



**Laboratorio Mobile  
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico  
Comune di Monza  
Via Monte Santo**

**12/05/2009 – 09/06/2009**



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

## Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

Comune di Monza

Via Monte Santo

MONZA, 27/10/2009

### **Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile**

p.i. Davide Paladini

### **Relatore**

p.i. Davide Paladini

### **Il Responsabile dell'U. O. Aria e Agenti Fisici**

dott. Simona Invernizzi

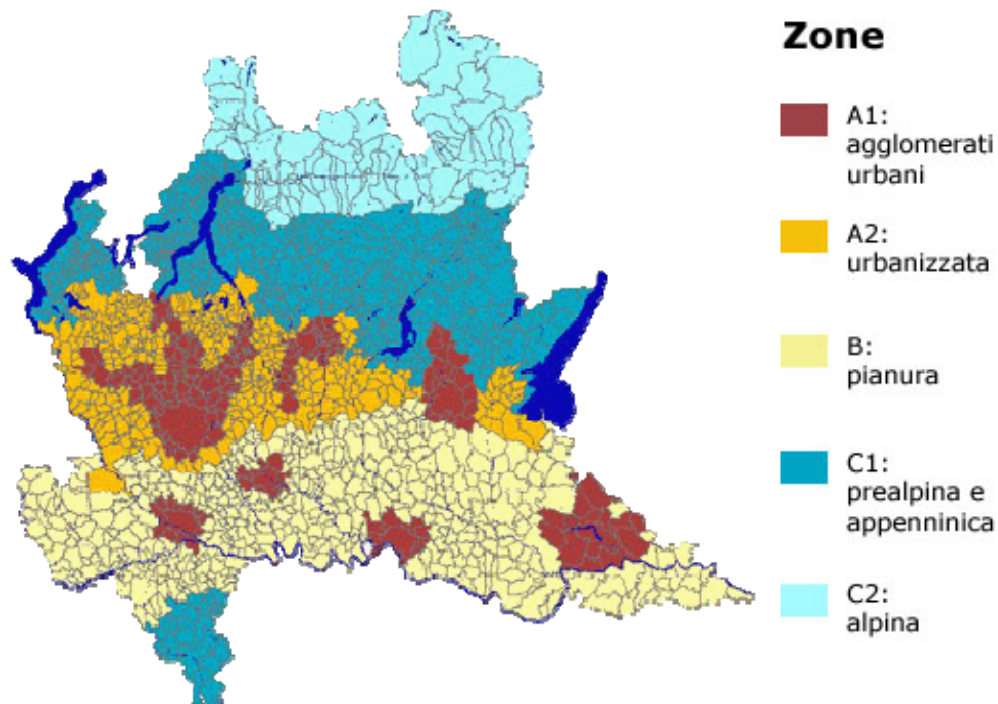
## Premessa

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 la d.G.R 2 agosto 2007, n.5290 ha modificato la precedente zonizzazione distinguendo il territorio in:

- ZONA A: agglomerati urbani (A1) e zona urbanizzata (A2)
- ZONA B: zona di pianura
- ZONA C: area prealpina e appenninica (C1) e zona alpina (C2)



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 su indicazione dell'Amministrazione Comunale in via Monte Santo, in corrispondenza del piccolo parcheggio antistante la Chiesa.

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

- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- Monossido di carbonio (CO);
- Ozono (O<sub>3</sub>);
- 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<sub>x</sub> e O<sub>3</sub> è posta tra 1.5 e 4 m di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 m dal suolo.

A causa di un problema tecnico occorso all'analizzatore di ozono le concentrazioni di questo inquinante sono disponibili a partire dal giorno 19 maggio alle ore 14.00.

L'Amministrazione comunale ha aderito al "Progetto IPA", promosso dal Dipartimento ARPA di Monza e Brianza, in seguito all'emanazione del D.L. 152/07 (pubblicato sulla G.U. n. 194/L del 13/09/2007) concernente i criteri di valutazione di metalli e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici). Tale ulteriore indagine ha permesso di ottenere sia una base importante di dati su questa classe di microinquinanti risultati, se presenti in concentrazioni elevate, ad alto rischio sanitario e classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo, sia di indagare quale sorgente incida maggiormente sulla qualità dell'aria nel sito di prelievo, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

## 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).

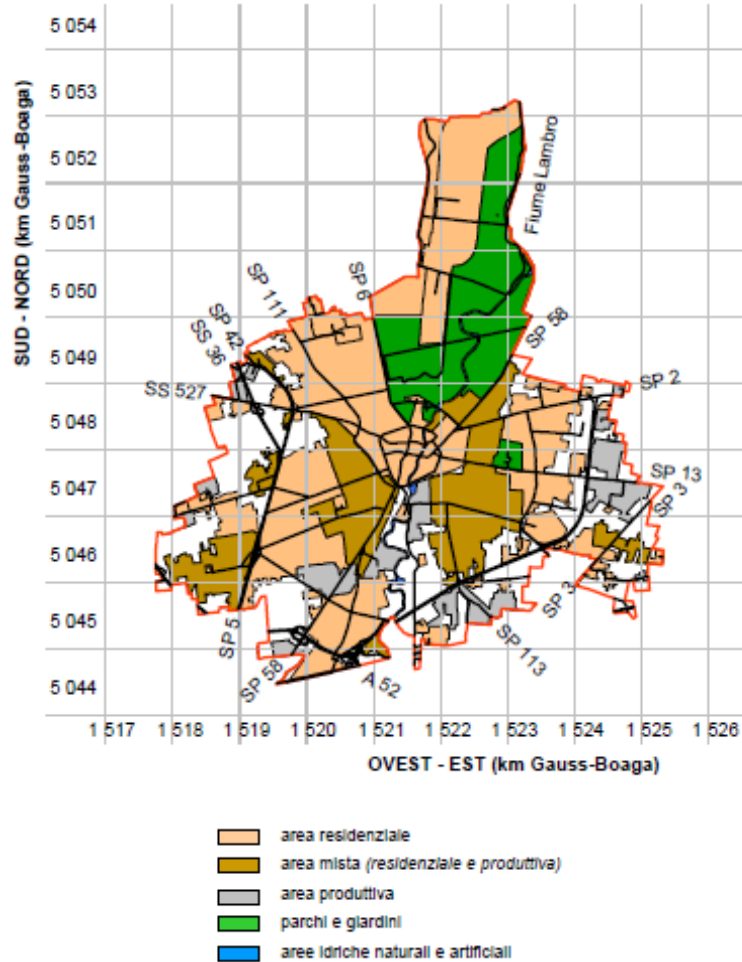
E' importante sottolineare che il D.M. 60 del 2/4/02 ha introdotto, oltre ad una serie di valori limite, anche le date alle quali tali valori devono essere raggiunti; esso prevede inoltre un percorso nel tempo che porta ad un graduale raggiungimento dei limiti, stabilendo un margine di tolleranza che si riduce negli anni. In tabella, tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2009.

SO <sub>2</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione ecosistemi	20	anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di allarme	500	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02
NO <sub>2</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo 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 (+10)	1 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana	40 (+2)	Anno civile	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di allarme	400	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02
NO <sub>x</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 60 2/4/02
CO	Valore Limite (mg/m <sup>3</sup> )	Periodo 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. 60 2/4/02
	Soglia di attenzione	10	8 h	D.G.R. 28/10/02
O <sub>3</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo 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
PM10	Valore Obiettivo (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo 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
IPA	Valore Obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
B[a]P	Valore limite protezione salute umana e per l'ambiente	1	Anno civile	D.L. 152 03/08/07

- Il valore obiettivo è riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media sull'anno civile.
- La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.
- Il valore obiettivo di intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da qualsiasi cifra decimale diversa da zero

**Sito di misura**

**Mappa dei principali assi viari cittadini**



Periodo di misura:	12 maggio – 09 giugno 2009
Sito di misura:	Via Monte Santo
Autostrade e Tangenziali:	A4 – Milano – Venezia Tangenziale Nord
Assi stradali statali e provinciali:	S.S. n. 36 Valassina (Monza - Lecco) S.P. n. 5 Viale Lombardia (Monza – Milano) S.P. n. 2 Viale Libertà (Monza – Trezzo sull'Adda) S.P. n. 6 Viale Brianza
Assi stradali comunali	Via Marconi – Viale Fermi – Viale delle Industrie Viale Stucchi Via Borgazzi Via Lecco Via Amati – Viale Sicilia

**Il Territorio Comunale di Monza**

Monza, capoluogo della neo provincia di Monza e Brianza, è un centro abitato che conta circa 117.068 abitanti distribuiti su una superficie di circa 33 Km<sup>2</sup> e dista circa 15 Km da Milano in direzione Nord Est. Il territorio comunale di Monza confina a sud con Brugherio, Cinisello Balsamo e Sesto S.G., a est con Concorezzo e Villasanta a nord con Biassono, Veduggio, Lissone e ad ovest con Muggiò.

Le principali attività produttive presenti sul territorio monzese sono legate all'industria tessile dell'abbigliamento e alla fabbricazione di apparecchiature elettromeccaniche.

## Principali sorgenti emissive nel territorio Comunale di Monza

Per un apporto all'interpretazione dei dati raccolti sul campo è stata fatta una stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Monza attraverso l'inventario regionale INEMAR<sup>1</sup> (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **riferita all'anno 2005**.

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 (Coordination 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<sub>x</sub>)
- 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 µm (PM2.5)

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

In **allegato 1** vengono forniti i contributi delle singole sorgenti; in **allegato 2** vengono invece evidenziati i contributi all'inquinamento atmosferico dei singoli combustibili per macrosettore.

Dall'analisi emerge che le principali fonti di inquinamento nel comune di Monza sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento.

Si può infatti osservare come il traffico contribuisca per il 67.2% alla formazione degli ossidi di azoto e per il 85.5% a quella del monossido di carbonio e al 48.0% per le sostanze precursori dell'ozono; per quanto riguarda il PM10 e al PM 2.5 tale sorgente contribuisce rispettivamente per il 66.8% e il 65.5%.

La combustione non industriale incide sulla qualità dell'aria, contribuendo per il 77.8% all'emissione di biossido di zolfo, per il 18.0% all'emissione in atmosfera di ossidi di azoto, per il 11.6% al monossido di carbonio, per il 12.2% al formazione di PM10 e per il 13.7% alla formazione di PM2.5.

Per quanto riguarda le emissioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5) dal grafico dei singoli combustibili per macrosettore, si nota come l'emissione dovuta al trasporto su strada derivi principalmente dal diesel, invece relativamente alla emissioni non industriali il contributo più significativo può essere ricondotto alla combustione della legna, del kerosene e dell'olio combustibile.

<sup>1</sup> 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>.

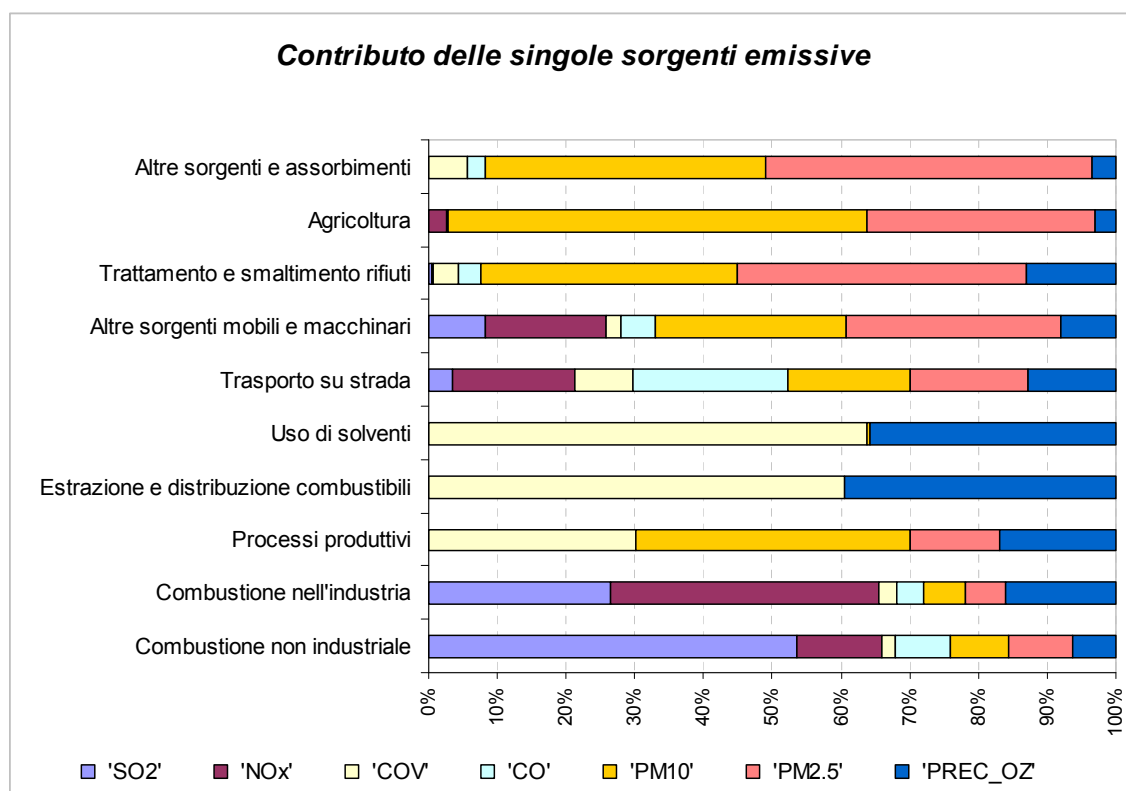
**Allegato 1**

**COMUNE DI MONZA**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Combustione non industriale</b>	<b>31.00</b>	<b>227.56</b>	<b>72.26</b>	<b>308.31</b>	<b>12.58</b>	<b>12.11</b>	<b>384.14</b>
Combustione nell'industria	2.33	109.60	14.08	22.71	1.40	1.15	150.33
Processi produttivi	0.00	0.00	51.26	0.00	2.96	0.83	51.26
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	116.77	0.00	0.00	0.00	135.35
Uso di solventi	0.00	0.01	1337.92	0.00	0.27	0.10	1337.94
<b>Trasporto su strada</b>	<b>5.35</b>	<b>850.73</b>	<b>743.69</b>	<b>2277.60</b>	<b>68.76</b>	<b>57.90</b>	<b>2032.57</b>
Altre sorgenti mobili e macchinari	1.13	77.06	17.58	45.06	9.85	9.54	116.55
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.01	0.59	0.59	0.26	0.25	3.74
Agricoltura	0.00	0.31	0.04	0.00	0.58	0.27	1.16
Altre sorgenti e assorbimenti	0.00	0.00	20.28	9.88	6.24	6.24	21.37
<b>TOTALE</b>	<b>39.81</b>	<b>1265.28</b>	<b>2374.48</b>	<b>2664.14</b>	<b>102.91</b>	<b>88.40</b>	<b>4234.41</b>

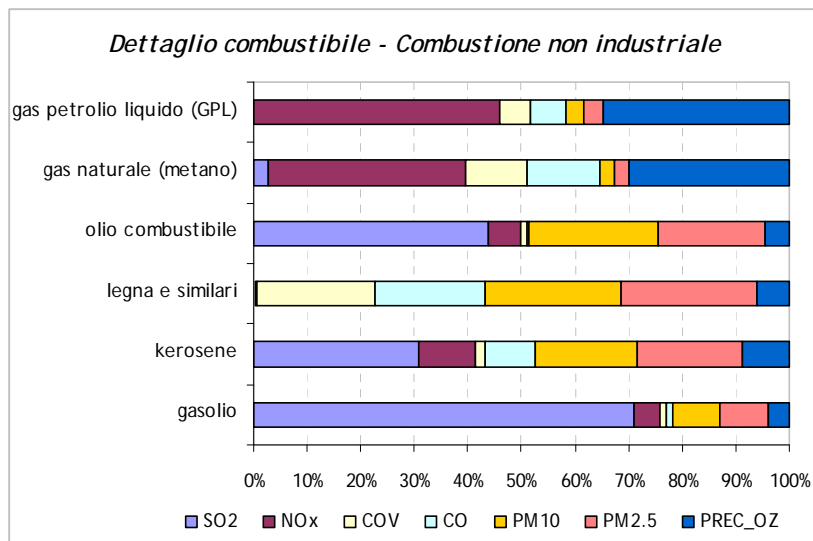
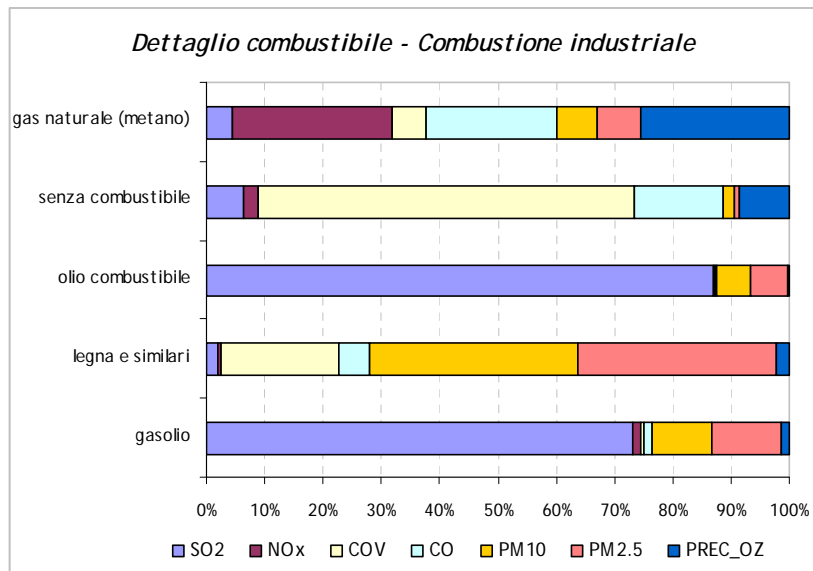
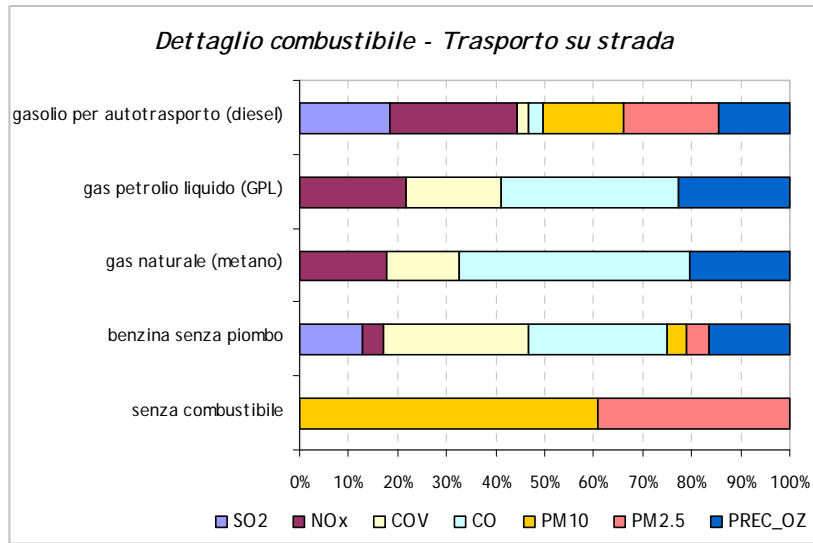
**PROVINCIA DI MILANO**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	1653.12	3086.41	194.17	481.75	40.75	28.78	4014.98
<b>Combustione non industriale</b>	<b>1590.18</b>	<b>6617.62</b>	<b>3221.25</b>	<b>13163.84</b>	<b>617.77</b>	<b>595.84</b>	<b>12756.57</b>
Combustione nell'industria	1546.21	3546.35	921.50	1109.98	173.85	120.02	5378.86
Processi produttivi	0.04	61.39	1898.59	254.25	86.16	33.69	2001.46
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	3320.74	0.00	0.00	0.00	3820.75
Uso di solventi	0.23	0.70	49690.06	0.00	31.99	11.70	49690.91
<b>Trasporto su strada</b>	<b>190.59</b>	<b>30417.57</b>	<b>24049.19</b>	<b>76451.35</b>	<b>2408.88</b>	<b>2023.66</b>	<b>69582.91</b>
Altre sorgenti mobili e macchinari	146.09	4594.33	1237.91	3337.87	529.67	520.68	7210.44
Trattamento e smaltimento rifiuti	27.94	1592.66	77.50	2653.59	16.32	15.41	2577.55
Agricoltura	12.41	171.61	61.73	647.30	95.94	75.41	546.63
Altre sorgenti e assorbimenti	0.47	2.08	788.23	373.04	201.52	201.28	831.94
<b>TOTALE</b>	<b>5167.28</b>	<b>50090.72</b>	<b>85460.86</b>	<b>98472.98</b>	<b>4202.86</b>	<b>3626.48</b>	<b>158413.01</b>



**Figura 1: contributo delle singole sorgenti alle emissioni**

**Allegato 2**



## Caratterizzazione del sito di misura

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura dell'inquinamento atmosferico condotta in periodo primaverile con Laboratorio mobile tra il **12 maggio ed il 9 giugno 2009** nel comune di Monza.

Scopo delle campagne di misura è stata la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria nel corso dell'anno.



**Figura 1: punto di posizionamento del Laboratorio mobile nel Comune di Monza**

Il punto di misura si trova lungo via Monte Santo, una importante via di comunicazione cittadina a due corsie a doppio senso di marcia, orientato lungo la direttrice ovest – est del territorio comunale.

Congiuntamente a Viale Campania, Viale Lombardia, via Battisti, Viale Libertà e Viale delle Industrie tale tratto stradale rappresenta la circonvallazione esterna al centro cittadino monzese. Viale Monte Santo garantisce il collegamento tra lo svincolo autostradale A4 e i comuni a nord est del territorio provinciale Brianzolo.

In condizioni normali la zona oggetto d'indagine è interessata da traffico sia leggero che pesante di tipo locale e di attraversamento, in particolare nella fascia oraria giornaliera.

## 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' 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 risentano 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<sup>2</sup> 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.

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

I livelli di concentrazione degli inquinanti osservati, sono stati valutati anche alla luce delle condizioni meteorologiche registrate nel periodo del monitoraggio dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile. Dal punto di vista meteorologico il vento ha notoriamente un effetto di diluizione e le precipitazioni di dilavamento nei confronti di tutti gli inquinanti atmosferici; la loro presenza è quindi determinante nella gestione degli episodi di concentrazioni acute. Il loro andamento è quasi sempre anticorrelato con la concentrazione delle particelle (di qualsiasi grandezza siano).

La campagna di misura è stata condotta a partire dalla seconda decade di maggio fino alla prima decade di giugno.

Il mese di maggio è stato caratterizzato da un regime di alta pressione che ha favorito il bel tempo su tutta la regione; gli episodi di cattivo tempo sono stati due il primo, tra sabato 16 e domenica 17, a seguito del passaggio di un fronte d'aria umida proveniente da sud ovest associato a precipitazioni piovose. Il secondo episodio, avvenuto durante l'ultimo fine settimana del mese, è stato generato dall'arrivo di un flusso d'aria occidentale che ha determinato un brusco abbassamento delle temperature con rovesci temporaleschi locali nel zona a Nord Ovest della regione.

Questa situazione è continuata anche nei primi giorni del mese di giugno per poi lasciare il posto ad un flusso di aria mite che ha riportato condizioni di bel tempo su tutto il territorio regionale.

Per quanto riguarda la temperatura nel corso delle misurazioni i valori osservati si sono mantenuti mediamente superiori di circa 3 °C rispetto ai valori tipici del periodo, andamento osservato anche nel

<sup>2</sup> 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.

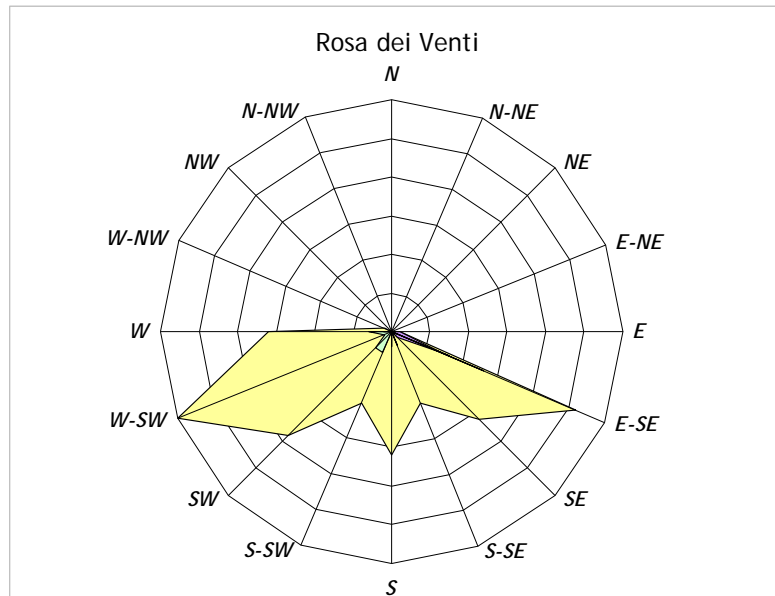
L'altezza di rimescolamento o mixing height risente della struttura verticale dell'atmosfera che presenta variazioni nelle 24 ore (ciclo giorno-notte) e stagionali (stagione calda-fredda).

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.

corso dell'abbassamento di temperatura occorso nei due periodi perturbati; in particolare si segnala che in corrispondenza del passaggio dell'anticiclone africano l'incremento di temperatura, rispetto ai valori tipici stagionali, ha raggiunto un valore massimo di 7 °C.

Sia le precipitazioni che l'attività anemologica del periodo i valori osservati hanno avuto valori poco significativi; per quanto riguarda la precipitazione piovosi i fenomeni sono stati localmente diffusi e di modesta intensità, la velocità del vento invece è stata molto debole fatta eccezione nell'ultima domenica del mese di maggio dove in pianura è stato registrato un valore massimo orario di 10 m/s.

L'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra come i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi siano stati quelli compresi tra i settori W-SW e E-SE, con maggiore frequenza nei settori E-SE (8.8%) e W-SW (4.6%).



	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	1	0	1	0	0
E-SE	26	8	7	13	5
SE	16	0	1	0	0
S-SE	10	2	0	0	0
S	16	0	2	0	0
S-SW	10	3	0	0	0
SW	19	3	0	0	0
W-SW	30	1	0	0	0
W	16	3	0	1	0
W-NW	1	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0
N-NW	0	0	0	0	0

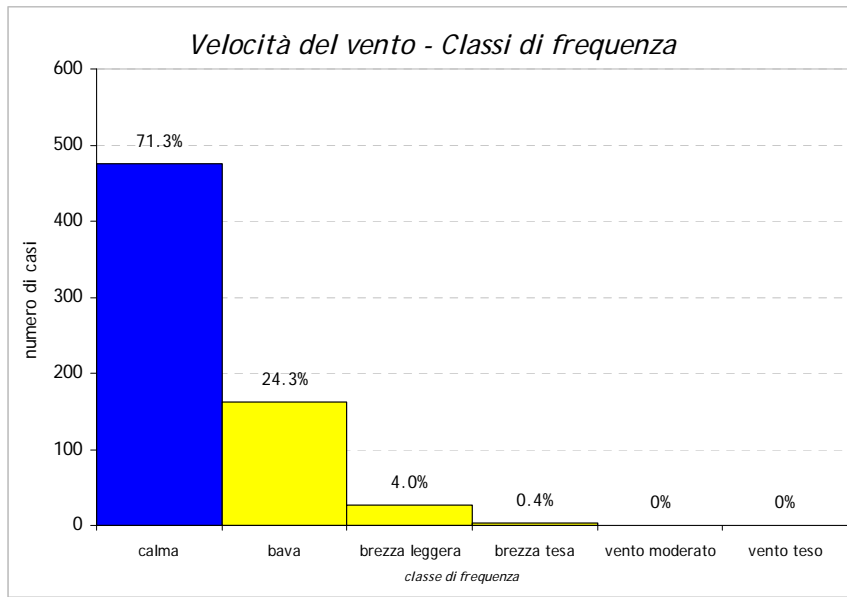
VV = Velocità del Vento (m/s)

Numero totale di casi 668  
Percentuale di casi di calma 71%

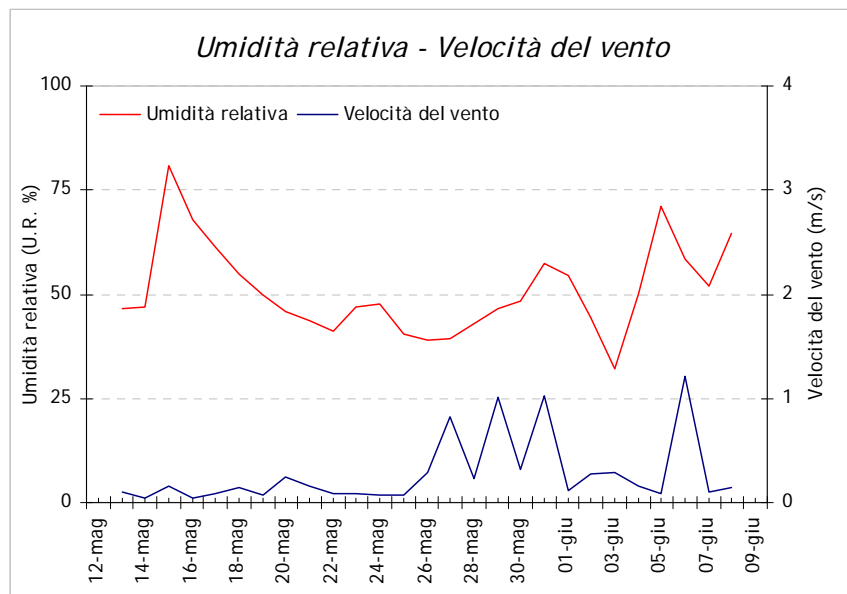
Ai fini valutativi è importante capire quale sia stata la classe di vento con frequenza maggiore durante la campagna di misura. I dati osservati a Monza mostrano una attività ventosa moderata, in linea con quanto osservato dalla rete di osservazione regionale; il 71% dei valori misurati ricade nell'intervallo compreso tra 0 e 0.3 m/s (calma di vento). Nel corso delle osservazioni i fenomeni significativi sono stati rari, infatti solo il 4.4% dei casi è risultato compreso nell'intervallo tra 1.6 m/s < VV < 5.4 m/s.

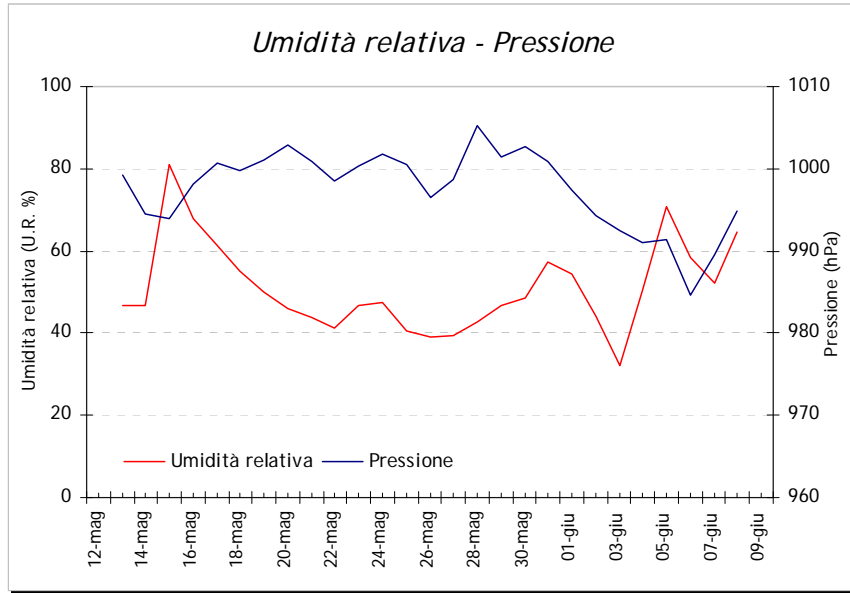
Nel complesso il valore medio della velocità del vento misurato in via Monte Santo è stato di 0.27 m/s. Il valore medio orario massimo (3.7 m/s) ed il valore massimo medio giornaliero (1.2. m/s) sono stati osservati nella giornata di sabato 6 giugno.

Classi di vento	Velocità del vento m/s	Frequenza n. di casi	%
Calma	0.2	476	71.3%
Bava	1.5	162	24.3%
Brezza leggera	3.3	27	4.0%
Brezza tesa	5.4	3	0.4%
Vento moderato	7.9	0	0.0%
Vento teso	10.7	0	0.0%



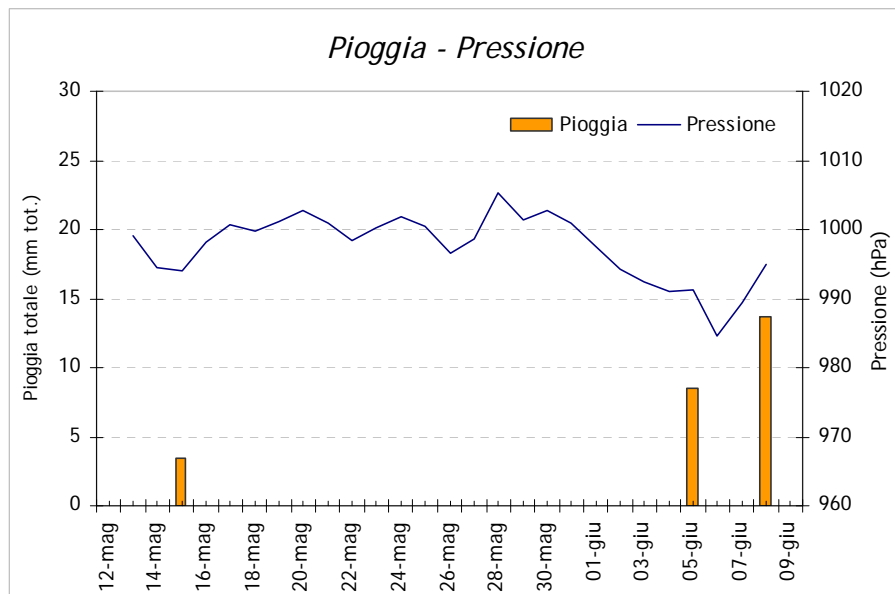
Il valore medio dell'umidità relativa, osservato nel periodo di misura, è stato di 51.1%. Il massimo giornaliero (95.5%) è stato registrato il giorno 5 giugno alle ore 17.00 nel corso del secondo evento più piovoso occorso nel periodo di misura.





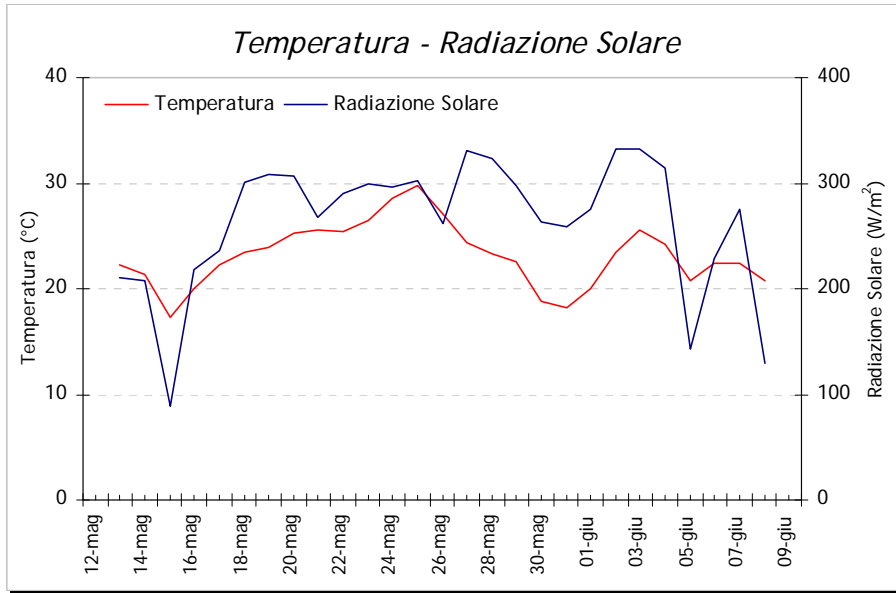
Dal punto di vista barico il periodo è stato contraddistinto da una serie di modeste variazioni della pressione comprese mediamente in un intervallo di 25 hPa; il valore medio misurato è stato di 997.5 hPa, il valore minimo e massimo sono stati invece rispettivamente di 981.4 hPa, il giorno 6 giugno alle ore 15.00, e di 1006.4 il giorno 28 maggio tra le ore 09.00 e le ore 11.00.

Gli episodi piovosi registrati nel corso delle misurazioni sono stati solo 3 (15 maggio e 5, 8 giugno); il quantitativo totale di pioggia caduto nella zona di via Monte Santo è stato di 25.6 mm in linea con quanto osservato nelle stazioni regionali di riferimento. Il valore massimo è stato di 13.7 mm il giorno 8 giugno.



Il valore medio di temperatura misurato nel periodo delle misurazioni è stato di 23.1 °C. Analogamente a quanto osservato per le stazioni provinciali anche nel comune di Monza il trend delle temperature ha visto delle variazioni dovute sia alla presenza dell'anticiclone africano che alla passaggio corrente d'aria fredde. Il valore minimo e massimo osservati sono stati rispettivamente di 14.16 °C il giorno 31 maggio alle ore 05.00 e di 35.99 °C il giorno 25 maggio alle ore 17.00.

Per quanto riguarda la radiazione solare, il valore medio osservato è stato di 259.3 W/m<sup>2</sup>; il valore massimo (921 W/m<sup>2</sup>) è stato misurato il giorno 3 giugno alle ore 12.00.



## 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 emissive antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

### Andamento degli inquinanti nel periodo di misura

Esaminando gli indicatori proposti dalla normativa, appare evidente come la scala temporale adeguata per una valutazione della qualità dell'aria sia 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, NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) e polveri sottili (PM10).

La strumentazione presente sul Laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi (NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>); 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 NO<sub>2</sub>, 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.

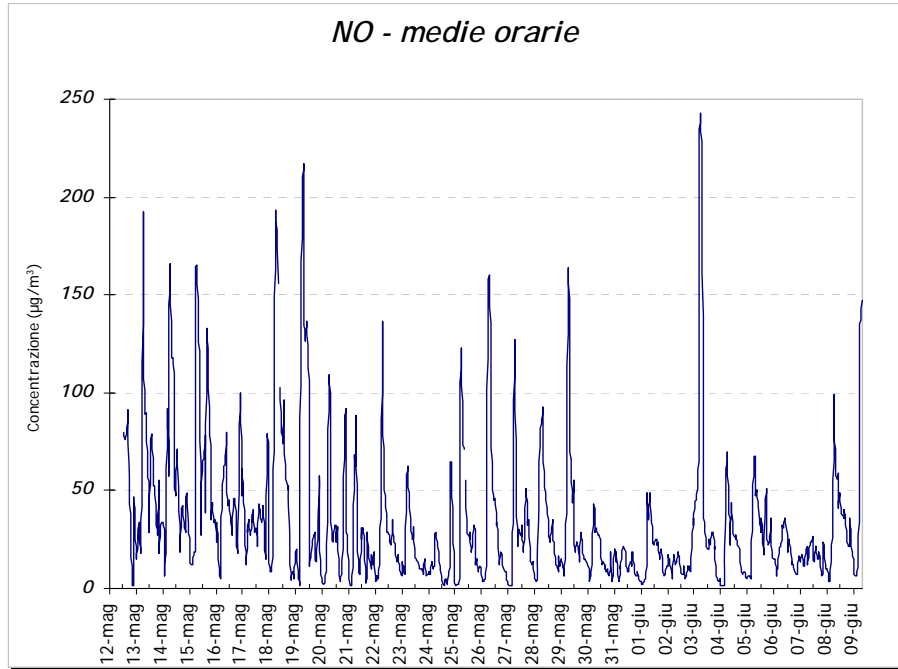
Le caratteristiche del sito di misura poi e le condizioni meteorologiche sono elementi essenziali per l'interpretazione dei dati. La concentrazione degli inquinanti in atmosfera, soprattutto in ambiente urbano, è infatti influenzata da diversi fattori legati alla meteorologia.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati dell'analisi degli andamenti temporali degli inquinanti ricavati durante il periodo di misura nel comune di Monza.

### NO – Monossido di Azoto

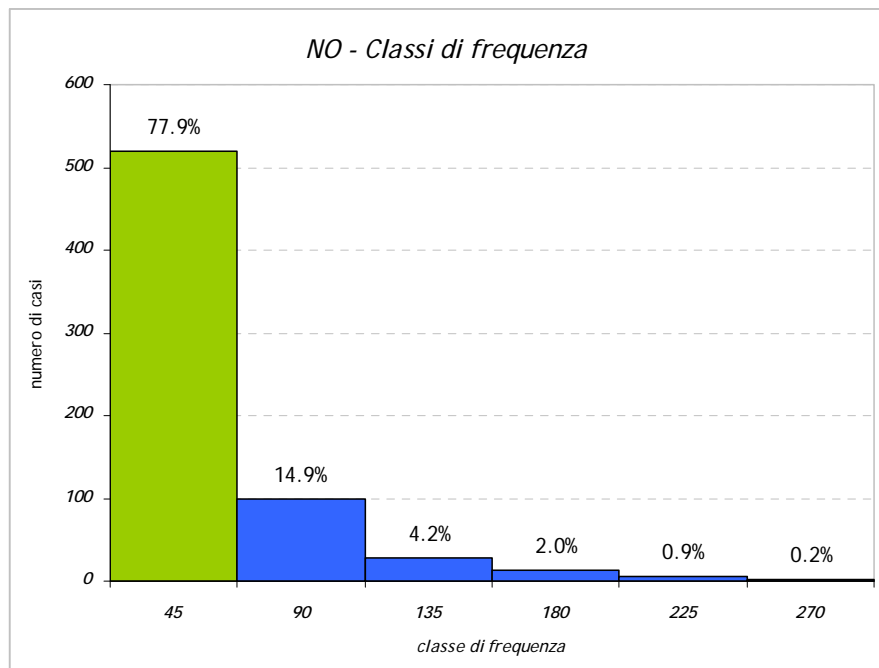
Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto oltre a fornire importanti informazioni per la caratterizzazione del sito, dà origine per ossidazione all'NO<sub>2</sub> e, attraverso altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O<sub>3</sub> troposferico.

I valori delle concentrazioni orarie del NO hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 34 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo orario pari a 243 µg/m<sup>3</sup>, il giorno 3 giugno alle ore 07.00.

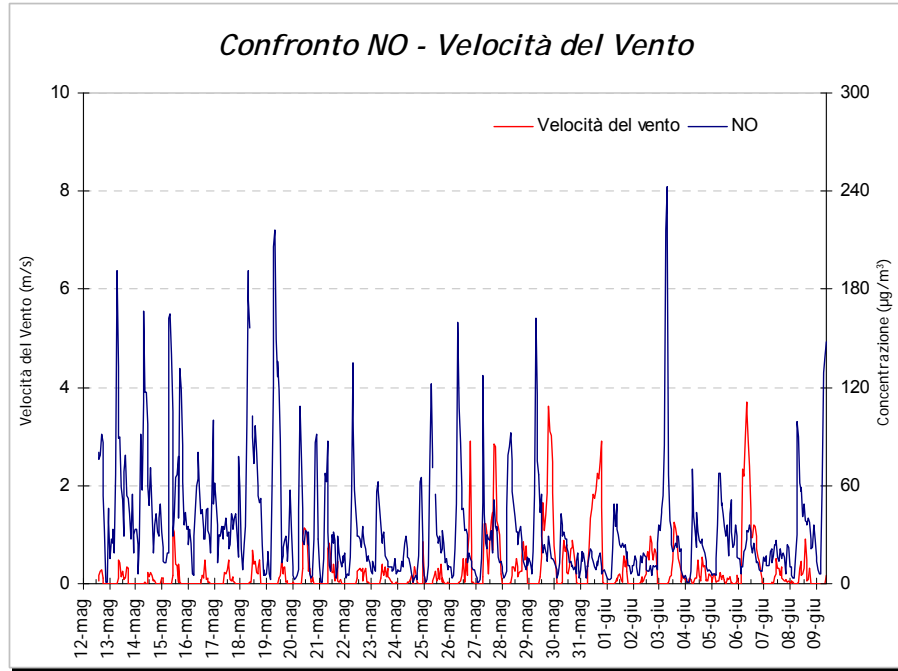


L'analisi in frequenza, effettuata con intervalli di concentrazioni pari a  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , evidenzia come le concentrazioni misurate in via Monte Santo a Monza siano piuttosto contenute; il 92.9% dei valori risulta compresa tra 1 e  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il rimanente 7.2% presenta valori superiori, comunque inferiori a  $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
45	519	77.9%	180	13	2.0%
90	99	14.9%	225	6	0.9%
135	28	4.2%	270	1	0.2%

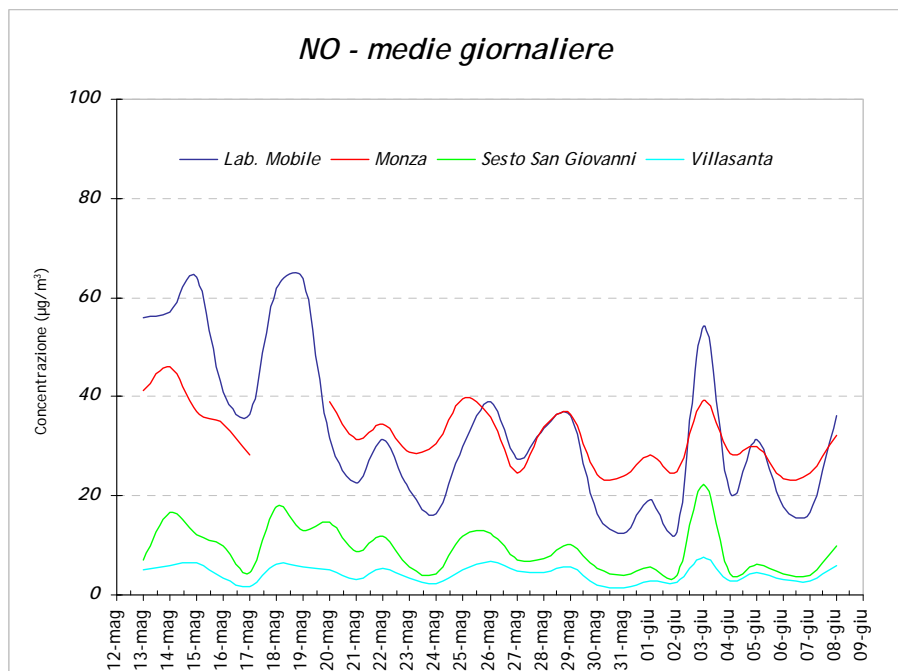


Mettendo a confronto le concentrazioni di NO con i valori della velocità del vento si nota come per questo inquinante l'accumulo in atmosfera dipenda dalle condizioni di stabilità; i valori massimi di NO coincidono con una scarsa attività ventosa.



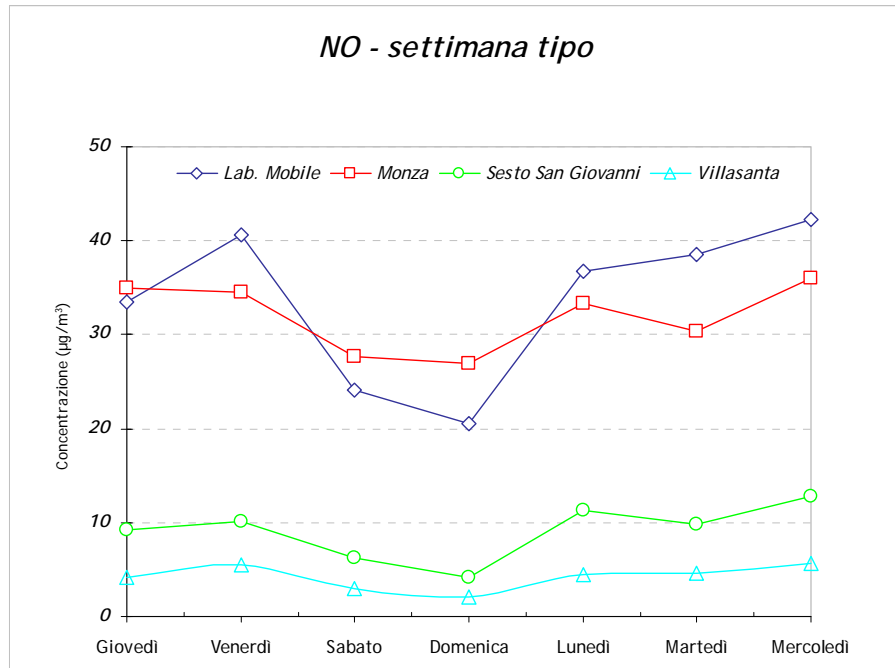
Sebbene il NO sia un inquinante caratteristico del sito di prelievo e poco soggetto a fenomeni di trasporto, l'analisi statistica dei dati evidenzia in questa campagna di misura una soddisfacente correlazione con le vicine stazioni di Villasanta ( $R = 0.75$ ), Sesto San Giovanni ( $R=0.69$ ) e Monza ( $R=0.68$ ).

	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Vimercate	Villasanta	Carate Brianza	Agrate Brianza	Cinisello Balsamo	Sesto San Giovanni
Lab. Mobile	1.00								
Milano Pascal	0.54	1.00							
Monza	0.68	0.48	1.00						
Vimercate	0.46	0.45	0.38	1.00					
Villasanta	0.75	0.58	0.58	0.61	1.00				
Carate Brianza	0.29	0.16	0.35	0.09	0.27	1.00			
Agrate Brianza	0.62	0.44	0.49	0.53	0.73	0.15	1.00		
Cinisello Balsamo	0.67	0.54	0.53	0.31	0.68	0.34	0.44	1.00	
Sesto San Giovanni	0.69	0.67	0.56	0.42	0.82	0.24	0.72	0.63	1.00

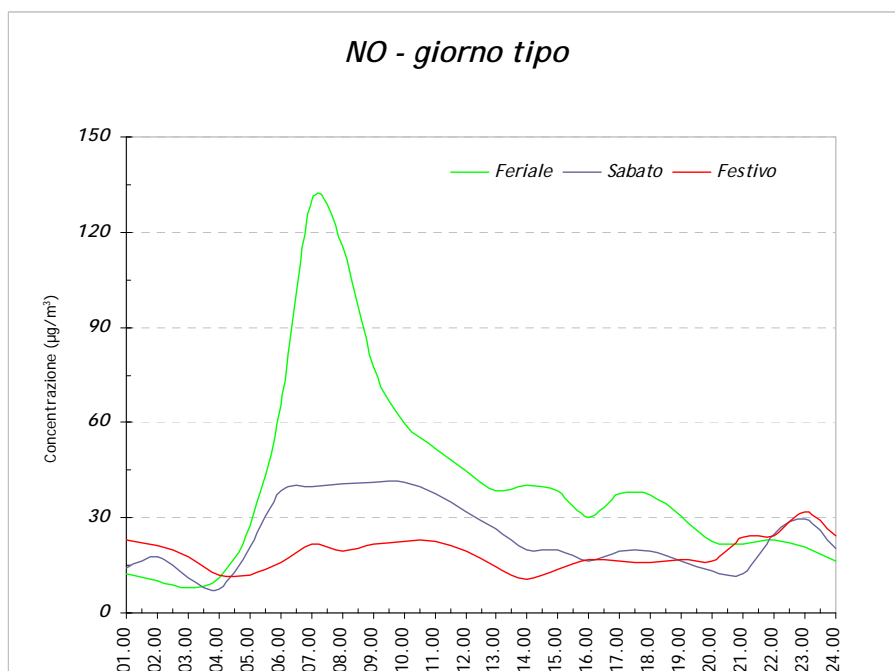


Nel grafico delle medie giornaliere sono state riportate le concentrazioni osservate in questi quattro siti di misura; oltre ad evidenziare un analogo andamento temporale si evidenzia come in valore assoluto le concentrazioni misurate in via Monte Santo siano analoghe a quelle registrate nella stazione di Monza in via Macchiavelli.

La scala settimanale è l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia ha scarsa influenza. Per questo motivo è stata ottenuta, partendo dalle concentrazioni medie giornaliere, la settimana tipo, riferita ai valori misurati in via Monte Santo. Come il grafico precedente anche quello della settimana tipo mostra andamenti analoghi con le stazioni maggiormente correlate, in particolare con quella di Monza Macchiavelli.



Il grafico del giorno tipo permette di 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. Questo andamento è particolarmente evidente osservando i valori registrati nel sito di misura; le concentrazioni maggiori si osservano nel giorno tipo feriale, in particolare nella fascia oraria 06.00 – 11.00 del mattino, periodo in cui il traffico veicolare è maggiormente sostenuto.

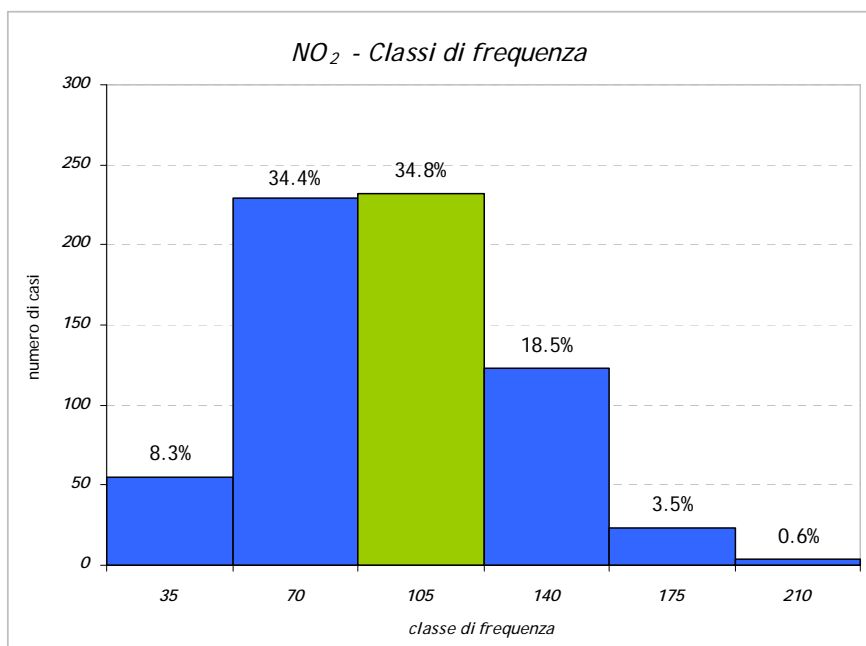
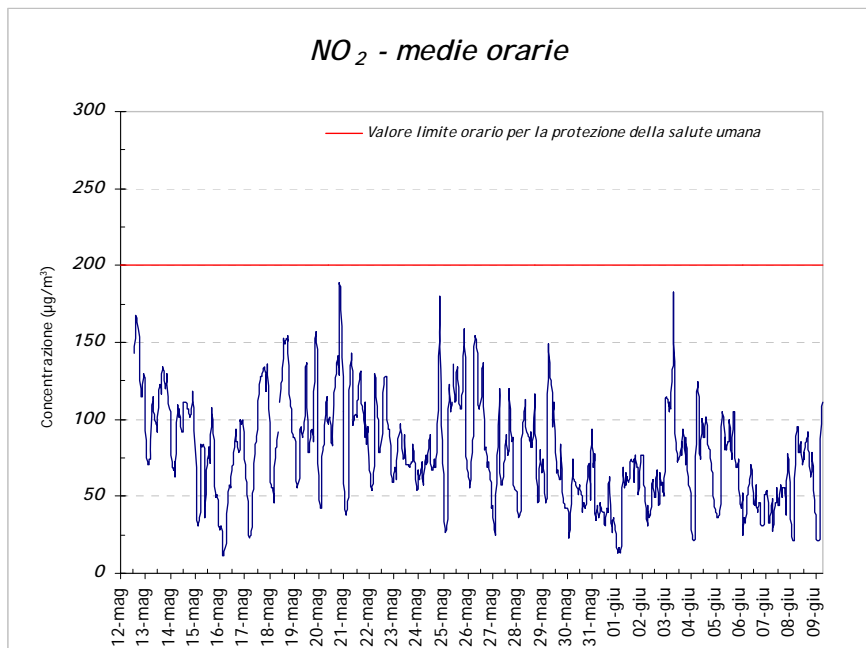


Il giorno tipo del sabato presenta nelle ore diurne un andamento simile a quello del giorno tipo feriale ma con valori decisamente inferiori; nelle ore serale si osserva un aumento dei valori dovuto al traffico prefestivo. Il giorno tipo festivo, invece, mostra valori costanti più bassi in tutte le ore del giorno con un lieve aumento alla mattina tra le 08.00 e le 10.00 e alla sera tra le 20.00 e le 24.00, quest'ultimi presumibilmente da associare al traffico di rientro dal fine settimana.

### NO<sub>2</sub> – Biossido di Azoto

La concentrazione di NO<sub>2</sub>, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO<sub>2</sub> e dalla velocità di conversione di NO<sub>2</sub> in altre specie ossidate (nitrati). Le concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 78 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo orario pari a 189 µg/m<sup>3</sup>, il giorno 20 maggio alle ore 21.00.

**Sebbene nel corso di questa campagna di misura NON sia stato osservato alcun superamento della soglia di attenzione, fissata per questo inquinante a 200 µg/m<sup>3</sup>, le concentrazioni misurate in via Monte Santo sono state in molte ore della giornata non trascurabili.**

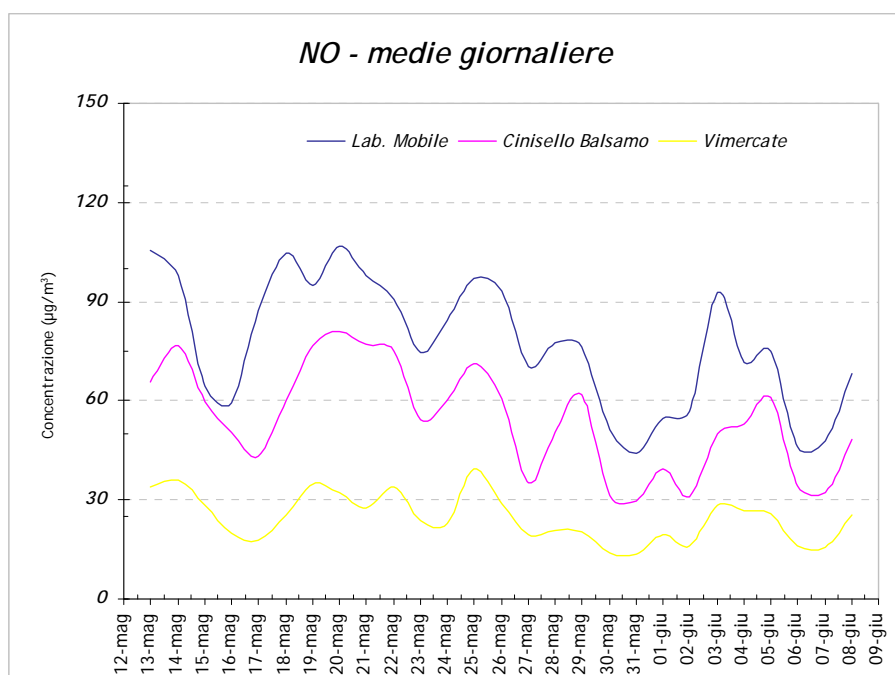


Anche per questo set di dati è stata effettuata l'analisi in frequenza utilizzando un intervallo di  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; si evidenzia come 87.7% dei valori ricada nell'intervallo compreso tra 36 e  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con maggior frequenza in quello compreso tra 71 e  $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (34.8%)

A differenza infatti del NO, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di NO<sub>2</sub> è più complessa. Essendo un inquinante secondario infatti non dipende direttamente dalla presenza della sorgente traffico ma, se sono presenti i suoi precursori, continua a formarsi. Anche per questa serie di dati è calcolata la matrice di Pearson per verificare quali stazioni provinciali presentino la correlate migliore rispetto al sito di misura.

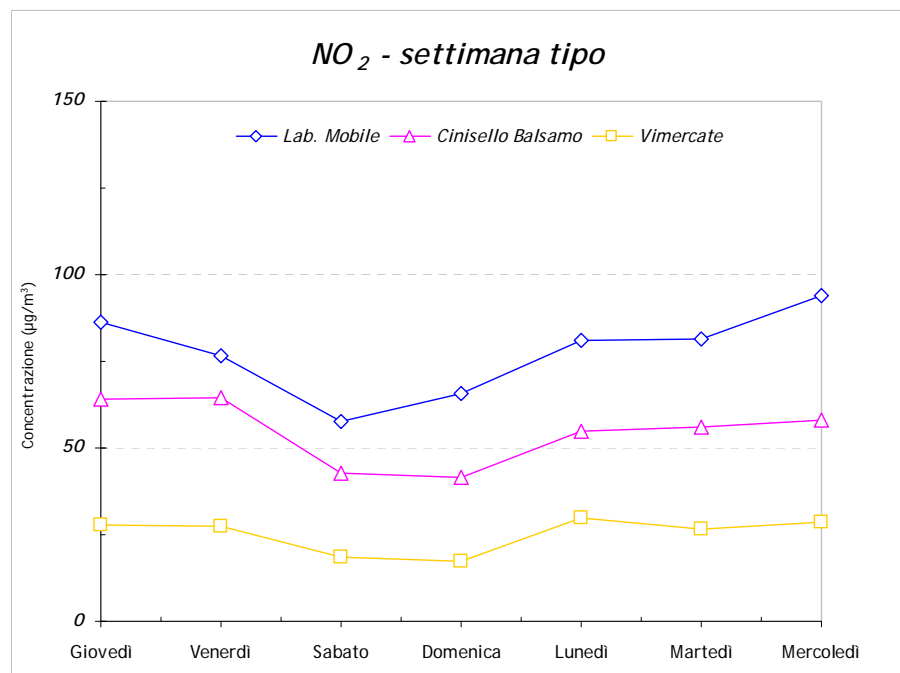
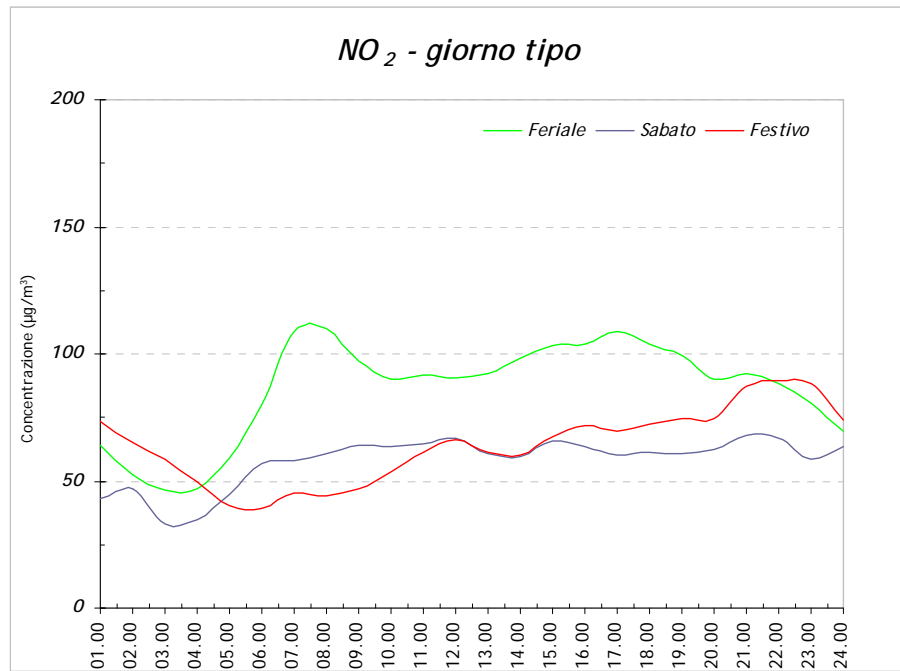
	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Vimercate	Villasanta	Carate Brianza	Agrate Brianza	Cinisello Balsamo	Sesto San Giovanni
Lab. Mobile	1.00								
Milano Pascal	0.30	1.00							
Monza	0.60	0.59	1.00						
Vimercate	0.65	0.38	0.74	1.00					
Villasanta	0.63	0.42	0.80	0.81	1.00				
Carate Brianza	0.61	0.31	0.59	0.76	0.67	1.00			
Agrate Brianza	0.54	0.44	0.80	0.79	0.75	0.58	1.00		
Cinisello Balsamo	0.75	0.43	0.73	0.68	0.71	0.67	0.63	1.00	
Sesto San Giovanni	0.58	0.66	0.79	0.64	0.71	0.45	0.65	0.67	1.00

In tabella si osserva come le sole stazioni di Cinisello Balsamo (R=0.75) e Vimercate (R=0.65) abbiano una correlazione sufficiente rispetto ai valori osservati in via Monte Santo; si riportano nel grafico successivo le concentrazioni medie giornaliere osservate per questi tre siti di misura.



Il grafico del giorno tipo, feriale e del sabato, evidenzia come le concentrazioni maggiori si presentino nelle ore diurne con maggior traffico veicolare. Il grafico del giorno tipo festivo oltre ad avere valori più bassi presenta una distribuzione temporale pressoché costante; si osserva un lieve aumento delle concentrazioni della fascia oraria serale (21.00-24.00).

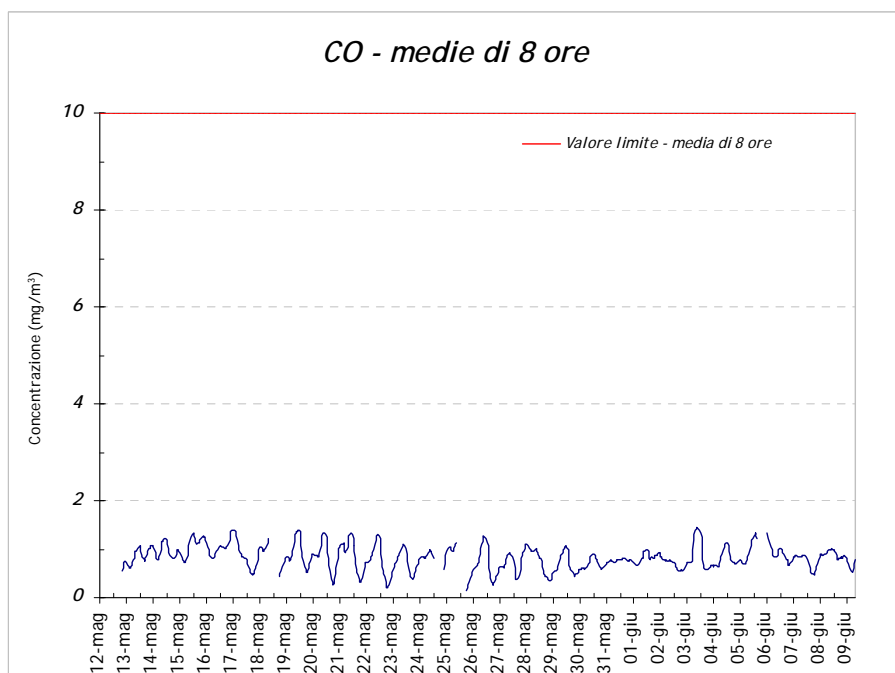
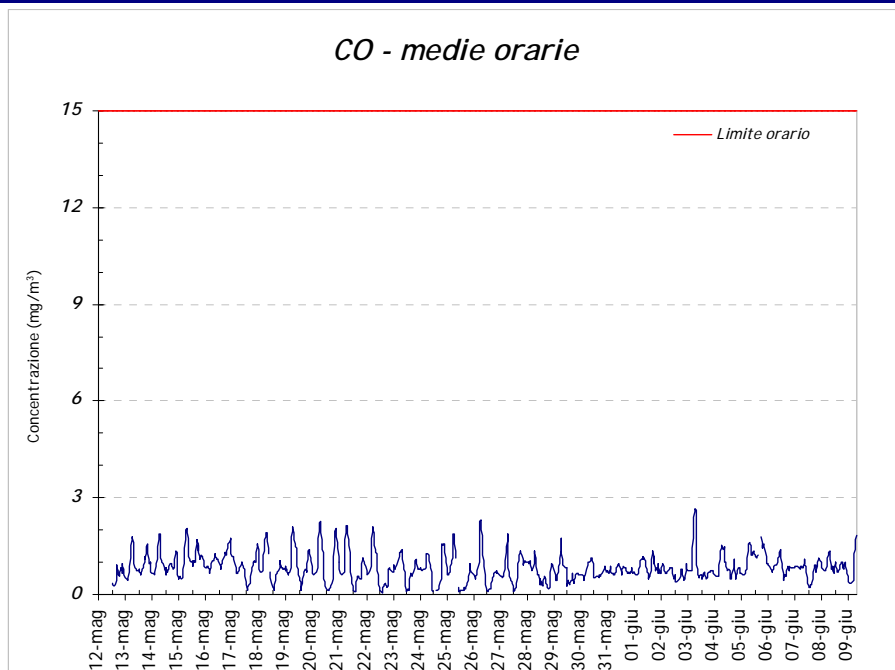
La diminuzione dei valori nei giorni festivi viene evidenziata anche nel grafico della settimana tipo in cui si osserva il minimo delle concentrazioni di domenica; questo andamento temporale viene confermato anche per le centraline maggiormente correlate.



### CO – Monossido di Carbonio

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

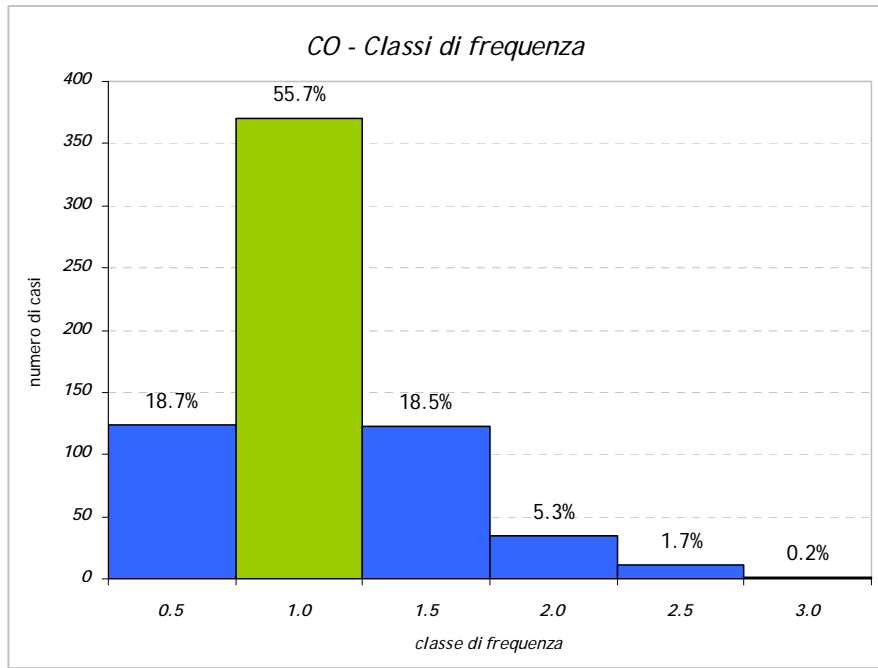
I valori di CO misurati durante la campagna di misura sono risultati abbondantemente inferiori ai limiti di legge sia per quanto riguarda la media oraria che per quella di 8 ore. Il valore medio sul periodo è stato di 0.8 mg/m<sup>3</sup>, il valore massimo orario di 2.6 mg/m<sup>3</sup> è stato osservato il giorno 3 giugno alle ore 07.00; il valore massimo mediato sulle 8 ore è risultato pari a 1.4 mg/m<sup>3</sup>, osservato tra i giorni 16 e 17 maggio (tra le ore 24.00 e le 02.00), il giorno 19 maggio (tra le ore 11.00 e le 12.00) ed il giorno 3 giugno (tra le ore 08.00 e le 12.00).



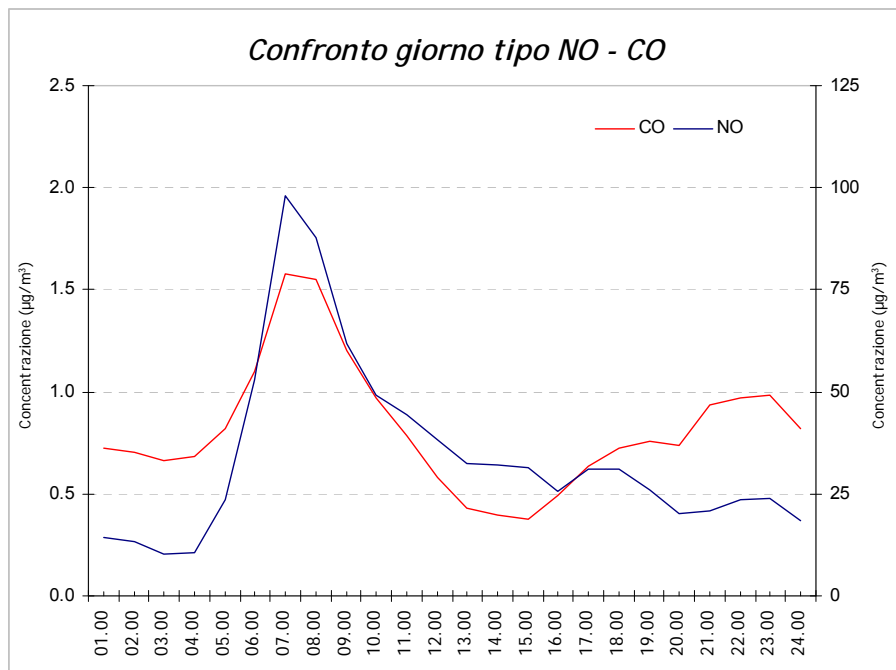
Nella tabella sottostante si riporta l'analisi in frequenza, con intervallo  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , dei valori osservati nel corso di questa campagna di misura. Si osserva come le concentrazioni osservate in via Monte Santo siano 92.9% comprese tra  $0.1$  e  $1.5 \text{ mg/m}^3$ , con maggiore frequenza nell'intervallo compreso tra  $1.1$  e  $1.5 \text{ mg/m}^3$ .

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
0.5	124	18.7%	2.0	35	5.3%
1.0	370	55.7%	2.5	11	1.7%
1.5	123	18.5%	3.0	1	0.2%

Si riporta qui di seguito il grafico relativo all'analisi in frequenza.

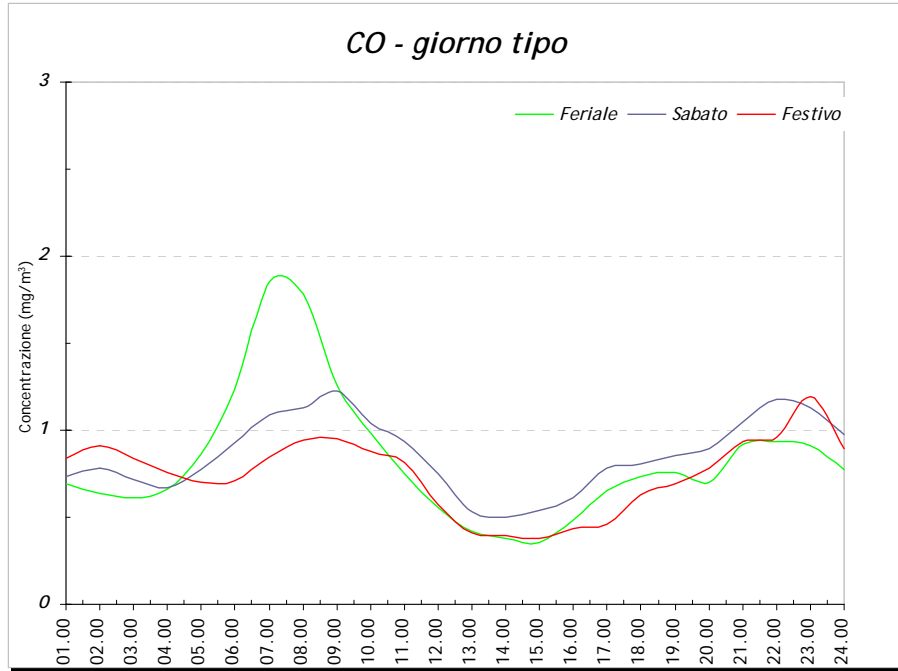


Come per il NO, anche le concentrazioni di CO dipendono direttamente dal traffico veicolare presente nel sito di misura; questa dipendenza viene illustrata molto bene osservando il grafico del giorno tipo di questi due inquinanti dove la distribuzione media giornaliera è perfettamente allineata.

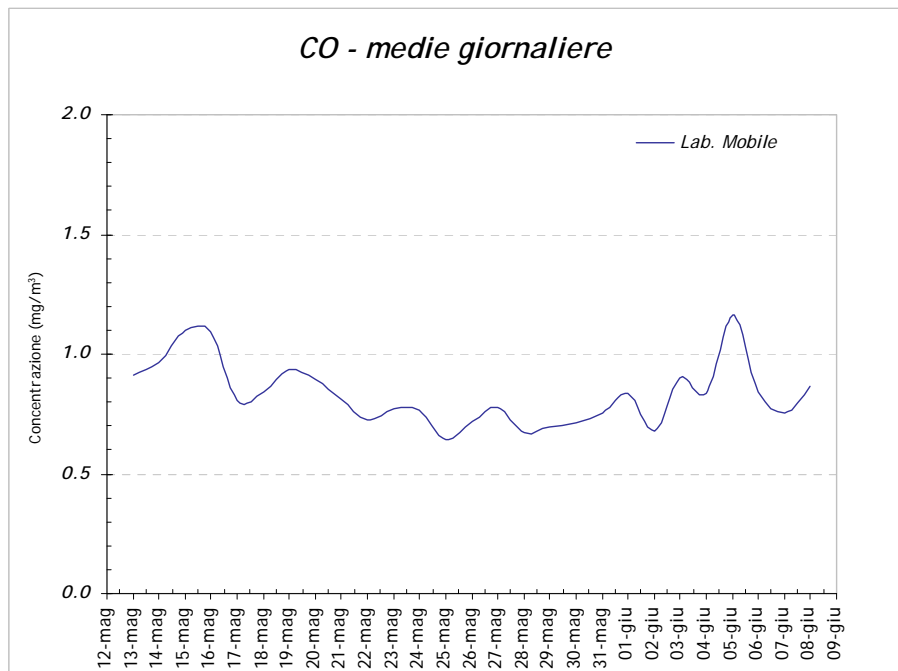


Osservando gli andamenti dei giorni tipo feriale, del sabato e festivo si nota un andamento bimodale con due picchi di concentrazioni nelle fasce orarie maggiormente trafficate; il primo durante la mattina (06.00 -10.00), l'altro a partire dal tardo pomeriggio fino a fine giornata (18.00 – 24.00).

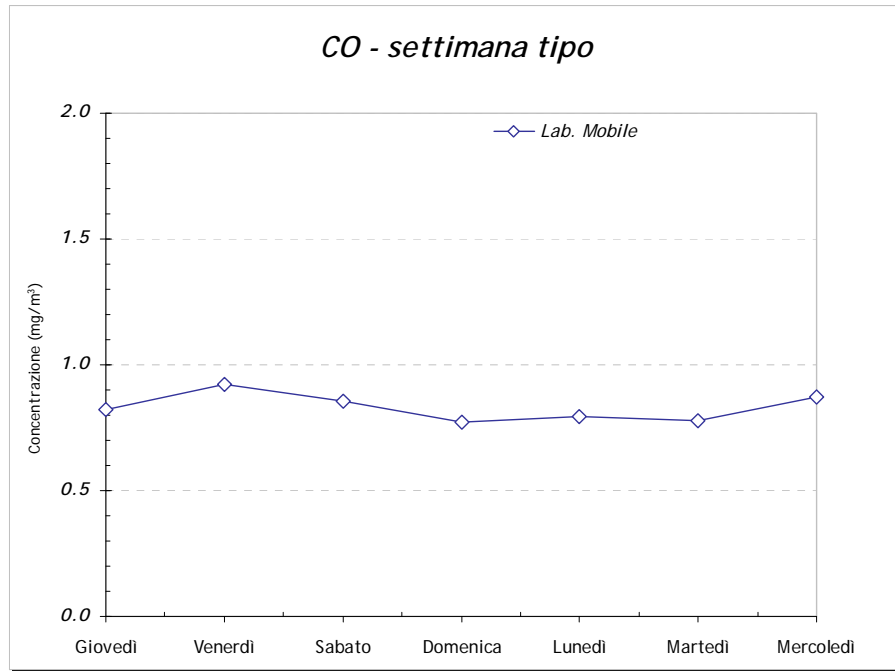
Nel complesso, pur osservando il picco di concentrazione maggiore alla mattina del giorno tipo feriale, le concentrazioni mediamente più alte sono state osservate nella giornata di sabato. Il giorno tipo festivo mostra, invece un aumento significativo nella fascia serale, dovuto presumibilmente all'aumento del traffico dovuto al rientro dal fine settimana.



Le concentrazioni di CO sono strettamente legate alla tipologia del sito di misura ed in particolare ai volumi di traffico presenti; a conferma di ciò i valori osservati a Monza in via Monte Santo presentano una scarsa correlazione con le stazioni fisse della rete provinciale. Nel grafico successivo sono rappresentate le concentrazioni medie giornaliere.



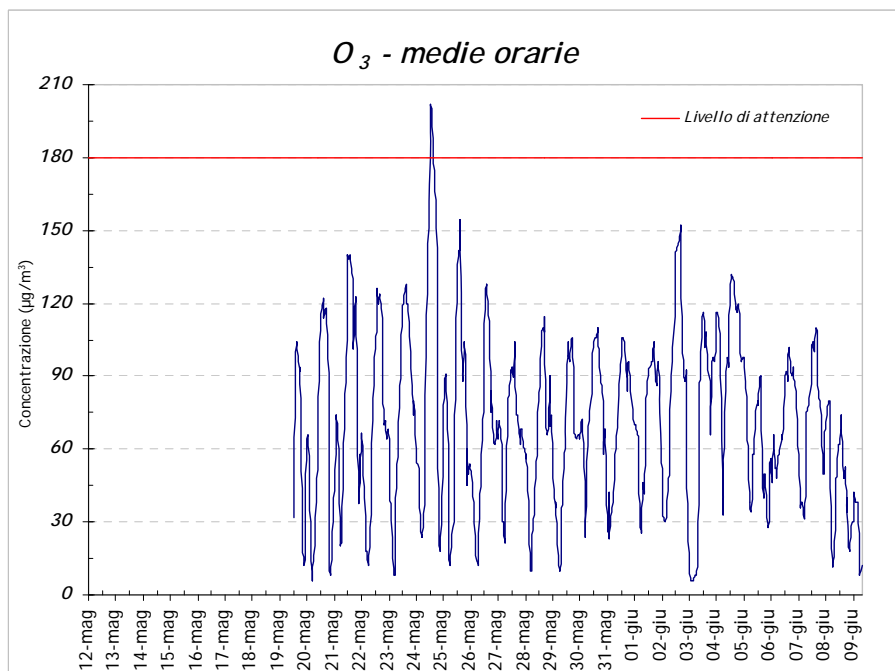
Il grafico mostra come le concentrazioni, nel corso delle misurazioni, si siano mantenute su valori decisamente bassi con variazioni temporali piuttosto contenute. L'uniformità dei valori si osserva in modo evidente nel grafico della settimana tipo, riportato qui di seguito.



### O<sub>3</sub> - Ozono

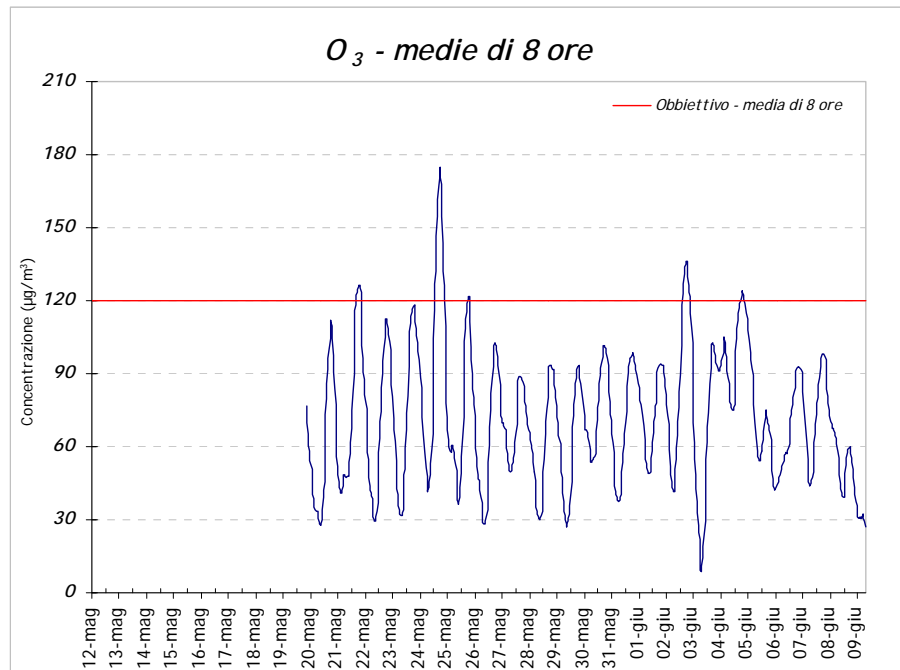
L'ozono troposferico è un inquinante secondario la cui origine dipende prevalentemente dalla presenza di valori elevati di radiazione solare. L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare. Il trend giornaliero dell'ozono è caratterizzato sia dalle reazioni chimiche che avvengono con l'NO sia dalla presenza della radiazione solare.

Le concentrazioni maggiori in aria ambiente si osservano nelle stagioni calde, invece nel periodo autunno-inverno si mantengono abbondantemente inferiori ai livelli di attenzione, fissato per questo inquinante 180 µg/m<sup>3</sup>. Nell'ultimo decennio le concentrazioni di ozono hanno mostrato un trend in crescita, anche nei mesi invernali.



La campagna di misura è stata condotta durante la stagione primaverile periodo nel quale l'aumento della radiazione solare favorisce la formazione di O<sub>3</sub>; per questo motivo durante le ore di maggiore insolazione le concentrazioni misurate hanno avuto valori non trascurabili, in particolare sono stati osservati ben 4 superamenti del limite orario e 22 superamenti della media di 8 ore.

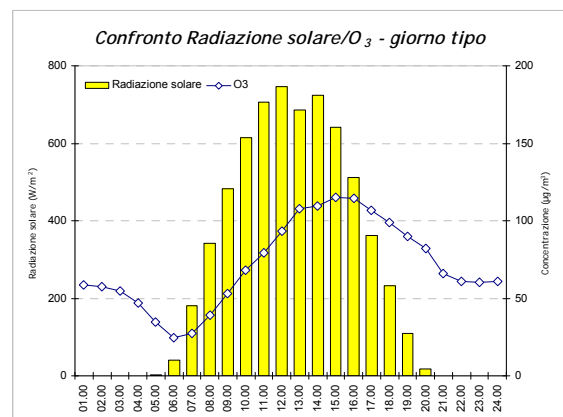
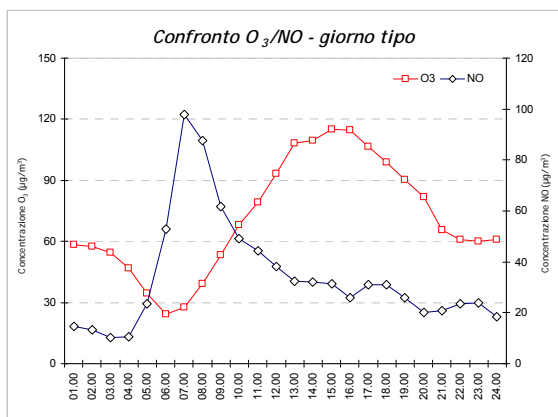
Il valore medio misurato è stato di **71 µg/m<sup>3</sup>**; il valore massimo orario e della media di 8 ore sono stati rispettivamente di 202 µg/m<sup>3</sup> e di 175 µg/m<sup>3</sup> entrambi riscontrati il giorno 24 maggio, il primo alle 14.00 ed il secondo alle ore 18.00.



L'analisi in frequenza eseguita con il set di dati misurati in via Monte Santo evidenzia come la maggior parte dei valori (65.2%) sia compresa nell'intervallo 36 – 105 µg/m<sup>3</sup>; significativo risulta essere l'intervallo compreso tra 106 e 175 µg/m<sup>3</sup> (16%).

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
35	90	18.0%	140	70	14.0%
70	165	33.0%	175	10	2.0%
105	161	32.2%	210	4	0.8%

L'andamento di questo inquinante, nel corso della giornata, dipende sia dalla presenza della radiazione solare che dalle reazioni chimiche, che avvengono nella troposfera, con il NO.

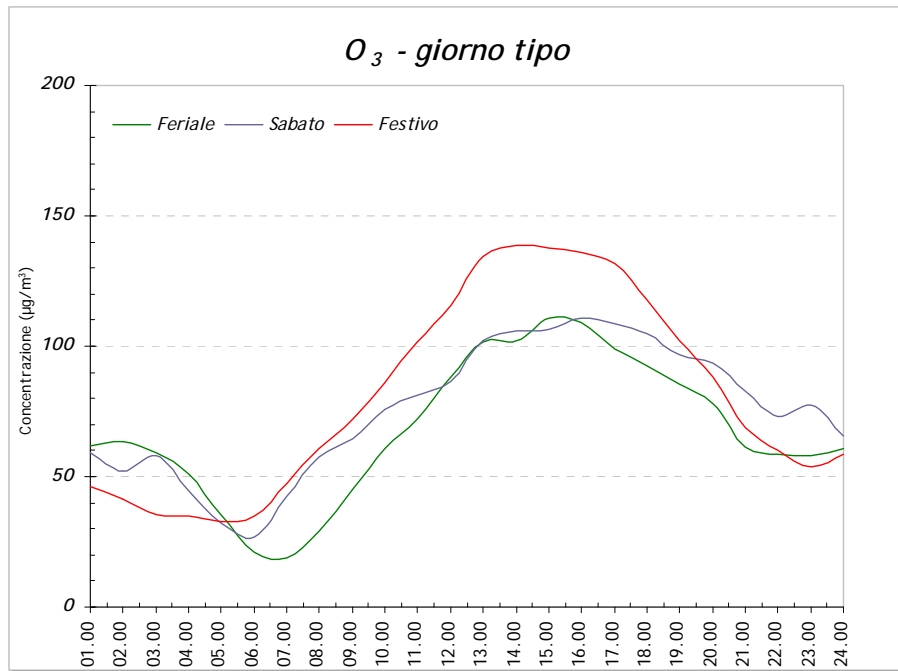


Il primo grafico mette in evidenza la dinamica delle reazioni fotochimiche che coinvolgono il O<sub>3</sub> con il NO; a valori elevati di NO, tipici di emissioni da traffico veicolare nella fascia oraria 06.00 – 10.00,

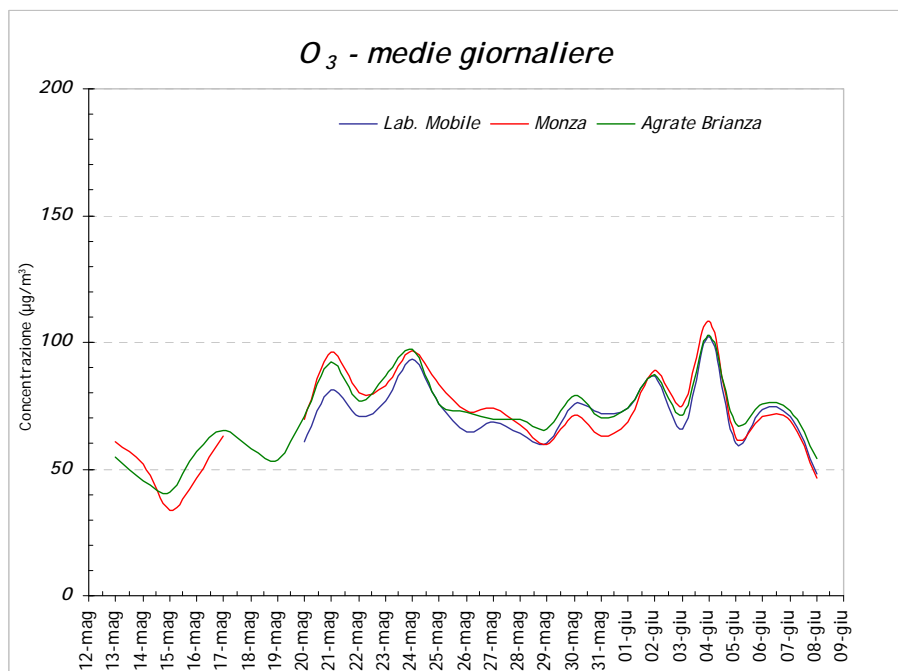
corrispondono basse concentrazioni di O<sub>3</sub>. Quando il traffico diminuisce, di notte e a metà giornata, i valori di NO si attenuano ed aumentano quelli di O<sub>3</sub>.

Nel secondo grafico si osserva la relazione di dipendenza tra la radiazione solare ed il O<sub>3</sub>. I massimi di concentrazione si presentano alcune ore dopo ai valori massimi di insolazione e nelle prime ore della mattina in cui le emissioni di NO risultano scarse.

Anche il grafico del giorno mostra come le concentrazioni superiori si presentino nel giorno festivo e prefestivo durante i quali i valori di NO diminuiscono drasticamente per la diminuzione del traffico veicolare.



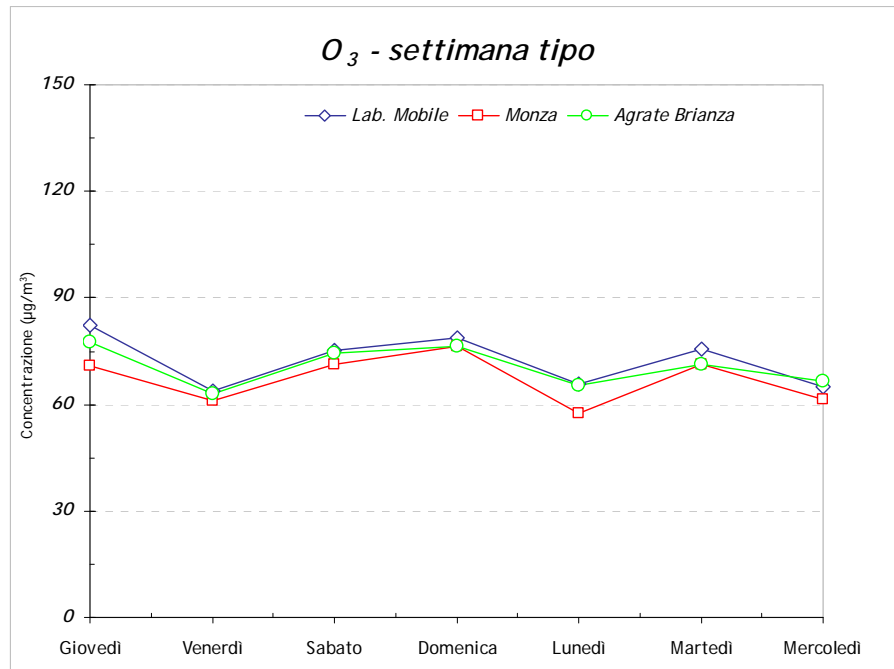
I valori osservati via Monte Santo presentano un'ottima correlazione con tutte le stazioni regionali di riferimento, in particolare con la stazione di Monza (R=0.95) e Agrate Brianza (R=0.94).



In valore assoluto le concentrazioni osservate nel sito di misura risultano lievemente inferiori a quelle osservate nelle due stazioni maggiormente correlate.

	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Vimercate	Meda	Carate Brianza	Agrate Brianza
Lab. Mobile	1.00						
Milano Pascal	0.89	1.00					
Monza	0.95	0.92	1.00				
Vimercate	0.79	0.68	0.72	1.00			
Meda	0.81	0.75	0.85	0.69	1.00		
Carate Brianza	0.82	0.72	0.83	0.80	0.89	1.00	
Agrate Brianza	0.94	0.88	0.95	0.80	0.84	0.84	1.00

Anche il grafico delle concentrazioni medie settimanali evidenzia come i valori a Monza via Monte Santo siano analoghi a quelli delle stazioni più correlate. Inoltre si evidenzia come i valori maggiori si presentino nella giornata di domenica nella quale vi è una diminuzione significativa del traffico e pertanto dell'emissione di NO.

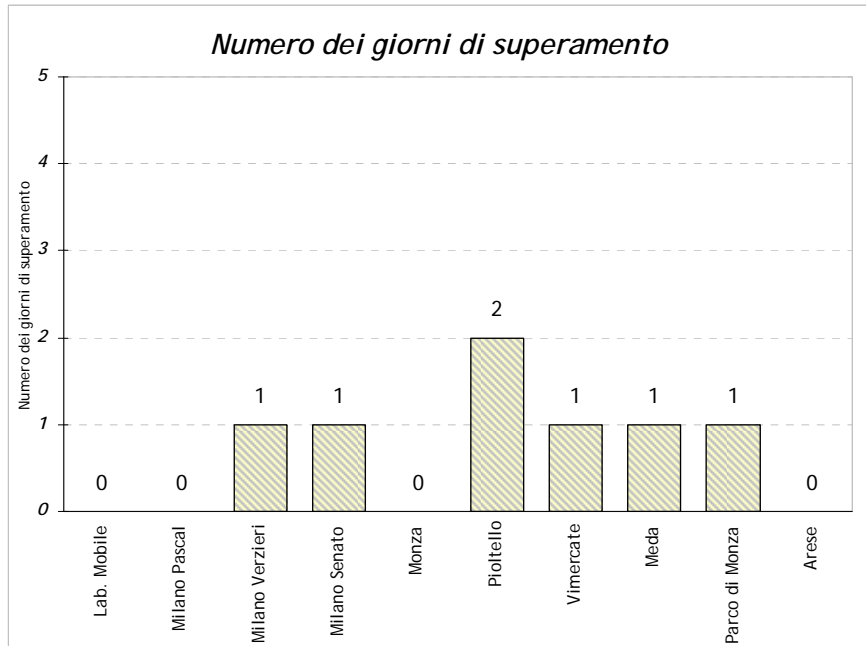


## PM10 – Particolato Fine

Il particolato fine (PM10) è un inquinante 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.

I dati delle concentrazioni giornaliere di PM10 hanno fatto registrare, nei 27 giorni di misura, un valore medio di 33 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> il giorno 26 maggio 2009. Sebbene nel corso delle misurazioni **non siano stati osservati superamenti del livello di attenzione**, le concentrazioni medie giornaliere osservate sono state in molti casi prossime a tale riferimento.

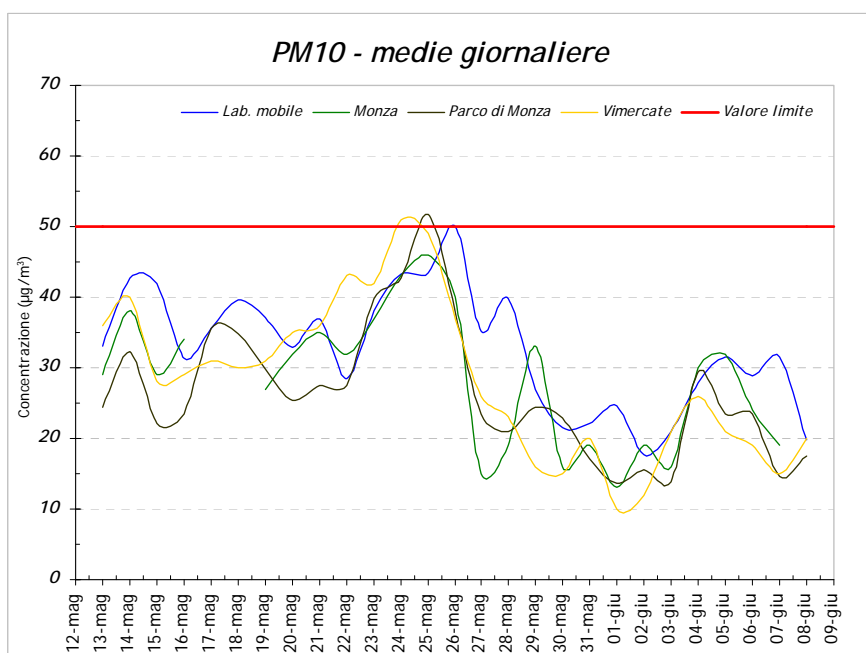
Una caratteristica importante del PM10 è quella di essere un inquinante di tipo ubiquitario, presenta cioè andamenti delle concentrazioni analoghe in diverse località del Bacino Padano. Tale fenomeno è osservabile nel grafico in cui sono riportati i superamenti riscontrati nelle stazioni fisse della rete regionale prese a riferimento. In questo periodo alcune stazioni regionali più vicine al territorio comunale monzese hanno osservato dei superamenti; si riporta di seguito il grafico relativo ai superamenti.



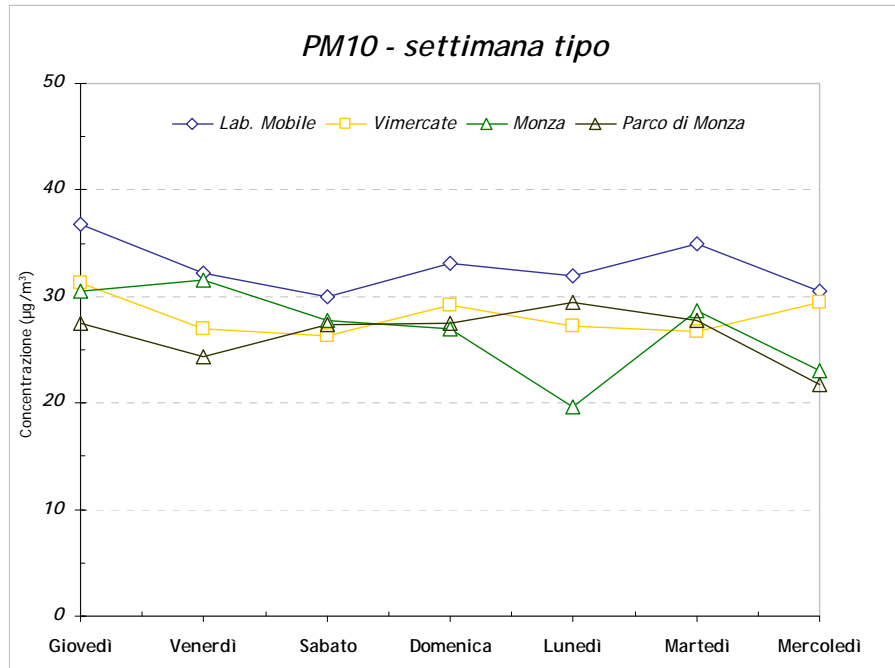
Ad eccezione delle stazioni cittadine di Milano, la natura ubiquitaria di questo inquinante viene confermata anche dalla discreta correlazione con tutte le stazioni regionali di riferimento, in particolare con quella fissa di Vimercate, Monza via Macchiavelli e Monza Parco.

	Lab. Mobile	Milano Pascal	Milano Verzieri	Milano Senato	Monza	Pliotello	Vimercate	Meda	Parco di Monza	Arese
Lab. Mobile	1.00									
Milano Pascal	0.57	1.00								
Milano Verzieri	0.73	0.87	1.00							
Milano Senato	0.59	0.84	0.89	1.00						
Monza	0.76	0.82	0.90	0.77	1.00					
Pliotello	0.74	0.83	0.92	0.82	0.90	1.00				
Vimercate	0.81	0.53	0.75	0.46	0.82	0.78	1.00			
Meda	0.75	0.69	0.85	0.67	0.90	0.88	0.92	1.00		
Parco di Monza	0.77	0.63	0.85	0.64	0.86	0.85	0.83	0.84	1.00	
Arese	0.77	0.79	0.91	0.79	0.93	0.94	0.85	0.94	0.85	1.00

Di seguito viene riportato il grafico di confronto delle concentrazioni medie giornaliere riscontrate a Monza via Monte Santo e le tre stazioni maggiormente correlate.



La buona correlazione tra le postazioni fisse e quella mobile è ulteriormente evidenziata nel grafico degli andamenti settimanali, sebbene le concentrazioni riscontrate in via Monte Santo siano costantemente superiori rispetto a quelle misurate dalle altre stazioni.



## Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.)

La determinazione degli IPA, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente sulla qualità dell'aria del sito oggetto di indagine.

In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 15 campioni di PM10 raccolti nel sito di misura durante questa campagna di misura.

Il campionamento per la misura degli IPA in atmosfera è stato eseguito secondo quanto previsto dal D.Lgs 152/07 e D.M. 25 Novembre 1994 con prelievi giornalieri di particolato: la metodica analitica per la determinazione dei vari Idrocarburi Policiclici Aromatici nei campioni prelevati è stata standardizzata nel 2005.

La normativa sopra indicata prevede un obiettivo di qualità pari a 1 ng/m<sup>3</sup> su base annua delle concentrazioni di IPA facendo riferimento alla concentrazioni di **benzo(a)pirene**.

Esaminando l'indicatore proposto dalla normativa e vista la forte stagionalità di questa classe di inquinanti, appare evidente che la scala temporale adeguata per una valutazione 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 oggetto dell'indagine.

### La formazione degli IPA

La concentrazione di IPA nell'ambiente dipende da molteplici fattori come il tipo di sorgente e la sua vicinanza al punto di prelievo, le condizioni meteorologiche, come direzione e velocità del vento, temperatura e precipitazioni. Esiste poi un'ampia letteratura sulle emissioni di IPA dalle varie sorgenti antropiche. Ultimamente gli studi si sono concentrati nel tentativo di determinarne il profilo chimico di queste emissioni al fine di poter utilizzare gli IPA come traccianti delle molteplici sorgenti antropiche.

Risulta comunque complesso stimare con precisione i differenti rapporti di emissione, a causa dei numerosi parametri che influenzano la formazione e l'accumulo degli IPA.

In ambito urbano le principali sorgenti sono dovute alle emissioni veicolari e al riscaldamento domestico e ciò che influisce maggiormente sulla quantità di IPA emessi da questi due tipi di sorgenti sono sia le condizioni in cui avviene la combustione (temperatura, umidità e disponibilità di ossigeno) che il tipo di combustibile usato (Standley and Simoneit – 1987).

Nel caso dei veicoli il parametro più importante, che incide sulla variabilità della quota emissiva di IPA, è la temperatura del motore. Per gli autoveicoli alimentati a benzina i dati di letteratura (Combet et al. - 1993) parlano di emissioni di IPA venti volte superiori durante la partenza a freddo piuttosto che durante la marcia con motore caldo. Per gli autoveicoli con motore diesel è stato verificato il medesimo comportamento ma con emissioni in proporzioni minori. L'anno di fabbricazione del veicolo, la velocità media e l'uso di marmitte catalitiche influenzano in maniera significativa l'emissione di IPA in ambiente (Schauer et al., 1993 – Paurterel et al., 1996).

La composizione delle benzine influisce sulla formazione di IPA in atmosfera (Marr. et al., 1998). Per quanto riguarda i veicoli diesel sembra invece contribuire maggiormente la composizione dell'olio motore (Shaker et al. – 2002).

Le emissioni dei veicoli a benzina sono caratterizzate principalmente da IPA con elevato peso molecolare come il B[gli]P, il I[123cd]P ed il COR<sup>3</sup>, rispetto ai gas di scarico dei motori diesel. Questo fatto sembra legato alle temperature operative del motore (Rogge et al. – 1993). Le emissioni di veicoli diesel invece si distinguono da quelle dei veicoli a benzina per l'elevata concentrazione di B[b]F, B[k]F e CHR<sup>4</sup> (Li Kamens – 1993).

Infine il profilo chimico degli IPA dovuti alla combustione di biomasse mostra un'emissione importante di B[b]F, B[k]F e CHR, anche se in quantità minori rispetto ai veicoli diesel.

<sup>3</sup> Coronene

<sup>4</sup> Crisene

Di questi tre IPA quello che risulta presente in concentrazione maggiore durante la combustione di biomasse è il CHR. In caso di molteplici sorgenti risulta comunque difficile sulla base dei soli IPA distinguere il profilo chimico dovuto alla combustione di biomasse da quello dei veicoli diesel. In questi casi risulta utile studiare la correlazione con altri traccianti, per stimare l'impatto delle molteplici sorgenti antropiche.

### Caratteristiche chimico fisiche degli IPA oggetto di studio

Gli IPA si possono trovare in natura sia in fase solida che di vapore, in relazione alla temperatura ed alla pressione di vapore ambientale. Generalmente, ad una temperatura di 25° gli IPA costituiti da tre anelli benzenici (quali fenantrene e antracene) si trovano primariamente in fase di vapore, gli IPA a 4-5 anelli (come pirene e fluorantene) si distribuiscono tra le due fasi, mentre IPA da 6 anelli in su (come ad esempio il benzo[a]pirene) si trovano quasi esclusivamente in fase solida (Yamasaki et al., 1982). La pressione di vapore degli IPA varia di un ordine di grandezza per ogni cambio di temperatura pari a 15°. Questo implica che ad elevate temperature, caratteristiche dei periodi estivi, anche IPA pesanti quali il benzo[a]pirene si possono trovare in fase di vapore, mentre alle basse temperature invernali gran parte degli IPA leggeri volatili si cristallizzano passando allo stato solido. Gli IPA presenti in atmosfera tendono a legarsi al particolato atmosferico con diametro inferiore ai 3 µm (Lane, 1989). In assenza di deposizioni umide queste particelle possono rimanere sospese in atmosfera per parecchi giorni (dalle 100 h ai 40 giorni; Eswea & Corn, 1971) e presentano pattern di distribuzione e deposizione molto estesi.

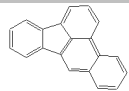
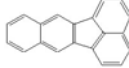
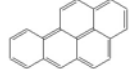
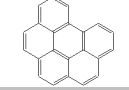
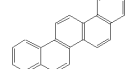
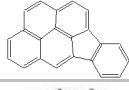
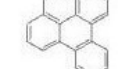

Gli IPA sono estremamente sensibili alla luce ed assorbono sia negli UVa che negli UVb, subendo due tipologie di reazioni fotochimiche: fotosensibilizzazione e fotodegradazione. Nella prima si formano radicali liberi (ad esempio superossidi), ovvero sostanze chimicamente molto reattive e pericolose per la salute umana, nella seconda gli IPA subiscono profonde mutazioni strutturali dando origine a composti di degradazione la cui tossicità è in fase di studio.

I primi 4 IPA della tabella qui di seguito proposta si trovano principalmente in fase vapore, la frazione in fase particolata ( $\leq 5\%$ <sup>5</sup>) varia con la temperatura e con le caratteristiche chimico fisiche del particolato presente in atmosfera. Per tale motivo non è possibile stimarne la concentrazione totale presente a partire dalla sola concentrazione misurata in fase particolata. Gli altri 9 IPA invece tendono ad essere presenti in atmosfera in fase particolata.

	SIGLA	IARC <sup>6</sup>	N. ANELLI	PESO MOLECOLARE	STRUTTURA
<i>IPA IN FASE GASSOSA</i>					
<b>FENANTRENE</b>	PhA	3	3	178.24	
<b>ANTRACENE</b>	Ant	3	3	178.24	
<b>FLUORANTENE</b>	Flu	3	4	202.26	
<b>PIRENE</b>	Pyr	3	4	202.26	
<i>IPA IN FASE PARTICOLATA</i>					
<b>BENZO(a)ANTRACENE</b>	BaA	2	4	228.30	
<b>CRISENE</b>	Chr	3	4	228.30	

<sup>5</sup> Park et al., 2001.

<sup>6</sup> **Gruppo 1:** cancerogeno per l'uomo – **gruppo 2A:** probabile cancerogeno per l'uomo – **gruppo 2B:** possibile cancerogeno per l'uomo – **gruppo 3:** non classificabile come cancerogeno per l'uomo – **gruppo 4:** probabilmente non cancerogeno per l'uomo.

<b>BENZO(b)FLUORANTENE</b>	BbF	2B	5	252.32	
<b>BENZO(k)FLUORANTENE</b>	BkF	2B	5	252.32	
<b>BENZO(a)PIRENE</b>	BaP	2A	5	252.32	
<b>BENZO(ghi)PERILENE</b>	BgP	3	6	276.34	
<b>DIBENZO(a,h)ANTRACENE</b>	dBA	2A	5	278.35	
<b>INDENO(123cd)PIRENE</b>	IP	2B	6	276.34	
<b>BENZO(e)PIRENE</b>	BeP	3	5	252.32	
<b>CORONENE</b>	COR	3	7	300.35	

### Raccolta ed analisi dei campioni

*In breve:* il particolato PM10, dal quale, con processi di laboratorio sono stati estratti gli IPA, è stato raccolto con un campionatore a basso volume ( $Q_a=16.67$  l/min), su filtri in borosilicato.

La durata della misura per singolo campione è stata di 24 h (inizio 00.05 am).

Dopo la raccolta i filtri sono stati conservati, fino all'analisi, in camera climatizzata a 20°C e Umidità Relativa del 50%, chiusi in pellicola di alluminio. L'estrazione degli analiti dal filtro è avvenuta mediante bagno ad ultrasuoni con acetonitrile e successiva analisi in HPLC.

### Risultati e discussione

La determinazione degli IPA, in concomitanza alle misure di PM10 durante le campagne di misura condotte nel comune di Monza, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente nel tratto viario considerato. In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 15 campioni di PM10 raccolti nel sito di misura per singola campagna.

Campagna di misura	periodo di misura	n°campioni
M1	18.05 – 01.06 2009	15

Nelle tabelle seguenti si riportano le concentrazioni, espresse in  $ng/m^3$  degli Idrocarburi Policiclici Aromatici riscontrate nel corso delle due misurazioni:

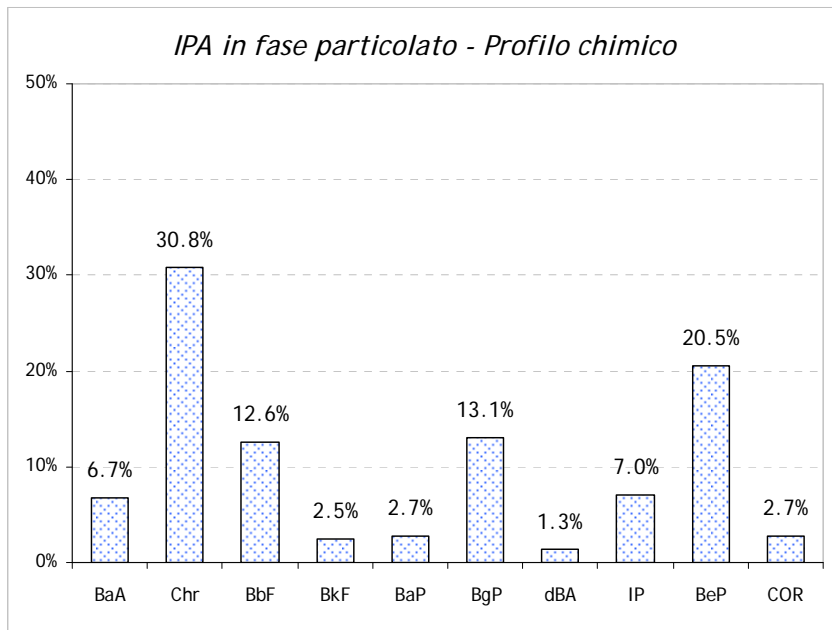
	Fenantrene	Antracene	Fluorantene	Pirene	Benzo(a)antracene	Crisene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(a)pirene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(ah)perilene	Indeno(123cd)pirene	Benzo(e)pirene	Coronene
Classe I.A.R.C.					2A		2B	2B	2A		2A	2B		
Giorni	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR
18/05/09 Lunedì	0.14	0.008	0.14	0.30	0.008	0.09	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.04	0.05	0.008
19/05/09 Martedì	0.22	0.008	0.23	0.39	0.03	0.18	0.06	0.008	0.008	0.008	0.008	0.04	0.11	0.008
20/05/09 Mercoledì	0.25	0.008	0.23	0.41	0.06	0.26	0.05	0.008	0.008	0.008	0.008	0.04	0.12	0.008
21/05/09 Giovedì	0.26	0.008	0.26	0.45	0.03	0.17	0.05	0.008	0.008	0.008	0.008	0.04	0.11	0.008
22/05/09 Venerdì	0.27	0.008	0.24	0.96	0.02	0.14	0.01	0.008	0.01	0.15	0.008	0.04	0.07	0.03
23/05/09 Sabato	0.20	0.008	0.21	0.81	0.07	0.24	0.16	0.03	0.04	0.17	0.008	0.07	0.18	0.03
24/05/09 Domenica	0.19	0.008	0.27	0.66	0.08	0.28	0.19	0.03	0.04	0.11	0.008	0.04	0.18	0.02
25/05/09 Lunedì	0.20	0.008	0.17	0.64	0.008	0.12	0.04	0.008	0.008	0.11	0.008	0.04	0.10	0.02
26/05/09 Martedì	0.22	0.008	0.24	0.69	0.08	0.26	0.18	0.04	0.05	0.14	0.008	0.04	0.21	0.02
27/05/09 Mercoledì	0.26	0.008	0.18	0.68	0.03	0.21	0.08	0.008	0.008	0.10	0.008	0.04	0.15	0.02
28/05/09 Giovedì	0.13	0.008	0.08	0.28	0.008	0.13	0.03	0.008	0.008	0.06	0.008	0.04	0.10	0.01
29/05/09 Venerdì	0.16	0.008	0.10	0.46	0.06	0.20	0.07	0.01	0.008	0.07	0.008	0.04	0.14	0.02
30/05/09 Sabato	0.16	0.008	0.12	0.30	0.05	0.20	0.05	0.008	0.008	0.07	0.008	0.04	0.11	0.02
31/05/09 Domenica	0.11	0.008	0.08	0.37	0.03	0.14	0.08	0.02	0.01	0.08	0.008	0.04	0.10	0.01
01/06/09 Lunedì	0.06	0.008	0.08	0.15	0.04	0.14	0.07	0.02	0.02	0.08	0.008	0.04	0.11	0.01

\* IN ROSSO SONO RAPPRESENTATE LE CONCENTRAZIONI INFERIORI ALLA SOGLIA DI RILEVABILITA' STRUMENTALE

**Dai riscontri analitici effettuati sui filtri M1 è emerso come le concentrazioni di tutti gli IPA siano molto basse, anche al di sotto del limite di rilevabilità.** In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker degli IPA, sono risultate costantemente inferiori all'obiettivo di qualità ( $1 \text{ ng/m}^3$ ) anche se tale limite è da intendersi come media annuale.

### Profilo chimico degli IPA

Si riporta di seguito, sia il grafico che in forma tabellare, il profilo chimico medio degli IPA inteso come rapporto dei singoli IPA presenti in fase particolata con  $\Sigma$ <sup>7</sup>.



<sup>7</sup> Con  $\Sigma$  si intende il valore degli IPA totali. Con  $\Sigma'$  si intende il valore degli IPA totali senza considerare il fenantrene l'antracene il fluorantene ed il pirene in quanto questi sono presenti in atmosfera in fase particolata ed in fase gassosa. Poiché la ripartizione in fase particolata e gassosa di questi IPA ha una forte dipendenza dalla temperatura, si potrebbero generare grosse incertezze nel rapporto con gli IPA totali, in quanto fortemente legati alle condizioni atmosferiche e non alle sorgenti di emissione (ad es. a  $T=20^\circ\text{C}$   $C_{particolata}/C_{gas} = 0.36\%$  e  $5.6\%$  per FLU e PYR rispettivamente - Seinfeld and Pandis, 1998).

Tabella 1	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	Cor
<b>M1</b>	6.7%	30.8%	12.6%	2.5%	2.7%	13.1%	1.3%	7.0%	20.5%	2.7%

### Concentrazione totale media e variabilità

E' stata innanzitutto valutata la concentrazione totale degli IPA ( $\Sigma$  e  $\Sigma'$ ) intesa come somma delle singole concentrazioni dei 14 IPA estratti dai filtri PM10 raccolti durante le campagne di misura.

E' quindi stato stimato il rapporto  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$ , per valutare quanto gli IPA con 3-5 anelli, principalmente in fase gassosa, incidano sul totale. In tabella 2 sono riportati i risultati per  $\Sigma$ ,  $\Sigma'$ ,  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$ , PM10 e T, relativi ai periodi di prelievo:

Tabella 2	M1
n. campioni	15
Temperatura (valore medio)	24.2
$\Sigma$	22.09
$\Sigma'$	8.96
$\Sigma/\Sigma'$	2.46
PM10 (valore medio)	35
$\Sigma/PM10$ (%)	0.63

I fattori che regolano la concentrazione di IPA sono molteplici. Un primo fattore è dato dalla vicinanza delle potenziali sorgenti al sito di campionamento e dalle capacità dispersive dell'atmosfera.

Anche le variazioni stagionali incidono sui livelli di IPA, è infatti evidente nel sito indagato il gap nei rapporti di concentrazione inverno/primavera (Carrichia et al., 1999; Manichini et al., 1999; Dorr et al., 1999). Tale variabilità è dovuta a cause diverse una di queste è data dalla differente ripartizione tra fase gas e fase particolata degli IPA indotta dalla variazione della temperatura tra diversi periodi.

La diminuzione delle concentrazioni nei mesi più miti è legata anche alle reazioni di fotolisi diretta con specie radicaliche (OH, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), biradicaliche (O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) o altre molecole reattive, che contribuiscono a diminuire la loro permanenza in atmosfera.

### Il rapporto diagnostico

Per cercare di determinare quanto incidano nel sito di prelievo le varie sorgenti che concorrono alla formazione degli IPA, sono state fatte ulteriori considerazioni attraverso il rapporto diagnostico DR (diagnostic ratio) inteso come rapporto tra IPA considerati marker di particolari sorgenti antropiche.

La letteratura più recente<sup>8</sup> però ha mostrato qualche perplessità nell'utilizzo di tale metodo. Si ritiene infatti che questi composti siano sottoposti, una volta emessi in atmosfera, a processi più o meno elevati di foto - ossidazione con conseguente alterazione del parametro DR. Le diverse proprietà chimico-fisiche dei diversi IPA poi possono ulteriormente modificare questi rapporti (Simò et al., 1997). Tale approccio deve pertanto essere utilizzato con cautela.

In tabella 3 vengono riportati i risultati ottenuti dalle concentrazioni osservate nel corso di questa campagna di misura di tre rapporti di 5 IPA considerati traccianti del traffico e della combustione di biomasse con il valore degli IPA totali:

Tabella 3	M1
$(B[b]F+B[k]F)/\Sigma'$	0.15
$CHR/\Sigma'$	0.31
$B[ghi]P+COR/\Sigma'$	0.16

Il primo di questi rapporti è indicativo dell'impatto emissivo dei veicoli alimentati a gasolio, con qualche implicazione legata alla combustione di biomasse. Nel secondo rapporto viene utilizzato il

<sup>8</sup> Assemo O. Barakat: "Pahs petroleum markers in the atmospheric environment of Alexandria City, Egypt" – Water, Air and soil Pollution 139: 289-310 - 2002.

crisene che è emesso in gran quantità dalla combustione di biomasse anche se mostra emissioni significative anche da veicoli diesel. Il terzo di questi rapporti mette invece in evidenza il contributo agli IPA totali dei veicoli a benzina.

Dai risultati risulterebbe che a incidere in misura maggiore come sorgente emissiva sia la componente traffico dovuta anche se di poco, alle emissioni dai veicoli con alimentazione diesel.

Questo risultato sembrerebbe legato alla caratteristica degli autoveicoli alimentati a benzina (Combet et. Al. - 1993) di generare emissioni di IPA venti volte superiori durante la partenza a freddo piuttosto che durante la marcia con motore caldo, rispetto agli autoveicoli con motore diesel in cui tali emissioni avvengono in proporzioni minori.

Per cercare di ottenere ulteriori informazioni sulle sorgenti emissive che maggiormente influenzano la qualità dell'aria nel sito di prelievo in tabella 4 sono stati ricavati i seguenti indici<sup>9</sup>:

1. **[IcdP]/[IcdP] + [BgliP]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
  - 0.18 per le emissioni da benzine<sup>10</sup>
  - 0.37 ÷ 0.70 per le emissioni di diesel
  - 0.56 per le emissioni dovute alla combustione del carbone<sup>11</sup>
  - 0.62 per le emissioni dovute alla combustione di legna<sup>12</sup>
2. **[Flu]/[Flu] + [Pyr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
  - 0.44 per le emissioni da veicoli a benzina con marmitta catalitica<sup>13</sup>
  - 0.37 per le emissioni diesel degli autocarri
  - 0.60 ÷ 0.70 per le emissioni dovute a motori diesel<sup>14</sup>
  - 0.40 per le emissioni dovute ai motori benzina
3. **[BaA]/[BaA] + [Chr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è generalmente utilizzato per valutare il contributo delle emissioni veicolari<sup>15</sup>:
  - 0.50 per le emissioni da industrie ed autocarri
  - 0.37 ÷ 0.70 per le emissioni dai motori diesel
  - 0.43 per le emissioni dai motori benzina
  - 0.16 per le emissioni di petrolio grezzo durante la combustione<sup>16</sup>

Tabella 4	M1
I(123cd)P/I(123cd)P+B(gli)P	0.35
Flu/Flu+Pyr	0.26
B(a)A/B(a)A+Chr	0.18

Analizzando il primo rapporto rispetto ai valori di riferimento si nota come la componente da traffico con alimentazione diesel sia quella che maggiormente influisca nella presenza in aria di questa classe di inquinante.

Il secondo ed il terzo di questi rapporti è svolto su IPA con caratteristiche volatili; anche in questo caso il maggior contributo è dovuto al traffico veicolare con alimentazione diesel.

### Evoluzione temporale degli IPA e correlazione con i marker da traffico

Per poter confermare la componente traffico come elemento dominante la qualità dell'aria nel sito di studio, rispetto ad altre sorgenti, è risultato utile verificare se le misure di IPA presentassero una qualche correlazione con il PM10 e con alcuni inquinanti caratteristici del traffico veicolare come CO, NO ed NO<sub>2</sub>. Infatti questi gas, pur non essendo una causa diretta della formazione del particolato, sono,

<sup>9</sup> Cotham and Bidleman, 1995; Lohmann et al., 2000  
<sup>10</sup> Kavouras et al., 1999; Pio et al., 2001; Alveas et al. 2001.  
<sup>11</sup> Pio et al., 2001.  
<sup>12</sup> Gogou et al., 1996.  
<sup>13</sup> Rogge et al., 1993.  
<sup>14</sup> Kavouras et al., 2001.  
<sup>15</sup> E.g. Gogou et al., 1996.  
<sup>16</sup> Sicre et al., 1987

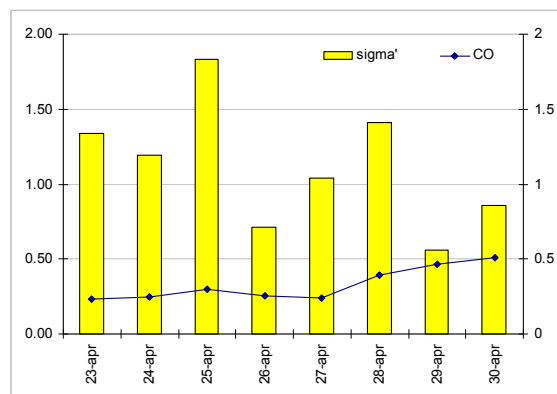
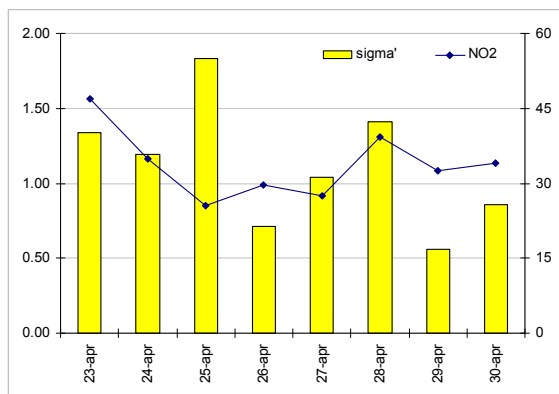
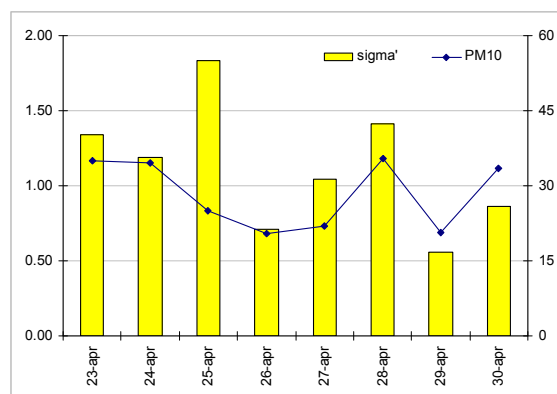
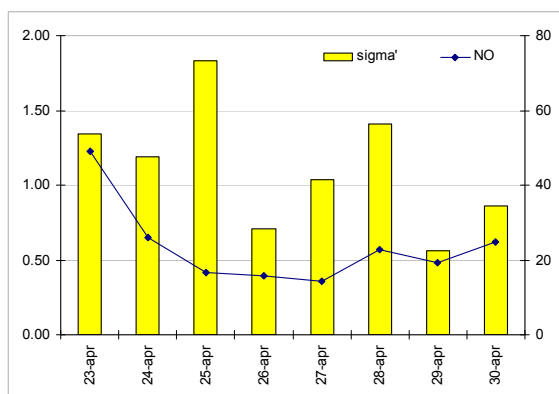
in generale, dei buoni indicatori di inquinamento antropico da traffico e per questo motivo, in alcuni casi, possono essere considerati buoni descrittori dell'andamento del particolato atmosferico per un determinato sito.

Si riportano in tabella 5 i valori medi delle grandezze sopra menzionate relative al periodo di misura unitamente ad alcuni dati meteo.

Tab. 5	$\Sigma$ (ng/m <sup>3</sup> )	$\Sigma'$ (ng/m <sup>3</sup> )	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	VV (m/s)	T (°C)	Pioggia (mm Tot.)
M1	22.09	8.96	35	31	81	0.8	0.32	24.2	0

Le condizioni meteorologiche osservate durante la campagna di misura hanno permesso nel complesso ad una sufficiente dispersione degli inquinanti negli strati superiori dell'atmosfera.

Per una maggiore comprensione dei dati, nei sottostanti grafici vengono rese le evoluzioni temporali delle grandezze riportate in tabella, relativamente al periodo di osservazione.



	$\Sigma$	$\Sigma'$	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM10
$\Sigma$	1.00					
$\Sigma'$	0.81	1.00				
NO	-0.19	-0.37	1.00			
NO <sub>2</sub>	0.24	-0.12	0.63	1.00		
CO	-0.16	-0.15	0.39	0.26	1.00	
PM10	0.45	0.33	0.39	0.67	-0.07	1.00

La matrice di Pearson mostra una scarsa correlazione tra i parametri considerati come ad indicare che non vi sia un legame diretto tra traffico veicolare ed IPA; le concentrazioni di IPA osservate lungo questo tratto viario possono essere dovute a fenomeni di trasporto.

## Potere carcinogenico equivalente degli IPA in fase particolata

Il potere carcinogenico equivalente del B(a)P (BaPE) è un indice proposto<sup>17</sup> per parametrizzare la carcinogenicità degli IPA nel materiale particolato in atmosfera.

Il BaPE viene utilizzato al posto del BaP per dimostrare la cancerogenicità degli IPA in quanto quest'ultimo viene facilmente decomposto dalla luce solare e dagli agenti ossidanti presenti in atmosfera<sup>18</sup>.

Le specie equivalenti del B(a)P includono B(a)A, B(b)F, B(k)F, D(ah)A, B(a)P e I(cd)P ed il BaPE è definito dall'equazione [1]:

$$BaPE = 0.06[BaA] + 0.07[BbF] + 0.07[BkF] + [BaP] + 0.6[DahA] + 0.08[IcdP] \quad [1]$$

dove il coefficiente davanti ad ogni termine rappresenta la tossicità degli IPA in relazione al BaP.

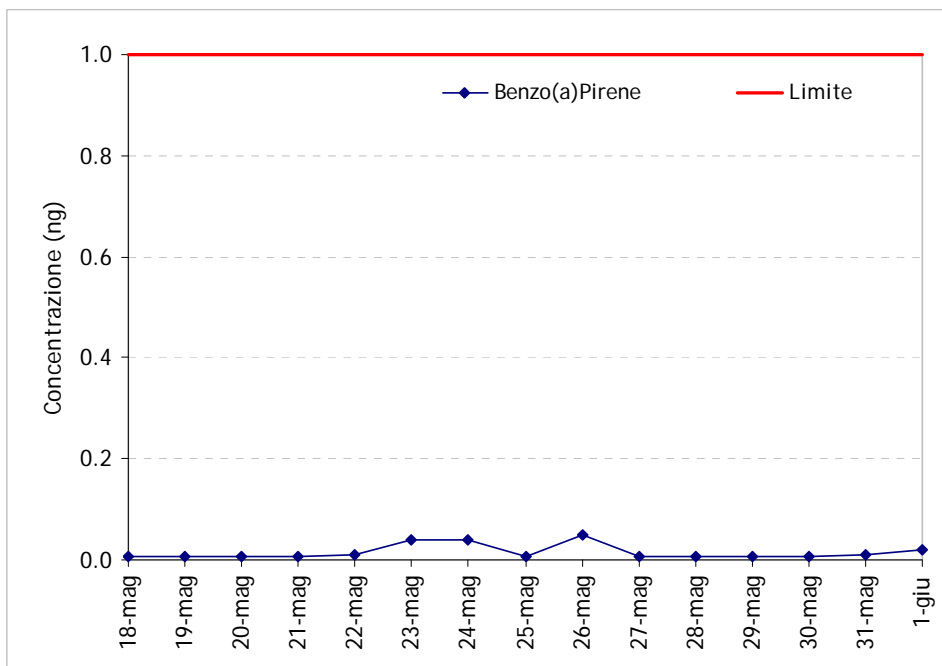
Viene qui di seguito applicato tale indice per valutare la carcinogenicità degli IPA in fase particolata nel periodo di misura.

Specie equivalente (SE) – M1	conc. ± SD (ng/m <sup>3</sup> )
SE(BaA)	0.04 ± 0.001
SE(BbF)	0.08 ± 0.003
SE(BkF)	0.02 ± 0.001
SE(BaP)	0.24 ± 0.001
SE(DahA)	0.07 ± 0.000
SE(IcdP)	0.05 ± 0.000
<b>BaPE</b>	<b>8.96</b>

Si osserva come nel corso di queste misurazioni il BaPE incida per il 32.9% rispetto al valore totale degli IPA ( $\Sigma'$ ).

## Il Benzo[a]pirene

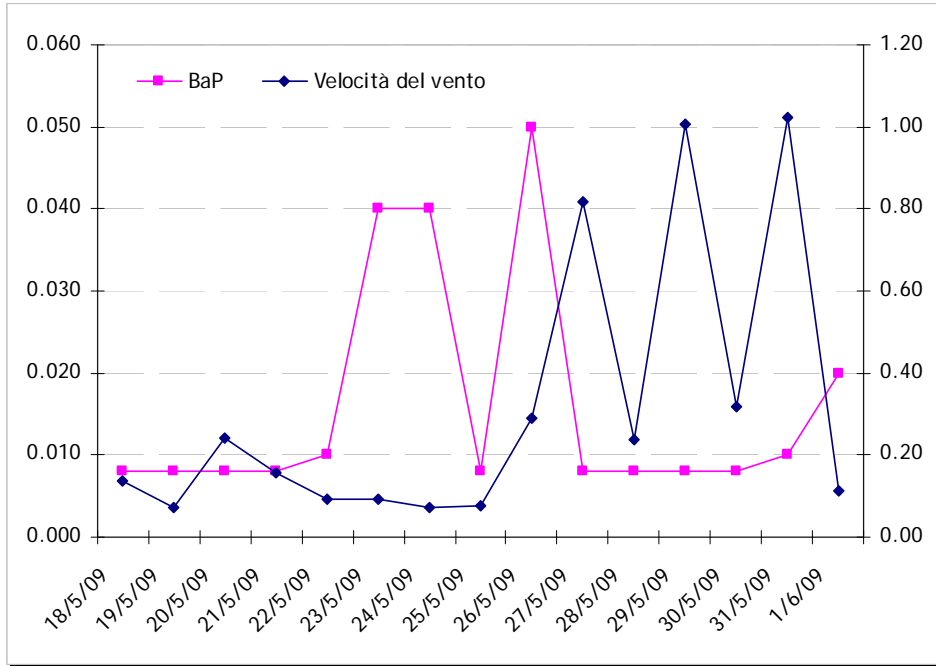
La normativa prende a riferimento come marker degli IPA il benzo(a)pirene. Sebbene non sia possibile ricavare la media mobile annua per il numero esiguo dei dati, si osserva come nel corso della campagna le concentrazioni si siano mantenute costantemente ampiamente al di sotto del limite normativo.



<sup>17</sup> Yassaa et al., 2001.

<sup>18</sup> Yassaa et al., 2001.

Nel grafico successivo sono stati riportati gli andamenti delle concentrazioni di BaP e della velocità media giornaliera del vento; si osserva una diminuzione di questo inquinante in corrispondenza dei giorni relativamente più ventosi.



Dai dati di letteratura risulta che gli IPA con alto peso molecolare, come il benzo(a)pirene, presentano una variabilità in particolar modo legata alla temperatura e la radiazione solare (Halsall e coll.). Gli IPA infatti tendono a reagire anche con l'ozono, inquinante fotochimico, come ampiamente documentato in letteratura<sup>19</sup>, con diversi possibili meccanismi.

<sup>19</sup> Cfr. Rindone B., Beltrame P., De Cesaris A.L.. "Il benzene ed altri composti aromatici: monitoraggio e rischi per l'uomo" - pag. 62.

## CONCLUSIONI

Il comune di Monza ai sensi della D.G.R. 5290/07 è classificato in termini di qualità dell'aria come ricadente in zona A1, ovvero in un'area caratterizzata da alta densità abitativa, elevate attività industriali, alta densità di traffico, condizioni meteorologiche avverse alla dispersione degli inquinanti e conseguentemente con concentrazioni più elevate di PM10. Attraverso questa campagna di misura è stato possibile ottenere una caratterizzazione della qualità dell'aria in questa zona del territorio comunale di Monza relativamente al periodo primavera – estate.

L'adesione poi dell'Amministrazione comunale al "Progetto IPA", promosso dal Dipartimento ARPA di Monza e Brianza, a seguito dell'emanazione del D.L. 152/07 (pubblicato sulla G.U. n. 194/L del 13/09/2007), concernente i criteri di valutazione di metalli e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), ha permesso sia di ottenere una base importante di dati su questa classe di microinquinanti risultati, se presenti in concentrazioni elevate, ad alto rischio sanitario e classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo, sia di indagare quale sorgente incida maggiormente sulla qualità dell'aria del sito indagato, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche osservate durante la campagna di misura sebbene la velocità del vento sia stata modesta e gli episodi di pioggia siano stati modesti hanno nel complesso garantito una sufficiente dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

Per quanto riguarda il PM10, nella zona oggetto d'indagine, le concentrazioni osservate durante la campagna di misura non hanno evidenziato superamenti del valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; a dispetto di ciò i valori misurati fanno presumere che nella stagione maggiormente critica per questo inquinante (autunno – inverno) si possano riscontrare cospicui superamenti di tale limite.

Va comunque sottolineato il fatto che tale criticità ha 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 (in particolare la zona di Milano, caratterizzata da un clima continentale, subisce questo blocco atmosferico soprattutto in inverno).

Attraverso la determinazione di CO ed NO<sub>x</sub> è stato possibile caratterizzare i flussi di traffico presenti lungo via Monte Santo: 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 07.00 alle ore 10.00 del mattino e dalle 18.00 alle 23.00 della sera.

La tendenza dell'Ozono ad accumularsi nel corso dei mesi estivi è stata confermata anche durante queste misurazioni. I valori osservati hanno evidenziato sia dei superamenti orari che molti superamenti della media di 8 ore (valore bersaglio della salute umana –  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); tale situazione fa ipotizzare che nel periodo centrale della stagione si possano osservare episodi significativi di smog fotochimico con un numero significativo di superamenti del valore di attenzione.

Dallo studio effettuato sulla concentrazione degli IPA (considerati dalla letteratura dei "marker" delle diverse sorgenti antropiche) estratti da 15 campioni di PM10 per singola campagna, è emerso come le concentrazioni di tutti gli IPA non abbiano presentato valori rilevanti nel periodo M1. In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker degli IPA, sono risultate costantemente inferiori all'obiettivo di qualità ( $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) e in molti giorni addirittura al di sotto della soglia di rilevanza strumentale.

Per cercare di determinare quanto incidano nel sito di prelievo le varie sorgenti che concorrono alla formazione degli IPA, sono state fatte ulteriori considerazioni attraverso il rapporto diagnostico DR (diagnostic ratio) inteso come rapporto tra IPA considerati marker di particolari sorgenti antropiche.

Lo studio sembrerebbe far emergere che in condizioni atmosferiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, con prevalenza di calma di vento, la vicinanza della potenziale sorgente emissiva al sito di campionamento tenderebbe a caratterizzare in maniera incisiva il profilo degli IPA.

Al fine di caratterizzare al meglio la situazione ambientale nella zona di via Monte Santo sarebbe opportuno eseguire una campagna di misura anche nella stagione invernale, periodo nel quale sono presenti altri sorgenti antropiche, quali il riscaldamento domestico, e le condizioni atmosferiche sono notoriamente sfavorevoli alla dispersione nell'atmosfera per tutti gli inquinanti primari.

Centraline rete provinciale di riferimento

Comune	Rete	Tipo zona	Tipo stazione	Quota s.l.m.	Periodo di misura
		Dec. 2001/752/CE	Dec. 2001/752/CE		
Monza Via Monte Santo	PUB	URBANA	TRAFFICO	156	12.05 – 09.06 2009
Monza	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
Milano Pascal	PUB	URBANA	TRAFFICO	125	Centralina Fissa
Villasanta	PUB	URBANA	TRAFFICO	182	Centralina fissa
Meda	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
Vimercate	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
Carate Brianza	PUB	URBANA	FONDO	236	Centralina fissa
Agrate Brianza	PUB	URBANA	FONDO	162	Centralina fissa
Cinisello Balsamo	PUB	URBANA	TRAFFICO	154	Centralina fissa
Sesto San Giovanni	PUB	URBANA	TRAFFICO	140	Centralina fissa
Pioltello	PUB	URBANA	FONDO	122	Centralina Fissa
Milano Verzieri	PUB	URBANA	TRAFFICO	122	Centralina Fissa
Milano Senato	PUB	URBANA	TRAFFICO	119	Centralina Fissa
Parco di Monza	PUB	URBANA	FONDO	180	Centralina fissa
Arese	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina fissa

**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

## Bibliografia

**Atkinson, R., Carter, W. P. L., Plum, C. N., Winer, A. M., Pitts, J. N.** 1984. Kinetics of gas-phase reactions of NO<sub>3</sub> 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., Ciccioli, P., Brancaleoni, 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.

**CISE** 1996. Disaggregazione spaziale, temporale e dei composti organici volatili del censimento delle emissioni CORINAIR 1990. Applicazione alla Regione Lombardia.

**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.

**Gaudio, et al.**, 1991. Le emissioni di composti organici volatili in Italia. *IA Ingegneria Ambientale*, vol. XX, n. 5, 244-251.

**Galdi R., Lanzani G. e Cazzuli O. (2003)** – "Razionalizzazione del monitoraggio della qualità dell'aria". ARPA Lombardia.

**Harrison, R. M., Smith, D. J. T., Luhana, L.** 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK. *Env. Sci. Tec.*, 30, 825-832.

**Meylan, W. M., Howard, P. H.** 1993. Computer estimation of the atmospheric gas-phase reaction rate of organic compounds with hydroxyl radicals and ozone. *Chemosphere*, 26, n. 12, 2293.

**Mitchell, D. N., Wayne, R. P., Allen, P. J., Harrison, R. P., Twin, R. J.** 1980. Kinetics and photochemistry of NO<sub>3</sub>. *J.C.S. Faraday II*, 785.

**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".

**Penning, T. M., Ohnishi, S. T., Harvey R. G.** 1996; Generation of reactive oxygen species during the enzymatic oxidation of PAH trans-dihydrodiols catalyzed by dihydrodiol dehydrogenase. *Chem. Res.*

**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.