



Laboratorio Mobile
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico
Comune di Desio
Piazza Giovanni Paolo II - c/o Municipio

06/02/2008 – 03/03/2008



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

Comune di Desio

Piazza Giovanni Paolo II – c/o Municipio

MONZA,

Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile

p.i. Davide Paladini

p.i. Valter Meda

Relatori

dott. Raffaella Marigo

p.i. Davide Paladini

Il Responsabile dell'U. O. Sistemi Ambientali

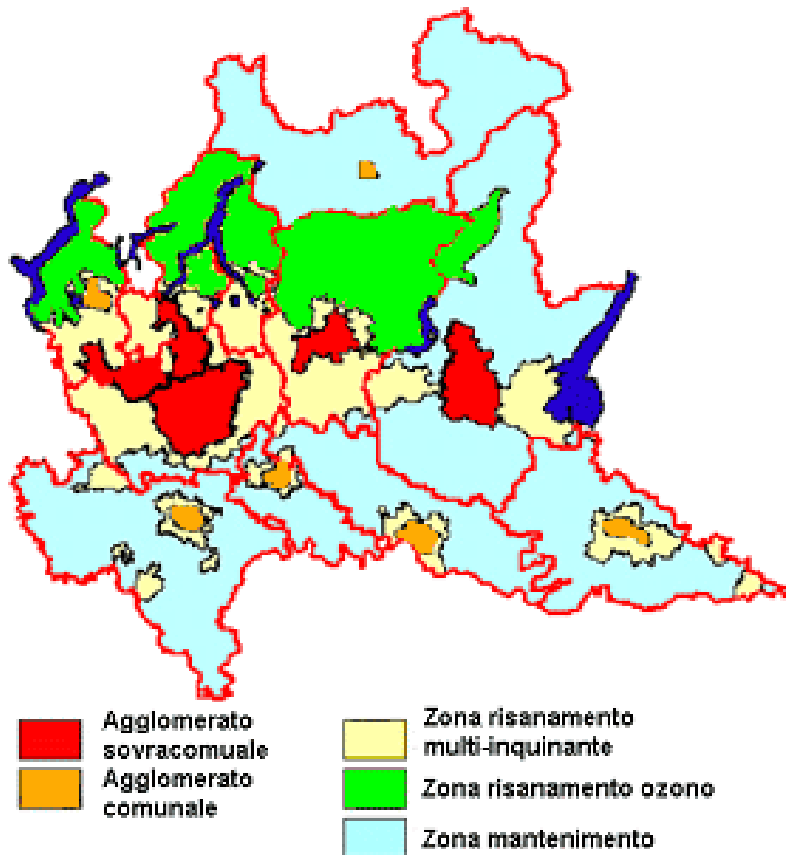
dott. geol. Madela Torretta

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 Piazza Giovanni Paolo II in prossimità del parcheggio antistante il Municipio del Comune di Desio. Il sito di misura rispetta 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.

L'Amministrazione comunale poi 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 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 Comune, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Nel periodo oggetto d'indagine, in ottemperanza alla d.G.R. del 10 ottobre 2007 n. 5546/07¹ è stato stabilito per la Zona A1 del territorio regionale, entro la quale ricade il comune di Desio

- il fermo del traffico nelle giornate da lunedì a venerdì, escluse le giornate festive infrasettimanali, dalle ore 7.30 alle ore 19.30, dei veicoli "Euro 0" a benzina o diesel e "Euro 1" diesel;
- il divieto di utilizzo di biomassa legnosa in apparecchi per il riscaldamento domestico degli edifici, nel caso siano presenti altri impianti per riscaldamento alimentati con altri combustibili ammessi, ai sensi dell'articolo 11, comma 1, lettera b), della l.r. 24/2006.

¹ La Giunta Regionale ha approvato, nella seduta del 10 ottobre 2007 la D.G.R. n. 5546, che stabilisce i provvedimenti per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico, per il periodo 15/10/2007 - 15/04/2008.

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. 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

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 (+20)	1 h	D.M. 60 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40 (+4)	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

Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 60 2/4/02

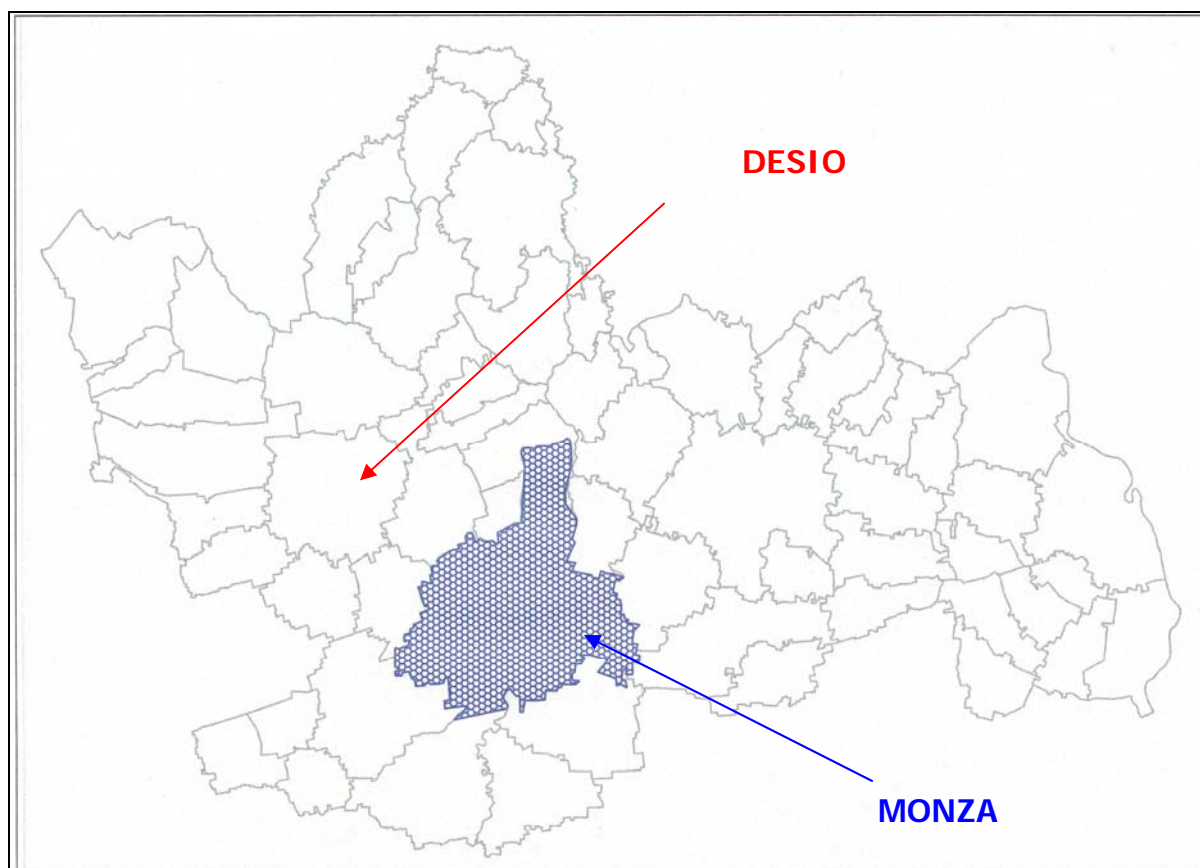
Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Standard di qualità 40	1 h	D.P.C.M. 28/3/83
	Standard di qualità 10	8 h	D.P.C.M. 28/3/83
	Valore limite protezione salute umana 10	8 h	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di attenzione 10	8 h	D.G.R. 28/10/02

Ozono	Valore Limite (µg/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 (µg/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

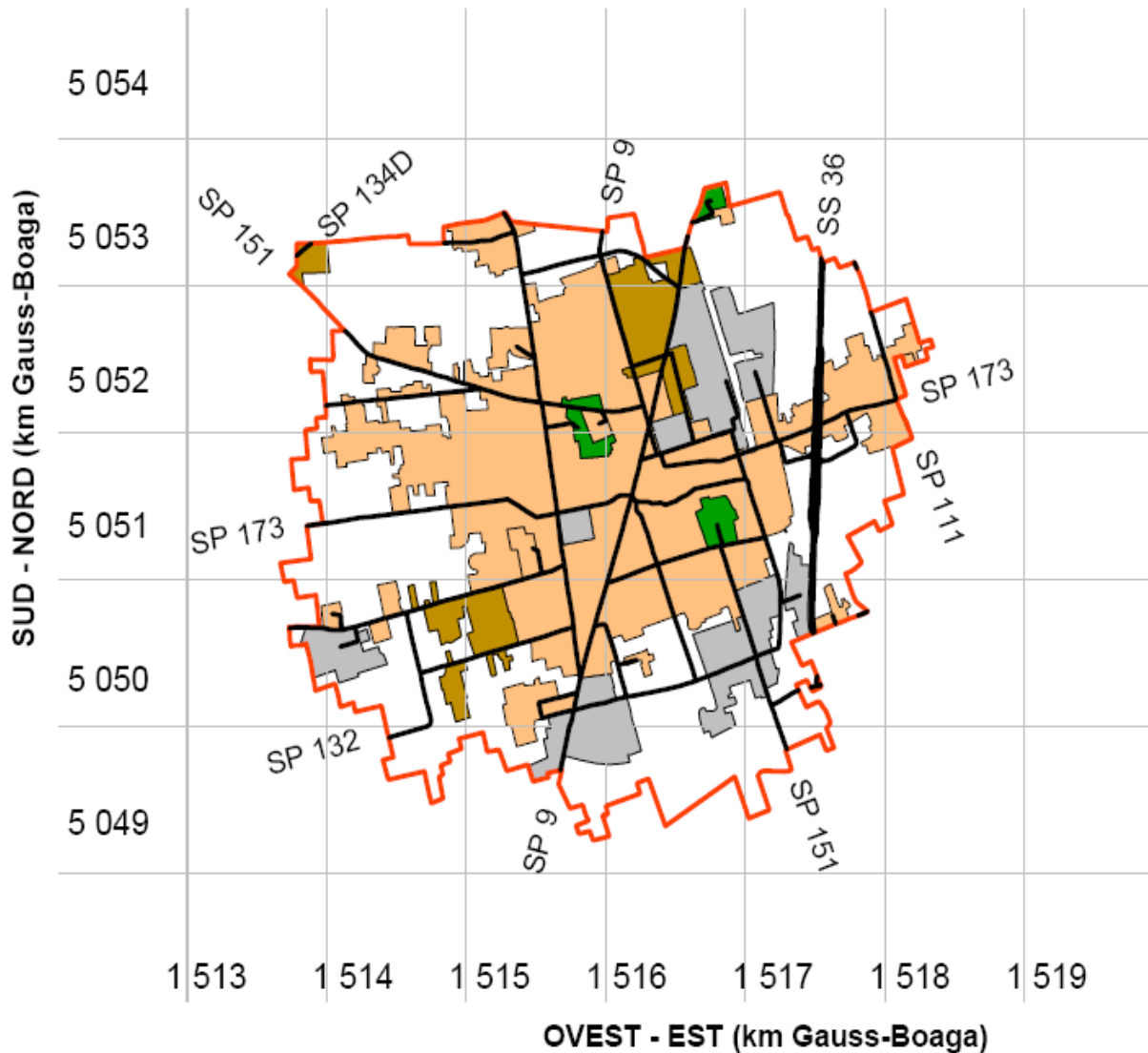
IPA	Valore Obiettivo (ng/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
B[a]P	Valore limite protezione salute umana e per l'ambiente 1	Anno civile	D.L. 152 03/08/07
	<ul style="list-style-type: none"> - Il valore obiettivo è riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del materiale 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



Periodo di misura	06 febbraio 2008 – 03 marzo 2008
Sito di misura:	Piazza Giovanni Paolo II
Assi stradali statali e provinciali:	s.s. 36 – via Nuova Valassina s.p. 09 – c.so Italia s.p. 111 – via Seregno s.p. 132 – via Sabotino s.p. 134D s.p. 151 – via Cesano s.p. 173 – via Desio
Assi stradali comunali	c.so Milano Via Marconi
Autostrade e tangenziali	Tangenziale Sud

Mappa 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 Desio

Il comune di Desio ha un'estensione di circa 15 Km², è collocato a nord del territorio provinciale e dista circa 20 Km dal Capoluogo Lombardo.

La popolazione residente (dati Istat 2004) è di circa 38259 abitanti per una densità abitativa di circa 2551 abit/Km².

Desio confina a nord con Seregno ad Ovest con Cesano Maderno e Bovisio Masciago a est con Lissone e a Sud con Nova Milanese e Muggiò.

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 in periodo invernale con Laboratorio mobile tra il **06 febbraio 2008 ed il 03 marzo 2008**, nel comune di Desio.

Scopo della campagna di misura è la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria in periodo invernale lungo tale tratto viario.



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

Il punto di misura si trova lungo corso Italia un'importante asse stradale provinciale a due corsie (una per senso di marcia) posta lungo la direttrice sud - nord che permette il collegamento con i comuni di Nova Milanese (sud) e Seregno (nord). La postazione di misura è collocata nel piazzale prospiciente c.so Italia davanti al Municipio.

Nelle ore di punta c.so Italia è interessato dal passaggio di traffico sia leggero che pesante di tipo locale e di attraversamento.

C.so Italia è costeggiato sul lato sud-nord dai binari del tram.

Principali sorgenti emmissive

Per la stima delle principali sorgenti emmissive all'interno del territorio comunale di Verano Brianza è stato utilizzato l'inventario regionale INEMAR² (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **riferita all'anno 2003**.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive: 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)

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

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 Bovisio Masciago sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento.

Si può infatti osservare come il traffico veicolare contribuisca per il 60% alla formazione degli ossidi di azoto e per il 78.5% a quella del monossido di carbonio; per quanto riguarda il PM10 e al PM2.5 tale sorgente contribuisce rispettivamente per il 62% e il 58%

La combustione non industriale incide sulla qualità dell'aria, contribuendo per il 51% all'emissione di biossido di zolfo, per il 13% all'emissione in atmosfera di ossidi di azoto e monossido di carbonio, per il 15.4% al formazione di PM10 e per il 16.8% alla formazione di PM2.5.

Dai dati INEMAR è possibile osservare come la presenza sul territorio cittadino di un inceneritore della Municipalizzata di Desio per i rifiuti solidi urbani, contribuisca in modo significativo all'emissione di biossidi di zolfo (32%) e di ossidi di azoto (12%).

² 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

Combustione non industriale								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
GPL	0.00	0.64	0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	0.82
metano	0.47	46.85	4.69	23.43	0.19	0.19	0.19	64.46
gasolio	9.47	4.74	0.28	1.89	0.47	0.47	0.47	6.28
kerosene	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
olio combustibile	0.08	0.08	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.10
legna e similari	0.18	1.07	23.33	87.66	4.55	4.75	4.38	34.35
Totale	10.21	53.39	28.33	113.13	5.24	5.44	5.06	106.02

Processi produttivi								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	75.78	0	0	0	0.00	75.78
Totale	0.00	0.00	75.78	0.00	0.00	0.00	0.00	75.78

Estrazione e distribuzione combustibili								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	31.94	0.00	0.00	0.00	0.00	36.27
Totale	0.00	0.00	31.94	0.00	0.00	0.00	0.00	36.27

Uso di solventi								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	544.36	0.00	0.00	0.00	0.00	544.36
Totale	0.00	0.00	544.36	0.00	0.00	0.00	0.00	544.36

Agricoltura								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Combustione nell'industriale								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
metano	0.00	28.12	0.70	5.62	0.06	0.06	0.06	35.64
gasolio	1.05	8.75	0.59	2.34	0.93	0.98	0.89	11.52
senza comb.	0.13	0.04	0.00	0.03	0.03	0.05	0.01	0.06
olio combust	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
legna e similari	0.06	0.50	3.74	46.69	0.65	0.93	0.51	9.48
Totale	1.29	37.41	5.03	54.68	1.68	2.03	1.47	56.71

Trasporto su strada								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
GPL	0.00	5.14	3.82	22.90	0.00	0.00	0.00	12.62
diesel	1.00	203.47	14.03	56.76	11.08	11.29	11.08	268.54
metano	0.00	0.25	0.16	1.76	0.00	0.00	0.00	0.66
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	7.56	11.48	4.09	0.00
benzina verde	0.71	39.85	200.96	596.70	2.46	2.46	2.46	315.33
Totale	1.71	248.72	218.97	678.11	21.09	25.23	17.62	597.14

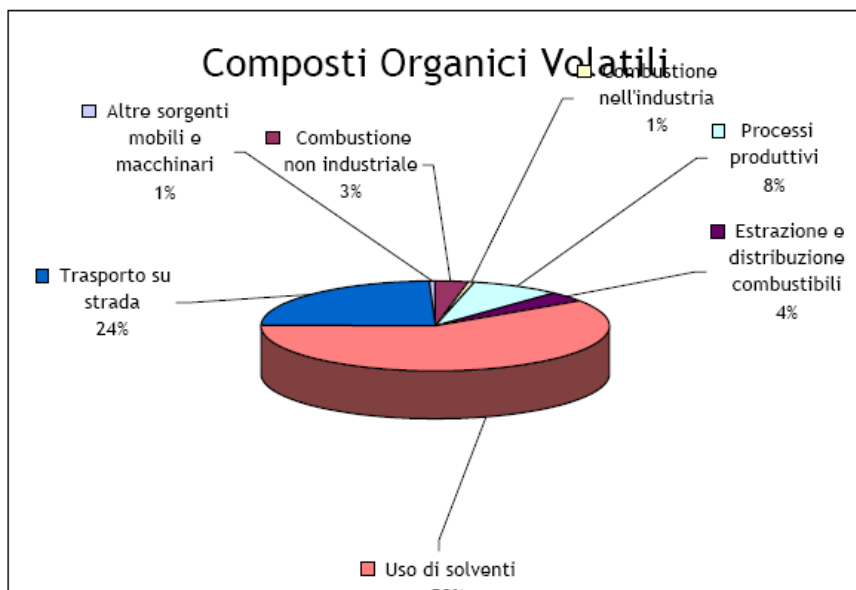
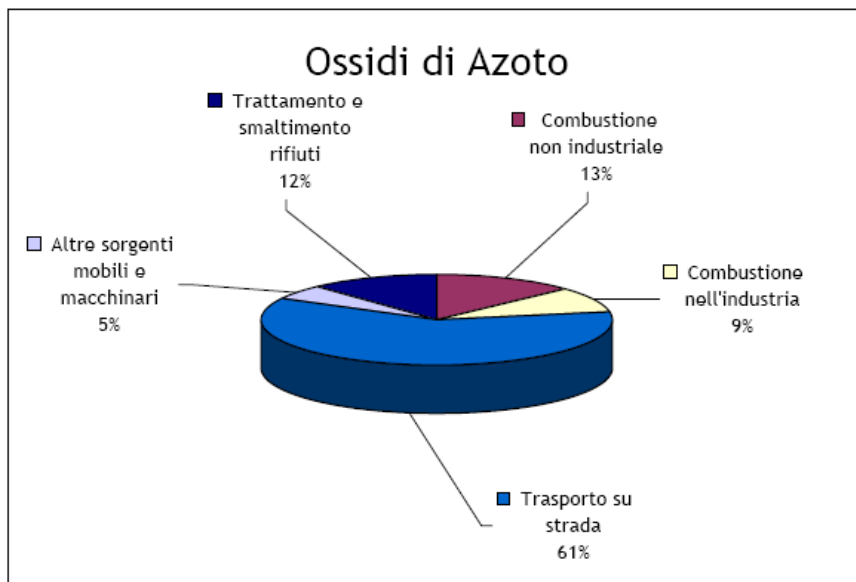
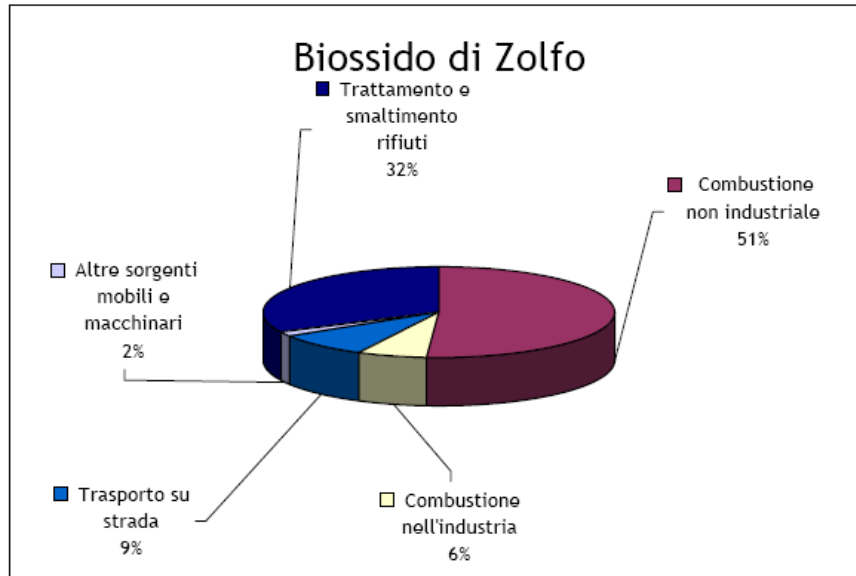
Altre sorgenti e assorbimenti								
Combustibile	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O ₃
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

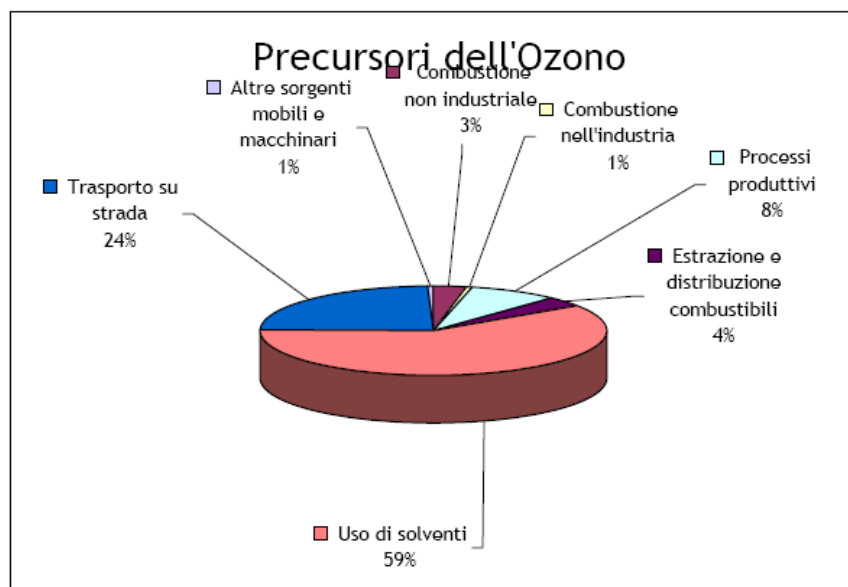
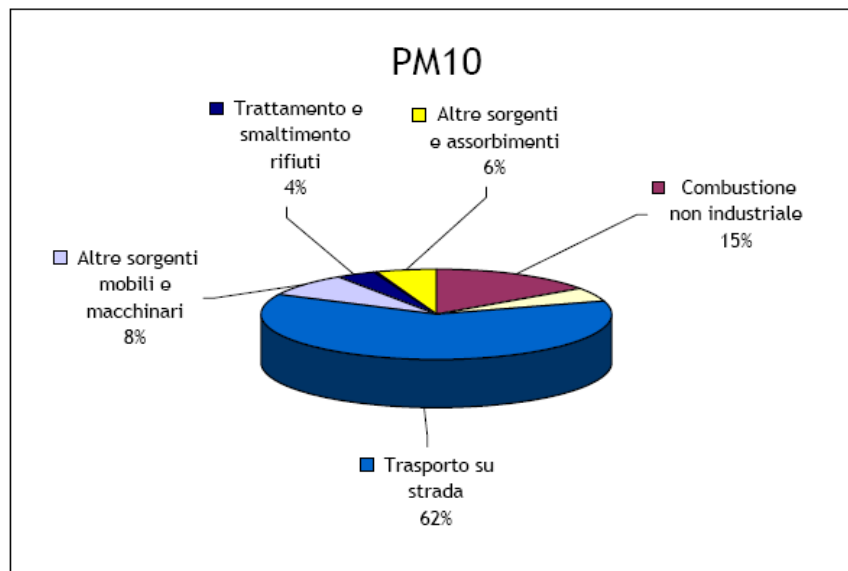
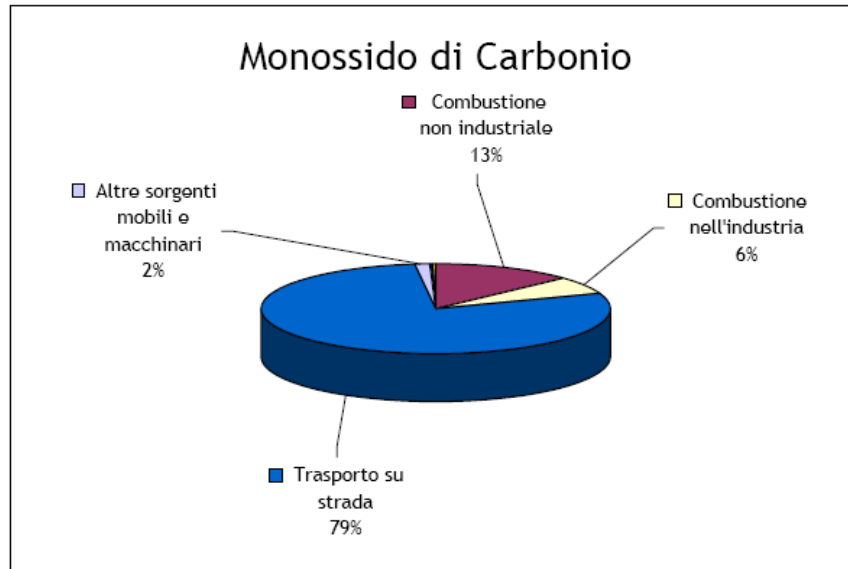
COMUNE DI DESIO

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NO _x 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	10.21	53.39	28.33	113.13	5.24	5.06	106.02
Combustione nell'industria	1.29	37.41	5.03	54.68	1.68	1.47	56.71
Processi produttivi	0.00	0.00	75.78	0.00	0.00	0.00	75.78
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	31.94	0.00	0.00	0.00	36.27
Uso di solventi	0.00	0.00	544.36	0.00	0.00	0.00	544.36
Trasporto su strada	1.71	248.72	218.97	678.11	21.09	17.62	597.14
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.32	21.75	5.17	13.33	2.80	2.78	33.18
Trattamento e smaltimento rifiuti	6.42	49.21	1.00	1.30	1.30	1.30	61.19
Agricoltura	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.00	0.25
Altre sorgenti e assorbimenti	0.00	0.00	0.00	3.06	1.93	1.93	0.34
TOTALE	19.95	410.65	910.59	863.61	34.05	30.17	1511.23

PROVINCIA DI MILANO

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NO _x 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
Trattamento 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





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.

È 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 rilevata dalla stazione meteo della rete provinciale

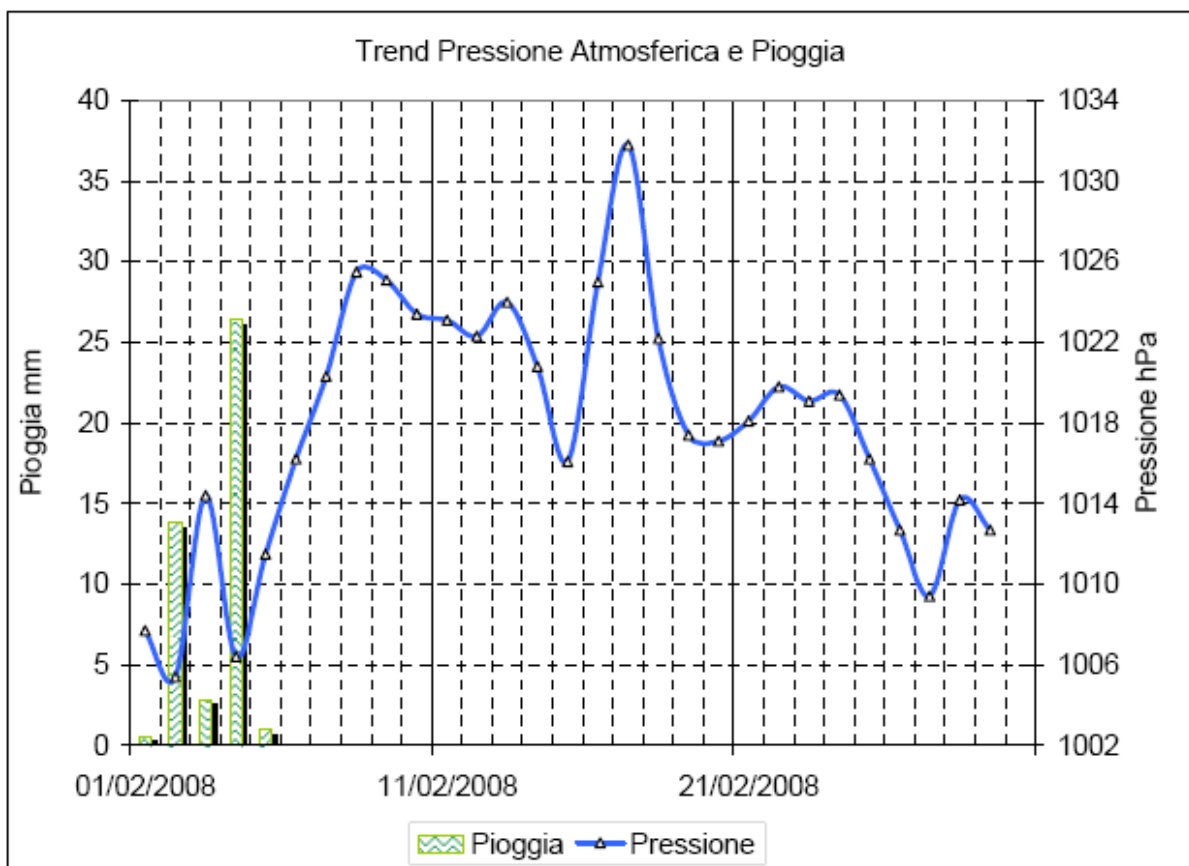
La campagna di monitoraggio nel comune di Desio ha interessato il mese di febbraio e i primi giorni del mese di marzo, periodo tradizionalmente sfavorevole per la dispersione degli inquinanti in atmosfera.

A differenza del precedente mese di Gennaio, in Febbraio il gelo si è presentato nella seconda decade, in seguito ad un'intensa avvezione di aria polare, che ha dato luogo ad intense gelate con minime anche di $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ nelle zone rurali.

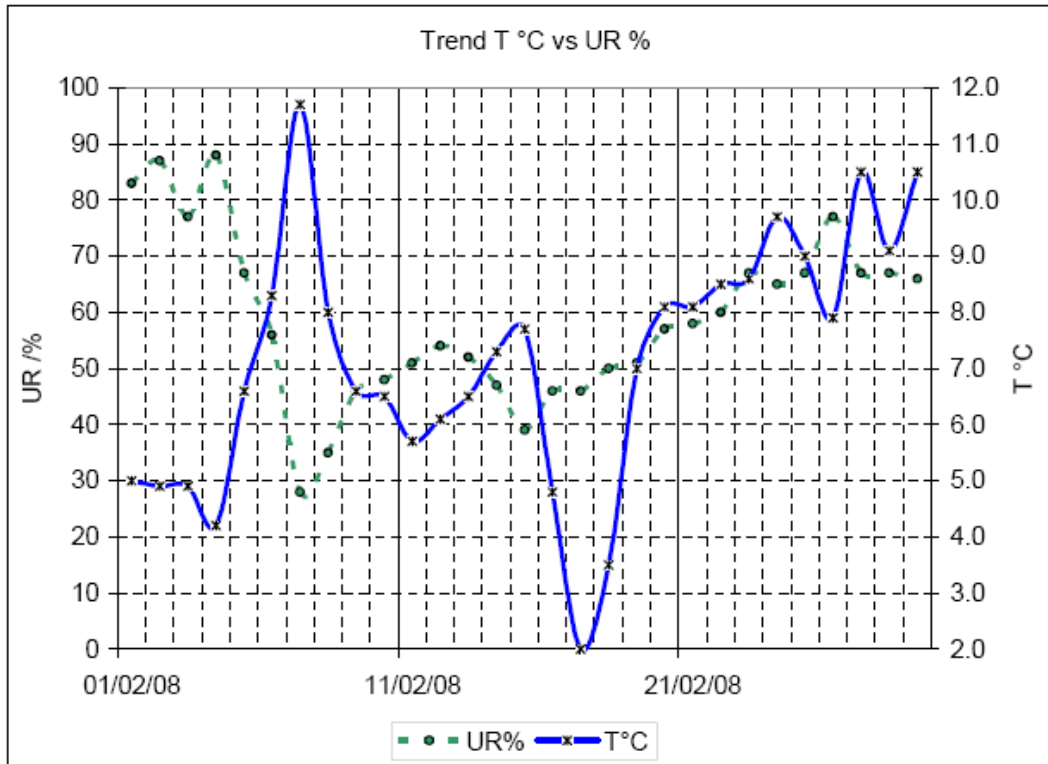
Le precipitazioni non sono state abbondanti (45 mm) con 5 eventi piovosi tutti concentrati nella prima decade, successivamente sono prevalse condizioni anticicloniche che hanno portato ad una situazione di alta pressione tanto che il valore mensile della pressione è risultato superiore di ben 11 hPa al valore medio degli ultimi 18 anni.

Nella seconda e terza decade i promontori di alta pressione hanno fatto raggiungere delle temperature diurne intorno ai $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, tipicamente primaverili e hanno provocato intensi fenomeni di inversione da subsidenza in quota che hanno favorito delle situazioni di temporaneo accumulo degli inquinanti, in particolare di PM10 e di NO₂.

In questo mese si sono avute 20 giornate con cielo da poco nuvoloso a sereno, e vi sono state 5 giornate con precipitazioni superiori a 0.2 mm, ma solo 2 con precipitazioni di un certo rilievo.



La media mensile della temperatura è stata di $7.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, e quindi superiore di $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ al valore di $5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ della media degli ultimi 50 anni.



Per quanto riguarda il vento, in coincidenza con l'avvezione da est di aria polare, si sono avuti dei temporanei rinforzi, in particolare sabato 16, quando a Brera la velocità media giornaliera è stata di 1.9 m/s e la massima media oraria è stata di 3.6 m/s, mentre numerosi sono stati gli episodi di calma di vento, di conseguenza il valore medio di 0.8 m/s è stato decisamente inferiore alla media di 1.4 m/s degli ultimi venti anni.

L'umidità relativa, a causa del prevalere di situazioni di bel tempo stabile, con il valore del 59%, è stata inferiore alla media del 68% degli ultimi 20 anni, mentre a causa della elevata frequenza di giornate serene; la radiazione solare ha fatto registrare un valore di 93 W/m², superiore al valore della media ventennale di 85 W/m²

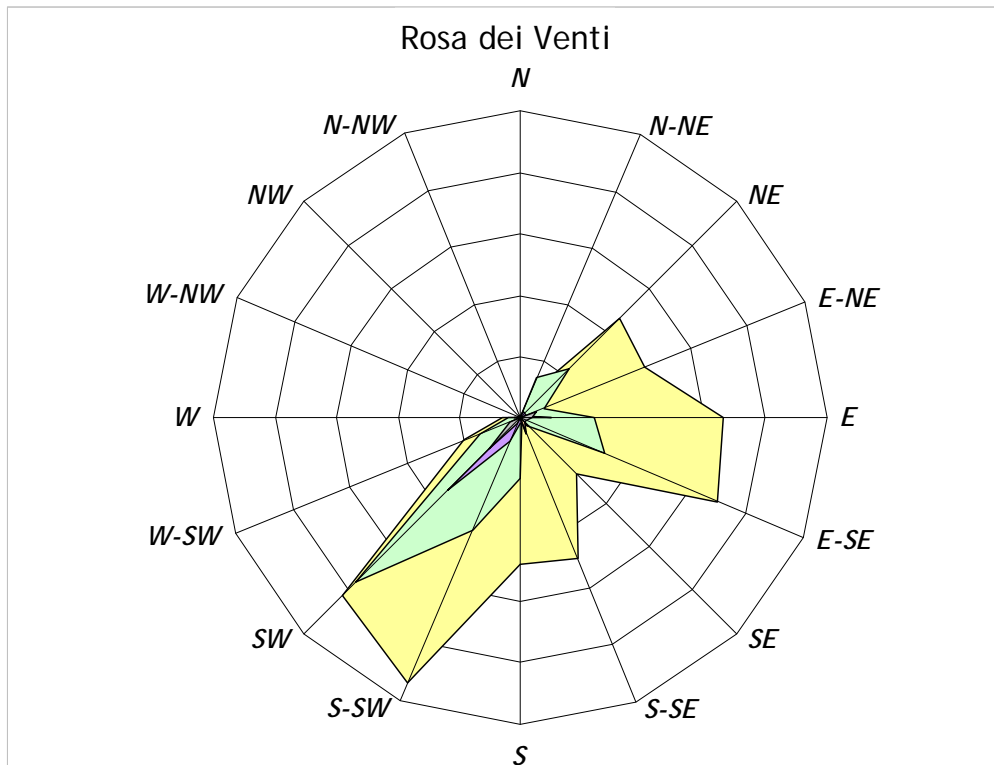
Situazione meteorologica nel periodo di misura rilevata dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile

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).

L'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra come siano stati interessati da fenomeni ventosi un po' tutti i settori con una maggiore evidenza per i settori SE e SW (fig. pagina successiva e pag. 2 pag. 21) con una maggiore frequenza, in tutte le classi di vento, dal settore SW e S-SW (37% dei casi).

Ai fini valutativi è importante poi capire quale sia stata la classe di vento maggiormente interessata durante la campagna di misura. Dall'analisi in frequenza dei dati registrati con la stazione meteo del Laboratorio Mobile è possibile osservare come nel periodo di osservazione l'attività anemologica sia stata moderatamente vivace anche se gli episodi di una certa entità si sono verificati solo nel 8% dei casi nei giorni 2 e 3 marzo con una media oraria di 1.3 m/s in occasione di un fenomeno di bassa pressione, che ha fatto registrare sulla centralina meteo del laboratorio mobile una massima media oraria di 2.3 m/s alle ore 01.00 del mattino di domenica 2 marzo.



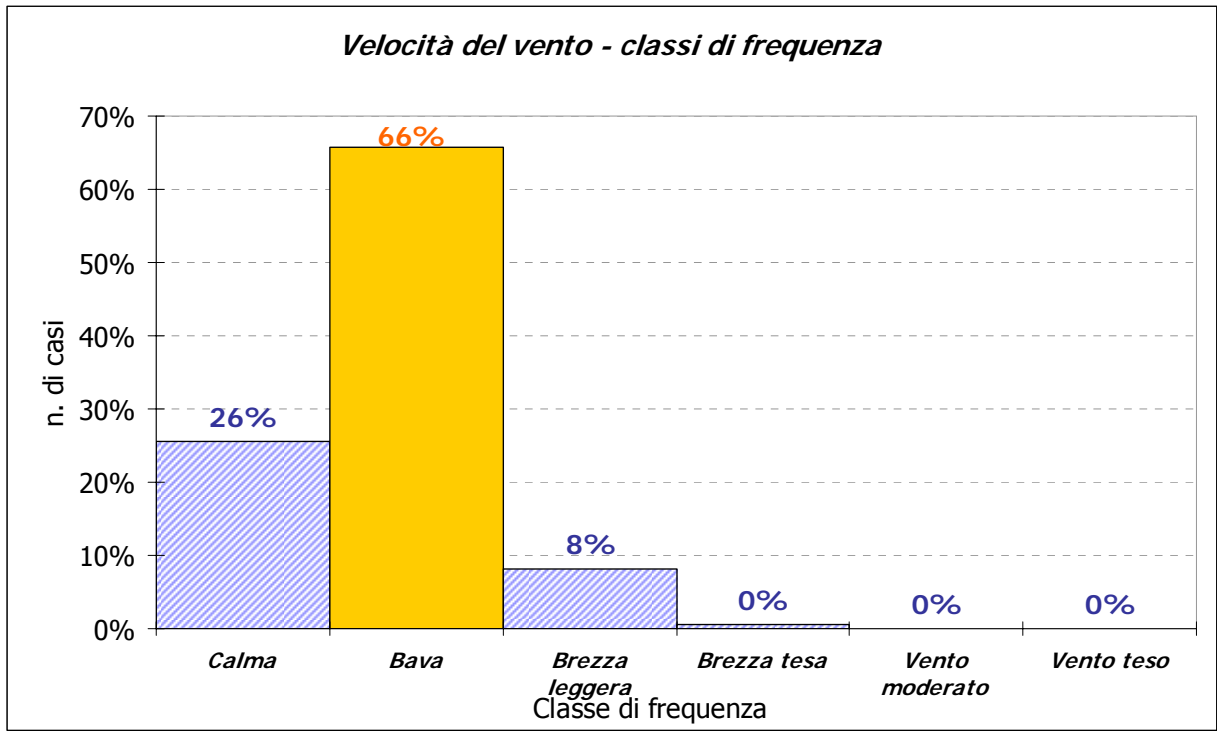
	0.2 < VV < 1	1 < VV < 1.5	1.5 < VV < 2	2 < VV < 3	VV > 3
N	0	0	0	0	0
N-NE	4	7	1	0	0
NE	23	11	1	0	0
E-NE	22	4	1	3	0
E	33	12	5	2	0
E-SE	35	15	0	1	0
SE	13	2	2	1	1
S-SE	25	1	1	3	3
S	24	10	1	0	0
S-SW	47	20	4	1	0
SW	41	38	17	7	0
W-SW	10	7	0	2	0
W	3	2	1	0	0
W-NW	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0
N-NW	0	0	0	0	0

VV = Velocità del Vento (m/s)

Numero totale di casi 621
Percentuale di casi di calma 25%

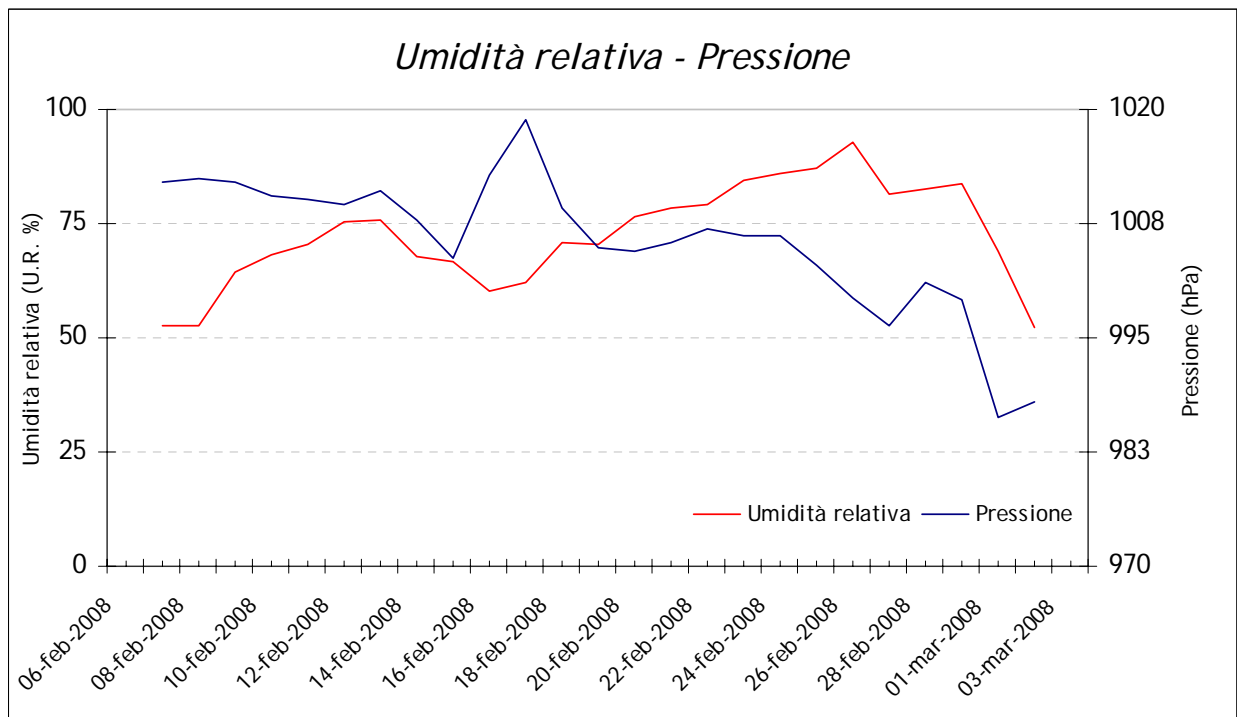
	Classi di vento	Freq. (n. di casi)	%	
	Calma	0.2	159	26%
	Bava	1.5	408	66%
	Brezza leggera	3.3	51	8%
	Brezza tesa	5.4	3	0%
	Vento moderato	7.9	0	0%
	Vento teso	10.7	0	0%

I casi di calma di vento ($0 < VV < 0.3$) sono stati solo il 26% del totale ed i casi di bava di vento ($0.3 < VV < 1.5$ m/s) e di brezza leggera ($1.5 < VV < 3.3$) sono stati registrati per il 74% dei casi vi sono stati poi 3 casi di brezza tesa.

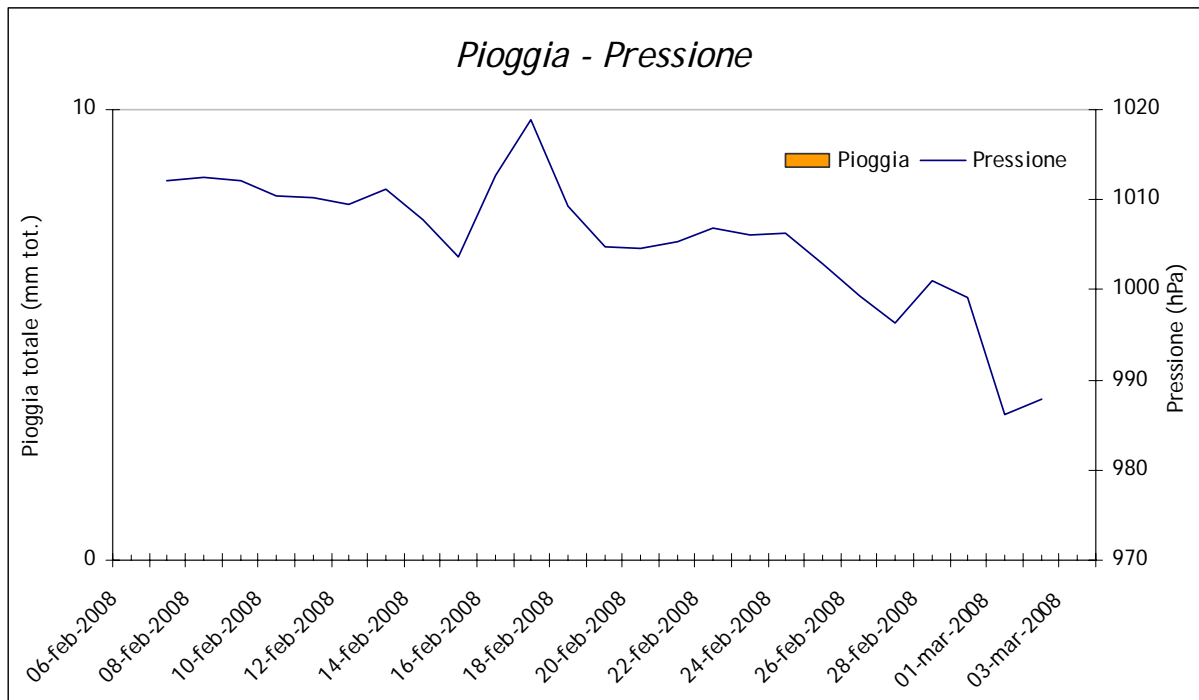


L'umidità relativa con il valore del 72.4% è risultata più alta di circa il 12% rispetto al valore medio misurato dalle stazioni di riferimento. Il massimo giornaliero (100%) è stato registrato il giorno 26 febbraio.

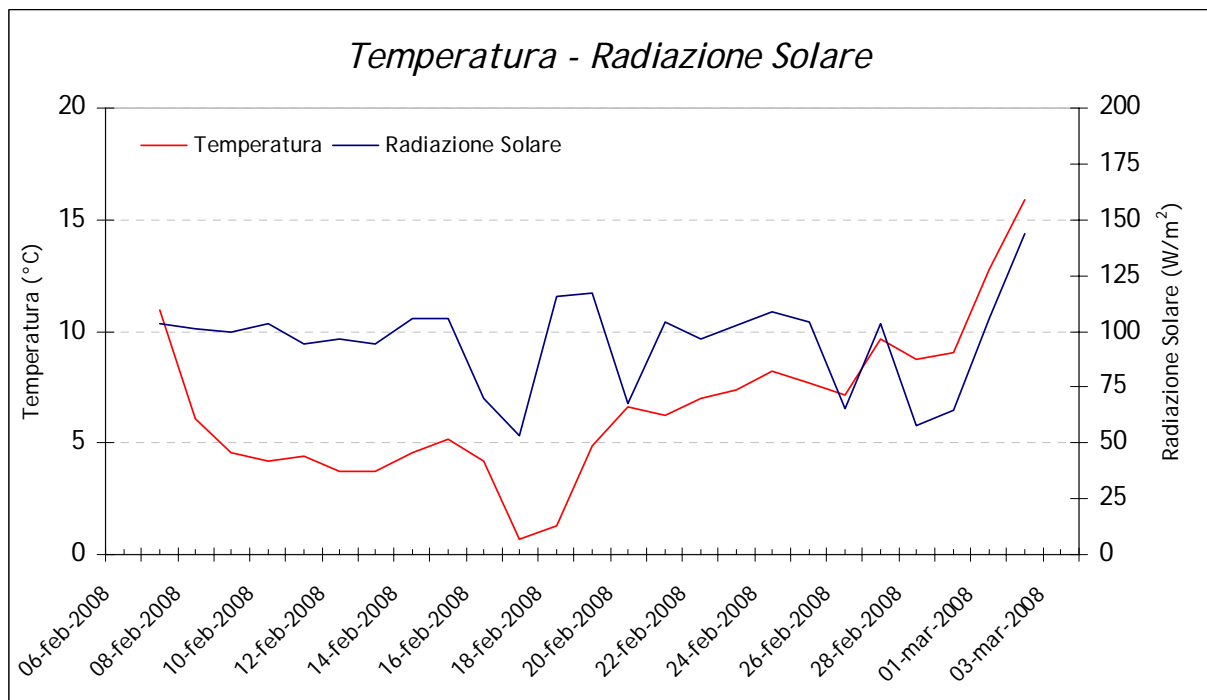
L'andamento barico si è attestato in un intervallo compreso tra 982 e 1022 hPa, quest'ultimo registrato il giorno 17 febbraio facendo registrare nella seconda decade del mese di febbraio un periodo di alta pressione; il valore medio del periodo è stato di 1005 hPa.



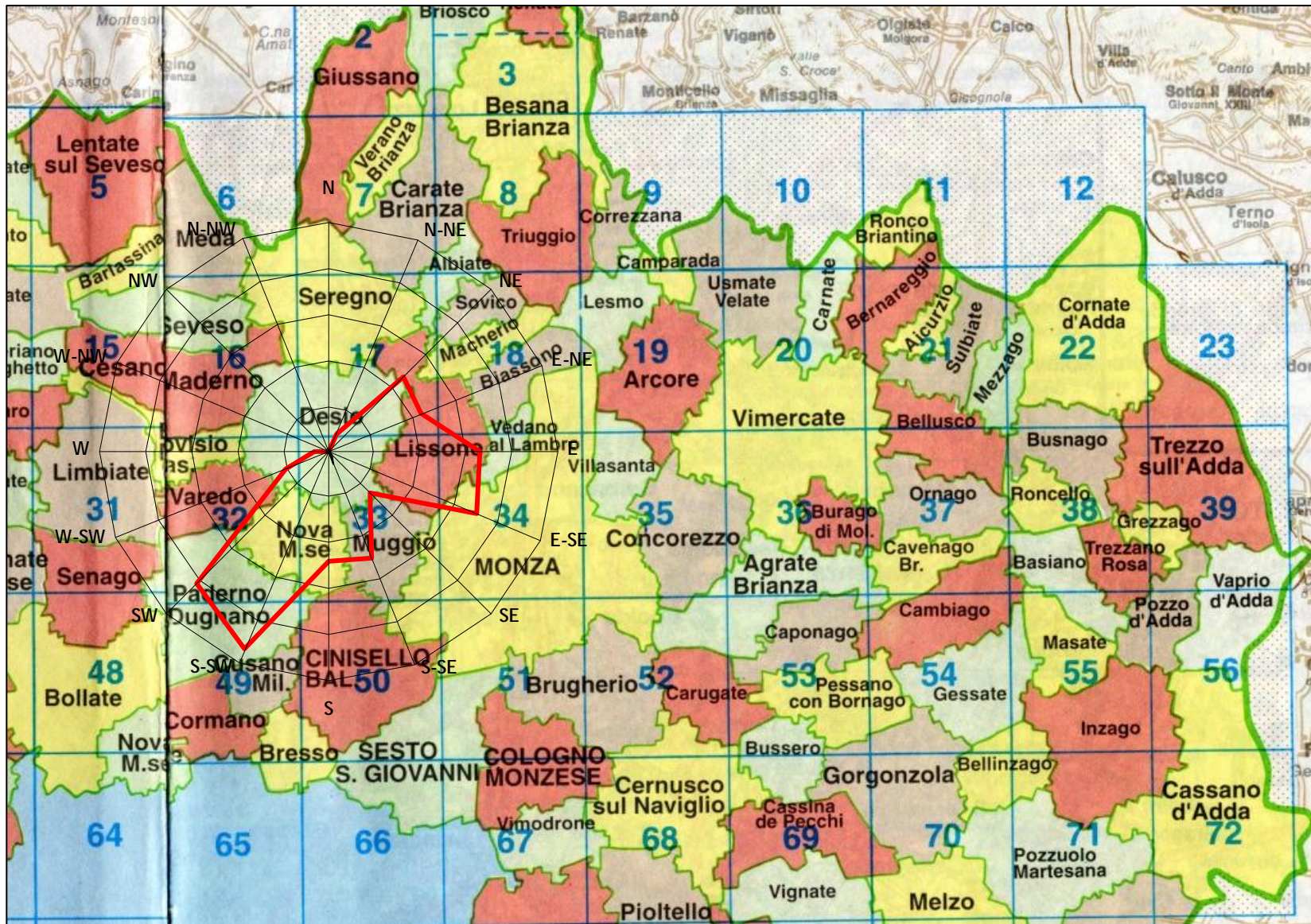
Le precipitazioni sono state del tutto assenti nel periodo di misura.



La temperatura con una media mensile di 6.6 °C è risultata in linea con il valore storico del periodo. Nella prima decade del periodo di osservazione questa grandezza ha mostrato un andamento pressoché costante tra i -2 ed i 17 °C.



Per quanto riguarda la radiazione solare il valore medio registrato a Desio è stato di 95.4 W/m² in linea con i dati registrati dalla rete provinciale e quindi superiore al valore della media ventennale di 85 W/m². Il valore giornaliero massimo è stato di 143.5 W/m² il giorno 02.03.2008.



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 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 inquinanti 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 sottovento 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: $O^* + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$. Una volta generato l'ozono reagisce con l'NO e rigenera NO_2 : $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

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 NO_2 senza consumare O_3 , di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo di O_3 .

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 $10 \mu m$, 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, NO_2), ozono (O_3) e polveri sottili (PM10).

La strumentazione presente sul Laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi (NO, NO_2 , CO, O_3); 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_2 , 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**.

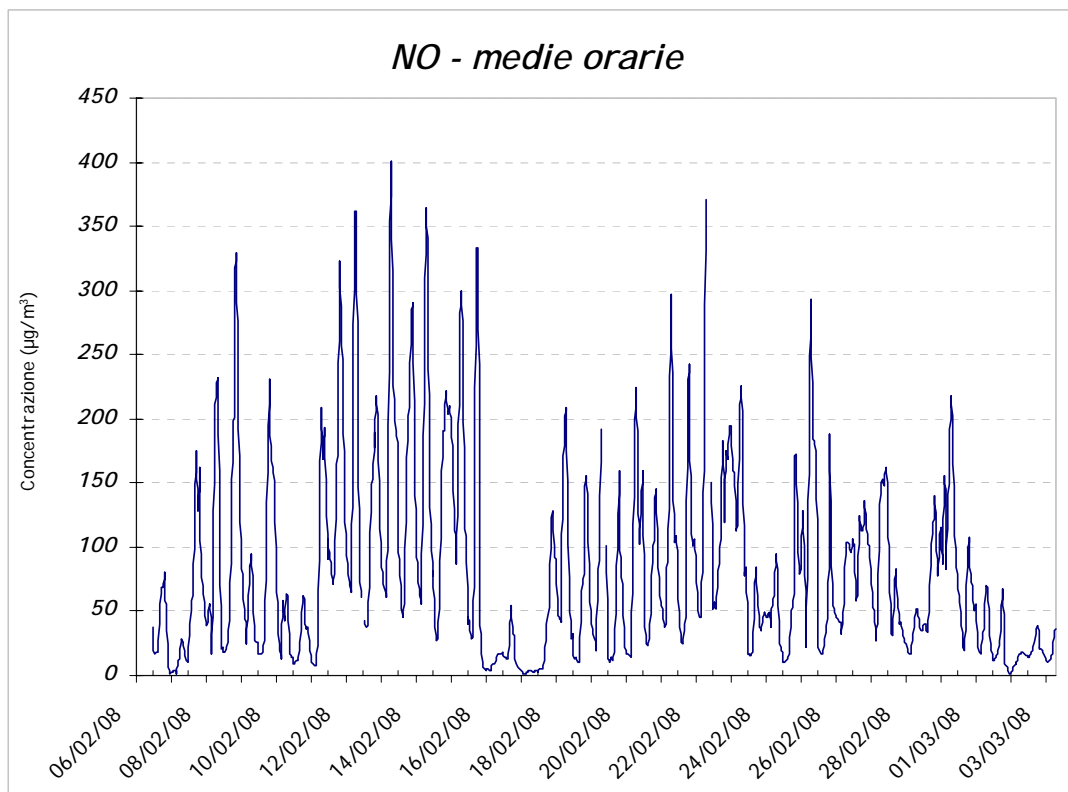
L'instabilità atmosferica che ha interessato il periodo di misura, con fenomeni ventosi moderatamente vivaci, la totale mancanza di precipitazioni (0 eventi piovosi su 26 giorni di campagna) e il periodo di bassa pressione nella prima decade del periodo di osservazione, non ha favorito la dispersione degli inquinanti, in particolare per quanto riguarda il **PM10 sono stati osservati ben 19 superamenti del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, su 26 giorni di misura**.

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

NO

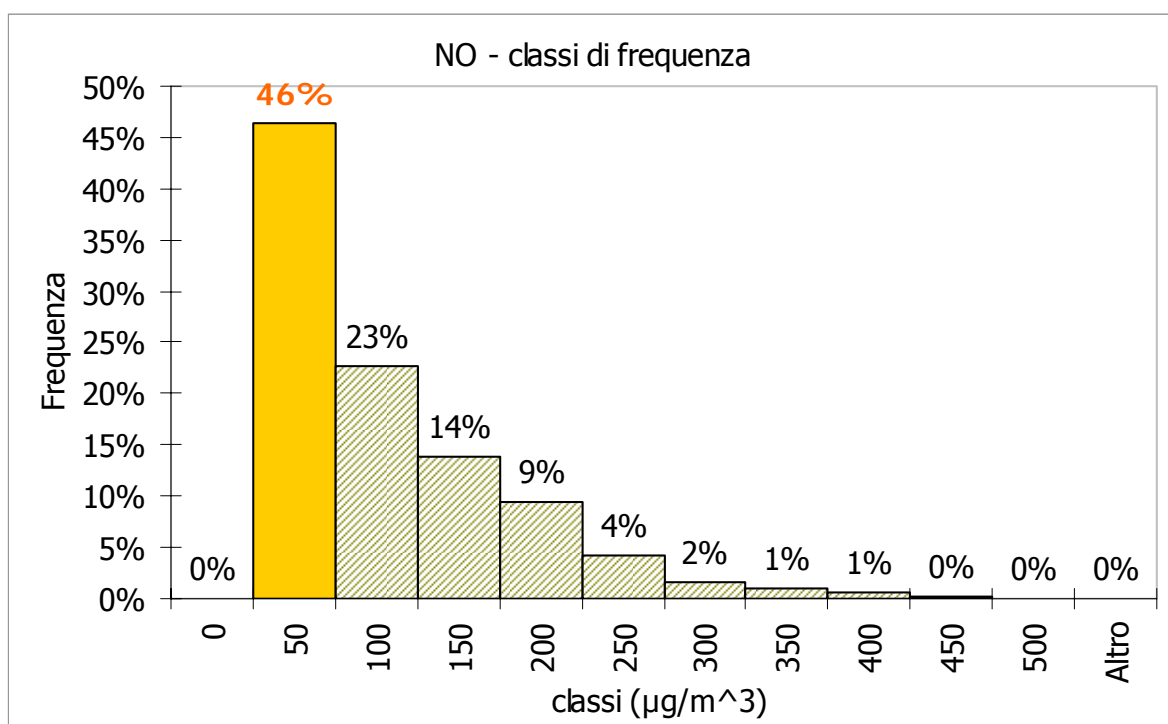
Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto oltre a fornire importanti informazioni per la caratterizzazione del sito, dà origine per ossidazione all' NO_2 e, attraverso altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O_3 troposferico.

I valori delle concentrazioni orarie dell'NO hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un valore massimo di concentrazione oraria pari a $401 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il giorno 13 febbraio alle ore 08.00.



Nella sottostante tabella sono state riportate le frequenze con le quali le concentrazioni di NO sono state osservate nel sito di misura. L'analisi di frequenza, con intervalli di 50 µg³, mette in risalto come il 92% dei valori misurati a Desio siano compresi nell'intervallo 50 ÷ 200 µg³, con frequenza più alta nella classe 51 ÷ 100 µg³ (46%).

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
0	0	0	300	10	2
50	285	46	350	6	1
100	140	23	400	4	1
150	85	14	450	1	0
200	58	9	500	0	0
250	26	4			



Sebbene l'NO sia un inquinante caratteristico del sito di prelievo e poco soggetto a fenomeni di trasporto, dall'analisi statistica dei dati si evidenzia una discreta correlazione³ con i valori misurati dalla vicina centralina urbana da traffico di Monza (R=0.80), situate in aree con caratteristiche probabilmente simili a quelle del sito di misura.

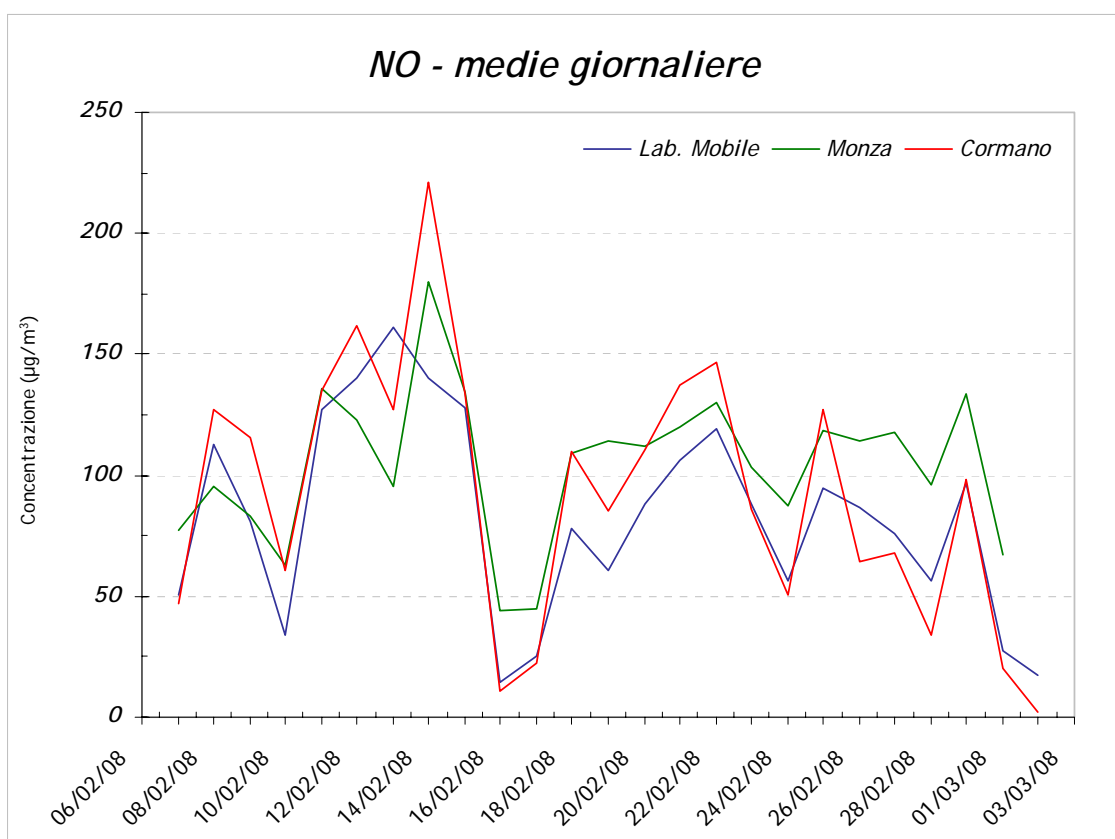
Nella sottostante tabella viene riportata la matrice di correlazione di Pearson con evidenziato il dato maggiormente correlato.

³ 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):

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

	LAB	PASCAL	MONZA	CORMANO	MEDA	CARATE	INZAGO	VIMERCATE
LAB	1.00							
PASCAL	0.57	1.00						
MONZA	0.80	0.59	1.00					
CORMANO	0.78	0.68	0.83	1.00				
MEDA	0.70	0.43	0.75	0.64	1.00			
CARATE	0.71	0.24	0.66	0.53	0.69	1.00		
INZAGO	0.68	0.65	0.80	0.79	0.64	0.49	1.00	
VIMERCATE	0.73	0.41	0.81	0.66	0.79	0.79	0.71	1.00

Nel grafico successivo sono riportati gli andamenti delle medie giornaliere riscontrate nel sito di Desio e nelle due stazioni fisse della rete di rilevamento provinciale di Monza e Cormano. Il trend registrato con laboratorio mobile risulta analogo a quello registrato dalle postazioni fisse con valori, in particolare nella seconda metà del mese, inferiori rispetto alle postazioni fisse.

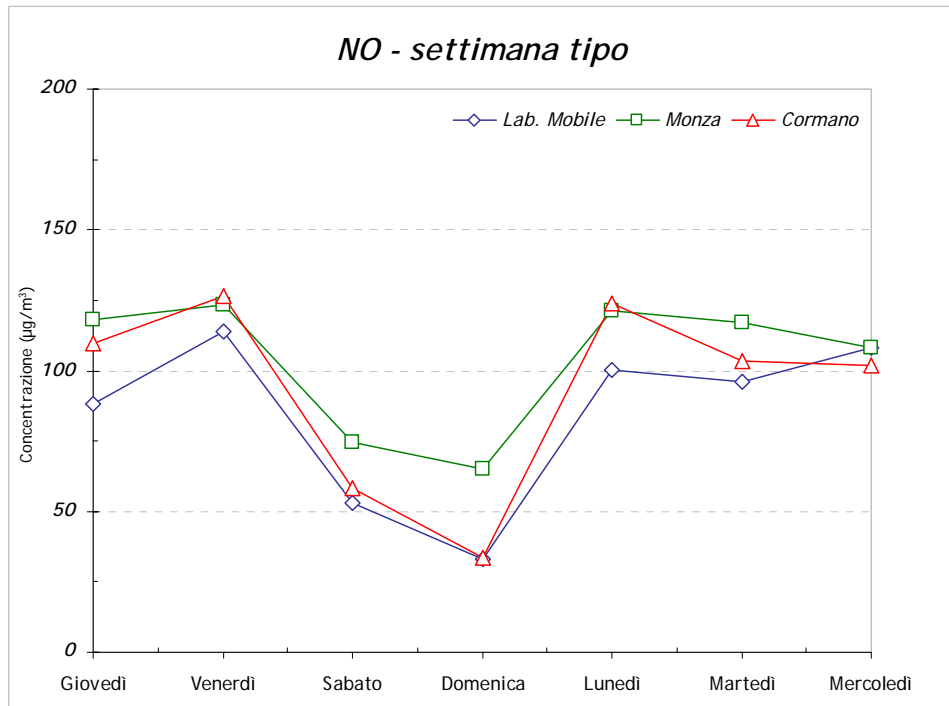


Ad ulteriore conferma della analogia tra la postazione mobile e quelle fisse di è possibile osservare il grafico dei trend settimanali.

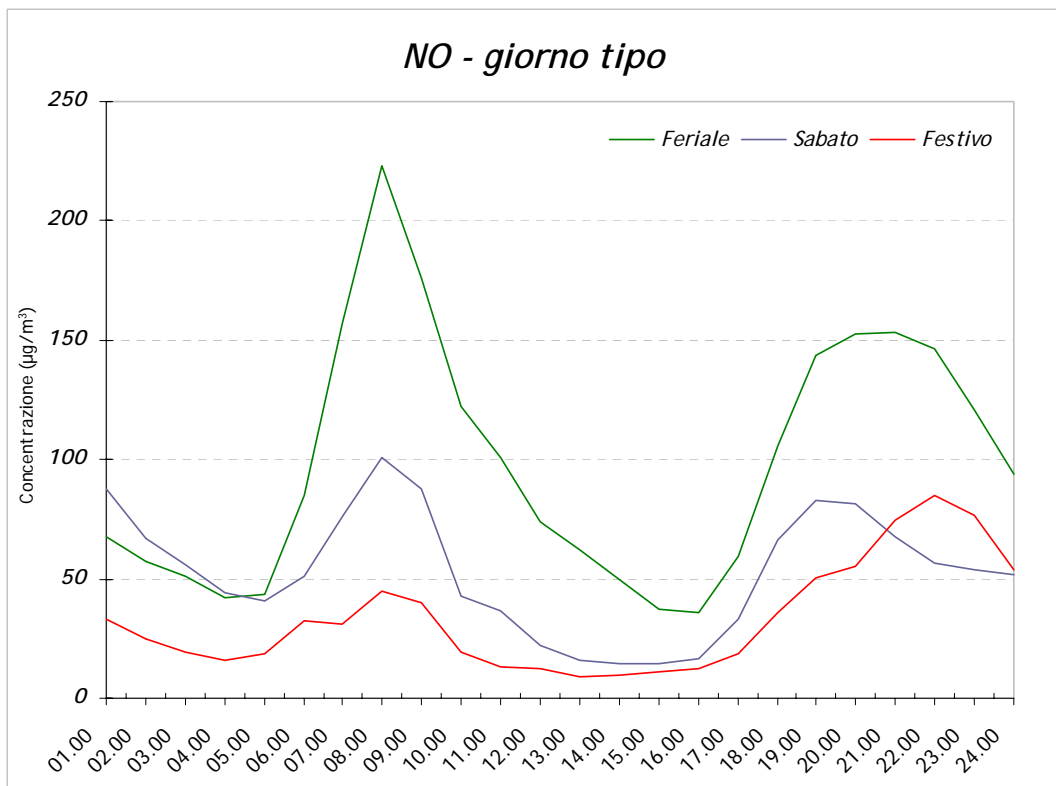
La scala settimanale infatti è l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia (altro principale fattore che influenza le concentrazioni degli inquinanti) non ha alcuna influenza.

Come evidenziato nel grafico di confronto gli andamenti sono simili in tutti i giorni della settimana anche se la postazione mobile presenta concentrazioni più elevate.

Con tale ulteriore rappresentazione è possibile evidenziare anche la stretta dipendenza di questo inquinante con il traffico veicolare. Da tale andamento è messo in evidenza come il minimo della concentrazione si presenti il giorno della domenica in cui si ha una diminuzione significativa del traffico veicolare.



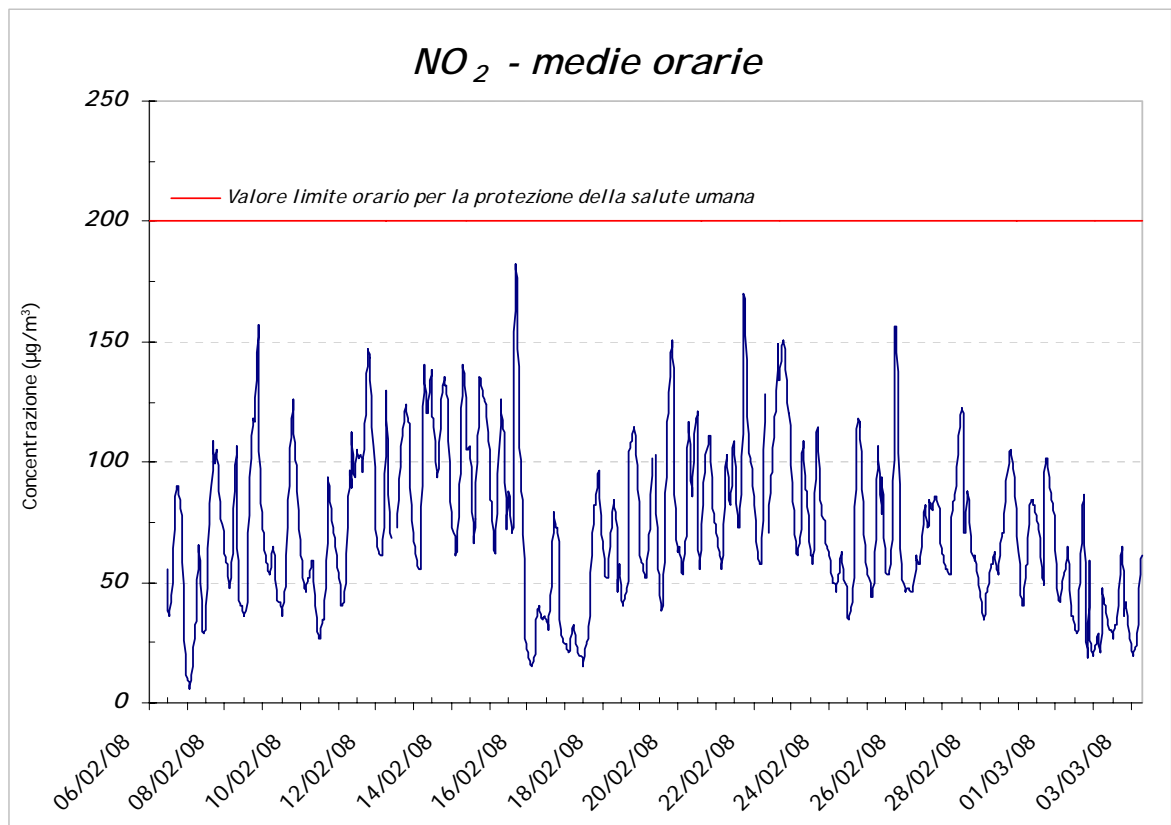
Il grafico del giorno tipo permette di acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serali; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 06.00 alle ore 12.00 del mattino e dalle 17.00 alle 22.00 della sera.



Il giorno tipo del sabato pur mantenendo un andamento analogo al giorno tipo feriale presenta concentrazioni leggermente più contenute. Il giorno tipo festivo presenta un lieve picco nella fascia mattutina presentando poi un picco maggiormente marcato nelle ore serali.

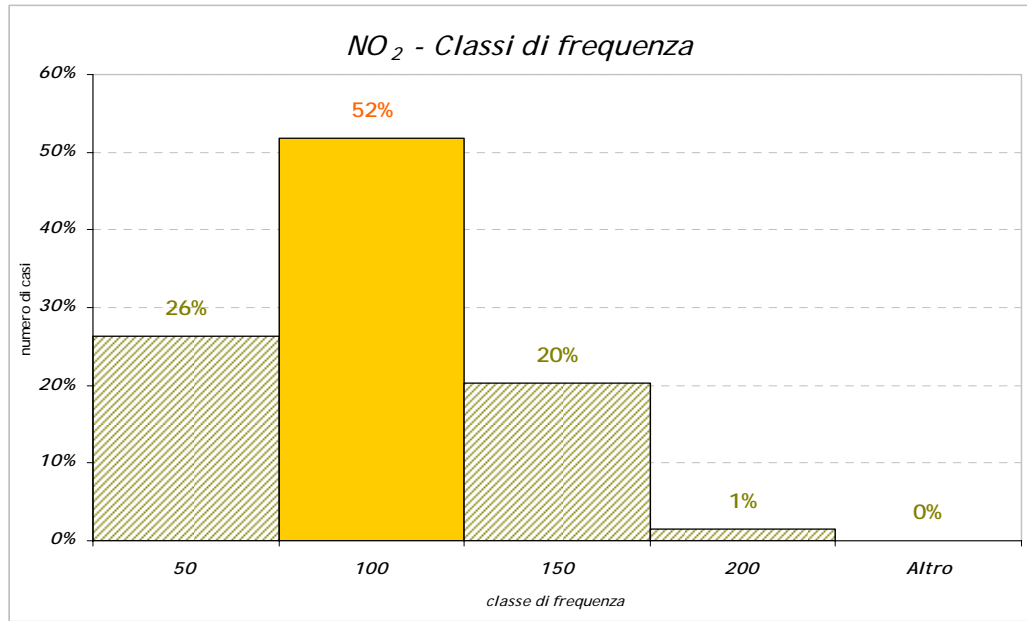
La concentrazione in aria di NO₂, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO₂ e dalla velocità di conversione di NO₂ in altre specie ossidate (nitrati).

Durante la campagna di misura a Desio non è stato registrato nessun superamento per l'NO₂M; la concentrazione media sul periodo del biossido di azoto si è attestata intorno al valore di **73 µg/m³**, il valore massimo misurato è stato di **181 µg/m³** il giorno 15 febbraio alle 18.00.

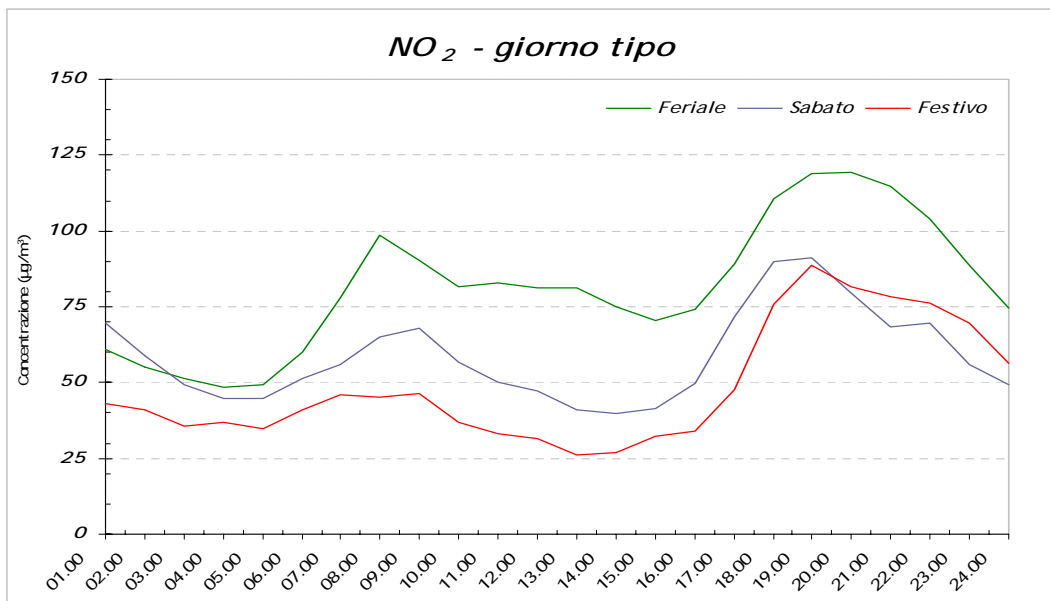


Come per l'NO anche per questo inquinante è stata effettuata l'analisi di frequenza utilizzando come ampiezza un intervallo pari a 50 µg/m³. Dalla tabella qui di seguito riportata si osserva come i valori misurati nel sito ricadano per la maggior parte nella fascia compresa tra 50 e 150 µg/m³ (corrispondente al 99% dei dati) con maggior frequenza nella classe 100 µg/m³ (52%).

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
50	162	26%	200	9	1%
100	319	52%	250	0	0%
150	125	20%			



Il *grafico del giorno tipo* mette in evidenza le minori capacità dispersive dell'NO₂ rispetto all'NO per la presenza di picchi meno evidenti e per una meno netta diminuzione di questo inquinante in tarda serata.

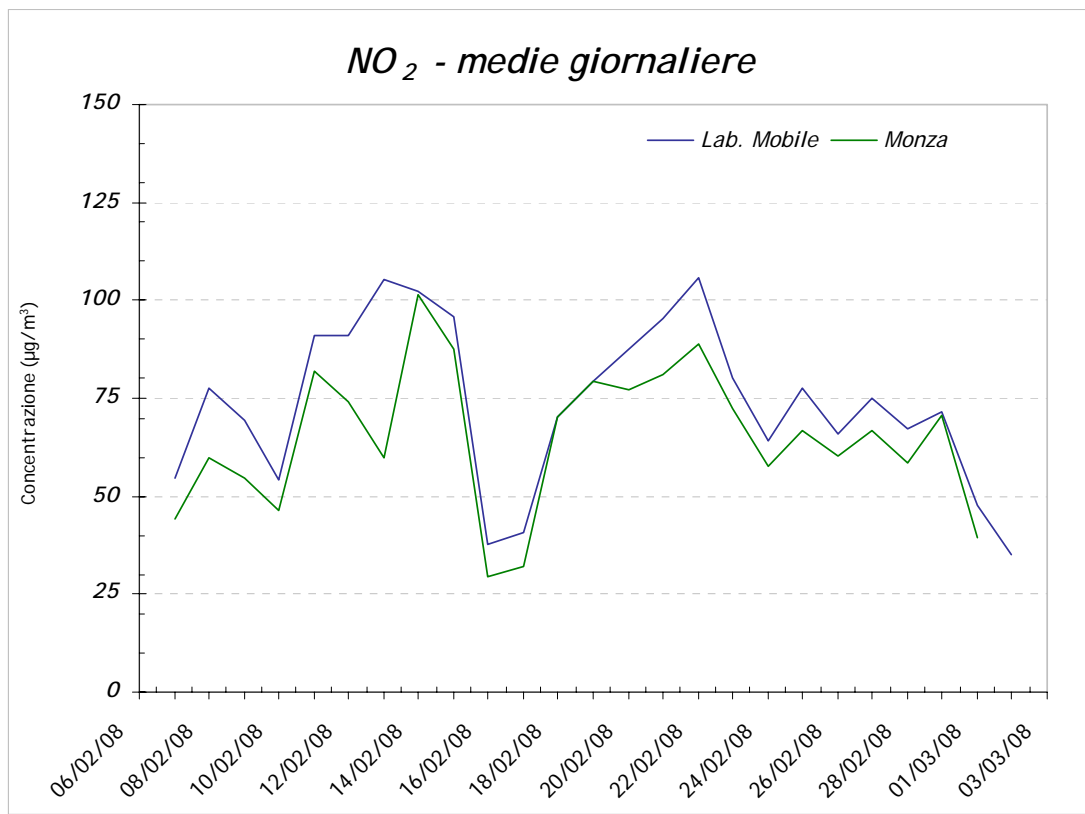


A differenza dell'NO, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di NO₂ è più complessa, essendo un inquinante secondario infatti non dipende direttamente dalla presenza della sorgente traffico ma, se sono presenti i suoi precursori esso continua a formarsi.

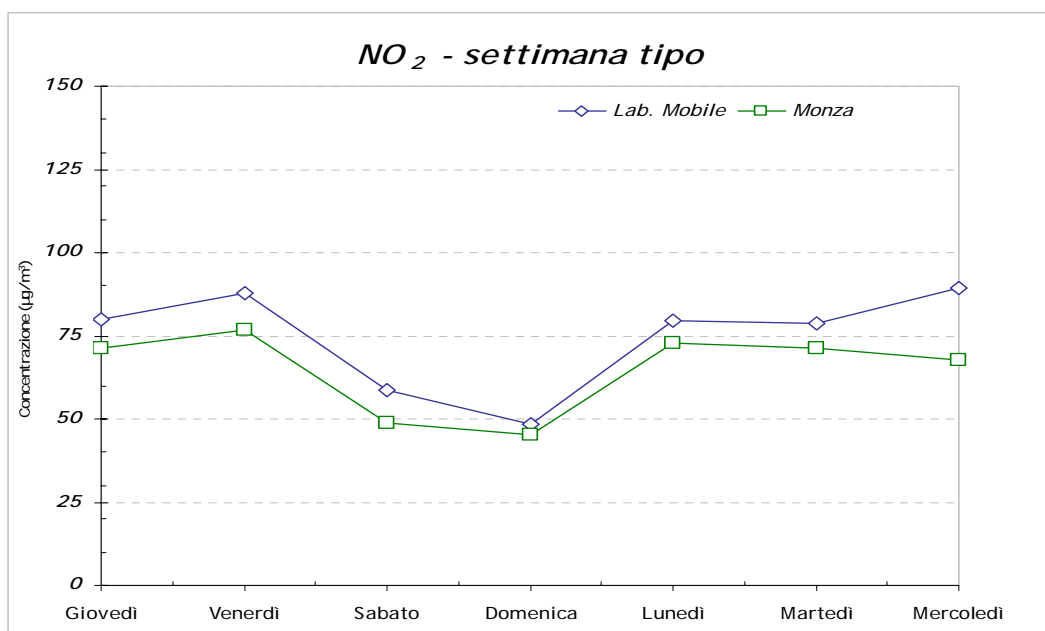
	LAB	PASCAL	MONZA	CORMANO	MEDA	CARATE	INZAGO	VIMERCATE
LAB	1.00							
PASCAL	0.66	1.00						
MONZA	0.85	0.77	1.00					
CORMANO	0.78	0.77	0.87	1.00				
MEDA	0.79	0.59	0.81	0.74	1.00			
CARATE	0.86	0.65	0.87	0.81	0.84	1.00		
INZAGO	0.62	0.65	0.77	0.67	0.67	0.69	1.00	
VIMERCATE	0.82	0.70	0.87	0.76	0.78	0.85	0.80	1.00

Dal calcolo dei coefficienti di Pearson si conferma la discreta correlazione per questo inquinante con la centralina urbana da traffico di Monza ($R=0.85$), il valore ottenuto è coerente con il valore di correlazione calcolato per l'NO.

Il trend delle *medie giornaliere* delle postazioni fisse e mobile risulta, in questo caso, analogo con concentrazioni maggiori registrate con il laboratorio mobile.

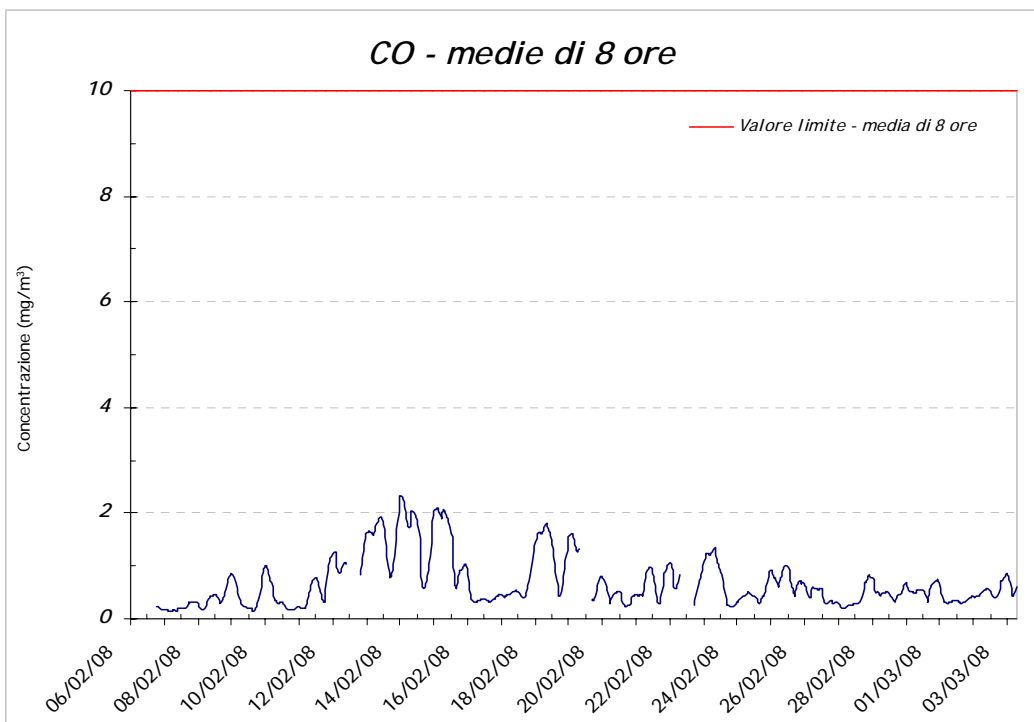
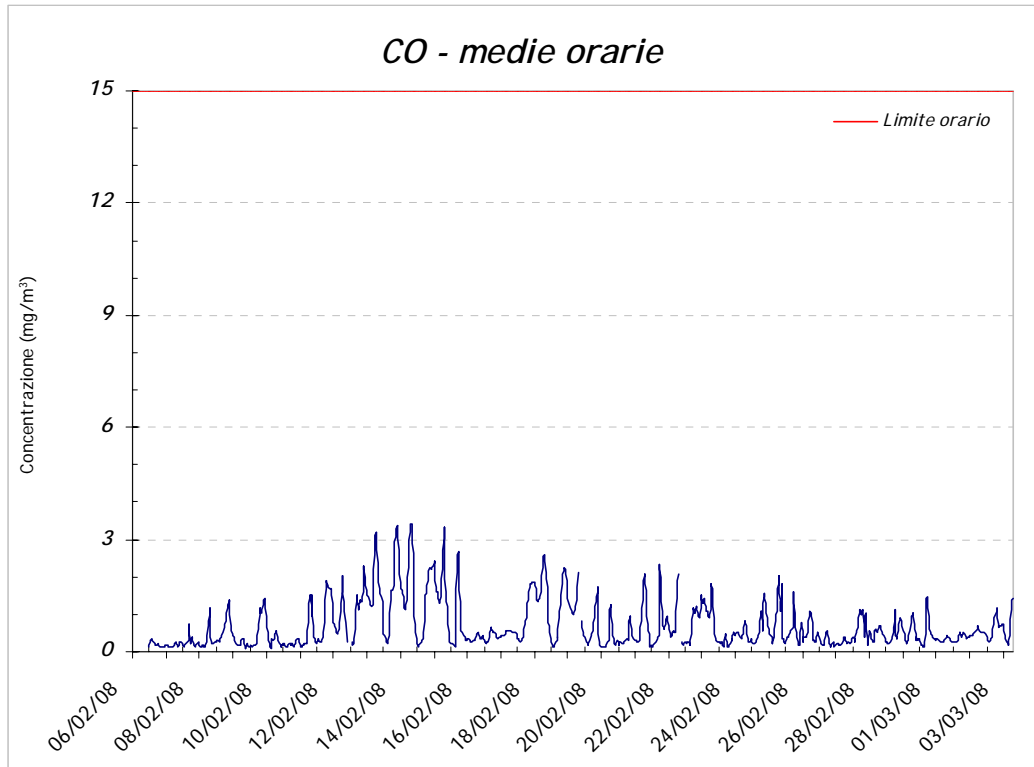


Anche per quanto riguarda le medie settimanali si osserva un buon andamento temporale delle concentrazioni misurate a Desio con quelle della centralina di Monza. In generale le concentrazioni a Desio risultano essere costantemente superiori, anche se di poco (13% valore medio), rispetto a quelle della postazione fissa presa a riferimento.



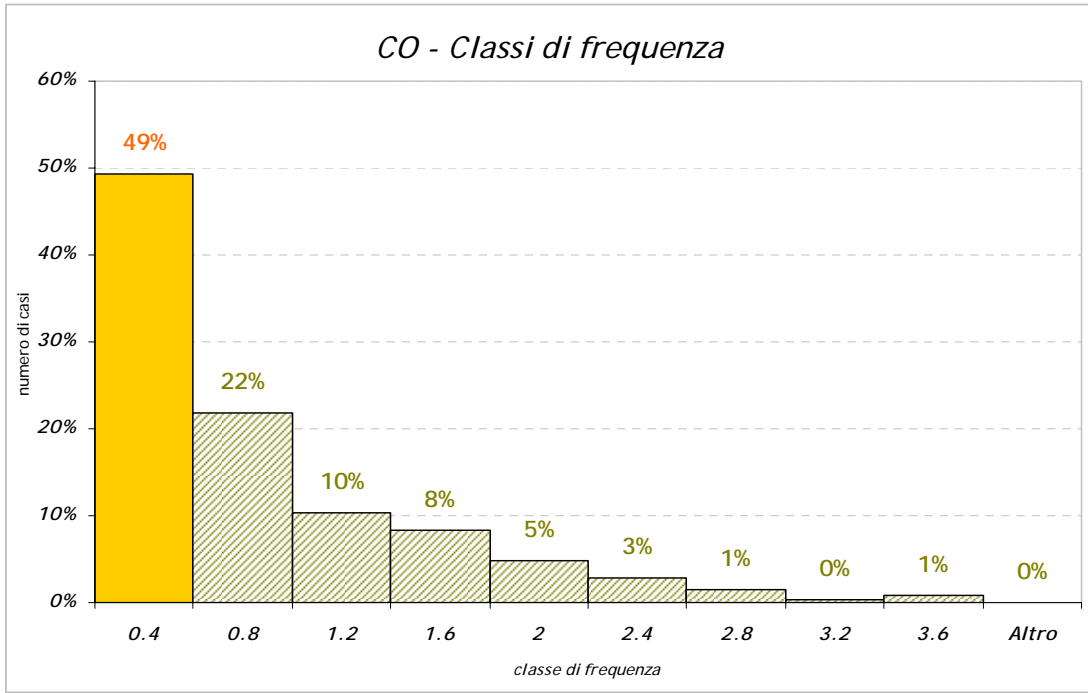
L'accumulo di **monossido di carbonio** è favorito soprattutto nelle aree urbane, quando i veicoli sono in fase di decelerazione ed in presenza di traffico congestionato.

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.

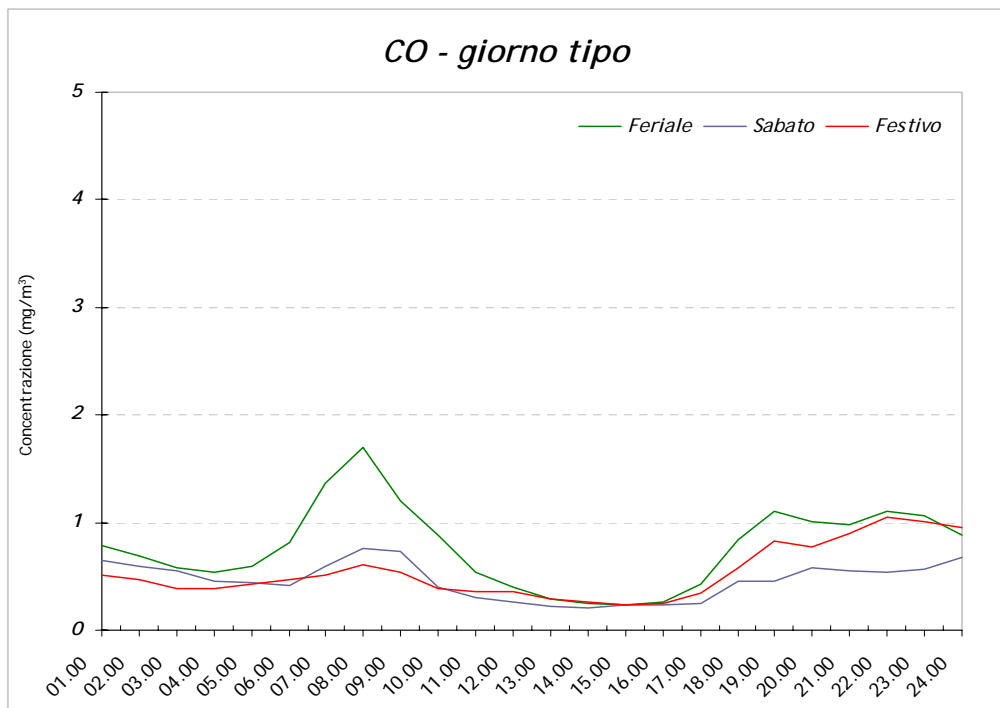


Il valore medio sul periodo è stato di **0.7 mg/m³**, il valore massimo orario di **3.4 mg/m³** è stato osservato nei giorni 13 e 14 febbraio alle ore 23.00 e 09.00 rispettivamente; il valore massimo mediato sulle 8 ore è risultato pari a **2.3 mg/m³** il giorno 14 febbraio tra l'1.00 e le 3.00 del mattino.

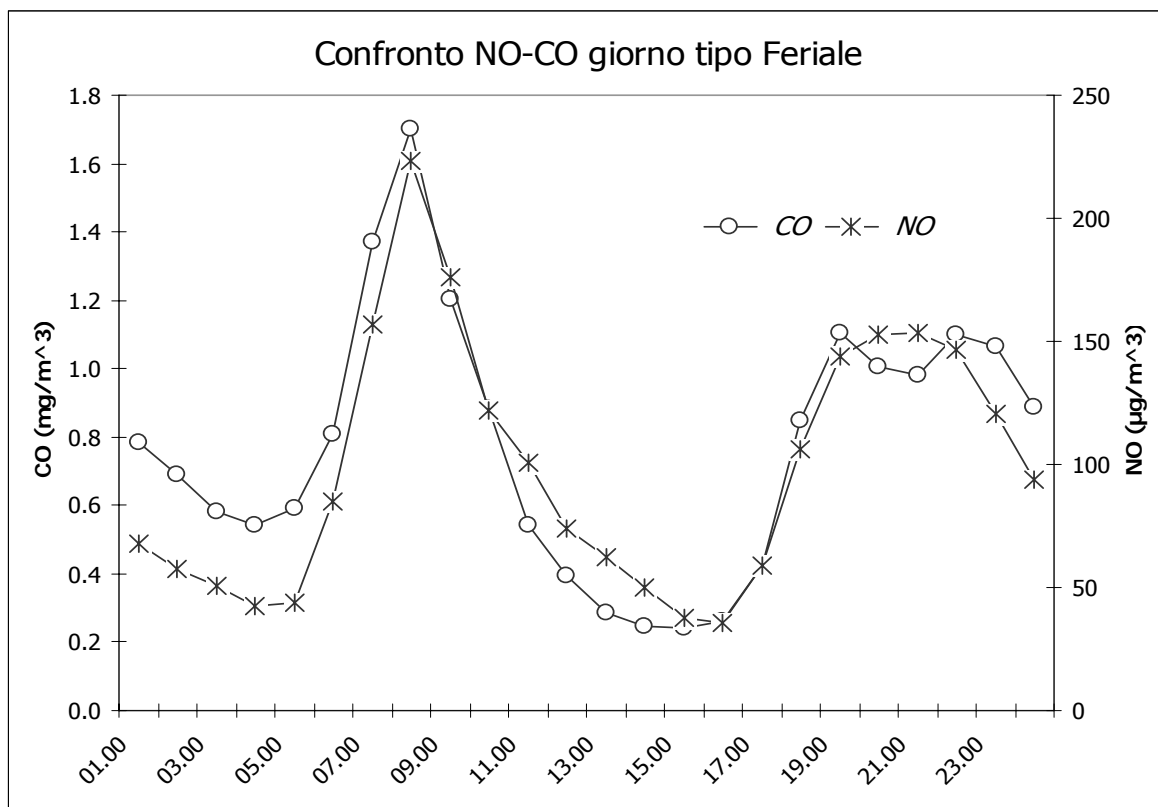
Nonostante la forte variabilità delle concentrazioni è possibile osservare come, a conferma dei bassi valori di CO riscontrati nel sito di prelievo, la maggior parte delle concentrazioni misurate (81%) ricade nelle classi comprese tra 0.4 e 1.2 mg/m³ con una frequenza maggiore nella classe 0.0 ÷ 0.4 mg/m³ (49%).



Essendo anche il CO un buon tracciante del traffico veicolare, osservando il grafico del giorno tipo è possibile ottenere un'ulteriore conferma dell'andamento dei flussi di traffico.



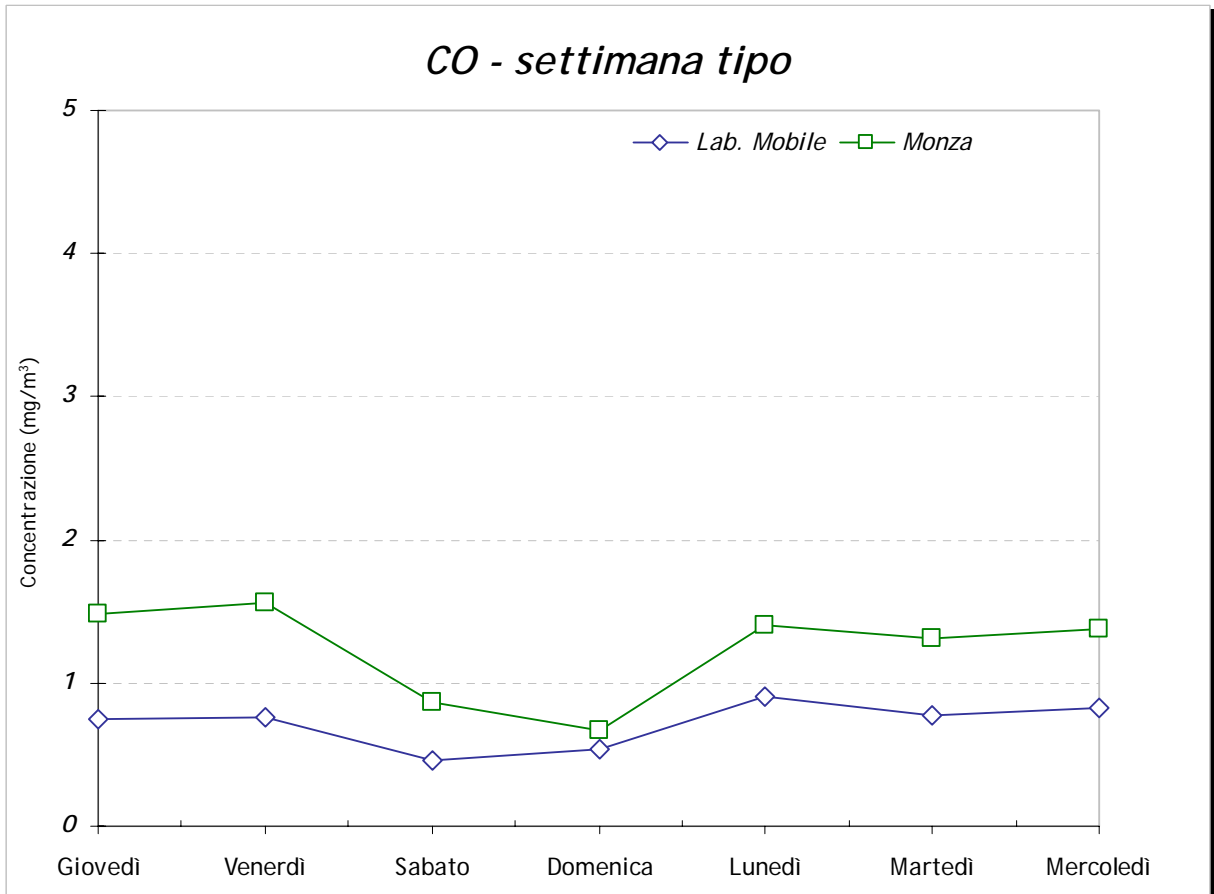
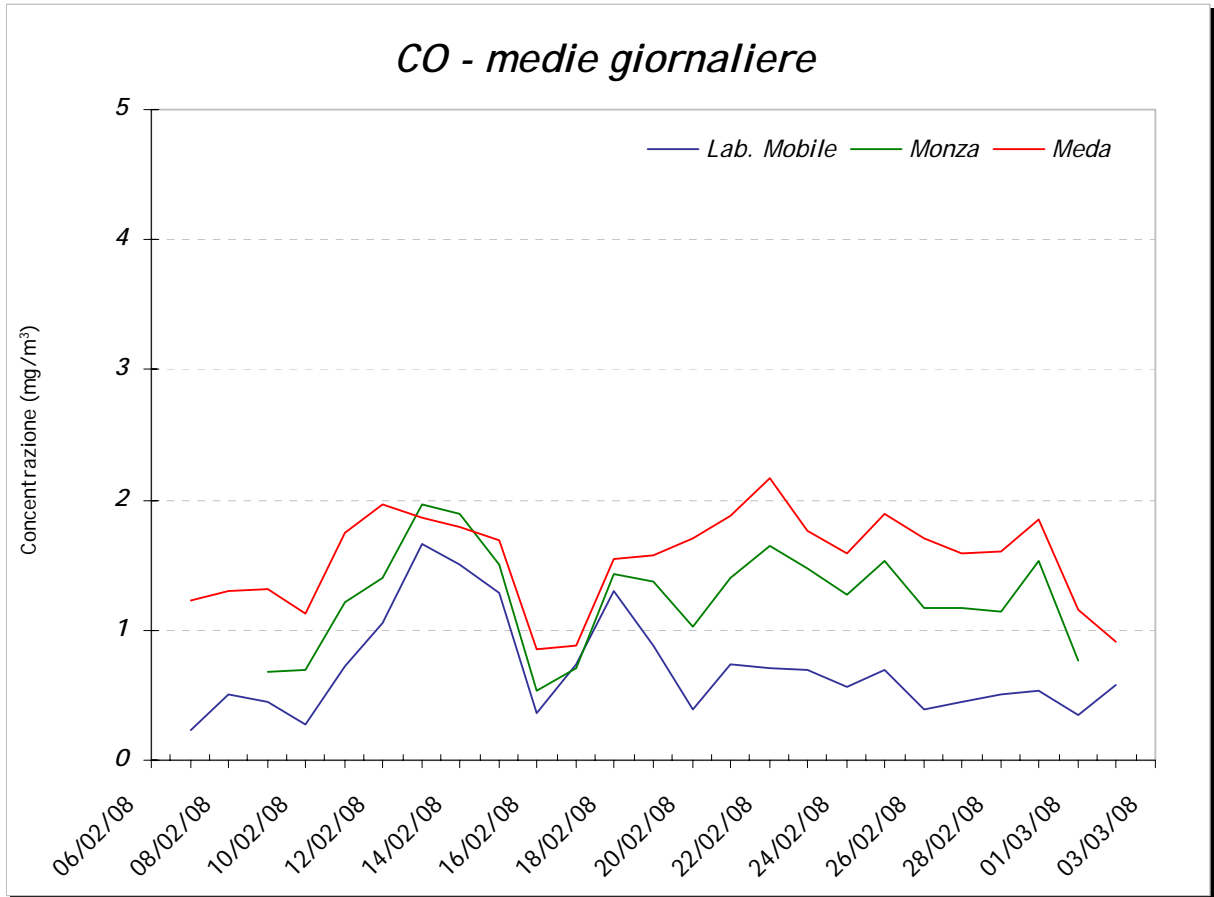
Il grafico evidenzia due picchi di concentrazione in corrispondenza delle fasce orarie di maggior traffico (06.00 – 12.00 e 17.00 – 22.00) mentre nelle ore centrali della giornata i valori calano drasticamente. Nel giorno tipo del sabato il trend risulta pressoché costante durante tutta la giornata senza picchi evidenti. Come evidenziato nel grafico, i picchi di concentrazione si verificano nelle medesime fasce orarie dell'NO.



I valori misurati a Desio non presentano una buona correlazione con le centraline fisse prese a riferimento, questo per la peculiarità del CO di essere un inquinante di tipo locale caratteristico del sito di prelievo; le corrispondenze maggiori si ottengono comunque con la stazione di Monza (R=0.69).

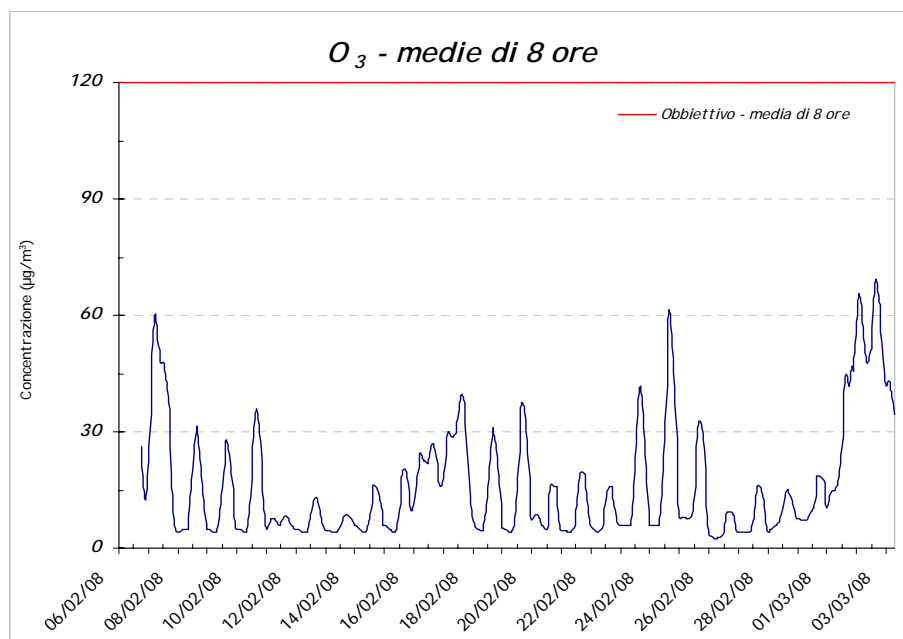
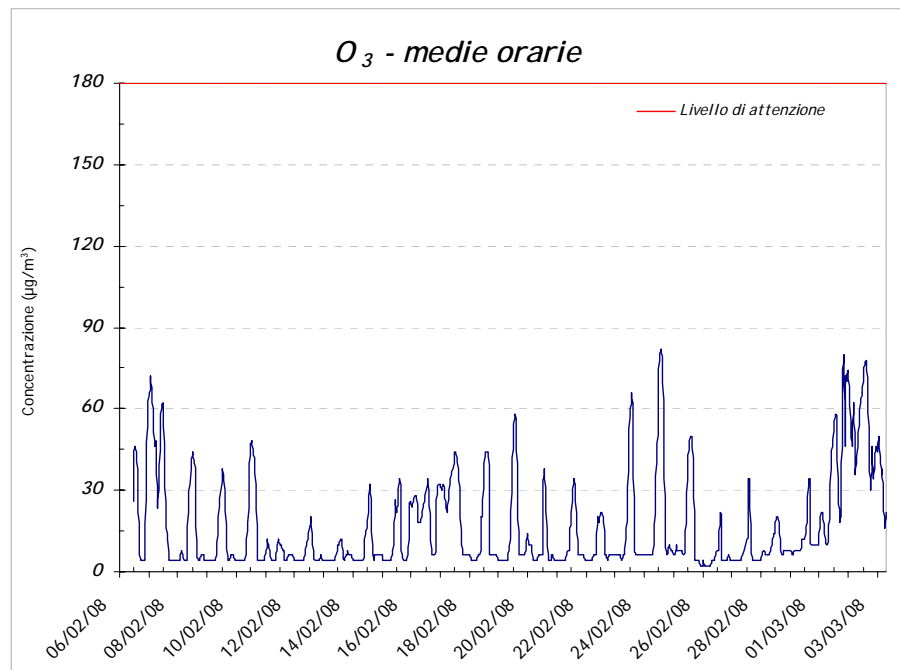
	LAB	MONZA	CORMANO	MEDA	CARATE	VIMERCATE
LAB	1.00					
MONZA	0.69	1.00				
CORMANO	0.62	0.81	1.00			
MEDA	0.46	0.65	0.58	1.00		
CARATE	0.18	0.43	0.36	0.62	1.00	
VIMERCATE	0.53	0.69	0.56	0.72	0.60	1.00

Si riportano gli andamenti temporali della settimana tipo del sito di misura con la stazione di Monza; si osserva in generale che i valori a Desio oltre ad essere costantemente inferiori a quelli della postazione fissa presentano una scarsa variabilità durante tutta la settimana con una lieve diminuzione nella giornata di domenica.



L'ozono troposferico è un inquinante secondario la cui origine è strettamente legata alla presenza di valori elevati di 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/m³. Nell'ultimo decennio le concentrazioni di questo inquinante hanno mostrato un trend in crescita, anche nei mesi invernali.

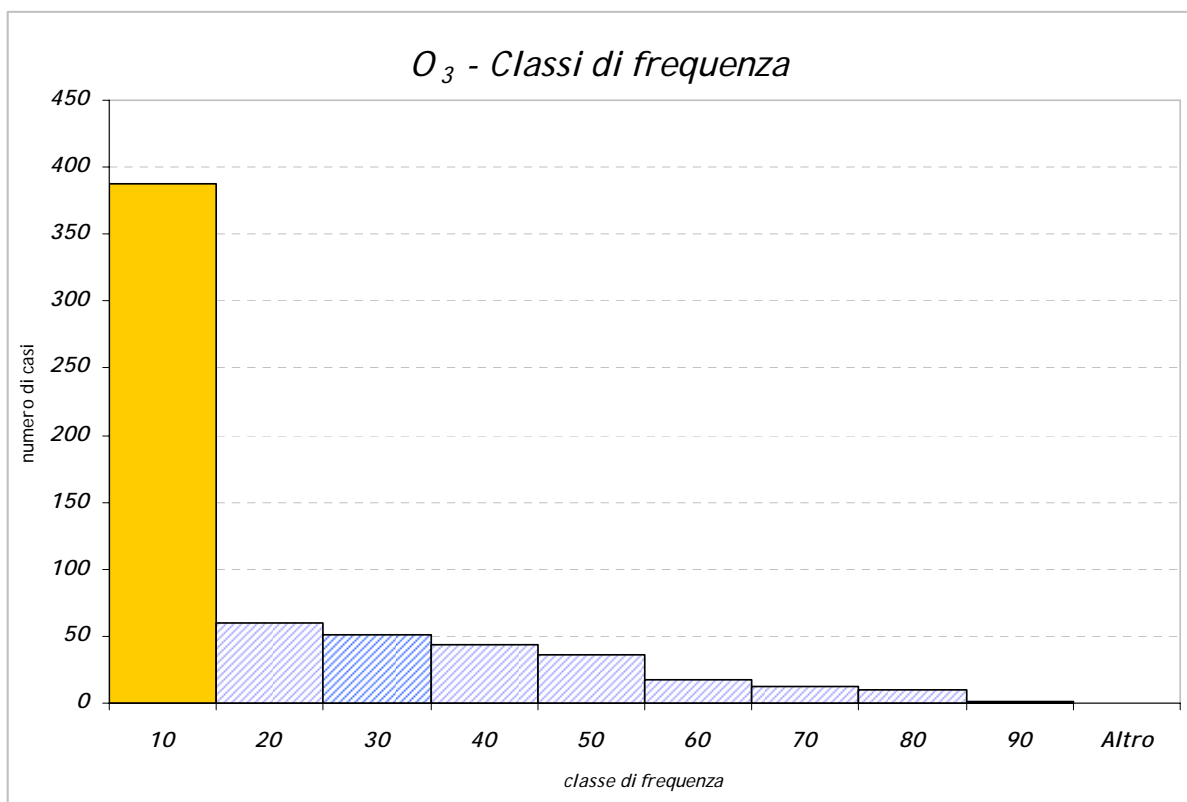
La campagna di misura è stata condotta in un periodo dell'anno in cui la formazione di questo inquinante è stata limitata dalla situazione meteorologica; valori più alti sono stati osservati in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione durante le giornate serene.



Durante la campagna di misura il valore medio misurato durante tutto il periodo è stato di **16.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Il valore massimo orario è stato di **82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** il giorno 24 febbraio, il valore massimo della media di 8 ore è stato **69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** il giorno 02 febbraio.

L'analisi in frequenza delle concentrazioni di ozono nel periodo di misura, riportata nella tabella sottostante, mostra come il 70% dei valori si compreso nella classe 0 ÷ 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

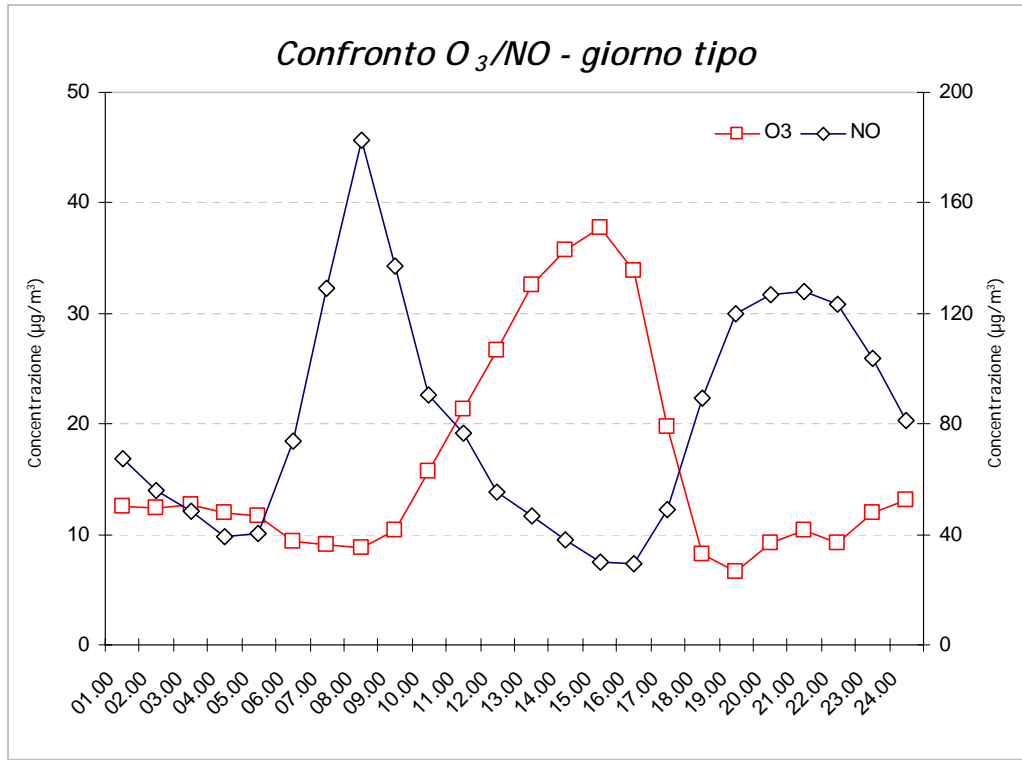
Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
10	388	62	60	18	3%
20	60	10	70	13	2%
30	51	8	80	10	2%
40	44	7	90	1	0%
50	36	6	Altro	0	0%



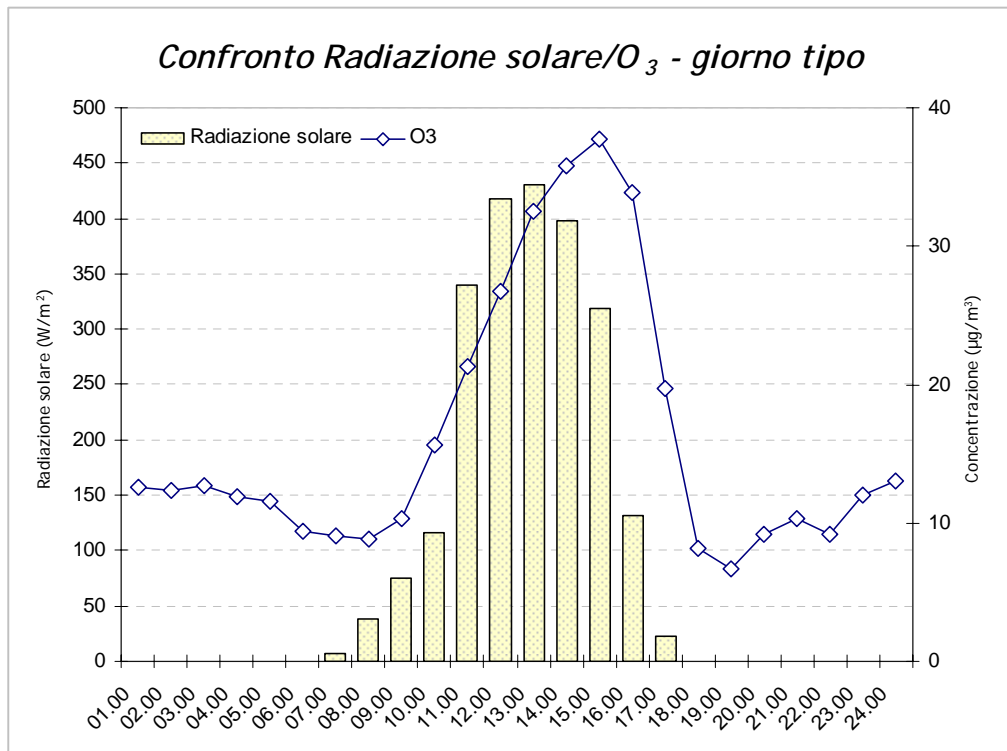
L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è caratterizzato sia dalle reazioni chimiche che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

Osservando il giorno tipo dell'ozono infatti si osserva un picco di concentrazione nella fascia oraria compresa tra le ore 12.00 e le ore 17.00 dovuta ad una diminuzione delle concentrazioni di NO.

Tale fenomeno è osservabile dal grafico di confronto tra il giorno tipo delle concentrazioni di NO e quelle di O₃.



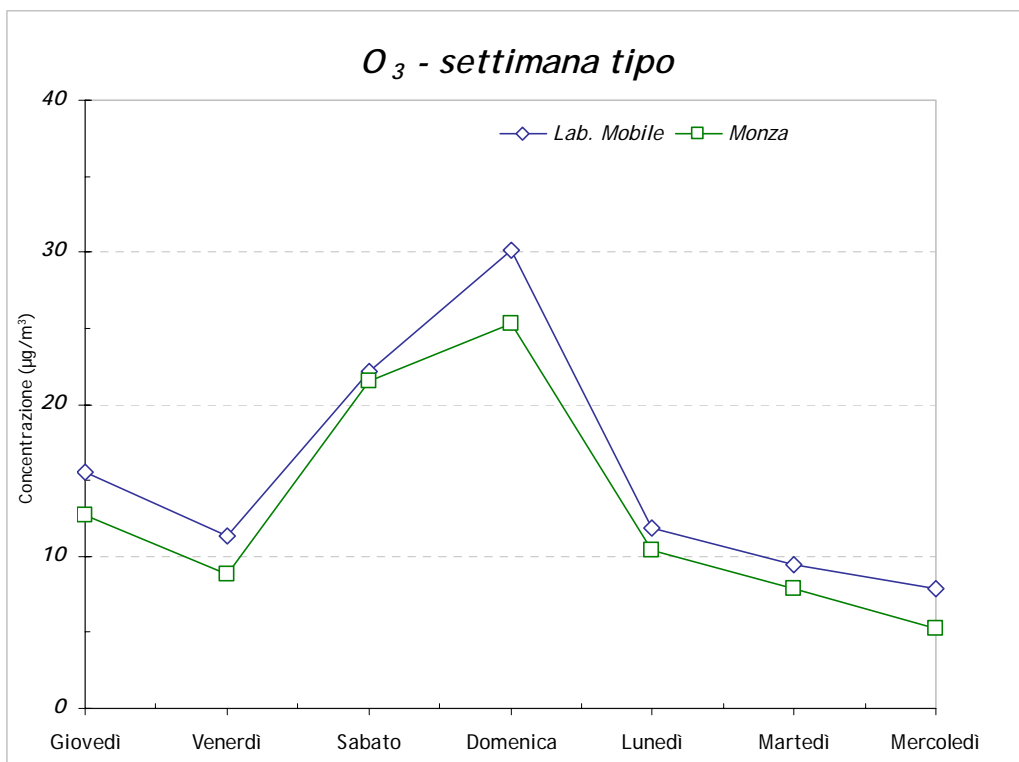
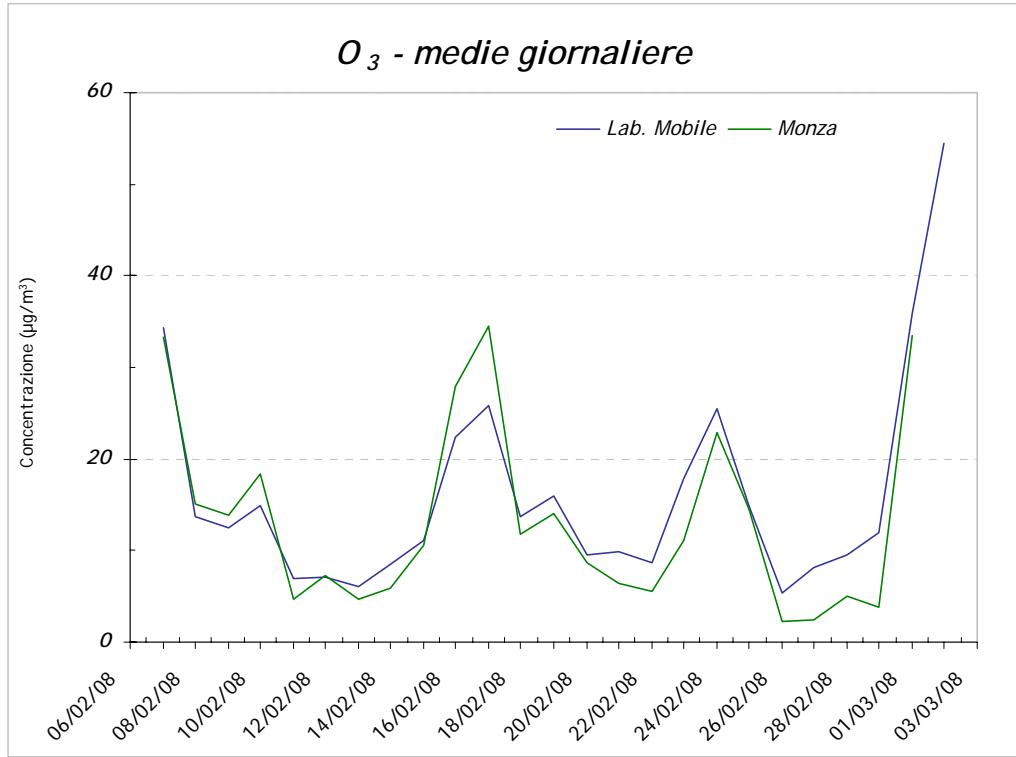
Nel grafico sottostante è possibile invece osservare come i valori di radiazione solare influenzino le concentrazioni di ozono.



I dati raccolti con Laboratorio Mobile sono stati confrontati con quelli registrati dalle centraline prese a riferimento.

La matrice di Pearson calcolata sull'intero set di dati orari conferma anche per questo inquinante una correlazione con la postazione fissa di Monza.

	LAB	PASCAL	MONZA	CORMANO	MEDA	CARATE	INZAGO	VIMERCATE
LAB	1.00							
PASCAL	0.75	1.00						
MONZA	0.89	0.87	1.00					
CORMANO	0.88	0.86	0.96	1.00				
MEDA	0.57	0.59	0.65	0.64	1.00			
CARATE	0.84	0.74	0.86	0.85	0.79	1.00		
INZAGO	0.58	0.79	0.79	0.77	0.58	0.64	1.00	
VIMERCATE	0.64	0.72	0.77	0.71	0.73	0.78	0.71	1.00



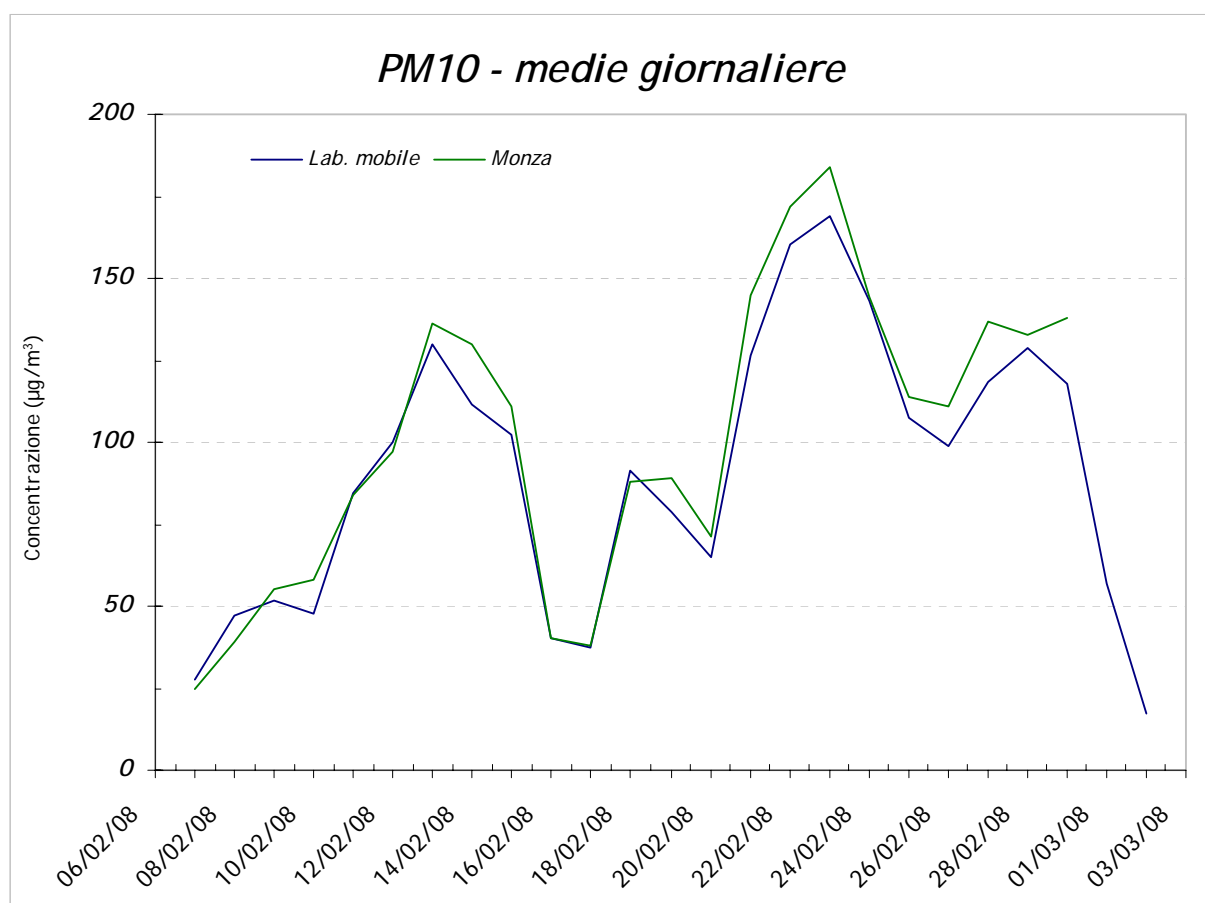
PM10

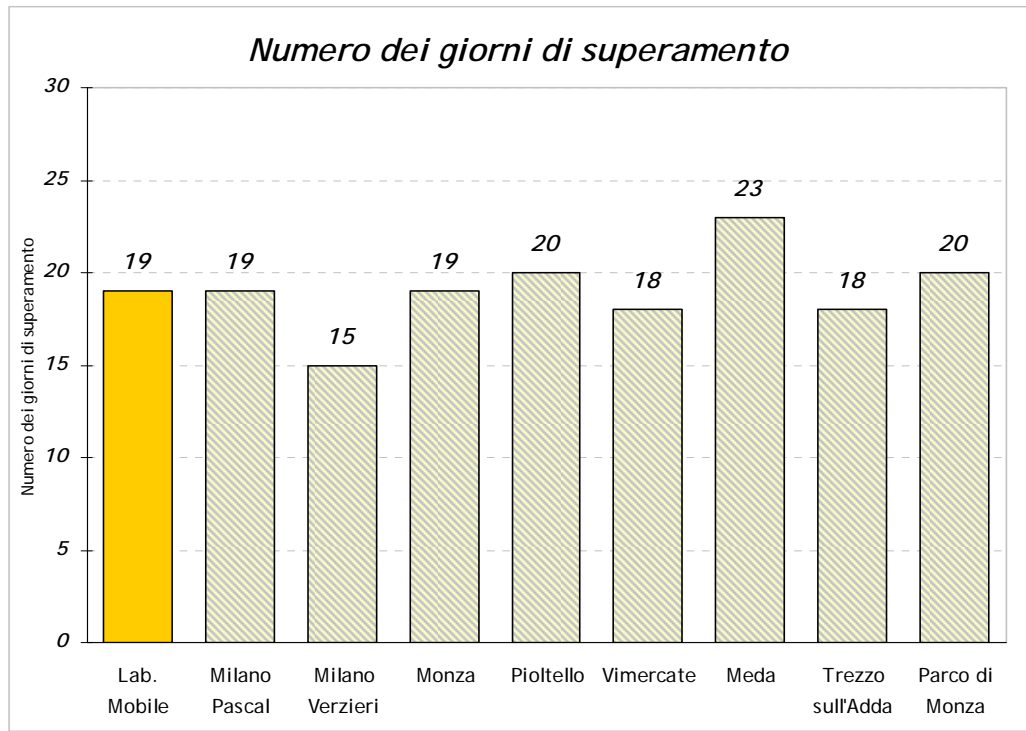
I dati delle concentrazioni giornaliere di PM10 hanno fatto registrare nel periodo oggetto delle misure un valore medio di 90 µg/m³ ed un valore massimo giornaliero di 169 µg/m³ il giorno 23.02.2008. Durante il periodo di misura sono stati osservati ben 19 superamenti su 27 giorni di misura.

Una caratteristica importante del PM10 è quella di essere un inquinante di tipo ubiquitario presentando cioè andamenti delle concentrazioni analoghi in diverse località del Bacino Padano. Anche in questo caso è confermata la correlazione con la centralina di Monza.

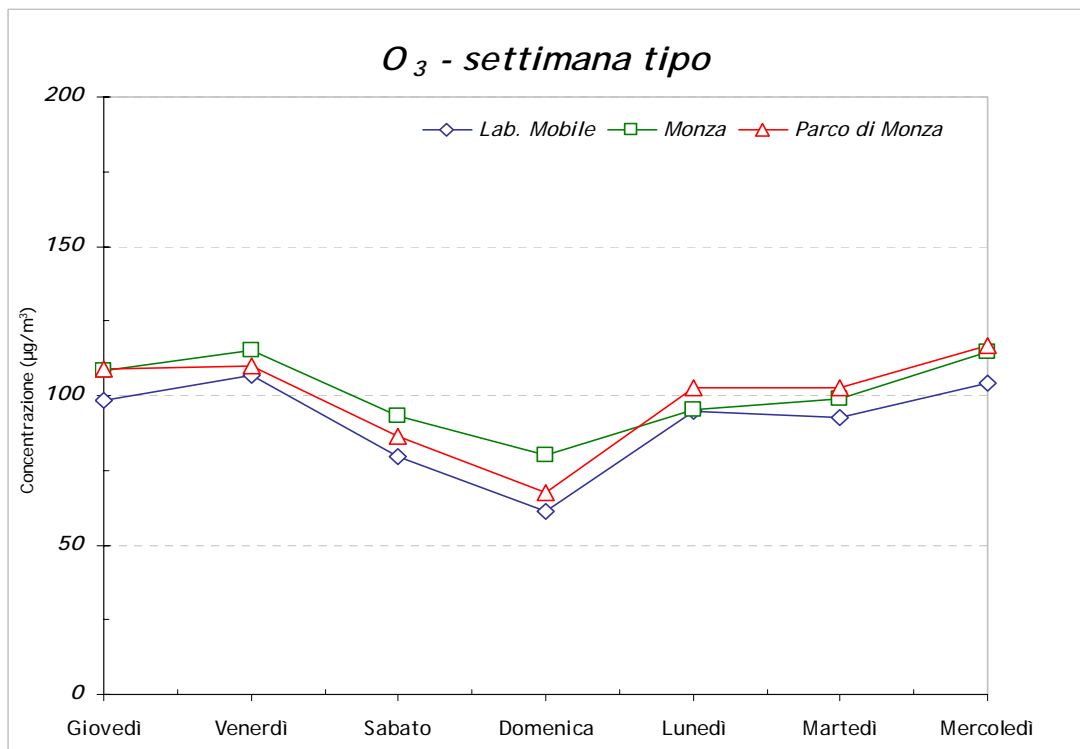
	Lab. Mobile	Milano Pascal	Milano Verzieri	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Trezzo sull'Adda	Parco di Monza
Lab. Mobile	1.00								
Milano Pascal	0.97	1.00							
Milano Verzieri	0.97	0.98	1.00						
Monza	0.99	0.97	0.97	1.00					
Pioltello	0.96	0.98	0.98	0.97	1.00				
Vimercate	0.93	0.91	0.91	0.94	0.95	1.00			
Meda	0.91	0.90	0.85	0.90	0.89	0.92	1.00		
Trezzo sull'Adda	0.93	0.87	0.91	0.94	0.93	0.92	0.78	1.00	
Parco di Monza	0.98	0.95	0.96	0.99	0.96	0.93	0.87	0.95	1.00

Di seguito si riporta il grafico di confronto delle medie giornaliere riscontrate a Desio con la stazione di Monza ed il grafico dei superamenti di tutte le stazione prese a riferimento.





La buona correlazione tra la postazione fissa e mobile è ulteriormente evidenziata nel grafico degli andamenti settimanali del PM10. Il trend delle concentrazioni nel sito di Desio presenta dei picchi evidenti nei giorni di lunedì e venerdì con un calo nel giorno della domenica come le postazioni fisse.



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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.)

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 2005⁴.

La normativa sopra indicata prevede un obiettivo di qualità pari a 1 ng/m³ su base annua delle concentrazioni di IPA facendo riferimento alla concentrazioni di benzo(a)pirene.

Esaminando l'indicatore proposto dalla normativa, appare subito 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 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 determinare il profilo chimico degli IPA al fine di poterli utilizzare come traccianti delle molteplici sorgenti antropiche.

In ambito urbano le principali sorgenti di IPA sono dovute alle emissioni veicolari e al riscaldamento domestico.

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.

Nel caso del riscaldamento domestico ciò che influisce maggiormente sulla quantità di IPA emessi sono le condizioni in cui avviene la combustione (temperatura, umidità e disponibilità di ossigeno) ed 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 20 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 poi, 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).

Infine 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 COR⁵, rispetto ai gas di scarico dei motori diesel. Questo fatto sembra legato alle temperature operative del motore (Rogge et al. –

⁴ Cfr. Appendice I per il metodo di analisi.

⁵ Coronene

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 CHR⁶ (Li Kamens – 1993).

Anche 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.

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

A temperatura ambiente gli IPA possono essere presenti in atmosfera in fase gas, associati a particelle solide o trovarsi in fase particolata (Finalyson – Pitts, 2000).

Gli IPA con basso peso molecolare e pochi anelli tendono a trovarsi in fase gas o fase vapore piuttosto che in fase particolata. IPA con 3 o 4 anelli possono avere una pressione di vapore in un range intermedio e trovarsi in parte in fase gas ed in parte associati a particelle solide.

Tali specie fanno parte degli IPA semivolatili. Gli IPA con 5 o più anelli sono invece associati a particelle solide. Nella sottostante tabella sono elencati gli IPA oggetto del presente studio, suddivisi in due gruppi in base alla loro caratteristica di trovarsi in fase gas o in fase particolata.

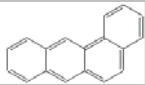
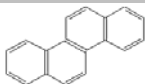
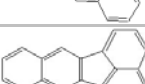
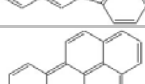
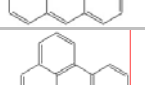
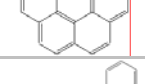
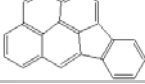
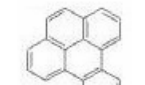
I primi 4 IPA della tabella si trovano principalmente in fase vapore, la frazione in fase particolata ($\leq 5\%^7$) varia con la temperatura e con le caratteristiche chimico fisiche del particolato presente in atmosfera. Per tale motivo non è possibile stimarne la concentrazione totale presente a partire dalla sola concentrazione misurata in fase particolata. Gli altri 9 IPA invece tendono ad essere presenti in atmosfera in fase particolata.

	SIGLA	IARC ⁸	N. DI ANELLI	PESO MOLECOLARE	STRUTTURA
<i>IPA IN FASE GASSOSA</i>					
FENANTRENE	PhA	3	3	178.24	
ANTRACENE	Ant	3	3	178.24	
FLUORANTENE	Flu	3	4	202.26	
PIRENE	Pyr	3	4	202.26	

⁶ Crisene

⁷ Park et al., 2001.

⁸ **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.

IPA IN FASE PARTICOLATO					
BENZO(a)ANTRACENE	BaA	2A	4	228.30	
CRISENE	Chr	3	4	228.30	
BENZO(b)FLUORANTENE	BbF	2B	5	252.32	
BENZO(k)FLUORANTENE	BkF	2B	5	252.32	
BENZO(a)PIRENE	BaP	2A	5	252.32	
BENZO(ghi)PERILENE	BgP	3	6	276.34	
DIBENZO(a,h)ANTRACENE	dBA	2A	5	278.35	
INDENO(123cd)PIRENE	IP	2B	6	276.34	
BENZO(e)PIRENE	BeP	3	5	252.32	
CORONENE	COR	3	7	300.35	

Risultati e discussione

La determinazione degli IPA, in concomitanza alle misure di PM10 durante la campagna di misura condotta nel comune di Desio lungo c.so Italia, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente sulla qualità dell'aria del Comune.

In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 15 campioni di PM10 raccolti nel sito della via per Desio (17/01-01/02).

Dai riscontri analitici effettuati su tali filtri è emerso come le concentrazioni di tutti gli IPA presentassero valori significativi. In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker degli IPA, sono risultate elevate e (ad eccezione di un giorno) costantemente superiori all'obiettivo di qualità (1 ng/m³) anche se tale limite è da intendersi come media annua.

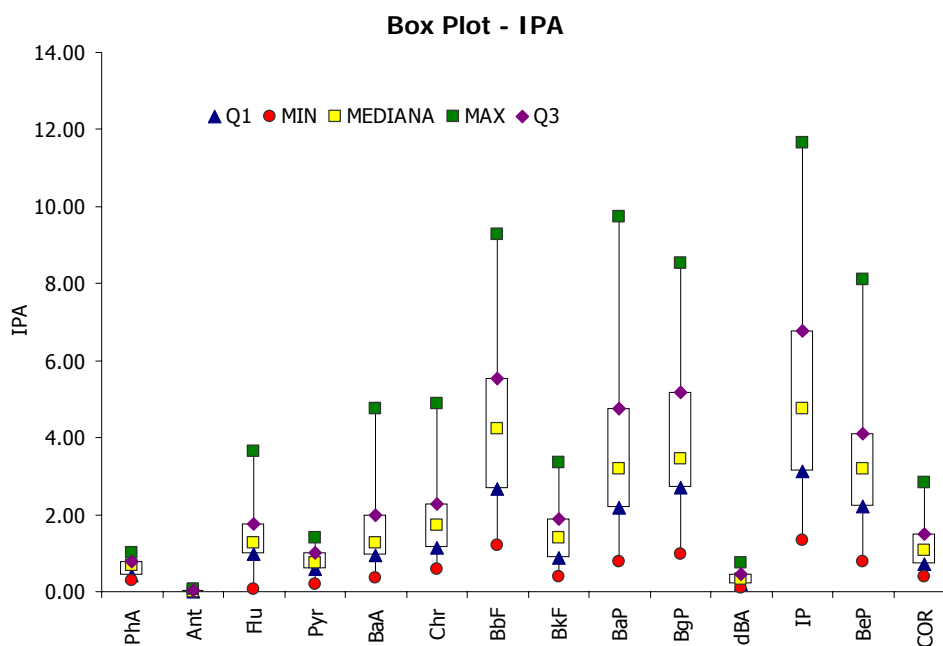
Si riportano di seguito le concentrazioni, espresse in ng/m³, degli IPA riscontrati nel periodo oggetto di indagine:

	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR
11-feb	0.69	0.01	3.64	1.24	1.16	1.65	2.88	1.03	2.22	2.65	0.29	3.13	2.98	1.29
12-feb	1.01	0.03	2.37	0.97	4.74	4.87	9.28	3.34	9.74	8.52	0.76	11.67	8.11	2.20
13-feb	0.78	0.02	1.42	1.03	1.98	2.27	4.91	1.62	4.30	4.25	0.35	5.54	4.06	1.15
14-feb	0.93	0.04	1.62	0.89	3.46	3.78	8.08	2.77	7.63	7.59	0.66	10.30	6.07	2.00
15-feb	0.92	0.05	1.05	1.06	2.55	3.04	6.99	2.37	5.69	6.60	0.53	8.83	5.28	1.43
16-feb	0.29	0.01	0.08	0.59	0.36	0.60	1.22	0.38	0.79	0.98	0.10	1.50	0.90	0.38
17-feb	0.67	0.01	0.08	0.98	0.93	1.18	2.62	0.84	2.19	2.67	0.19	3.26	2.21	0.73
18-feb	0.80	0.02	2.37	0.74	3.63	3.95	8.18	3.00	8.15	8.11	0.75	10.78	6.52	2.83
19-feb	0.71	0.01	2.07	1.07	1.97	2.30	5.75	1.98	4.91	5.41	0.47	7.03	4.11	1.51
20-feb	0.37	0.01	1.02	0.46	1.01	1.21	3.19	1.11	2.74	2.98	0.24	1.35	2.21	0.87
21-feb	0.68	0.04	1.81	1.41	1.68	2.09	4.68	1.51	3.54	3.52	0.31	4.77	3.36	1.04
22-feb	0.63	0.02	0.99	0.62	1.46	1.77	4.16	1.38	3.26	3.38	0.40	6.00	3.38	0.87
23-feb	0.55	0.01	1.25	0.66	1.20	1.87	4.29	1.41	3.13	4.01	0.31	4.73	3.05	1.99
24-feb	0.74	0.02	1.43	0.78	1.32	1.67	4.92	1.60	3.85	4.43	0.36	5.17	3.58	1.11
25-feb	0.44	0.01	0.83	0.48	0.74	1.01	2.61	0.85	1.91	2.74	0.17	3.17	0.79	0.71
26-feb	0.41	0.01	1.29	0.62	0.93	1.13	3.59	1.15	2.55	3.05	0.27	3.63	2.40	0.59
27-feb	0.35	0.01	0.75	0.22	0.59	0.82	2.62	0.83	1.79	2.35	0.18	2.56	1.73	0.65
28-feb	0.35	0.01	0.97	0.20	0.65	0.82	2.26	0.76	1.77	2.12	0.19	2.85	1.62	0.57

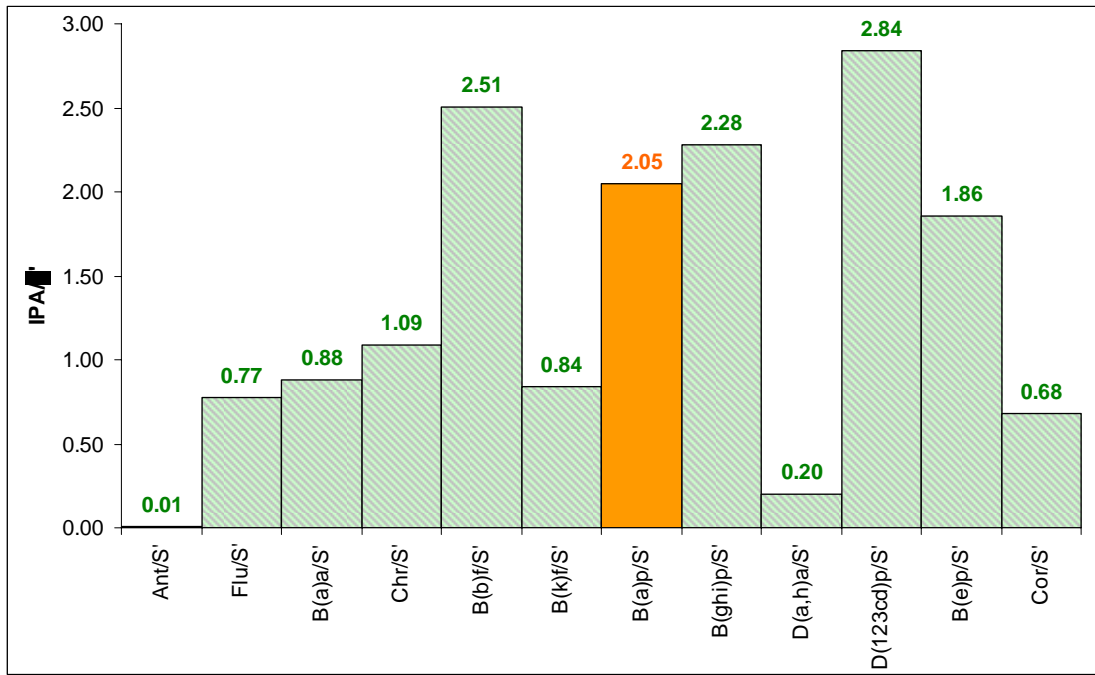
STATISTICA DESCRITTIVA

Media	0.63	0.02	1.39	0.78	1.69	2.00	4.57	1.55	3.90	4.19	0.36	5.35	3.46	1.22
Mediana	0.68	0.01	1.27	0.76	1.26	1.72	4.23	1.40	3.20	3.45	0.31	4.75	3.21	1.08
SD	0.22	0.01	0.86	0.33	1.20	1.20	2.29	0.83	2.46	2.19	0.20	3.18	1.98	0.67
Var. Camp.	0.05	0.00	0.73	0.11	1.43	1.44	5.24	0.70	6.07	4.81	0.04	10.11	3.92	0.44
Curtosi	-1.08	0.37	1.69	-0.45	1.24	0.55	-0.37	-0.07	0.64	-0.29	-0.09	-0.44	0.38	0.45
Asimmetria	0.005	1.209	0.894	-0.028	1.346	1.105	0.720	0.877	1.168	0.847	0.911	0.797	0.854	1.006
Minimo	0.29	0.01	0.08	0.20	0.36	0.60	1.22	0.38	0.79	0.98	0.10	1.35	0.79	0.38
Massimo	1.01	0.05	3.64	1.41	4.74	4.87	9.28	3.34	9.74	8.52	0.76	11.67	8.11	2.83
Conteggio	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
CV	35%	80%	62%	43%	71%	60%	50%	54%	63%	52%	55%	59%	57%	55%
Q1	0.42	0.01	0.98	0.60	0.93	1.14	2.69	0.90	2.20	2.69	0.20	3.14	2.21	0.72
Q3	0.77	0.02	1.76	1.02	1.98	2.29	5.54	1.89	4.76	5.17	0.45	6.77	4.10	1.49

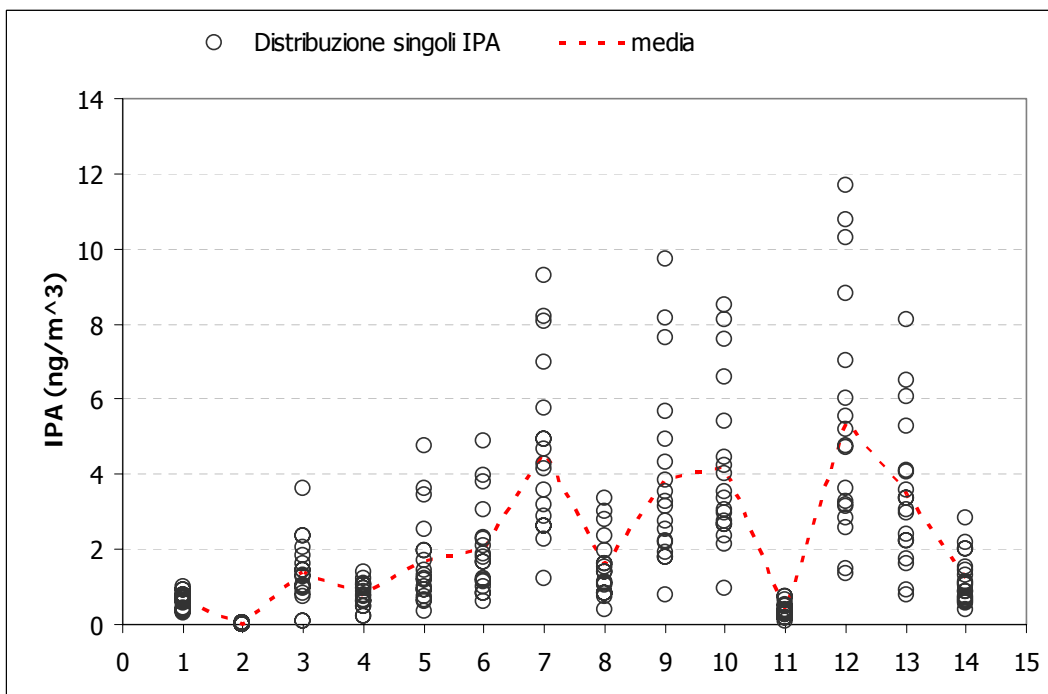
Il coefficiente di variazione (CV) mostra le variazioni percentuali in peso di ogni singolo IPA. Durante il periodo di rilevamento tale indice ha evidenziato delle variazioni che sono state dal 35% per il P(h)A fino a variazioni del 80% per l'Ant. Il sottostante grafico riporta alcuni dei numeri di sintesi che mostrano questa forte variabilità delle concentrazioni degli IPA durante il periodo di osservazione.



Il grafico dei risultati analitici è riportato qui sotto, considerando la concentrazione relativa dei singoli IPA presenti in fase particolata, intesi cioè come rapporto tra la somma su tutto il periodo di misura delle concentrazioni giornaliere dei singoli IPA esaminati e gli IPA totali⁹.



Un'altra evidenza della variabilità degli IPA nel periodo di osservazione è riportata nel sottostante grafico dove è possibile osservare come le concentrazioni siano disperse attorno al valore medio.



⁹ Con Σ si intende il valore degli IPA totali. Con Σ' si intende il valore degli IPA totali senza considerare il fluorantene ed il pirene in quanto questi ultimi sono presenti in atmosfera in fase particolata ed in fase gassosa. Poiché la ripartizione in fase particolata e gassosa di questi due 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 (a $T=20^{\circ}\text{C}$ $C_{\text{particolata}}/C_{\text{gas}} = 0.36\%$ e 5.6% per FLA e PYR rispettivamente - Seinfeld and Pandis, 1998).

Nella sottostante tabella vengono riportate le concentrazioni medie degli IPA estratti con la relativa deviazione standard (SD), il loro intervallo di variazione ed il relativo rapporto di massa con gli IPA totali (PHA/Σ).

Tabella 3

	IPA	Conc. \pm SD (ng/m ³)	min ÷ max (ng/m ³)	PHA/ Σ (%)
1	<i>PhA</i>	0.63 \pm 0.22	0.29 ÷ 1.01	2%
2	<i>Ant</i>	0.02 \pm 0.01	0.01 ÷ 0.05	0%
3	<i>Flu</i>	1.39 \pm 0.86	0.08 ÷ 3.64	4%
4	<i>Pyr</i>	0.78 \pm 0.33	0.20 ÷ 1.41	3%
5	<i>BaA</i>	1.69 \pm 1.20	0.36 ÷ 4.74	5%
6	<i>Chr</i>	2.00 \pm 1.20	0.60 ÷ 4.87	6%
7	<i>BbF</i>	4.57 \pm 2.29	1.22 ÷ 9.28	15%
8	<i>BkF</i>	1.55 \pm 0.83	0.38 ÷ 3.34	5%
9	<i>BaP</i>	3.90 \pm 2.46	0.79 ÷ 9.74	13%
10	<i>BgP</i>	4.19 \pm 2.19	0.98 ÷ 8.52	13%
11	<i>dBA</i>	0.36 \pm 0.20	0.10 ÷ 0.76	1%
12	<i>IP</i>	5.35 \pm 3.18	1.35 ÷ 11.67	17%
13	<i>BeP</i>	3.46 \pm 1.98	0.79 ÷ 8.11	11%
14	<i>COR</i>	1.22 \pm 0.67	0.38 ÷ 2.83	4%
	Σ PHA	31.10 \pm 17.62	7.53 ÷ 69.97	--

Gli IPA con 3 anelli (PhA, Ant), che risultano maggiormente volatili rispetto a quelli con più anelli, hanno contribuito in misura ridotta (2%) agli IPA totali Σ PHA; gli IPA con 4 anelli (Flu, Pyr, BaA, Chr) hanno contribuito per il 19%; quelli con 5 6 e 7 anelli (BbF, BkF, BaP, BgP, dBA, IP, BeP, Cor) hanno invece contribuito per il 79% del totale.

In accordo con il TEF (Toxic Equivalency Factor) proposto dallo WHO, gli IPA, tra quelli oggetto del presente studio, di cui sono state osservate delle evidenze di cancerogenicità sono il Chr, BaA, BbF, BkF, BgliP, DahA, BaP e IcdP; tali IPA hanno occupato l'76% del totale.

Il rapporto diagnostico

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

La letteratura più recente¹⁰ però ha mostrato qualche perplessità nell'utilizzo di tale metodo. Si crede 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 2 vengono riportati i risultati di tre rapporti di 5 IPA considerati traccianti del traffico e della combustione di biomasse con il valore degli IPA totali:

¹⁰ Assemo O. Barakat: "Pahs petroleum markers in the atmospheric environment of Alexandria City, Egypt" – Water, Air and soil Pollution **139**: 289-310 - 2002

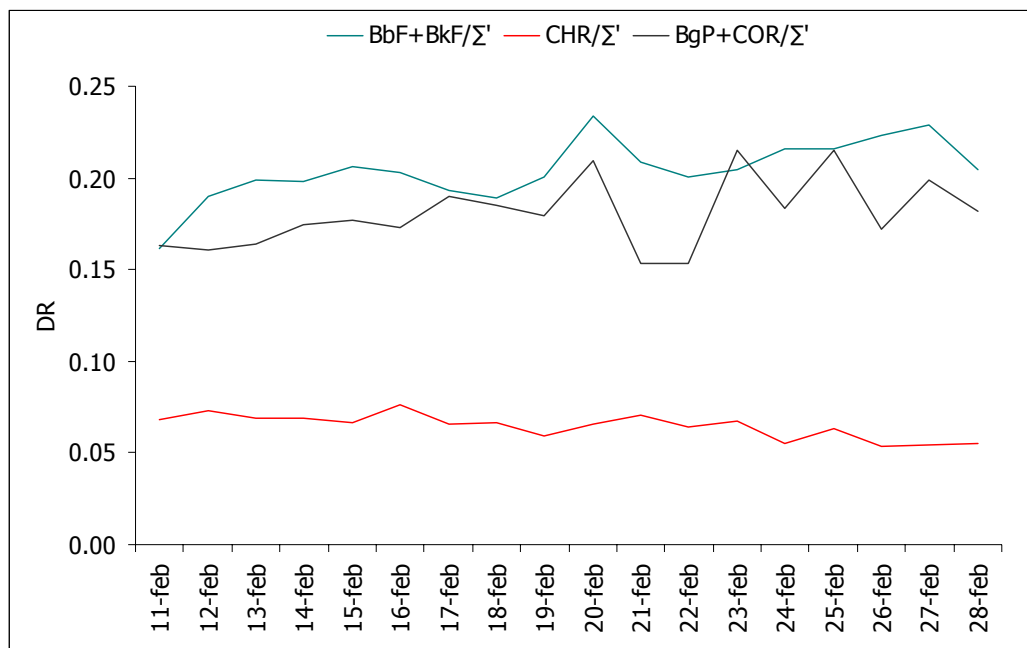
Tabella2: risultati valori medi di Σ' , PM10, T e concentrazione relativa di IPA

INVERNALE	
n. campioni	18
T (°C)	6.6 (valore medio)
Σ' (ng/m ³)	545.8
PM10 (µg/m ³)	90 (valore medio)
$\Sigma'/\text{PM10}$	16%
(B[b]F+B[k]F)/ Σ'	20%
CHR/ Σ'	7%
B[ghi]P+COR/ Σ'	18%

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 crisene che, come precedentemente illustrato, 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 dei veicoli a benzina.

Dall'analisi delle relazioni risulterebbe che la componente traffico incida per circa il 38% ed in particolare sembrerebbero influire di più, anche se di poco, i veicoli diesel (20%) rispetto ai veicoli alimentati a benzina che inciderebbero per circa il 18%.

I sottostanti grafici mostrano l'evoluzione temporale dei rapporti diagnostici sopra menzionati nel periodo di rilevamento:



Per cercare di ottenere una conferma sulla sorgente che maggiormente influenza la qualità dell'aria nel comune di Desio sono stati analizzati ulteriori rapporti, riportati in tabella 3. Gli indici usati sono¹¹:

1. $\frac{[IcdP]}{[IcdP] + [BgIiP]}$ secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
 - 0.18 per le emissioni da benzine¹²

¹¹ Cotham and Bidleman, 1995; Lohmann ed al., 2000

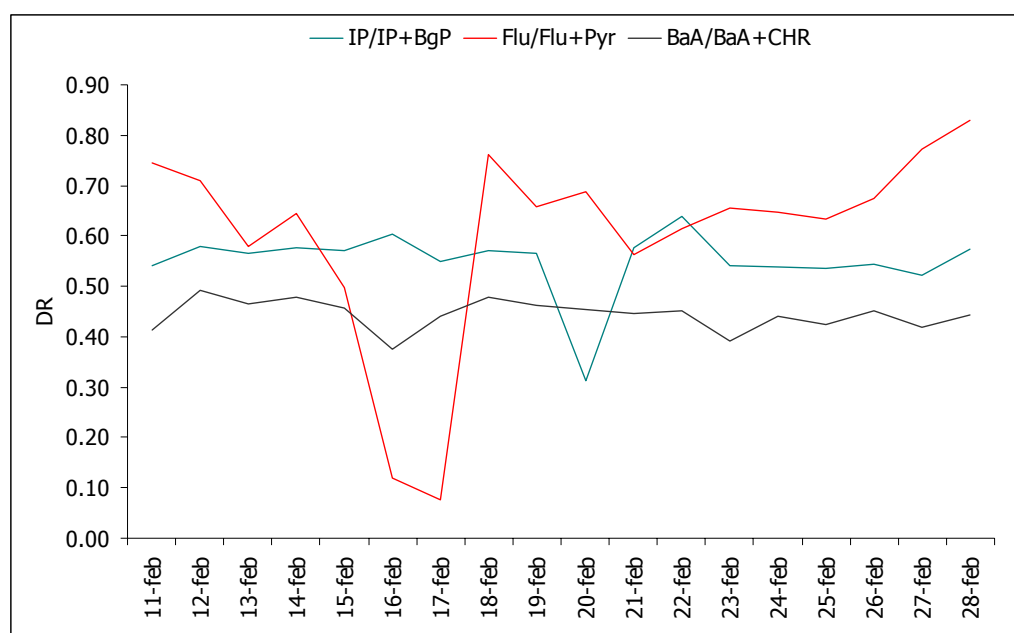
¹² Kavouras et al., 1999; Pio et al., 2001; Alveas et al. 2001.

- $0.37 \div 0.70$ per le emissioni di diesel¹⁴
 - 0.56 per le emissioni dovute alla combustione del carbone¹³
 - 0.62 per le emissioni dovute alla combustione di legna¹⁴
2. **[Flu]/[Flu] + [Pyr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
- 0.44 per le emissioni da veicoli a benzina con marmitta catalitica¹⁵
 - 0.37 per le emissioni diesel degli autocarri¹⁷
 - $0.60 \div 0.70$ per le emissioni dovute a motori diesel¹⁶
 - 0.40 per le emissioni dovute ai motori benzina¹⁸
3. **[BaA]/[BaA] + [Chr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è generalmente utilizzato per valutare il contributo delle emissioni veicolari¹⁷:
- 0.50 per le emissioni da industrie ed autocarri¹⁸
 - $0.37 \div 0.70$ per le emissioni dai motori diesel¹⁸
 - 0.43 per le emissioni dai motori benzina¹⁸
 - 0.16 per le emissioni di petrolio grezzo durante la combustione¹⁸

Tabella3: rapporti di alcuni IPA

DR	coefficiente
I(123cd)P/I(123cd)P+B(gli)P	0.44
[Flu]/[Flu] + [Pyr]	0.64
[BaA]/[BaA] + [Chr]	0.28

L'analisi di questi ulteriori rapporti diagnostici sembrerebbe confermare che una probabile sorgente a forte impatto sia dovuta ai veicoli diesel.



Per poter verificare se la componente traffico sia l'elemento dominante la qualità dell'aria nel comune di Desio, rispetto ad altre sorgenti, risulta utile verificare se i dati mostrino una

¹³ Pio et al., 2001.

¹⁴ Gogou et al., 1996.

¹⁵ Rogge et al., 1993.

¹⁶ Kavouras et al., 2001.

¹⁷ E.g. Gogou et al., 1996.

¹⁸ Sicre et al., 1987

correlazione alta con alcuni "marker" del traffico veicolare come NO ed NO₂, infatti questi gas, pur non essendo una causa diretta della formazione del particolato, sono, 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 4 le evoluzioni temporali considerate, relative al periodo di osservazione.

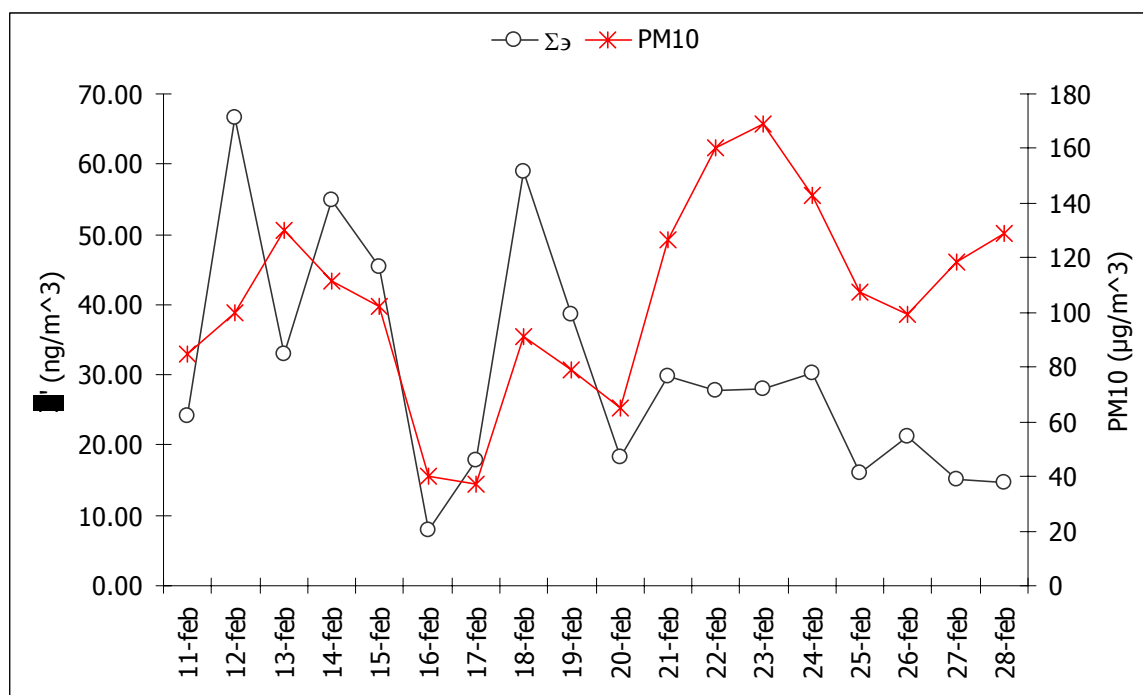
Tabella 4: evoluzione temporale invernale delle concentrazioni di B[ghi]P+I[123cd]P/Σ', B[b]F+B[k]F/Σ', CHR/Σ', Σ', CO, NO, NO₂, PM10

	11/02/2008 Lunedì	12/02/2008 Martedì	13/02/2008 Mercoledì	14/02/2008 Giovedì	15/02/2008 Venerdì	16/02/2008 Sabato	17/02/2008 Domenica	18/02/2008 Lunedì	19/02/2008 Martedì
B[ghi]P+COR/ Σ'	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.19	0.19	0.18
B[b]F+B[k]F/ Σ'	0.16	0.19	0.20	0.20	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20
CHR/ Σ'	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06
NO	127	141	161	140	128	15	25	78	61
NO ₂	91	91	105	102	96	38	41	70	80
CO	0.7	1.1	1.7	1.5	1.3	0.4	0.7	1.3	0.9
Σ'	24.16	66.57	32.88	54.85	45.42	7.88	17.88	59.01	38.58
PM10	85	100	130	112	102	40	37	91	79

	20/02/2008 Mercoledì	21/02/2008 Giovedì	22/02/2008 Venerdì	23/02/2008 Sabato	24/02/2008 Domenica	25/02/2008 Lunedì	26/02/2008 Martedì	27/02/2008 Mercoledì	28/02/2008 Giovedì
B[ghi]P+COR/ Σ'	0.21	0.15	0.15	0.22	0.18	0.22	0.17	0.20	0.18
B[b]F+B[k]F/ Σ'	0.23	0.21	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22	0.23	0.20
CHR/ Σ'	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06
NO	88	106	119	88	57	95	87	76	56
NO ₂	87	96	106	80	64	78	66	75	67
CO	0.4	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.5
Σ'	18.39	29.72	27.67	27.90	30.22	16.01	21.20	15.09	14.78
PM10	65	127	160	169	143	108	99	118	129

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

Osservando gli andamenti risulta esservi un legame tra marker del traffico ed IPA anche se i coefficienti di correlazione ottenuti (tabella 5) confrontando le concentrazioni dei singoli I.P.A. (ng/m³) con CO (mg/m³), NO NO₂ (µg/m³) e PM10 (µg/m³) non evidenziano un alto indice di correlazione permettendo di ipotizzare che il traffico veicolare non sia l'unica sorgente che incide sulla qualità dell'aria del comune.



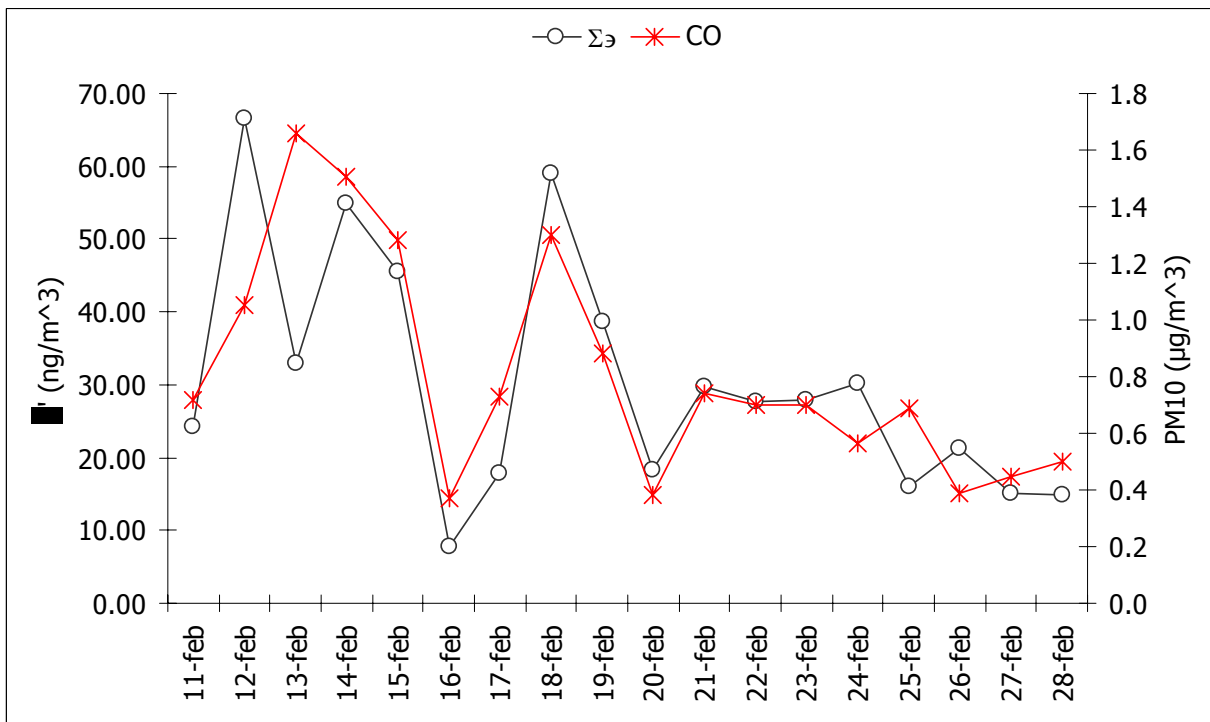
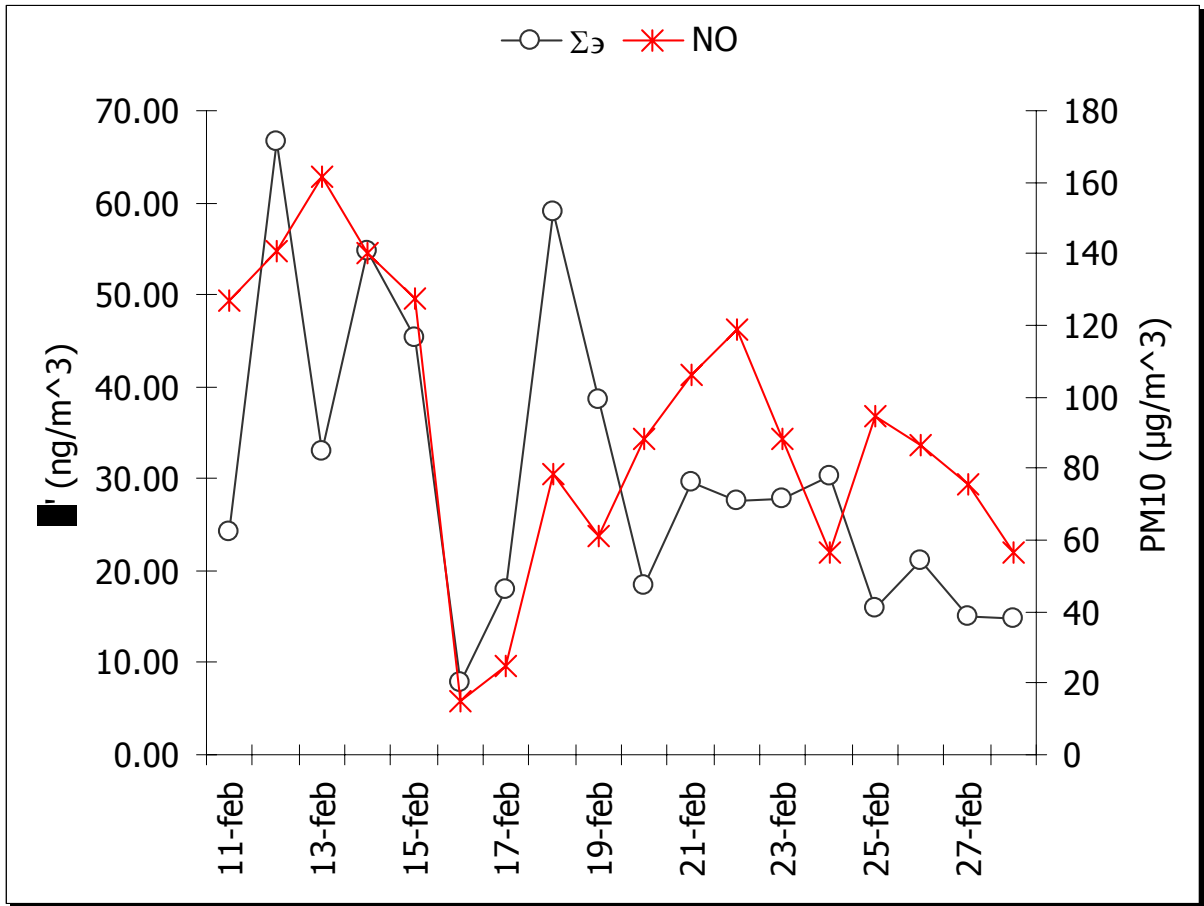


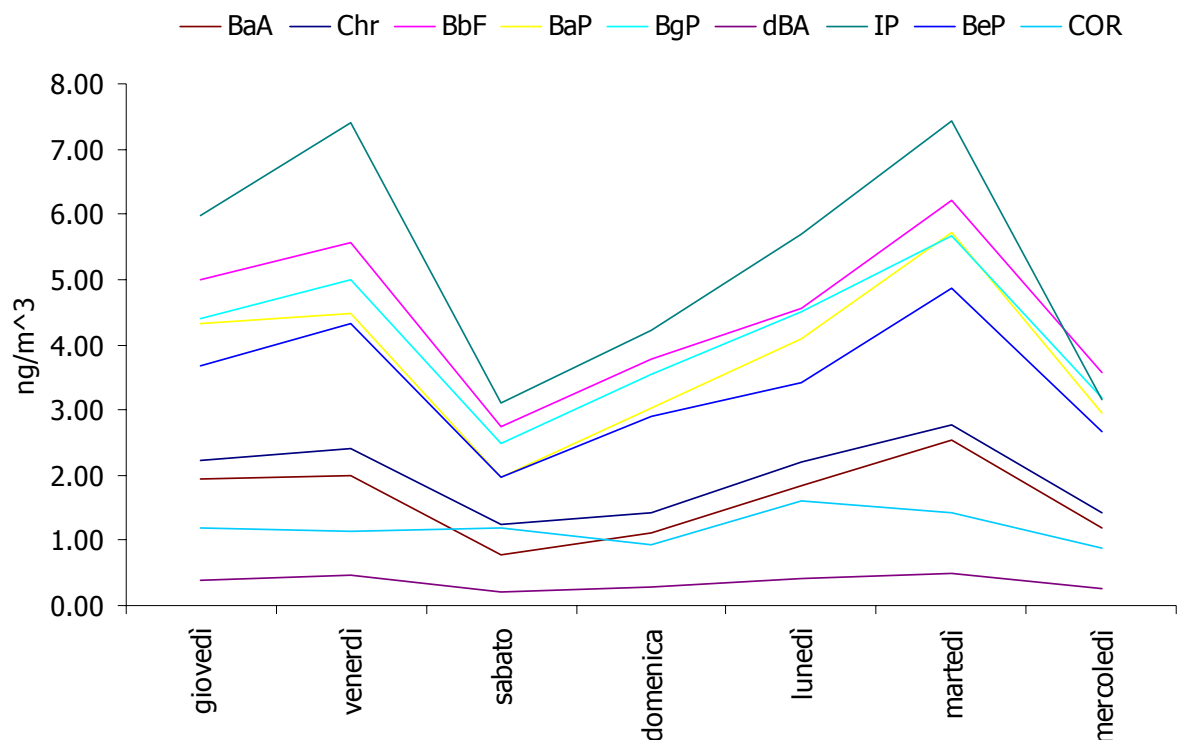
TABELLA 5

	PM10	NO	NO2	CO	O3	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR	
PM10	1.00																			
NO	0.44	1.00																		
NO2	0.54	0.92	1.00																	
CO	0.14	0.65	0.54	1.00																
O3	-0.27	-0.74	-0.71	-0.25	1.00															
Fenantrene	0.13	0.58	0.49	0.81	-0.10	1.00														
Antracene	0.23	0.58	0.56	0.63	-0.25	0.74	1.00													
Fluorantene	0.13	0.52	0.48	0.33	-0.43	0.52	0.22	1.00												
Pirene	-0.12	0.38	0.33	0.50	-0.01	0.71	0.55	0.53	1.00											
Benzo(a)antracene	0.06	0.55	0.45	0.74	-0.28	0.86	0.65	0.51	0.43	1.00										
Crisene	0.11	0.57	0.48	0.76	-0.26	0.88	0.68	0.54	0.47	0.99	1.00									
Benzo(b)Fluorantene	0.18	0.54	0.49	0.74	-0.23	0.87	0.70	0.49	0.43	0.97	0.98	1.00								
Benzo(k)Fluorantene	0.14	0.53	0.47	0.73	-0.24	0.86	0.67	0.51	0.41	0.98	0.98	1.00	1.00							
Benzo(a)pirene	0.09	0.51	0.43	0.72	-0.23	0.85	0.63	0.49	0.38	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00						
Dibenzo(ghi)pirilene	0.12	0.49	0.43	0.74	-0.19	0.85	0.64	0.47	0.38	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98	1.00					
Dibenzo(ah)pirene	0.14	0.51	0.46	0.71	-0.25	0.84	0.63	0.55	0.39	0.97	0.97	0.98	0.99	0.98	0.98	1.00				
Indeno/123cd)pirene	0.18	0.50	0.43	0.76	-0.19	0.87	0.68	0.45	0.40	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	1.00			
Benzo(e)pirene	0.13	0.56	0.47	0.73	-0.26	0.89	0.67	0.55	0.48	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.98	0.96	1.00		
Coronene	0.17	0.40	0.35	0.65	-0.10	0.72	0.42	0.60	0.36	0.84	0.88	0.86	0.88	0.86	0.88	0.88	0.84	0.85	1.00	

Dall'andamento medio settimanale, qui sotto proposto, si evidenzia come i massimi si presentino il giorno del venerdì e del martedì.

E' possibile osservare una diminuzione delle concentrazioni durante il sabato in cui i valori di IPA sono inferiori di circa il 91% rispetto agli altri giorni della settimana.

Tale condizione può essere dovuta ad una diminuzione del traffico lungo tale tratto viario e lungo le arterie principali di attraversamento del comune.



BaPE degli IPA in fase particolata nei due periodi di osservazione

Il potere carcinogenico equivalente del B(a)P (BaPE) è un indice proposto¹⁹ 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 atmosfera²⁰.

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 applicato tale indice per valutare la carcinogenicità degli IPA in fase particolata nel periodo di osservazione.

Dalla [1] risulta che il BaPE è pari ad un valore medio di 5.1 ng/m³ e costituisce il 16% degli IPA totali. Si riportano in tabella 7 i valori delle singole specie:

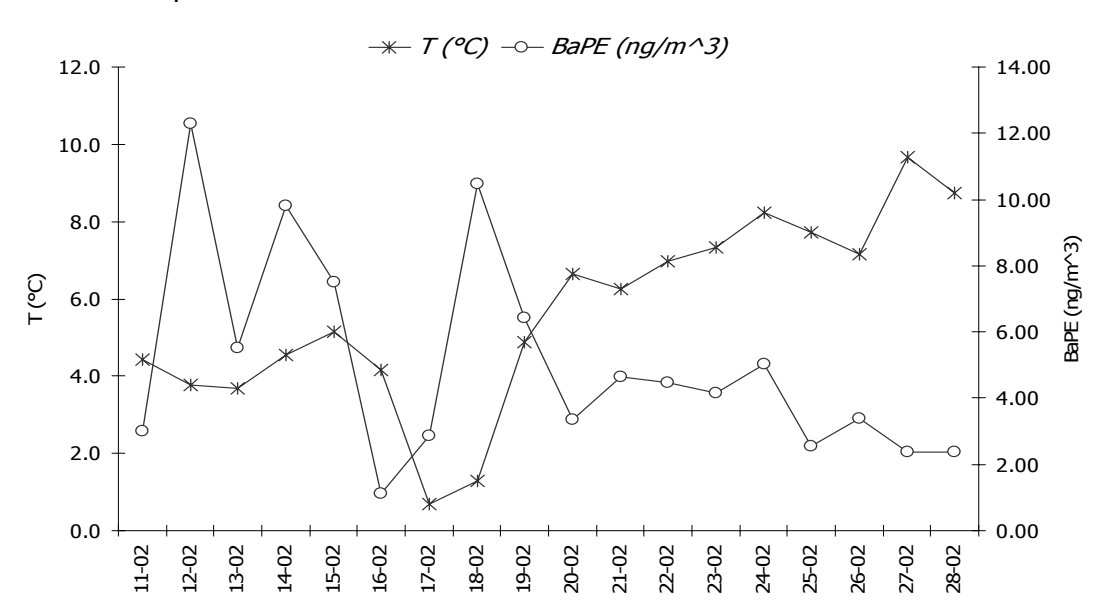
¹⁹ Yassaa et al., 2001.

²⁰ Yassaa et al., 2001.

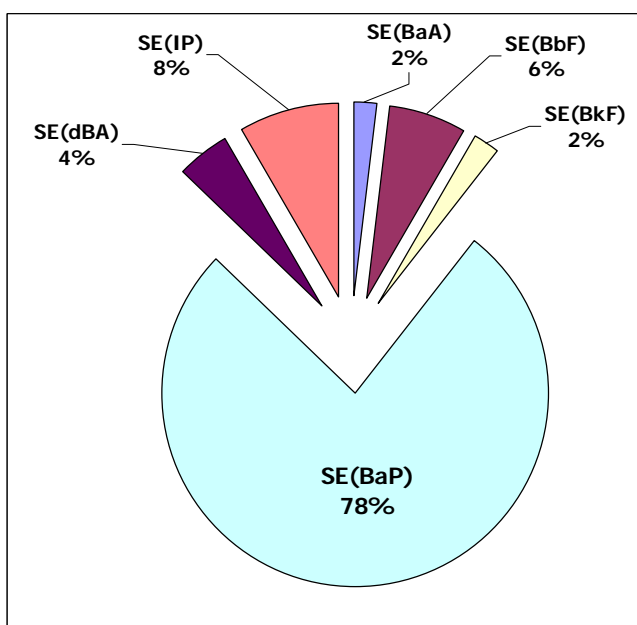
Tabella 7

Specie equivalenti (SE)	Conc. \pm SD ng/m ³	min \div max ng/m ³	SE/PHA %
1 SE(BaA)	0.10 \pm 0.07	0.02 \div 0.28	0.30
2 SE(BbF)	0.32 \pm 0.16	0.09 \div 0.65	1.00
3 SE(BkF)	0.11 \pm 0.06	0.03 \div 0.23	0.30
4 SE(BaP)	3.90 \pm 2.46	0.79 \div 9.74	12.50
5 SE(dBA)	0.22 \pm 0.12	0.06 \div 0.46	0.70
6 SE(IP)	0.43 \pm 0.25	0.11 \div 0.93	1.40

Si riporta qui di seguito l'evoluzione temporale del BaPE nel periodo di osservazione associato alla temperatura.



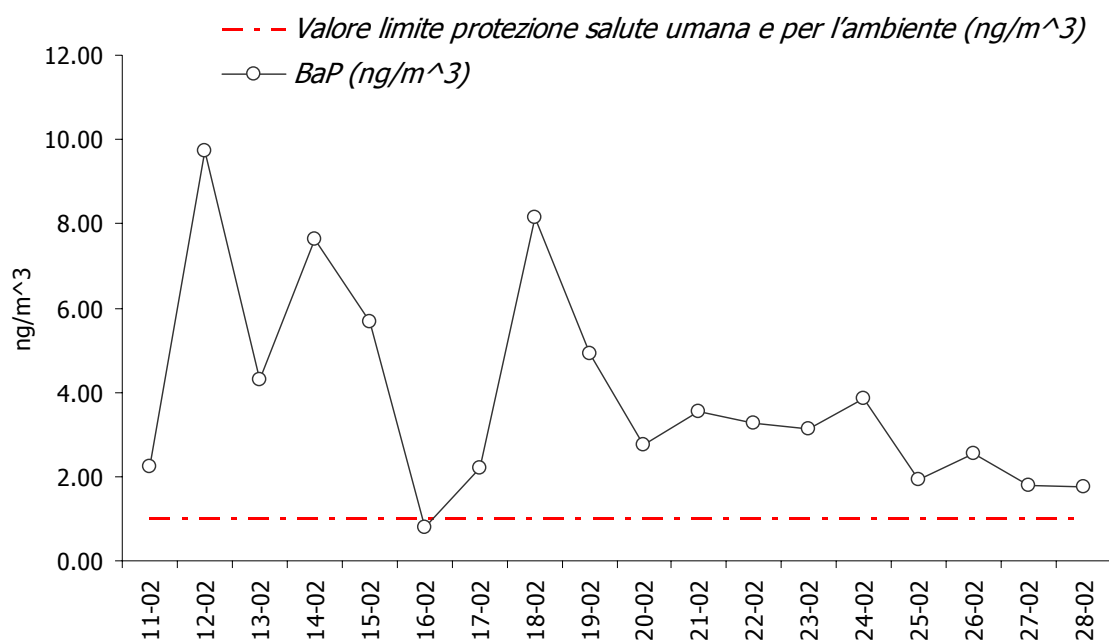
La sottostante figura mostra poi il contributo delle differenti specie equivalenti al BaPE nelle due campagne di misura. E' possibile osservare come BbF e BkF contribuiscano al BaPE per il 8%. Tale risultato sembrerebbe suggerire la presenza di ulteriori sorgenti di IPA oltre al traffico veicolare nel Comune.



Il Benzo[a]pirene

La normativa prende a riferimento come marker degli IPA il benzo(a)pirene. Il sottostante grafico presenta l'andamento del benzo(a)pirene relativo ai due periodi di osservazione.

Anche se non è stato possibile ricavare la media mobile annua per la scarsità di dati è possibile osservare che in periodo invernale su 18 campioni sono stati registrati 17 superamenti del limite di legge, fissato per questo inquinante ad 1 ng/m^3 (inteso come media annuale).



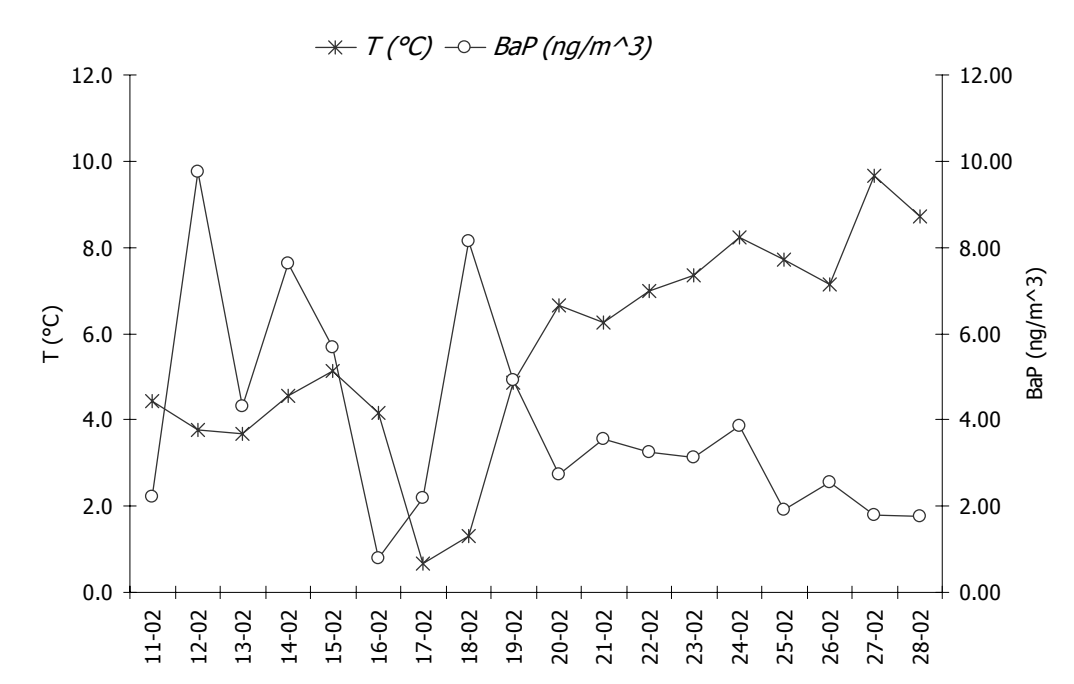
Al fine di confermare quanto riportato in letteratura e cioè che il benzo(a)pirene può essere considerato un "marker" degli IPA, si è voluto verificare il grado di correlazione esistente tra il Benzo(a)Pirene e gli altri IPA.

E' interessante notare come dal confronto risulti una buona correlazione fra tutti i livelli di IPA e i livelli di B(a)P determinati nei campioni giornalieri (n=18).

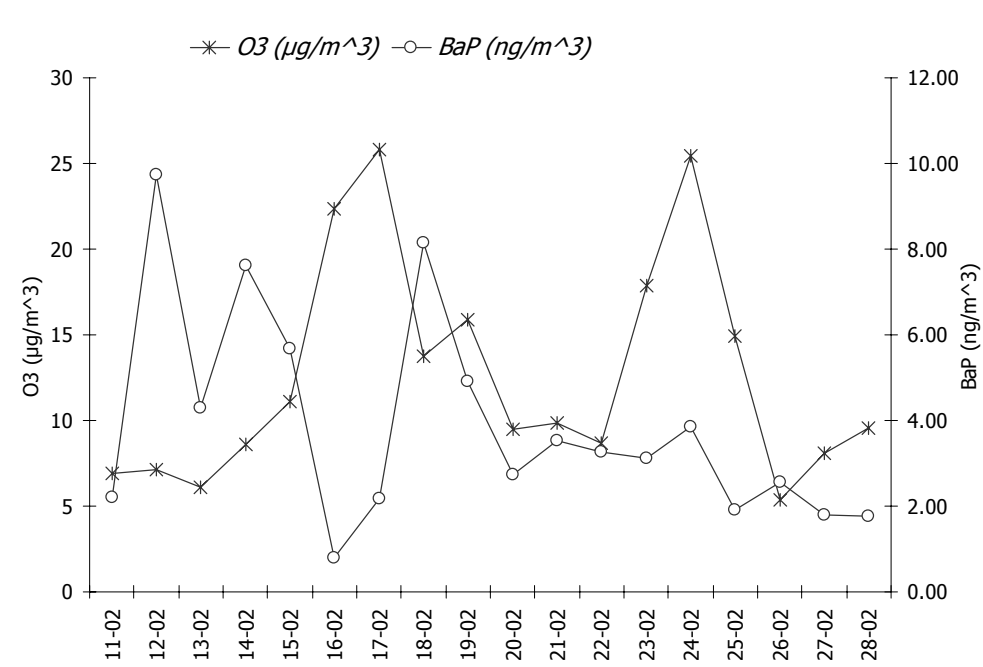
	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR
Fenantrene	1.00													
Antracene	0.74	1.00												
Fluorantene	0.52	0.22	1.00											
Pirene	0.71	0.55	0.53	1.00										
Benzo(a)antracene	0.86	0.65	0.51	0.43	1.00									
Crisene	0.88	0.68	0.54	0.47	0.99	1.00								
Benzo(b)Fluorantene	0.87	0.70	0.49	0.43	0.97	0.98	1.00							
Benzo(k)Fluorantene	0.86	0.67	0.51	0.41	0.98	0.98	1.00	1.00						
Benzo(a)pirene	0.85	0.63	0.49	0.38	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00					
Dibenzo(ghi)pirilene	0.85	0.64	0.47	0.38	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98	1.00				
Dibenzo(ah)pirene	0.84	0.63	0.55	0.39	0.97	0.97	0.98	0.99	0.98	0.98	1.00			
Indeno/123cd)pirene	0.87	0.68	0.45	0.40	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	1.00		
Benzo(e)pirene	0.89	0.67	0.55	0.48	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.98	0.96	1.00	
Coronene	0.72	0.42	0.60	0.36	0.84	0.88	0.86	0.88	0.86	0.88	0.88	0.84	0.85	1.00

Prendendo come marker degli IPA il benzo(a)pirene, si è voluto verificare se vi fosse qualche correlazione tra questo inquinante e le condizioni meteorologiche relative al periodo di misura.

Dai dati di letteratura risulta che gli IPA con alto peso molecolare, come il benzo(a)pirene, presentano una variabilità in particolar modo con la temperatura e la radiazione solare (Halsall e coll.). Dai grafici è possibile osservare come a picchi di temperatura corrispondano basse concentrazioni di B(a)P in entrambi i periodi di rilevamento.



Gli IPA infatti tendono a reagire anche con l'ozono, inquinante fotochimico, come ampiamente documentato in letteratura²¹, con diversi possibili meccanismi.



Nel periodo di osservazione il trend del B[a]P presenta dei minimi in corrispondenza di massimi di concentrazione di O3. Dai dati in tabella 6 è possibile infatti vedere come O3 e B(a)P risultino completamente anticorrelati.

²¹ 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 Desio 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 il monitoraggio in un periodo significativo dell'anno (06/02/2008 – 03/03/2008 periodo invernale), è stata svolta una indagine atta a caratterizzare la qualità dell'aria del comune, valutando i livelli ambientali dell'inquinamento atmosferico raccolti lungo c.so Italia, un'importante asse stradale provinciale a due corsie (una per senso di marcia) posta lungo la direttrice sud - nord che permette il collegamento con i comuni di Nova Milanese (sud) e Seregno (nord) e costeggiata sul lato sud-nord dai binari del tram. Nelle ore di punta c.so Italia è interessato dal passaggio di traffico sia leggero che pesante di tipo locale e di attraversamento.

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 Comune, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Analizzando il data set raccolto, quello che emerge è che il periodo di osservazione è stato interessato da instabilità atmosferica, con fenomeni ventosi moderatamente vivaci ma con totale mancanza di precipitazioni (0 eventi piovosi su 26 giorni di campagna) e periodi di bassa pressione nella prima decade del periodo di osservazione che non hanno favorito la dispersione degli inquinanti, in particolare per quanto riguarda il **PM10 sono stati osservati ben 19 superamenti del limite di 50 µg/m³, su 26 giorni di misura.**

Dai riscontri analitici effettuati sui filtri di PM10 è emerso poi come le concentrazioni di tutti gli IPA abbiano presentato valori significativi. In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker, sono risultate elevate e costantemente superiori all'obiettivo di qualità (1 ng/m³) anche se tale limite è da intendersi come media annua. Tali alti valori infatti fanno sospettare che se permangono condizioni simili a quelle del periodo di osservazione si possano verificare situazioni di superamento del limite annuale.

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).

Ai fini valutativi è pertanto importante capire quale sia stata la classe di vento maggiormente interessata durante la campagna di misura. Dall'analisi in frequenza dei dati registrati con la stazione meteo del Laboratorio Mobile è possibile osservare come nel periodo di osservazione l'attività anemologica sia stata moderatamente vivace anche se gli episodi di una certa entità si sono verificati solo in tre occasioni.

Anche se non sono mancati fenomeni ventosi, nel periodo di misura sono stati osservati ben 19 superamenti del PM10 su 26 giorni di misura. 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 (in particolare la zona di Milano, caratterizzata da un clima continentale, subisce questo blocco atmosferico soprattutto in inverno).

L'ulteriore studio svolto sugli IPA (considerati dalla letteratura dei "marker" delle diverse sorgenti antropiche) estratti da 18 campioni di PM10, sembrerebbe far emergere che a incidere maggiormente sulla qualità dell'aria del comune sia la componente traffico anche se non si esclude vi possano esserci ulteriori sorgenti a minor impatto quali gli impianti di riscaldamento domestico e l'inceneritore. Per cercare di determinare quanto incidano nel sito di prelievo le varie sorgenti che concorrono alla formazione di questi IPA, sono state fatte delle considerazioni attraverso il rapporto diagnostico DR (diagnostic ratio) inteso come rapporto tra IPA considerati dei marker di particolari sorgenti antropiche.

Se la fonte di emissione fosse una sola (ad esempio, il traffico) i rapporti diagnostici degli IPA dovrebbero essere approssimativamente costanti. Il fatto che ci sia una loro variazione sembrerebbe indicare che le concentrazioni misurate siano il risultato di più fonti. Da una parte sembrerebbe quindi esserci un'influenza alle emissioni dovuta alla componente traffico (sia veicoli diesel che benzina con un'incidenza maggiore dei primi) dall'altra scarti di combustione del carbone e della legna.

Anche se è risultato esservi un legame tra IPA e "marker" del traffico veicolare, come NO e CO, non è stata evidenziata un alto indice di correlazione a conferma che il traffico veicolare incide solo in parte sulla qualità dell'aria del comune.

Lo studio degli altri inquinanti, quali NO, NO₂, CO e O₃ non ha fatto registrare criticità.

Attraverso la determinazione di CO ed NO_x è stato 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 07.00 alle ore 09.00 del mattino e dalle 17.00 alle 22.00 della sera. Dal grafico è anche possibile osservare le scarse capacità dispersive dell'atmosfera nel periodo di misura. E' evidente infatti come non vi sia un calo evidente nelle ore notturne, periodo in cui vi è un minor passaggio di veicoli.

L'ulteriore base di dati che verrà raccolta nel periodo estivo permetterà di ottenere informazioni più mirate sulla qualità dell'aria del territorio comunale.

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		
Desio <i>c.so Italia</i>	PUB	URBANA	FONDO	188	06.02.2008 03.03.2008
Monza	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
Milano Pascal	PUB	URBANA	TRAFFICO	---	Centralina Fissa
Carate Brianza	PUB	URBANA	FONDO	236	Centralina Fissa
Meda	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
Vimercate	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
Inzago	PRIV	SUBURBANA	INDUSTRIALE	138	Centralina Fissa
Cormano	PUB	URBANA	FONDO	149	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

Biossido di azoto NO₂	Rendimento %	Media (µg/m³)	Dev. St.	Massima Media giornaliera (µg/m³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione	
Desio C.so Italia	92	74	32	181	0	
Milano Pascal	92	78	35	226	0	
Monza	92	66	28	139	0	
Cormano	92	80	40	214	0	
Meda	92	77	36	190	0	
Carate Brianza	92	87	42	208	0	
Inzago	92	64	25	175	0	
Vimercate	92	62	23	126	0	

Monossido di carbonio CO	Rendimento %	Media (mg/m³)	Dev. St.	Massima media oraria (mg/m³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione		Massima media di 8 ore (mg/m³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione	
Desio C.so Italia	86	2	0.65	3	0		0.70	0	
Monza	86	2	0.67	5	0		0.58	0	
Cormano	86	3	0.68	4	0		0.65	0	
Meda	86	3	0.76	4			0.73		
Carate Brianza	86	3	0.59	4	0		0.56	0	
Vimercate	86	3	0.70	5	0		0.68	0	

Ozono O ₃	Rendimento %	Media (mg/m ³)	Dev. St.	Massima media oraria (µg/m ³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione		Massima media di 8 ore (µg/m ³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione	
Desio C.so Italia	93	15	16	82	0		80	0	
Milano Pascal	93	15	19	83	0		81	0	
Monza	93	14	19	85	0		81	0	
Cormano	93	20	18	89	0		84	0	
Meda	93	26	25	111	0		108	0	
Carate Brianza	93	33	22	112	0		113	0	
Inzago	93	9	12	53	0		51	0	
Vimercate	93	22	13	75	0		73	0	

Particolato fine PM10	Rendimento %	Media (µg/m³)	Dev. St.	Massima Media giornaliera (µg/m³)	Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione	
Desio C.so Italia	100	90	42	169	19	09.02.08 18.02.08÷29.02.08 01.03.08
Milano Pascal	100	91	44	180	19	09.02.08÷15.02.08 18.02.08÷29.02.08
Monza	92	102	45	184	19	09.02.08÷15.02.08 18.02.08÷29.02.08
Vimercate	100	79	32	137	19	09.02.08÷15.02.08 18.02.08÷29.02.08

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., 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.

Gualdi 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.

Marconi A, Menichini E, Ziemacki G, Cattani G, Stacchini G. Misure di materiale particellare PM₁₀ e PM_{2,5} nell'atmosfera di Roma. *Ann Ist Super Sanità* 2000;36(3):285-9.

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 NO₃. *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".

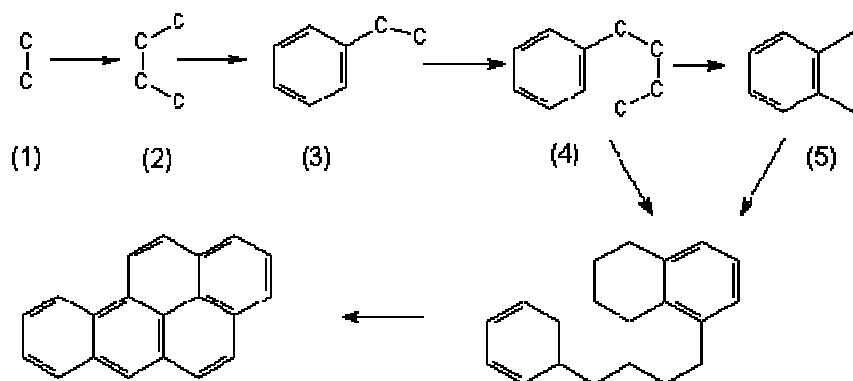
Ziemacki G, Viviano G, Merli F. Heavy metals: sources and environmental presence. *Ann Ist Super Sanità* 1989;25(3): 531-6.

APPENDICE I

GLI I.P.A.

Meccanismo di formazione

Il meccanismo di formazione degli IPA non è completamente chiarito; si pensa che avvenga in due stadi: pirolisi e piro-sintesi. Ad alte temperature i composti organici sono parzialmente trasformati in molecole più piccole e instabili (cracking pirolitico: frammentazione in numerose parti delle molecole del combustibile a contatto con il fuoco). Questi frammenti, principalmente radicali, si ricombinano per formare molecole più grandi e stabili quali gli idrocarburi aromatici policiclici (pirosintesi).



La reazione di ripolimerizzazione avviene soprattutto in condizioni di carenza di ossigeno; in genere la velocità di formazione degli IPA aumenta con il diminuire del rapporto ossigeno/combustibile: i frammenti spesso perdono qualche atomo di idrogeno, che genera acqua dopo essersi combinato con l'ossigeno durante le varie fasi della reazione: i frammenti ricchi di carbonio si combinano in modo tale da formare gli idrocarburi aromatici policiclici, che rappresentano le molecole più stabili, con un rapporto C/H elevato.

Caratteristiche chimico-fisico

Gli *idrocarburi policiclici aromatici (IPA)* sono un'ampia classe di inquinanti ambientali che presentano un elevato peso molecolare ed una particolare stabilità chimica.

La molecola di questi inquinanti è formata da due o più anelli benzenici, saldati in modo da avere in comune due o più atomi di carbonio.

Gli IPA si dividono in:

- **IPA leggeri:** costituiti da 2 o 3 anelli
- **IPA pesanti:** costituiti da 4 o più anelli

Gli IPA contenenti 4 anelli o un numero inferiore in genere rimangono in forma gassosa quando vengono immessi in atmosfera. Dopo aver stazionato meno di 24 ore nell'aria esterna, di solito, vengono degradati in seguito ad una sequenza di reazioni.

Gli IPA con più di 4 anelli benzenici non permangono a lungo nell'atmosfera come molecole gassose. A causa della loro bassa tensione di vapore, queste sostanze tendono rapidamente a condensarsi e a venire adsorbite alla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere.

Anche gli IPA con 2 - 4 anelli aderiscono a tali particelle nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura.

Le superfici delle particelle di fuliggine infatti per le loro caratteristiche chimiche risultano degli ottimi adsorbenti delle molecole gassose.

Gli IPA sono:

- scarsamente solubili in acqua
- fortemente lipofili
- facilmente solubili in solventi polari
- scarsamente volatili (tranne i componenti a più basso peso molecolare)
- ampiamente diffusi in varie matrici a causa della loro bassa reattività

Sorgenti di IPA nell'Ambiente

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti.

La più importante fonte di emissione degli IPA è quella dei motori a combustione interna, alimentati da benzina e da gasolio, in particolare si ha:

- impianto di riscaldamento emissioni veicoli a benzina: l'IPA più abbondante è il CicloPenta-(cd)Pirene (la sua concentrazione risulta 10 volte maggiore rispetto al Benzo(a)Pirene);
- emissioni veicolo diesel: sono caratterizzate dalla presenza di Benzo-Nafto-Tiofene, che si forma nel processo di combustione tra le molecole organiche e lo zolfo presente nel combustibile;

Altri fonti di emissione sono rappresentate da:

- impianti di riscaldamento alimentato a olio combustibile (in questo caso oltre ad emettere il Benzo-Nafto-Tiofene viene rilasciata una elevata quantità di Benzo(a)Antracene e Crisene);
- centrali termoelettriche;
- raffinerie;
- impianti di bitumazione;
- incenerimento dei rifiuti;
- fumo esalato dalla combustione di legno e di carbone e da altri processi di combustione in cui il carbonio del combustibile non viene completamente convertito in CO e CO₂.

Sebbene gli IPA rappresentino solo circa lo 0.1% del particolato atmosferico, la loro presenza come inquinanti dell'aria rimane comunque un problema e molti di essi si rivelano cancerogeni, almeno sugli animali da esperimento.

Tra gli IPA a presumibile azione cancerogena per l'uomo vengono indicati il benzo[a]antracene, il benzo[k]fluorantene, benzo[b]fluorantene, il benzo[j]fluorantene, il benzo[a]pirene, il dibenzo[a,h]antracene, l'indeno[1,2,3-cd]pirene.

Si riporta qui di seguito la tabella dell' International Agency for Research on Cancer (IARC) nella quale viene riportata la classe di rischio per singolo composto:

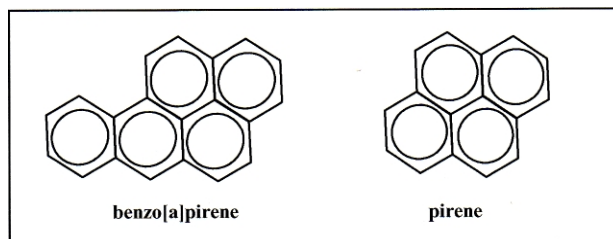
COMPOSTO	CLASSE IARC
Benzo(a)Antracene	2 A
Benzo(k)Florantene	2 B
Benzo(b)Florantene	2 B
Benzo(j)Florantene	2 B
Benzo(a)Pirene	2 A
Di Benzo (ah)Antracene	2 A
Indeno(1,2,3 -cd)Pirene	2 B

Legenda:

- Classe 2 A: probabile cancerogeno
- Classe 2 B: possibile cancerogeno

La determinazione del benzo[a]pirene (BP) viene considerata rappresentativa dei 7 IPA "probabili/possibili" cancerogeni e questa sostanza viene quindi assunta come "marker" dell'esposizione a IPA.

Il **benzo(a)pirene (BaP)** è un derivato del pirene, che contiene 5 anelli benzenici condensati



Il **B(a)P** è un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia organica e del legname; esso è risultato un potente cancerogeno negli animali da esperimento e un **probabile cancerogeno per l'uomo**.

Il principio di cancerogenesi negli IPA

Gli IPA non sono di per sé agenti cancerogeni, ma solo alcuni derivati in cui essi vengono convertiti dall'organismo nel tentativo di renderli idrosolubili.

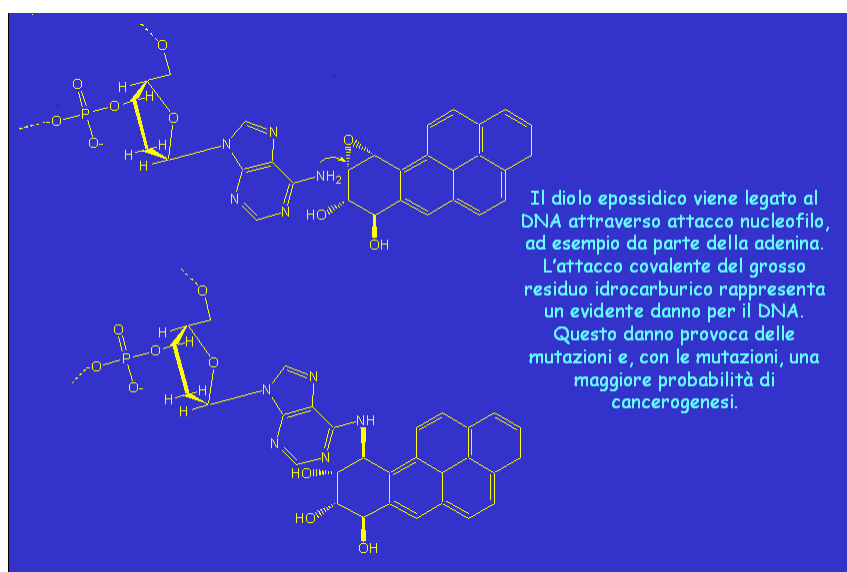
Il meccanismo con cui questi composti agiscono come cancerogeni è ancora poco chiaro e diverse teorie sono state formulate a proposito. La più conosciuta è quella della "bay region", che riguarda, tra altri composti, il benzo[a]pirene, uno degli IPA con maggiore potenziale cancerogeno.

Questa teoria si basa sul metabolismo del benzo[a]pirene ad opera degli enzimi ossidativi a formare, da prima un epossido e poi un diolo epossido.

In accordo con questa teoria, il diolo epossido formato deve possedere la funzione epossidica su un atomo di carbonio della baia e i due gruppi idrossilici che costituiscono il diolo preferenzialmente collocati nella regione pre-baia.

Il diolo epossido del benzo[a]pirene è un mutageno e viene ritenuto il responsabile della attività cancerogena di questo IPA. Il meccanismo con cui agirebbe è quello che passa attraverso la formazione di addotti.

Si riporta qui di seguito il metabolismo del benzo[a]pirene e la formazione del diolo epossido:



Addotti degli IPA al DNA e alle proteine

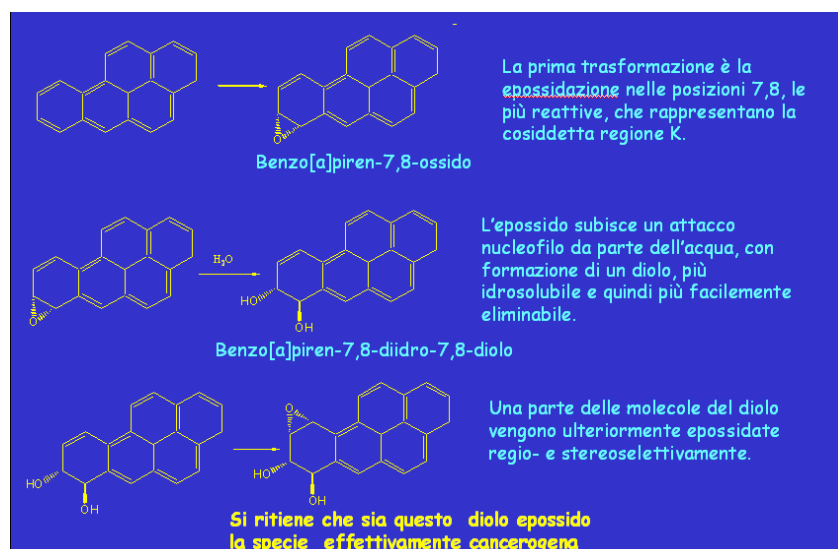
Gli addotti sono il risultato di una reazione di addizione tra molecole molto reattive, generalmente elettrofile, ottenute da trasformazioni metaboliche ossidative degli xenobiotici e gruppi nucleofili presenti sul DNA e/o proteine. I dioli epossidi degli IPA, ad esempio quello derivato dal benzo[a]pirene, sono in grado di reagire con le macromolecole cellulari e dare gli addotti al DNA e alle proteine. Gli addotti al DNA, qualora non riparati, possono iniziare il processo di cancerogenesi attraverso la formazione di mutazioni. Su questa base alcuni ricercatori hanno suggerito che gli addotti al DNA possano essere utilizzati per la valutazione del rischio cancerogeno e che la loro quantificazione possa riflettere la dose biologicamente efficace.

Gli addotti al DNA vengono generalmente determinati nei globuli bianchi, in particolare nei linfociti, che hanno un tempo di vita medio di circa 15 giorni. Nel caso delle proteine, in particolare albumina ed emoglobina, il tempo di vita medio è circa di 24 e 120 giorni, rispettivamente. Per questa ragione gli addotti possono essere considerati indicatori biologici di esposizione cumulativa.

Gli addotti tra IPA e proteine sono stati indagati fino ad ora in maniera molto superficiale, mentre numerosi studi sono stati condotti sugli addotti al DNA.

I metodi a disposizione per la valutazione degli addotti al DNA degli IPA sono di 3 tipi:

- **Immunologici.** Questi metodi sono basati sulla reazione antigene-anticorpo, sono generalmente poco sensibili (1-4 addotti/108 basi), e la possibilità di reazioni incrociate dell'anticorpo verso altri antigeni ne limita la specificità e rende problematica la determinazione quantitativa.
- **Marcatura** con atomi radioattivi. Questi metodi utilizzano la tecnica della post marcatura con ^{32}P del nucleotide modificato (addotto), sono molto sensibili (1 addotto/1010 basi) e richiedono piccole quantità di campione (μg). La maggiore limitazione di questa tecnica è la scarsa specificità.
- **Cromatografici** accoppiati con rivelatore a fluorescenza. In questo caso si sfrutta la fluorescenza specifica di alcuni IPA, come il benzo[a]pirene e i suoi metaboliti, che sono i composti generalmente determinati utilizzando questo metodo. La tecnica è specifica, anche se non applicabile a tutti gli IPA. La sensibilità del metodo è limitata a 1 addotto/107 basi.



I risultati ottenuti determinando gli addotti con ciascuno di questi metodi sono scarsamente correlati, questo significa, che, soprattutto alle basse esposizioni, le tecniche

misurano composti differenti. Va inoltre specificato che queste tecniche, che richiedono l'estrazione del DNA, la sua purificazione e, talvolta, la sua marcatura con atomi radioattivi, sono complesse e richiedono tempi lunghi ed una notevole esperienza per essere eseguite. Inoltre la standardizzazione dei metodi, il controllo di qualità intra- e inter-laboratoriale sono spesso lacunosi. Per queste ragioni queste tecniche non possono essere considerate di routine.

Campionamento dell'aria per l'analisi degli IPA

I prelievi di aria per l'analisi degli IPA sono stati effettuati tramite un campionatore di polveri PM10 con metodo gravimetrico, costituito da un modulo sequenziale Sentinel PM per la sostituzione automatica dei filtri (fig. 1) e dotato di testa di prelievo, per il taglio delle particelle a 10 µm, di tipo EPA (americana - fig.2) omologata e dimensionata per operare con un flusso di 1 m³/h.

La testa di prelievo tramite il raccordo per la connessione al sistema di campionamento, è collegata ad una pompa che aspirando l'aria fa in modo che il particolato atmosferico impatti sulla membrana all'interno della testa e vi aderisca. L'attività della pompa è regolata da una centralina che, grazie all'azione di una valvola di by-pass assicura una porta d'aria in ingresso costante.

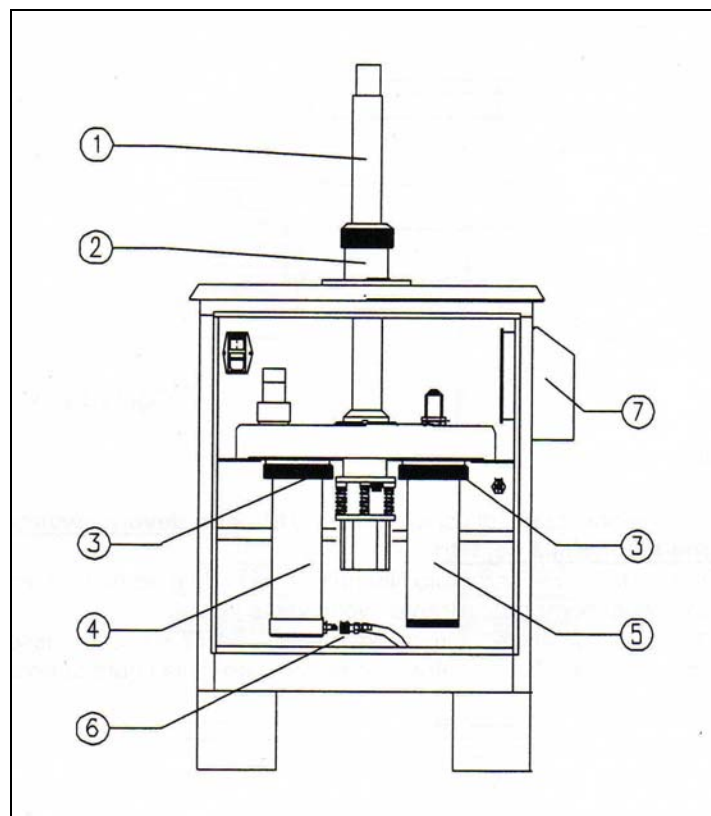


Figura 1

1. tubo di aspirazione
2. gruppo di scorrimento
3. ghiera filettate di serraggio caricatori filtri
4. caricatore filtri puliti
5. serbatoio filtri esposti
6. connessione pneumatica per carico filtri
7. carter uscita aria ventilazione interna

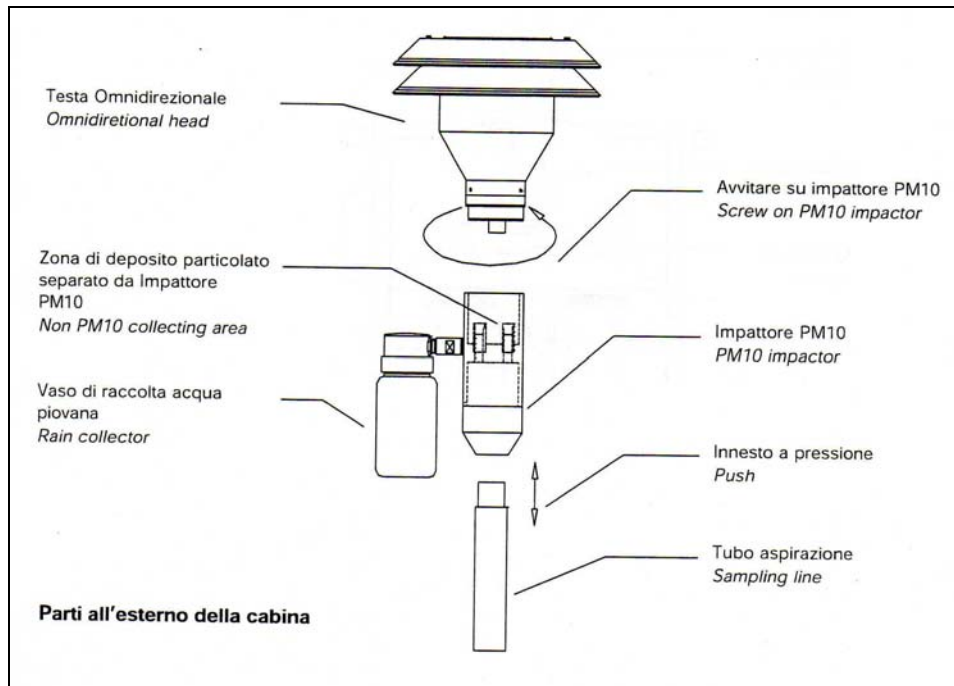


Figura 2

Durante la campagna di misura delle polveri è stato impostato un flusso di campionamento pari a: $Q_a = 16.67 \text{ l/min}$.

Per la raccolta del PM10 sono stati utilizzati filtri in **borosilicato**, tra i più adatti, secondo i dati di letteratura, per l'analisi degli IPA.

Ogni singolo campione è rimasto in misura per un periodo di **24 ore**.

Al termine delle 24 ore di campionamento la pompa interrompe l'aspirazione, il pistone si solleva, il sequenziatore ruota orizzontalmente, spostando il filtro appena utilizzato e posizionando quello nuovo, il pistone si riabbassa chiudendo ermeticamente il filtro e la pompa riprende ad aspirare. Questo ciclo si ripete giornalmente.

Metodo di riferimento per la determinazione di IPA in Aria

Questo metodo permette la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici con 4 - 6 anelli, presenti nel particolato atmosferico:

- Benz[a]Antracene
- Benzo[b]Fluorantene
- Benzo[j]Fluorantene
- Benzo[k]Fluorantene
- Benzo[a]Pirene
- Indeno[1,2,3-cd]Pirene
- Dibenz[a,h]Antracene

Il metodo è applicabile in ambienti esterni, a concentrazione di singoli IPA $[C_{IPA}] > 0.001 \text{ ng/m}^3$

Tramite un campionatore ad alto volume viene raccolta, per aspirazione, una quantità nota di materiale particolato atmosferico su appositi filtri privi di leganti organici.

Il prelievo deve cominciare nelle prime ore del mattino e la durata del campionamento deve essere di 24 ore.

Il metodo messo a punto permette la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) presenti nel particolato atmosferico.

Esso consiste nell'estrazione degli analiti dal filtro mediante bagno ad ultrasuoni con acetonitrile. L'estratto viene poi analizzato in HPLC.