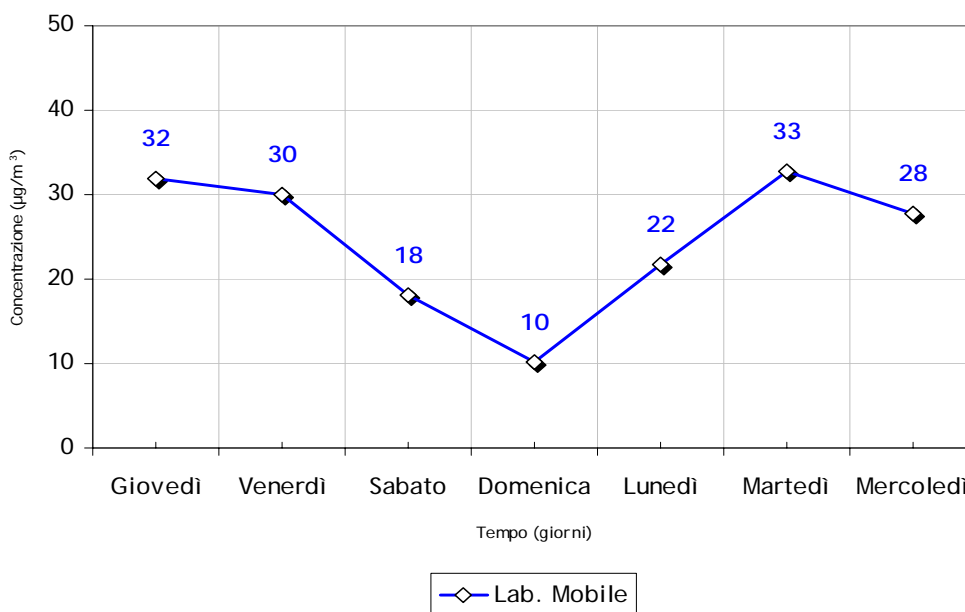


Per quanto riguarda l'andamento del giorno tipo prefestivo e festivo il grafico sembrerebbe non evidenziare dei picchi di concentrazione, ma valori distribuiti in maniera pressoché uniformi durante l'intero arco della giornata.

Essendo la scala settimanale l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia (altro principale determinante delle concentrazioni) non ha alcuna influenza, con tale ulteriore rappresentazione è possibile evidenziare la stretta dipendenza tra traffico veicolare ed inquinamento atmosferico.

In particolare nella postazione di misura a Triuggio le concentrazioni presentano valori costanti nella parte centrale della settimana (martedì – giovedì). Nel fine settimana, in cui il traffico veicolare risulta meno sostenuto, i valori scendono drasticamente per tornare a salire il lunedì

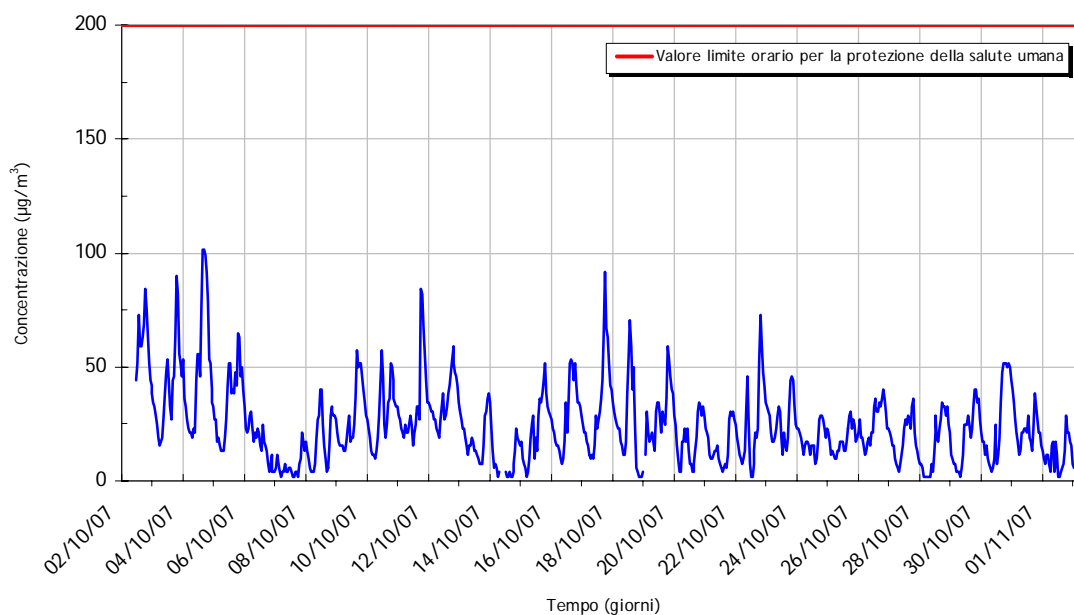
NO - Media Settimanale



La concentrazione in aria di NO₂, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO₂ e dalla velocità di conversione di NO₂ in altre specie ossidate (nitrati).

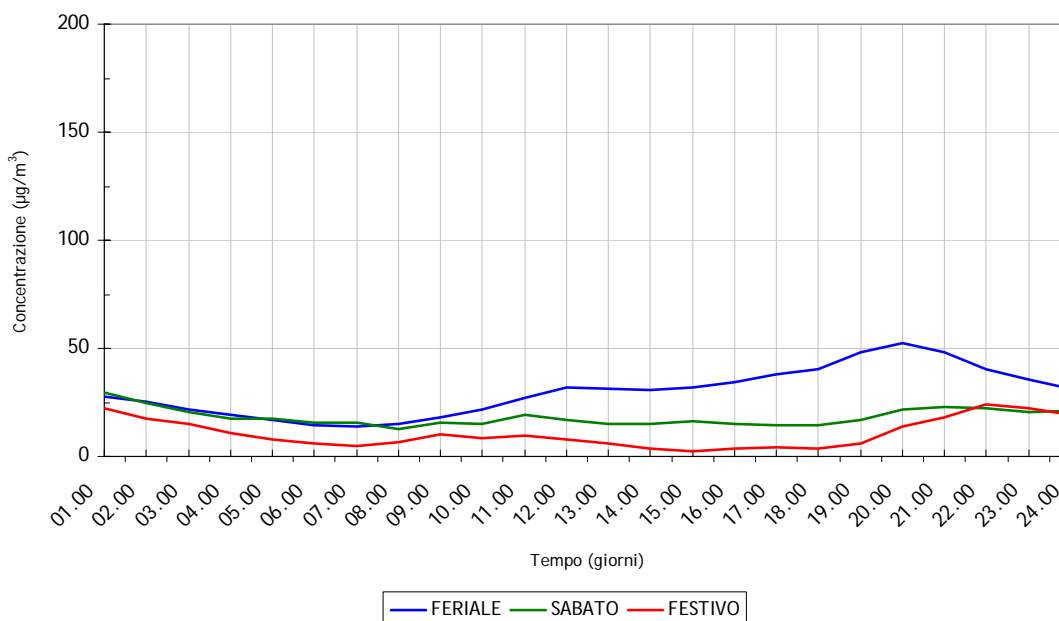
La concentrazione media sul periodo di rilevamento del **biossido di azoto** si è attestata sul valore di **25 µg/m³**; le concentrazioni sono risultate durante la campagna **abbondantemente inferiori al limite di attenzione**, fissato per questo inquinante a **200 µg/m³**, il valore massimo orario è stato di 101 µg/m³ il giorno lunedì 04.10.2007 alle ore 16.00 e alle ore 17.00.

NO₂ - Medie Orarie



Poiché l'NO₂ è un inquinante secondario che si forma dalla reazione dell'NO è interessante esaminare il grafico del giorno tipo anche di questo inquinante.

NO₂ - Giorno Tipo



A differenza del monossido di azoto, dove le concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di NO₂ è più complessa, essendo un inquinante secondario non dipende direttamente dalla presenza della sorgente primaria ma, se sono presenti i suoi precursori esso continua a formarsi.

In particolare analizzando il trend del giorno tipo feriale è possibile osservare un aumento progressivo delle concentrazioni a partire dalle ore 08.00 del mattino arrivando al massimo alle ore 21.00 di sera (in corrispondenza del secondo picco dell'NO) per poi ridiscendere nelle ore serali e notturne.

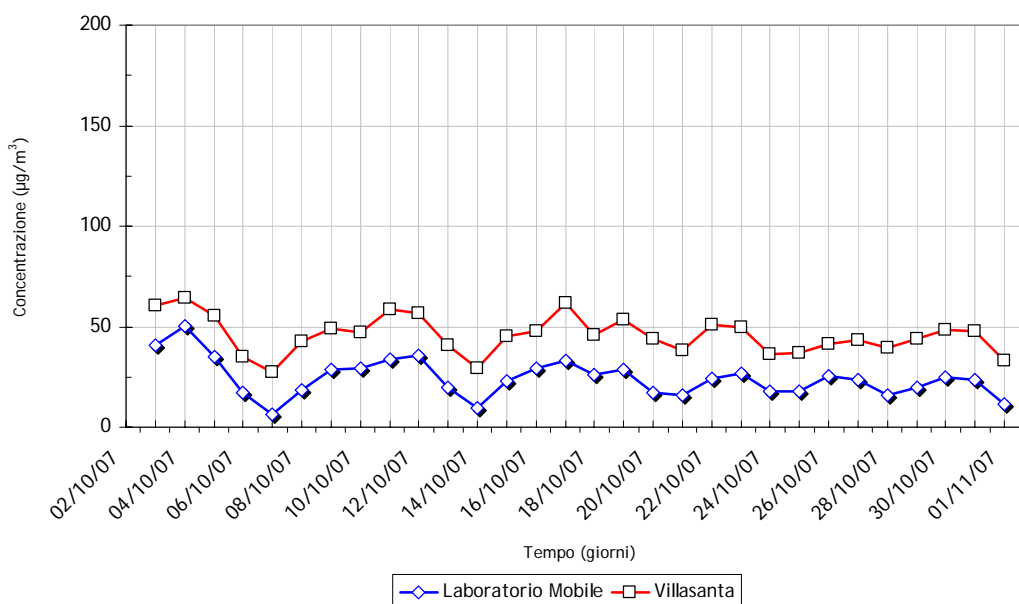
Nel giorno tipo prefestivo e festivo gli andamenti sono simili con valori lievemente superiori per il primo; le concentrazioni sono uniformi durante tutta la giornata fa eccezione, nel giorno tipo festivo, un picco nelle prime ore serali dovute essenzialmente ad un aumento traffico in corrispondenza della fascia oraria relativa al rientro dal fine settimana.

Dal calcolo dei coefficienti di Pearson si osserva anche per l'NO₂ una correlazione con le centraline regionali prese a riferimento, non sufficientemente alta per poter stabilire delle analogie.

	Laboratorio Mobile	Milano Pascal	Monza	Agrate Brianza	Carate Brianza	Meda	Villasanta	Vimercate
Laboratorio Mobile	1.00							
Milano Pascal	0.52	1.00						
Monza	0.71	0.73	1.00					
Agrate Brianza	0.72	0.70	0.92	1.00				
Carate Brianza	0.65	0.51	0.80	0.76	1.00			
Meda	0.53	0.40	0.70	0.67	0.81	1.00		
Villasanta	0.73	0.46	0.85	0.85	0.79	0.74	1.00	
Vimercate	0.69	0.65	0.91	0.93	0.83	0.74	0.85	1.00

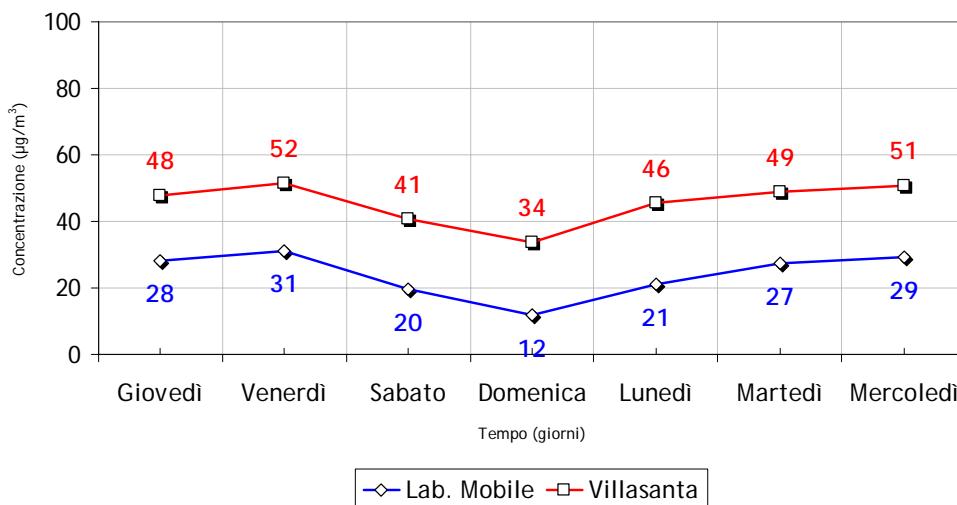
Nel grafico sottostante sono riportate le concentrazioni medie giornaliere misurate a Triuggio e nella stazione di Villasanta; si osserva un andamento temporale analogo con valori assoluti di concentrazione costantemente superiori nella stazione di Villasanta.

NO₂ - Medie Giornaliere



Nel grafico degli andamenti settimanali si osserva, sia nel sito di misura di Triuggio che nella stazione fissa di Villasanta, una distribuzione uniforme delle concentrazioni durante tutta la settimana con una lieve flessione la domenica. Anche in questo caso si osserva come a Villasanta le concentrazioni medie misurate siano costantemente più alte di quelle riscontrate nella postazione di Triuggio, con valori superiori di circa il 40%.

NO₂ - Media Settimanale



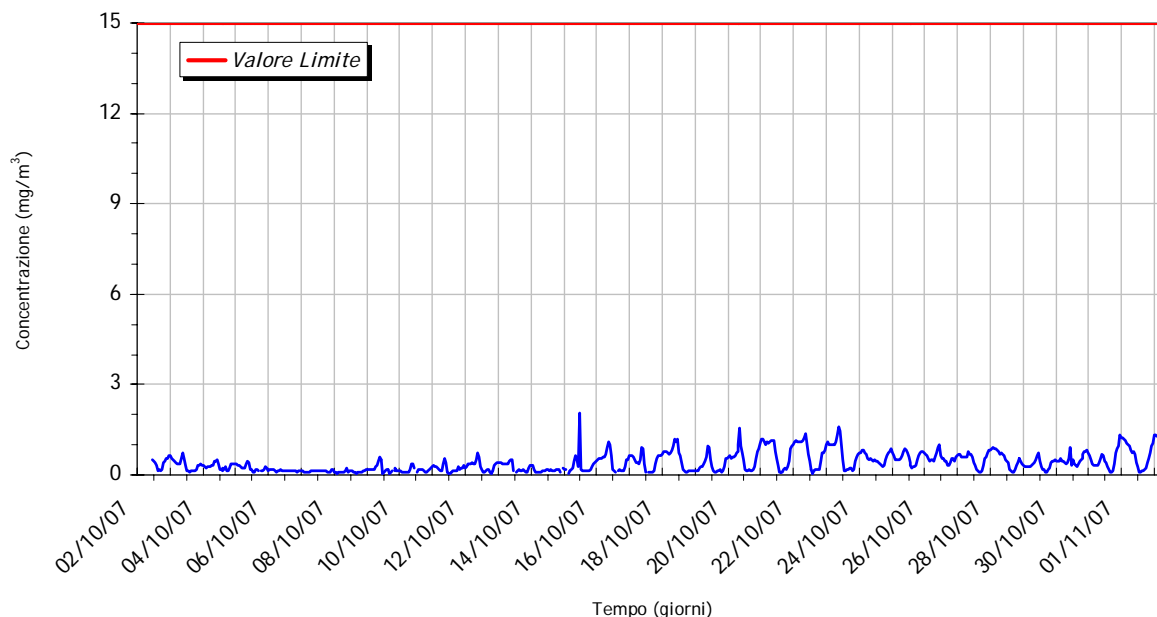
CO

L'accumulo di **monossido di carbonio** è favorito soprattutto nelle aree urbane, quando i veicoli sono in fase di decelerazione e di traffico congestionato.

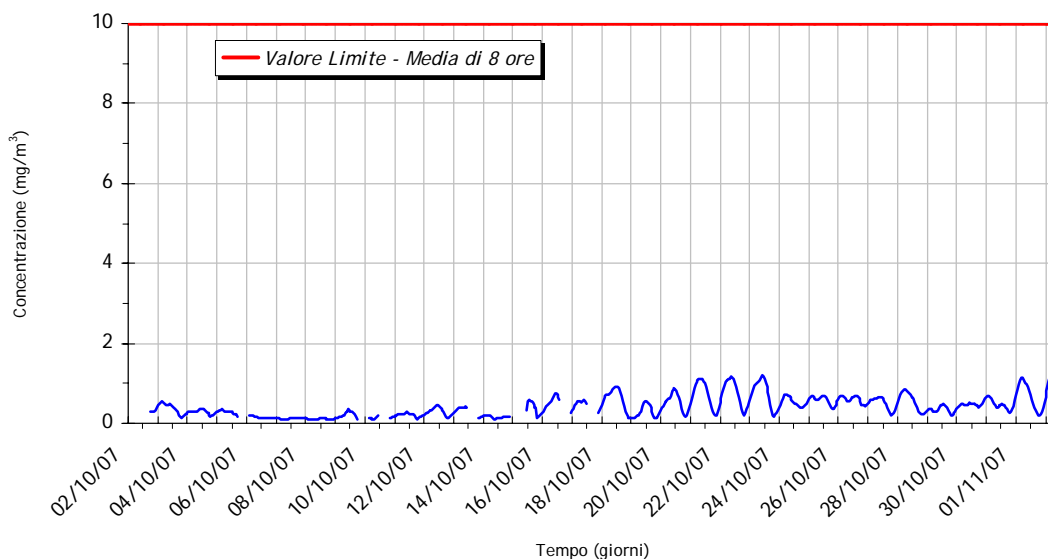
Anche per quanto riguarda le concentrazioni di CO misurate durante la campagna di misura i valori sono risultati **abbondantemente inferiori ai limiti di legge** sia per quanto riguarda la media oraria che per quella di 8 ore.

Il valore medio sul periodo è stato di 0.4 mg/m³, il valore massimo orario pari a 2.0 mg/m³ è stato registrato lunedì 15 ottobre alle ore 13.00, mentre il valore massimo mediato sulle 8 ore, pari a 1.3 mg/m³, è stato osservato il giorno martedì 2 ottobre tra le ore 08.00 e le ore 10.00.

CO - Medie Orarie



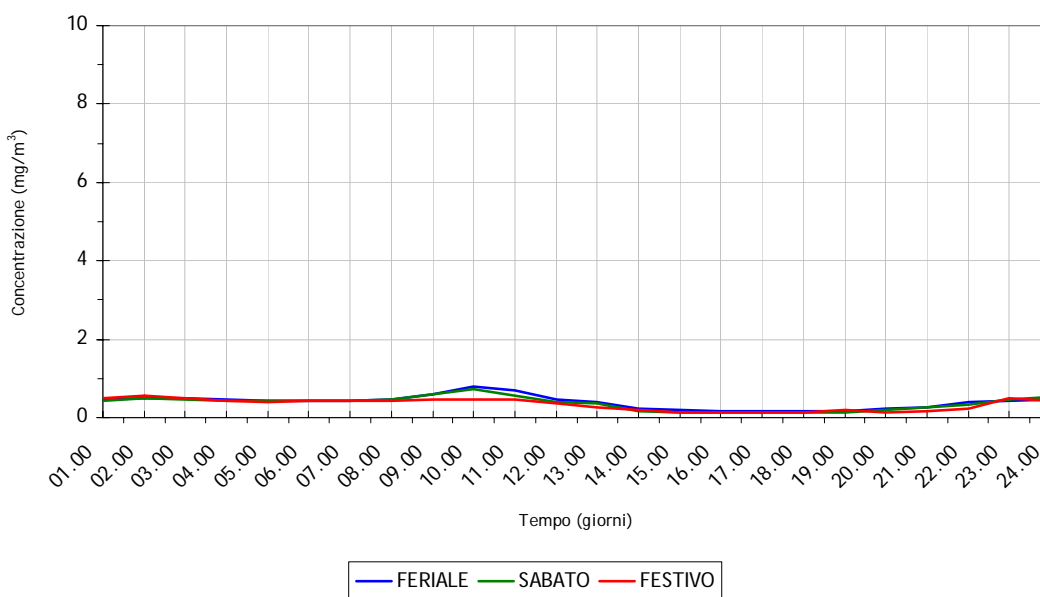
CO - Medie di 8 Ore



Dall'analisi dei dati è possibile dunque osservare come le concentrazioni di questo inquinante appaiano decisamente basse e comunque di molto inferiori a quelle solitamente riscontrate in aree cittadine; ciò è dovuto principalmente al fatto che il sito di misura si trova all'interno di un complesso scolastico lontano dalla sorgente strada, permettendo di rilevare il valore medio di fondo all'interno del comune. Le concentrazioni di questo inquinante primario sono infatti strettamente legate sia ai volumi di traffico presenti che alla tipologia della strada.

A riprova di questo nel grafico del giorno tipo si può osservare come le concentrazioni ottenute mostrino un trend tipico di fondo urbano con andamenti sostanzialmente costanti durante l'intera giornata. I valori registrati mostrano un lieve aumento solo nei giorni feriali e pre festivo in coincidenza della fascia mattutina di maggior traffico veicolare (09.00 – 11.00).

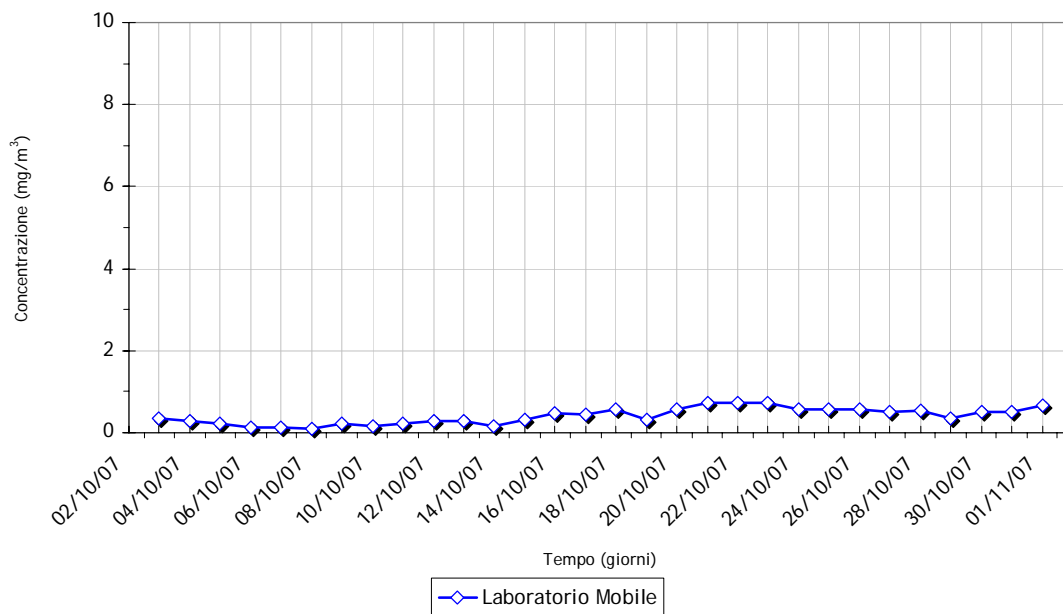
CO - Giorno Tipo



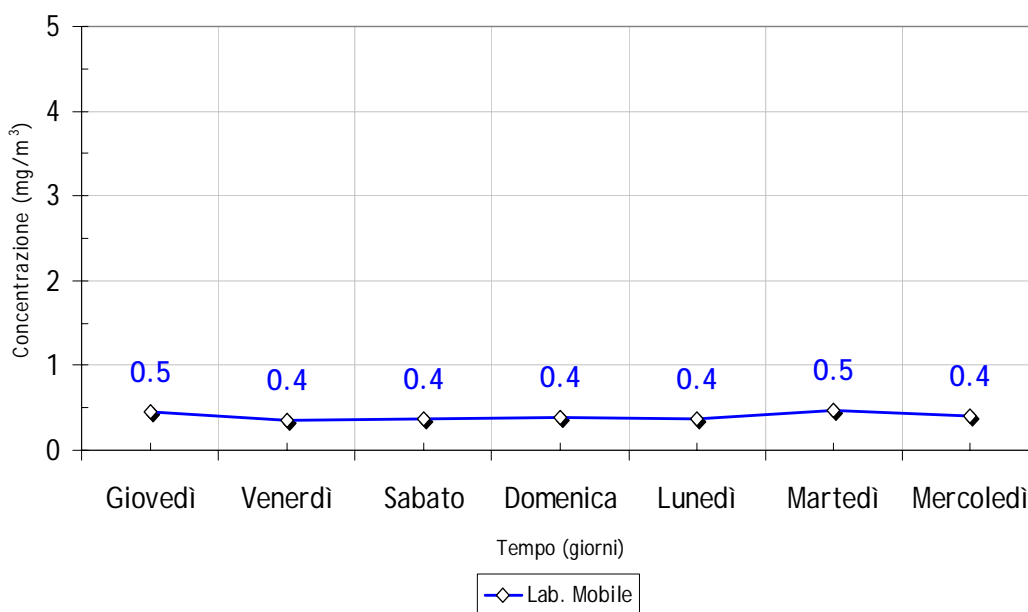
Dal confronto del data set rilevato nel punto di misura con le stazioni fisse prese a riferimento, il coefficiente di correlazione è risultato molto basso, evidenziando la quasi totale anticorrelazione.

Sia l'andamento medio giornaliero che il trend settimanale confermano un valore medio di fondo dei livelli di CO per la quasi totale mancanza di variabilità delle concentrazioni giornaliera e settimanale.

CO - Medie Giornaliere



CO - Media Settimanale

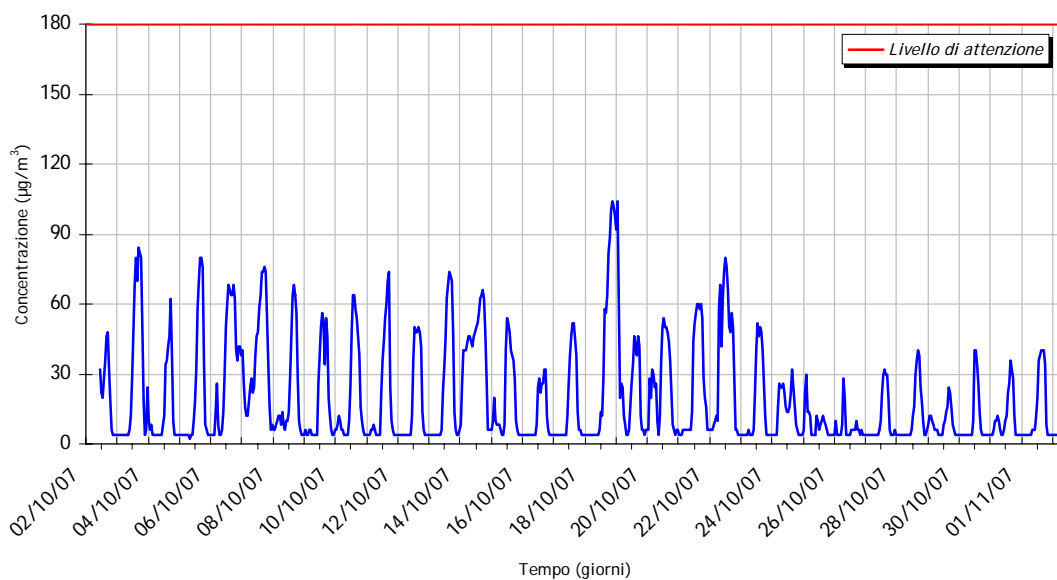


Per quanto riguarda l'ozono il periodo in cui è stata condotta la campagna è quello invernale, in cui valori bassi di radiazione non favoriscono la sua formazione negli strati inferiori dell'atmosfera.

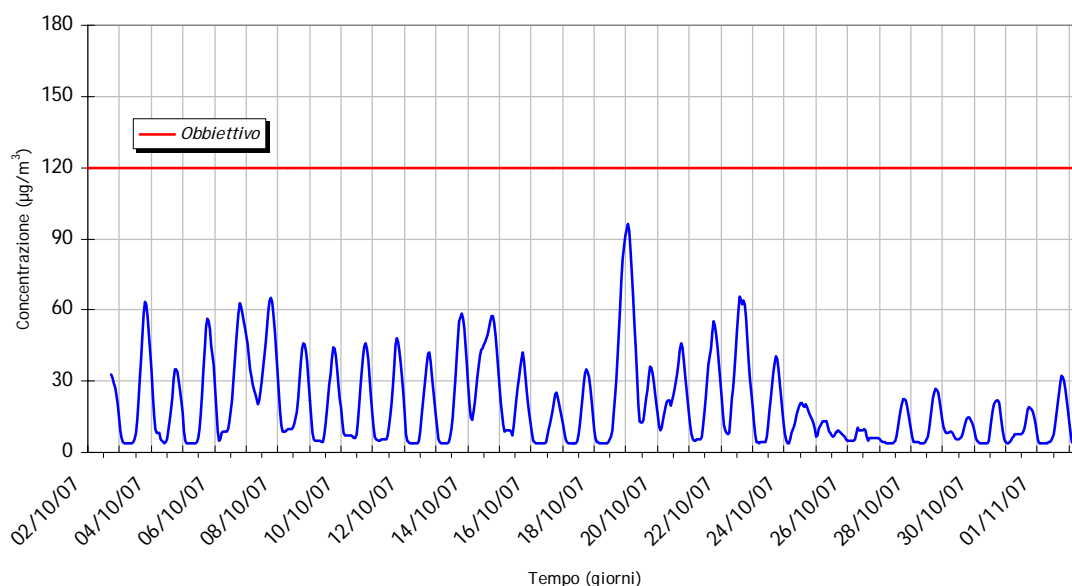
Durante il periodo di misura le concentrazioni di ozono sono state abbondantemente inferiori ai livelli di attenzione sia orario che di 8 ore. Tale condizione però non deve essere comunque trascurata in quanto i valori misurati in tutte le stazioni provinciali hanno confermato un graduale aumento delle concentrazioni anche durante il periodo invernale; in particolare durante il periodo oggetto di indagine i valori sono aumentati di circa 4 ppb rispetto ai valori misurati lo scorso anno.

Il valore medio, la concentrazione oraria massima e la concentrazione massima di 8 ore di ozono riscontrate a Triuggio sono state rispettivamente di 20 µg/m³, 104 µg/m³ e 96 µg/m³.

O₃ - Medie Orarie



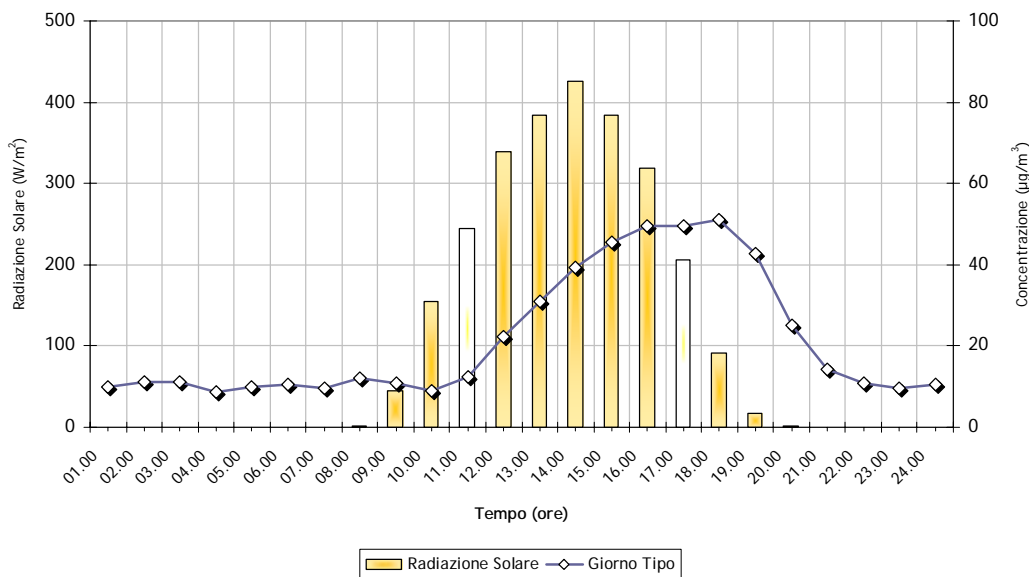
O₃ - Medie di 8 Ore



Giorno tipo e medie giornaliere

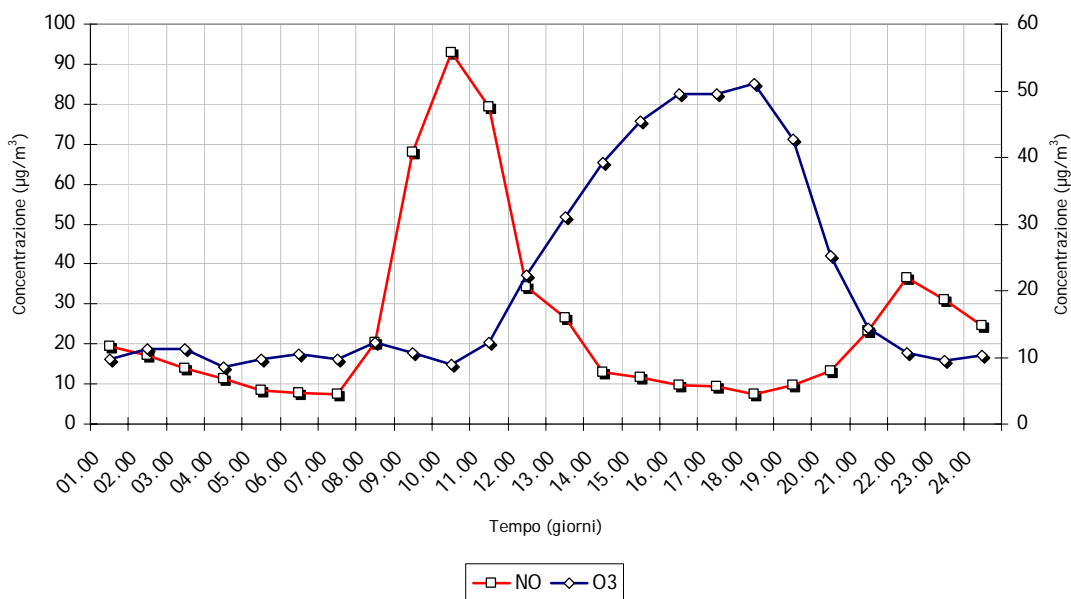
L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è di tipo a campana con un massimo dopo il periodo di maggior insolazione.

Giorno tipo - Confronto Radiazione Solare O₃



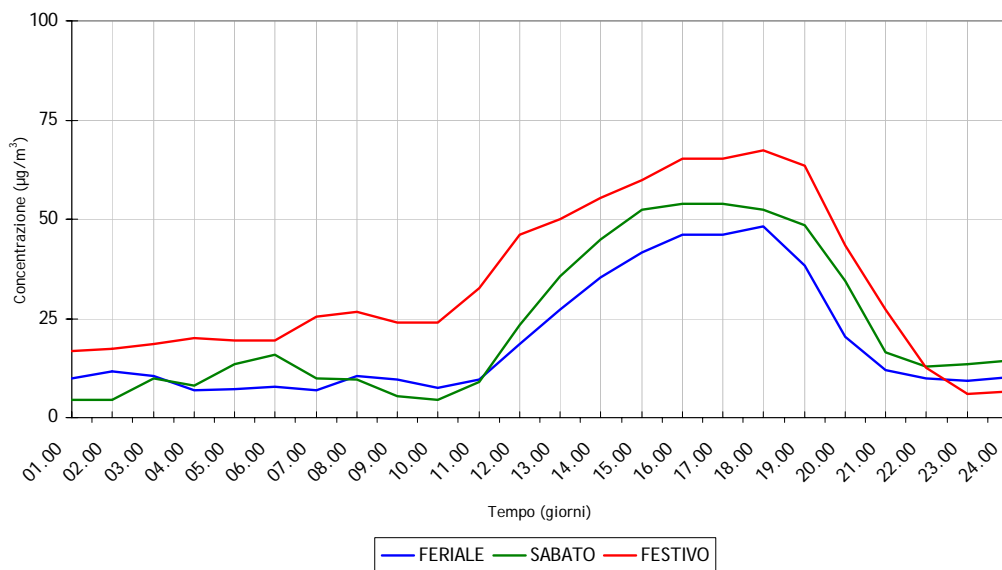
Le concentrazioni di ozono poi tendono a calare nelle vicinanze di sorgenti di emissione di NO questo perché l' NO tende a reagire con l'O₃ portando alla formazione di NO₂.

Giorno Tipo - Confronto O₃/NO



Tale comportamento è possibile verificarlo nel grafico qui sopra riportato in cui si sono confrontate le concentrazioni medie giornaliere di ozono e ossido di azoto nel periodo oggetto dell'indagine; le concentrazioni minime di ozono si presentano in corrispondenza delle concentrazioni massime di NO e viceversa.

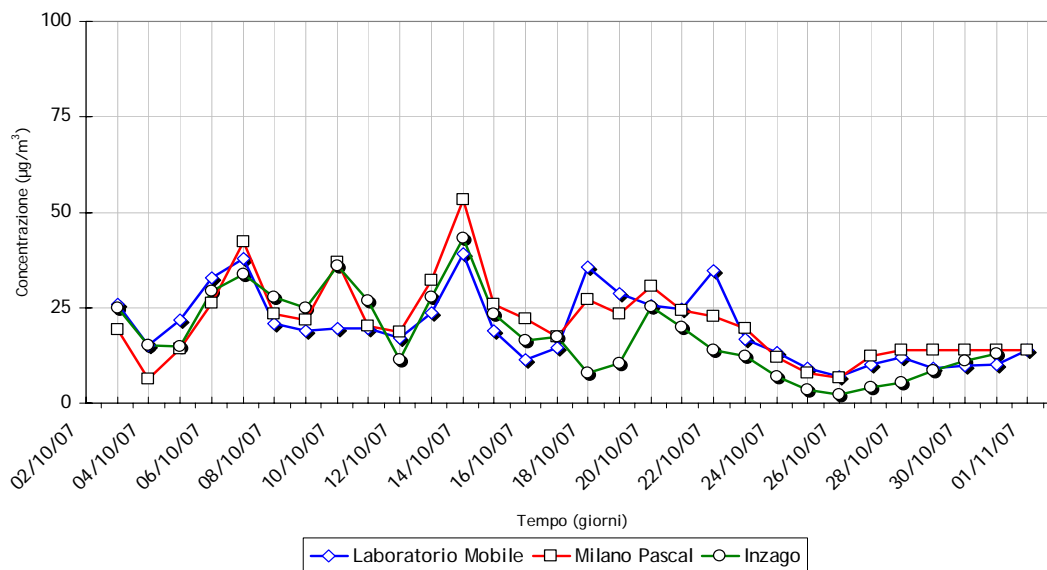
CO - Giorno Tipo



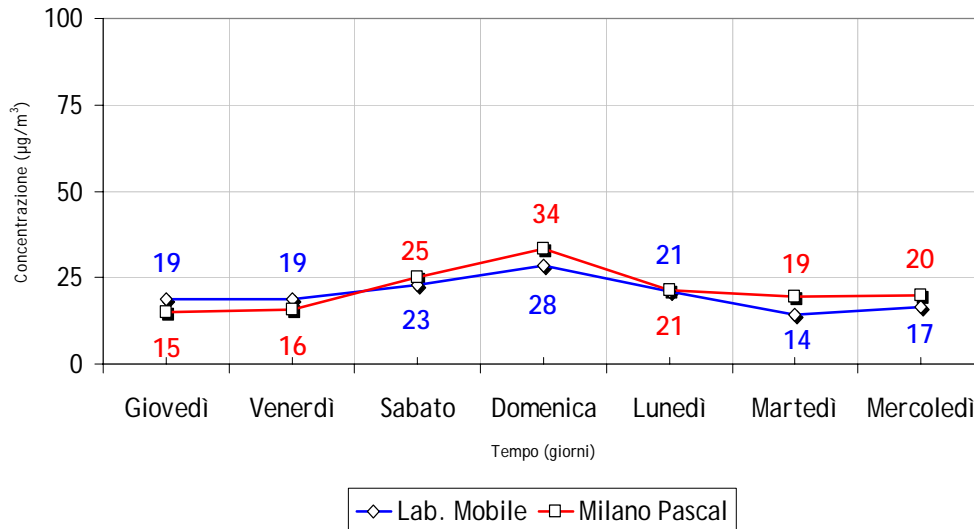
Le concentrazioni di ozono misurate dal Laboratorio Mobile risultano in linea con quelle registrate dalle centraline prese a riferimento, in accordo con la caratteristica di questo inquinante di essere di natura ubiquitaria; la correlazione migliore è stata calcolata con la stazione cittadina di Milano via Pascal e con quella del comune di Inzago.

	Laboratorio Mobile	Milano Pascal	Monza	Agrate Brianza	Carate Brianza	Meda	Inzago	Vimercate
Laboratorio Mobile	1.00							
Milano Pascal	0.75	1.00						
Monza	0.69	0.90	1.00					
Agrate Brianza	0.65	0.90	0.92	1.00				
Carate Brianza	0.38	0.53	0.66	0.64	1.00			
Meda	0.45	0.55	0.62	0.58	0.71	1.00		
Inzago	0.74	0.89	0.82	0.88	0.54	0.50	1.00	
Vimercate	0.51	0.75	0.86	0.87	0.78	0.65	0.73	1.00

O₃ - Medie Giornaliere



O₃ - Media Settimanale



Osservando il grafico qui sopra riportato si osserva come l'andamento settimanale delle concentrazioni nel sito di misura e nella stazione di Milano Pascal presentino una buona analogia temporale anche se l'indice di Pearson calcolato non permette di confermare una correlazione tra le due postazioni.

PM10

Per quanto riguarda le concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate a Triuggio, sono risultate costantemente superiori o molto prossime ai limiti di legge fissato per questo inquinante a 50 µg/m³. Anche le centraline presenti sul territorio lombardo, prese a riferimento, hanno mostrato tale andamento.

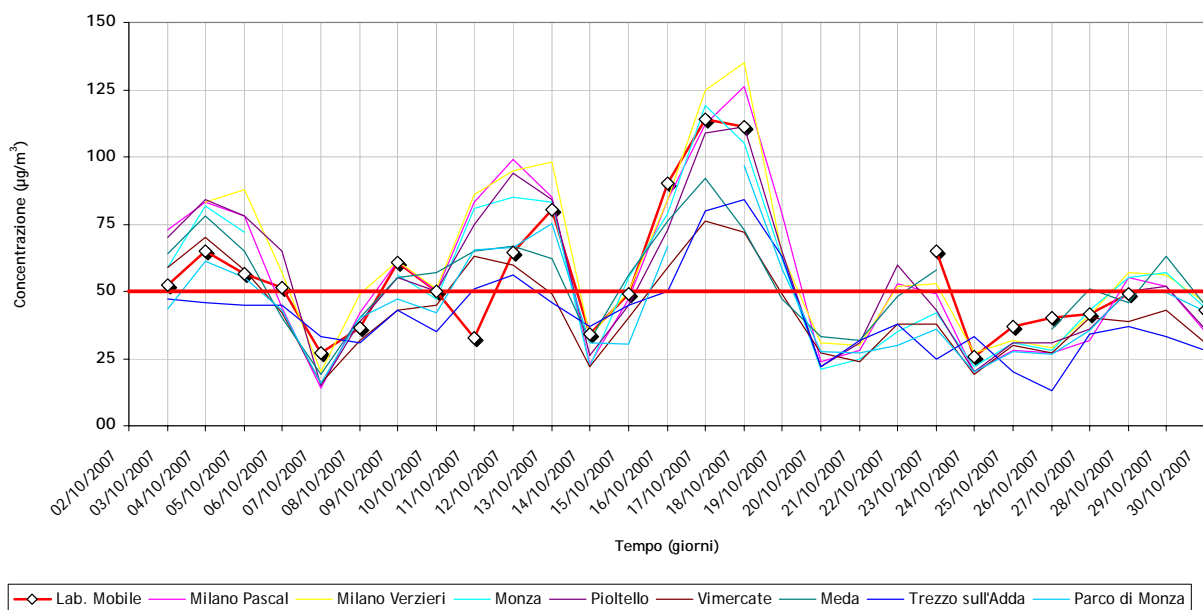
Il valore medio registrato nella postazione di misura è stato di **56 µg/m³**

A conferma del carattere ubiquitario di questo tipo di inquinante, il grafico delle medie giornaliere delle concentrazioni di PM10 mostra come, durante il periodo in esame, vi siano andamenti di concentrazione comuni a diverse località del Bacino Padano.

Per quanto riguarda poi il confronto con le postazioni fisse prese a riferimento le concentrazioni misurate nel sito presentano in particolare un buon andamento temporale sia con la stazione cittadina di Milano Via Pascal e Via Verzieri (R=0.78), che con la vicina stazione di fondo installata all'interno del Parco di Monza (R=0.78).

	Laboratorio Mobile	Milano Pascal	Milano Verzieri	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Trezzo sull'Adda	Parco di Monza
Lab. Mobile	1.00								
Milano Pascal	0.78	1.00							
Milano Verzieri	0.78	0.98	1.00						
Monza	0.73	0.98	0.96	1.00					
Pioltello	0.74	0.99	0.98	0.97	1.00				
Vimercate	0.63	0.92	0.89	0.94	0.93	1.00			
Meda	0.69	0.85	0.80	0.88	0.84	0.94	1.00		
Trezzo sull'Adda	0.69	0.88	0.89	0.86	0.86	0.79	0.68	1.00	
Parco di Monza	0.78	0.95	0.96	0.94	0.94	0.84	0.75	0.85	1.00

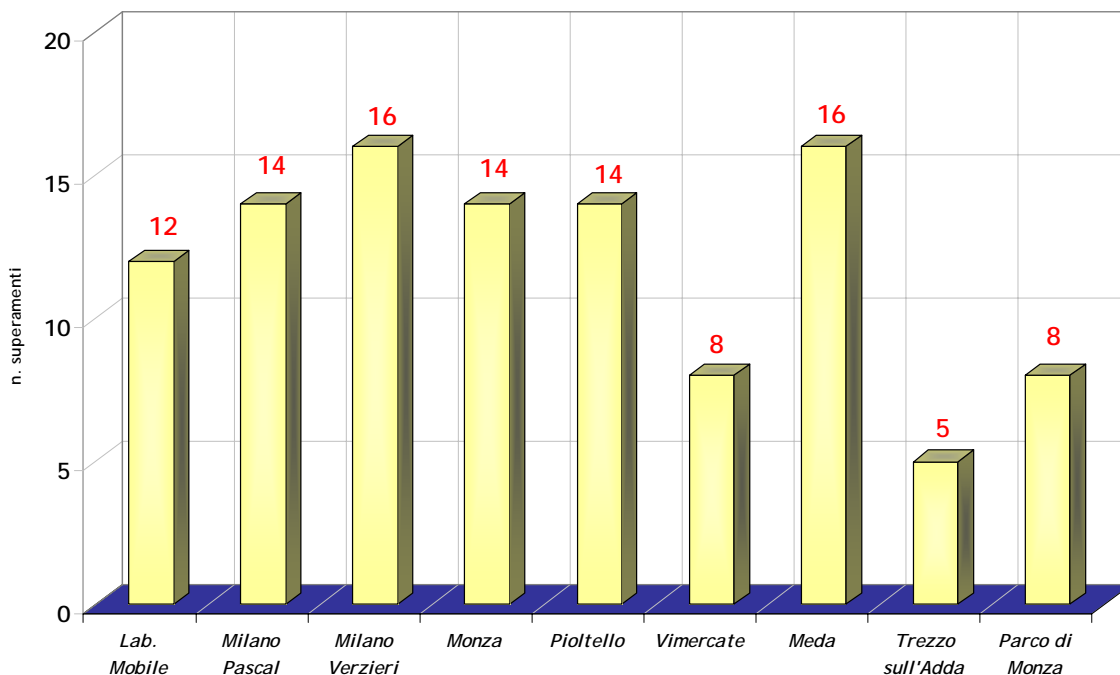
PM10 - Medie giornaliere



Il numero dei superamenti della soglia di attenzione nel periodo di osservazione è stato non trascurabile; a Triuggio sono stati osservati **11 superamenti su 25 giorni di misura**. Tale andamento è confermato anche dai dati ricavati dalle centraline della rete provinciale che misurano questo inquinante.

Nel grafico di seguito riportato viene indicato il numero di superamenti della soglia di attenzione nella stazioni provinciali prese a riferimento; si osserva come tale valore sia distribuito in maniera quasi uniforme indipendentemente dalla tipologia della stazione (Traffico o fondo urbano).

PM10 - Numero dei superamenti della soglia di attenzione



Conclusioni

Il monitoraggio svolto nel comune di Triuggio, nonostante il breve periodo di misura, rappresentativo però di una situazione autunnale, ha consentito, sulla base dei dati raccolti, di quantificare la situazione media dell'inquinamento di fondo in quest'area urbana.

Le caratteristiche del sito di misura, posto a sufficiente distanza dalle arterie cittadine ed intercomunali, interessate da volumi di traffico di tipo locale e di attraversamento (sia leggero che pesante), nonché le condizioni meteorologiche, sono stati elementi essenziali per l'interpretazione dei dati.

A causa del progressivo attenuarsi del rimescolamento verticale dell'atmosfera favorito dalla persistenza di condizioni anticicloniche favorevoli all'accumulo, che ha caratterizzato gran parte del periodo di misura, **vi sono stati 12 giorni di superamento del valore limite di 50 µg/m³ per il PM10.**

Tali criticità hanno in ogni caso riguardato tutto il bacino padano che a causa dell'orografia del suo territorio (chiuso nelle tre direzioni Nord, Ovest, Sud dai rilievi alpini ed appenninici) risente maggiormente di fenomeni di stagnazione anche in condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione. In particolare la zona di Milano, caratterizzata da un clima continentale, subisce questo blocco atmosferico soprattutto in inverno.

Analizzando nel dettaglio la situazione meteorologica nel periodo di misura si osserva come la presenza di una situazione anemologica scarsamente vivace caratterizzata principalmente da episodi di calma (52% del periodo di misura), con sporadici eventi di brezza leggera ($1.5 < VV < 3.3$ - 8% del periodo di misura), unitamente alle numerose giornate serene (5 eventi piovosi su 30 giorni di misura), abbia permesso solo un parziale sblocco atmosferico favorendo l'accumulo degli inquinanti, in particolare per quanto riguarda il PM10.

Un numero cospicuo di giornate di bel tempo poi sembrano aver favorito la formazione di O₃. Sebbene i valori misurati nella postazione di Triuggio e nelle stazioni fisse della rete di rilevamento non abbiano mostrato superamenti nè della soglia oraria nè della media di otto ore, le concentrazioni osservate sono risultate elevate.

E' pertanto presumibile supporre che in periodo estivo, particolarmente favorevole all'accumulo di questo inquinante, si possano verificare episodi non trascurabili di superamento dei limiti di legge.

La caratterizzazione dei flussi di traffico poi, attraverso lo studio di inquinanti considerati dei marker del traffico come CO ed NOx, ha permesso di acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici delle principali arterie che insistono sul comune: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serali; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 08.00 alle ore 12.00 del mattino e dalle 20.00 alle 23.00 di sera con un trend pressoché costante durante il resto della giornata.

Si può concludere che il monitoraggio ha consentito una caratterizzazione della qualità dell'aria del comune di Triuggio, attraverso la valutazione dei livelli ambientali dell'inquinamento atmosferico raccolti, permettendo di ottenere una base di dati che potrà essere utilizzata per successive indagini ambientali, al fine di ottenere informazioni più mirate sulla qualità dell'aria del territorio di comunale.

CENTRALINE RETE PROVINCIALE DI RIFERIMENTO

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Dec. 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
<i>Triuggio Via Aldo Moro</i>	PUB	URBANA	FONDO		02.10 – 02.11 2007
<i>Milano - Pascal</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	---	Centralina Fissa
<i>Monza</i>	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
<i>Agrate Brianza</i>	PUB	URBANA	FONDO	162	Centralina Fissa
<i>Carate Brianza</i>	PUB	URBANA	FONDO	236	Centralina Fissa
<i>Meda</i>	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
<i>Inzago</i>	PRIV	SUBURBANA	INDUSTRIALE	138	Centralina fissa
<i>Villasanta</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	182	Centralina Fissa
<i>Vimercate</i>	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
<i>Milano - Verzieri</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	122	Centralina Fissa
<i>Pioltello</i>	PUB	URBANA	FONDO	122	Centralina Fissa
<i>Trezzo sull'Adda</i>	PUB	SUBURBANA	FONDO	178	Centralina Fissa
<i>Parco di Monza</i>	PUB	URBANA	FONDO	180	Centralina fissa

(*) Centralina ubicata nella provincia di Como

rete: PUB = pubblica, PRIV = privata

tipo zona Decisione 2001/752/CE:

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti
- **SUBURBANA:** periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale
- **RURALE:** all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

tipo stazione Decisione 2001/752/CE:

- **TRAFFICO:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)
- **INDUSTRIALE:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria
- **FONDO:** misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

Biossido di azoto

	% Trend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St	Max Media1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento livello attenzione
Triuggio Via Aldo Moro	99.3	25	17	101	0
<i>Milano Pascal</i>	96.5	69	31	188	0
<i>Monza</i>	95.0	57	26	138	0
<i>Villasanta</i>	100	46	20	116	0
<i>Carate Brianza</i>	100	47	24	154	0
<i>Villasanta</i>	100	46	20	116	0
<i>Vimercate</i>	100	55	23	136	0
<i>Meda</i>	83.6	58	28	146	0

Monossido di carbonio

	% Rend.	Media (mg/m ³)	Dev St	Max Media1 h (mg/m ³)	Nr. giorni superamento livello attenzione	Max Media 8 h (mg/m ³)	Nr. giorni superamento livello attenzione
Triuggio Via Aldo Moro	98.8	0.4	0.3	2.0	0	1.3	0
Monza	95.4	1.1	0.5	3.6	0	2.6	0
Villasanta	100	0.8	0.4	2.2	0	1.5	0
Carate Brianza	99.9	1.1	0.5	3.6	0	1.9	0
Villasanta	100	0.8	0.4	2.2	0	1.5	0
Vimercate	100	1.1	0.5	3.6	0	2.5	0
Meda	83.6	1.4	0.5	3.7	0	2.6	0

Ozono

	%Trend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St	Max Media1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento livello attenzione	Max Media 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Protezione per la Salute
Triuggio Via Aldo Moro	100	20	22	104	0	96	0
<i>Milano Pascal</i>	99.7	21	23	104	0	86	0
<i>Monza</i>	89.7	16	15	79	0	69	0
<i>Carate Brianza</i>	100	35	21	98	0	89	0
<i>Inzago</i>	100	18	21	94	0	83	0
<i>Vimercate</i>	100	24	12	69	0	61	0
<i>Meda</i>	82.0	26	16	77	0	65	0

	% Trend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St	Max Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento livello attenzione
Triuggio Via Aldo Moro	83.3	55	23	114	12 03 - 06.10.2007 09.10.2007 12 - 13.10.2007 16 - 18.10.2007 23.10.2007 01.11.2007
Milano Pascal	100	56	29	126	14 03 - 05.10.2007 09.10.2007 11 - 13.10.2007 16 - 19.10.2007 22.10.2007 28 - 29.10.2007
Milano Verzieri	96.7	59	29	135	16 04 - 06.10.2007 09 - 13.10.2007 16 - 19.10.2007 22 - 23.10.2007 28.10.2007
Monza	90.0	55	26	119	14 03 - 05.10.2007 09.10.2007 11 - 13.10.2007 15 - 19.10.2007 28 - 29.10.2007
Limite di Pioltello	100	54	26	111	14 03 - 06.10.2007 09.10.2007 11 - 13.10.2007 16 - 19.10.2007 22.10.2007 29.10.2007
Vimercate	100	43	16	76	8 03 - 05.10.2007 11 - 12.10.2007 16 - 18.10.2007
Meda	93.3	54	16	92	16 03 - 05.10.2007 09 - 13.10.2007 15 - 18.10.2007 23.10.2007 27.10.2007 29.10.2007 31.10.2007
Trezzo sull'Adda	100	40	16	84	5 11 - 12.10.2007 17 - 19.10.2007
Parco di Monza	96.7	45	18	97	9 04 - 05.10.2007 11 - 13.10.2007 16.10.2007 18 - 19.10.2007

Bibliografia

- Atkinson, R., Carter, W. P. L., Plum, C. N., Winer, A. M., Pitts, J. N.** 1984. Kinetics of gas-phase reactions of NO₃ radicals with a series of aromatics at 296±2K, *Int. J. Chem. Kinetics*, 16, 886.
- Becker, K-H., Cox, A., LeBras, G., Lesclaux, R., Moortgat, K., Sidebottom, W., Zellner, R.** 1992. Reaction of OH radical. EUROTRAC, Annual Report, 9.
- Bierbaum, U. M., Filley, J., DePuy, C. H.** 1994. Kinetic Isotope Effect in Gas-Phase induced elimination reactions. *American Chemical Society*, 107, 2818.
- Cassoni F., Bocchi C. ARPA Emilia Romagna.** "Monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico urbano: Rete Regionale dell'Emilia Romagna – Aggiornamento anno 2004.
- Cecinato, A., Ciccio, P., Brancaloni, E., Frattoni, M.** 1993. Ruolo dei VOC nella formazione di ozono. Atti della giornata di studio inquinamento chimico e fotochimico in aree della Lombardia, Saronno 14 ottobre 1993.
- Chow JC.** Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles. *J Air Waste Manage Assoc* 1995;45:320-82.
- D. lgs. Minambiente e Minsalute n. 25 novembre 1994.**
- DM n° 60 del 2/4/2002** "Recepimento della Direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio.
- Elias, G., Siniscalco, F.** 1972. L'inquinamento dell'aria: sorgenti, effetti e difese. Peg. **ENEA** 1995. CORINAIR project; air pollution emission inventory in Italy for the year 1990. Final report. ENEA, Dip. Ambiente, Roma.
- Gualdi R., Lanzani G. e Cazzuli O. (2003)** – "Razionalizzazione del monitoraggio della qualità dell'aria". ARPA Lombardia.
- Norma ISO 9359 (edizione 1989)** "Air qualità. Stratified sampling method for assessment of ambient air qualità".
- Norma UNI EN ISO 9001 (2000)** "Sistemi di gestione della qualità - Requisiti".
- Norma UNI EN ISO 14001 (1996)** "Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso".
- Progetto SINA – Area di Epidemiologia Ambientale ARPA Emilia Romagna.** "Analisi statistiche a supporto del monitoraggio della qualità dell'aria in Emilia Romagna".
- Ziemacki G, Viviano G, Merli F.** Heavy metals: sources and environmental presence. *Ann Ist Super Sanità* 1989;25(3): 531-6.