



Laboratorio Mobile
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico
COMUNE DI COMO - PONTE CHIASSO

23/01/2005 - 19/04/2005



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

COMUNE DI COMO – PONTE CHIASSO

A cura di ARPA Lombardia Dipartimento di Como

Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile

P.I. Roberto Gottardi

Dipl. Ing. Aurelio D'Amico

Elaborazione dei dati e relazione

Dr. Cristina Colombi

Dirigente U.O. Sistemi Ambientali

Dr. Cinzia Monti

Direttore del Dipartimento

Dr. Giuliano Inversini

Premessa

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura condotta con il Laboratorio Mobile tra il 23 gennaio ed il 19 aprile 2005 nel comune di Como, località Ponte Chiasso. La campagna è effettuata al fine di valutare il livello di inquinamento atmosferico sul territorio, con particolare attenzione per la vicina dogana e l'imbocco dell'autostrada A9.

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico COMUNE DI COMO – PONTE CHIASSO

Introduzione	
Laboratorio Mobile	pag. 4
Principali Inquinanti atmosferici	pag. 4
Normativa	pag. 5
Campagna di Misura	
Sito di Misura	pag. 7
Principali Sorgenti Emissive	pag. 9
Situazione Meteorologica nel periodo di misura	pag. 13
Andamento inquinanti nel periodo di misura	pag. 15
Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse	pag. 24
Conclusioni	pag. 30
<i>Allegato Dati Orari</i>	

Introduzione

Laboratorio Mobile

Per la campagna di misura, condotta dall'ARPA Dipartimento Provinciale di Como, è stato utilizzato un Laboratorio Mobile.

La strumentazione presente sul laboratorio permette il rilevamento di:

- Biossido di Zolfo (SO₂);
- Monossido di Carbonio (CO);
- Ossidi di Azoto (NO_x);
- Ozono (O₃);
- Particolato Fine (PM10) e Ultrafine (PM2,5);

La strumentazione che viene utilizzata in un laboratorio mobile deve rispondere a determinate caratteristiche previste dalla legislazione nazionale (DPR 203/88 e nel DPCM del 28/3/83 e succ. agg.). Anche per le altezze dei prelievi sono fornite indicazioni nazionali e regionali:

- il Monossido di Carbonio viene prelevato a 1,6 metri dal suolo (altezza uomo) e a non più di 3 metri dal ciglio della strada;
- la sonda per il prelievo di SO₂, NO_x, O₃ viene posta a 3 metri di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 metri.

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento nelle Direttive Regionali (L.R. 13/07/84), nazionali (DPR 31/05/91) e in quelle dell'Istituto Superiore di Sanità (Documento ISTISAN n. 89/10)

Principali inquinanti atmosferici regolati da normativa vigente

Inquinanti	Principali sorgenti
Biossido di Zolfo* SO ₂	Impianti riscaldamento, centrali di potenza (combustione di prodotti organici di origine fossile, contenenti zolfo)
Biossido di Azoto** NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** O ₃	Inquinante di origine fotochimica che si forma principalmente in presenza di ossidi di azoto
Polveri Totali Sospese* PTS	Particelle solide o liquide aerodisperse di origine sia naturale (erosione dal suolo, ecc.) che antropica (processi di combustione)
Particolato Fine*/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione
Idrocarburi non Metanici* NMHC (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio)

* = Inquinante Primario = Inquinante generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche;

** = Inquinante Secondario = Inquinante prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche

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. 203/88 – 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.G.R. 28/10/02).

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2005.

Biossido di Zolfo	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Standard di qualità (mediana rilevata durante l'anno ecologico -1 aprile/31 marzo)	24 h	D.P.R. 24/05/1988
	Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno ecologico -1 Standard di qualità (mediana rilevata durante il periodo invernale -1 ottobre/31 marzo))	24 h	D.P.R. 24/05/1988
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	24 h	D.P.R. 24/05/1988
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	1 h	D.M. 02/04/2002
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	24 h	D.M. 02/04/2002
	Valore limite protezione ecosistemi	Anno civile e inverno (1 ottobre - 31 marzo)	D.M. 02/04/2002
	Valore limite	24 h	D.G.R. 28/10/2002
	Soglia di allarme	1 h (rilevati su 3 h consecutive)	D.M. 02/04/2002 e D.G.R. 28/10/2002

Biossido di Azoto	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	1 h	D.P.R. 24/05/1988
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	1 h	D.M. 02/04/2002
	Valore limite protezione salute umana	Anno civile	D.M. 02/04/2002
	Valore limite	1 h (per 3 giorni consecutivi)	D.G.R. 28/10/2002
	Soglia di allarme	1 h (rilevata su 3 h consecutive)	D.M. 02/04/2002 e D.G.R. 28/10/2002

Ossidi di Azoto	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione vegetazione	Anno civile	D.M. 02/04/2002

Monossido di Carbonio	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Standard di qualità	1 h	D.P.C.M. 28/03/1983
	Standard di qualità	8 h	D.P.C.M. 28/03/1983
	Valore limite protezione salute umana	8 h	D.M. 02/04/2002
	Valore limite	8 h	D.G.R. 28/10/2002

Ozono	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana	8 h da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40* calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio; media su 5 anni	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Media su 8 h massima giornaliera nell'arco di un anno	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40* calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004
	Soglia di informazione	1 h	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004
	Soglia di allarme	1 h	D. Lgs. N. 183 del 21/05/2004

*AOT40 = somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 ug/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (espresso come (ug/m³)ora)

Particolato Fine PM10	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	24 h	D.M. 02/04/2002
	Valore limite protezione salute umana	Anno civile	D.M. 02/04/2002
	Valore limite	24 h	D.G.R. 28/10/2002

Idrocarburi non Metanici	Valore limite (ug/m3)	Periodo di mediazione	Legislazione
Totali	Valore obiettivo	3 h consecutive*	D.P.C.M. 28/03/1983
Benzene	Valore obiettivo	Anno civile	D.M. 02/04/2002
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Anno civile	D.M. 25/11/1994

Gli obiettivi di qualità su base annua delle concentrazioni di IPA fanno riferimento alle concentrazioni di benzo(a)pirene (D.M. 25/11/1994)

*: da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodo dell'anno nei quali si siano verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono

Periodo di Misura: 23 gennaio – 19 aprile 2005

Sito di misura: Comune di Como – Ponte Chiasso

Il laboratorio mobile è stato posizionato in Via Brogeda, in un parcheggio situato accanto alla Scuola Elementare, in prossimità della dogana.

I principali assi stradali sono l'imbocco dell'autostrada A9 "Milano-Como-Chiasso" e la strada che collega Como alla Svizzera; il primo si trova a circa 50 m dal punto di posizionamento del laboratorio mobile, mentre la seconda è distante circa 200 m.



Punto di posizionamento del Laboratorio Mobile



Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Como è stato utilizzato l'inventario regionale, denominato INEMAR (Inventario Emissioni Aria). Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- 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:

- Biossido di Zolfo (SO_2)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH_4)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO_2)
- Ammoniaca (NH_3)
- Protossido di Azoto (N_2O)
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai $10 \mu\text{m}$ (PM10)

I dati sono stati elaborati al fine di definire i contributi delle singole sorgenti all'inquinamento atmosferico. Per i principali inquinanti sono state valutate le loro principali fonti emissive all'interno del comune di Como.

Le emissioni di **biossido di zolfo** derivano per la maggior parte dai processi legati alla combustione non industriale (dovuti per lo più agli impianti di riscaldamento civile), 38 %, trattamento e smaltimento dei rifiuti (25 %) ed alla produzione di energia e trasformazione dei combustibili (18 %). Como contribuisce al 22,3 % delle emissioni annuali di SO_2 nella provincia.

Le emissioni di **ossidi di azoto** nel comune di Como influiscono in misura del 16,8 % sul totale provinciale. Circa metà delle emissioni di ossidi azoto sono riconducibili alle autovetture e soprattutto ai mezzi pesanti e risultano essere in termini assoluti pari a 1196 t/anno.

Il **monossido di carbonio** è un inquinante la cui origine è da ricondursi quasi esclusivamente al trasporto su strada; è stata stimata una cifra pari a circa 4218 t/anno (il 9,5 % del totale provinciale), per il 90 % da attribuirsi al traffico autoveicolare.

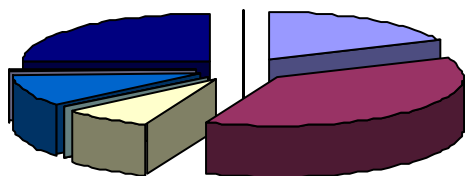
Per quanto riguarda il **particolato fine (PM10)** la principale sorgente all'interno del comune di Como è ancora il traffico autoveicolare, stimato nel 67 % sul totale; il valore assoluto è pari a circa 71 t/anno, il 6,8 % delle emissioni provinciali.

Infine la metà delle emissioni di **composti organici volatili (COV)** è attribuita all'uso di solventi mentre il 31 % al trasporto su strada; la loro stima annua risulta pari a 1926 t/anno (10,8 % del totale provinciale).

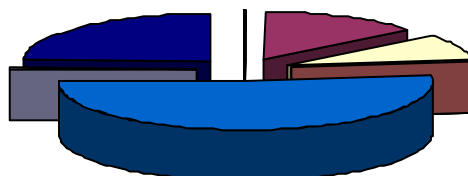
Si riportano in grafici e tabelle le stime relative ai principali inquinanti emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno del comune di Como. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera Provincia di Como.

Si fa presente inoltre che l'inventario storico utilizzato si basa su dati riferiti al 2001.

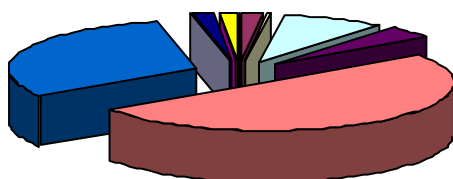
Biossido di zolfo (SO₂)



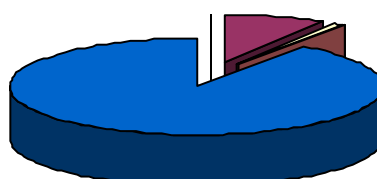
Ossidi di azoto (NO_x)



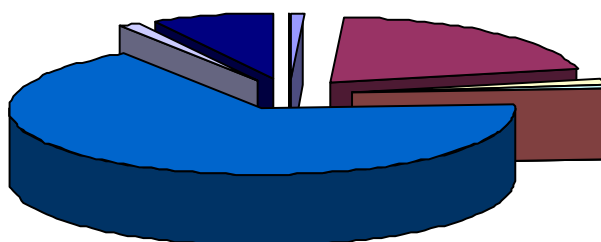
Composti Organici Volatili (COV)



Monossido di carbonio (CO)



PM10



- Produzione energia e trasform. combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Comune di Como

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NO _x t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	27,1	4,4	0,1	0,4	0,6
Combustione non industriale	55,6	161,2	38,7	371,1	14,8
Combustione nell'industria	11,3	109,5	4,8	39,2	1,0
Processi produttivi			167,9		0,6
Estrazione e distribuzione combustibili			77,7		
Uso di solventi			976,6		
Trasporto su strada	16,2	624,3	596,9	3802,6	47,8
Altre sorgenti mobili e macchinari	0,4	7,7	1,0	2,2	1,0
Trattamento e smaltimento rifiuti	36,7	288,7	33,0	2,8	5,6
Agricoltura		0,1			
Altre sorgenti e assorbimenti			29,4		

Provincia di Como

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂ t/anno	NO _x t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	27	4	0,1	0,4	1
Combustione non industriale	362	999	1157	13857	385
Combustione nell'industria	51	1028	118	4645	7
Processi produttivi			1154	2	29
Estrazione e distribuzione combustibili			390		
Uso di solventi			8929		
Trasporto su strada	114	4275	3555	19907	325
Altre sorgenti mobili e macchinari	25	293	39	88	32
Trattamento e smaltimento rifiuti	37	289	33	4	6
Agricoltura		6	1		
Altre sorgenti e assorbimenti	46	204	2422	5858	259

Situazione meteorologica nel periodo di misura

La campagna di Qualità dell'Aria è stata condotta tra il 24 settembre ed il 5 novembre 2003.

Il periodo di misura è stato caratterizzato da tempo prevalentemente instabile e perturbato, caratterizzato da importanti fenomeni di piogge e vento intenso, mentre sono state rare e di breve durata le situazioni di tempo stabile e favorevole all'accumulo degli inquinanti. I valori medi giornalieri di pressione al suolo hanno fatto registrare valori compresi tra i 971 e i 1006 mbar. La temperatura ha mostrato un trend decrescente; la media giornaliera massima è stata 18,2 °C il 24 settembre, mentre la minima è stata 4,3 °C il 5 novembre; la massima media oraria è stata registrata il 9 ottobre alle 15 (25,4 °C); la media relativa all'intero periodo infine è risultata pari a 12,2 °C. L'umidità relativa ha fatto registrare un valore medio del 68%, con oscillazioni delle medie giornaliere tra il 24 e il 97%. Nel primi giorni di ottobre ha avuto luogo qualche fenomeno di precipitazione poco significativo, mentre nella parte finale del mese le piogge sono state più intense (53 mm il 23 ottobre e 64 mm il giorno 31); nell'intero periodo di misura (43 giorni) sono stati registrati 170 mm di pioggia e 28 giorni in cui sono state registrate precipitazioni. Le medie giornaliere di velocità del vento si sono mantenute quasi sempre tra 1 e 2 m/s, escluso un periodo tra il 5 ed il 9 ottobre in cui le velocità sono state al di sopra di 2,5 m/s (massimo di 4,6 m/s il giorno 8); il massimo orario è stato l'8 ottobre (9,8 m/s).

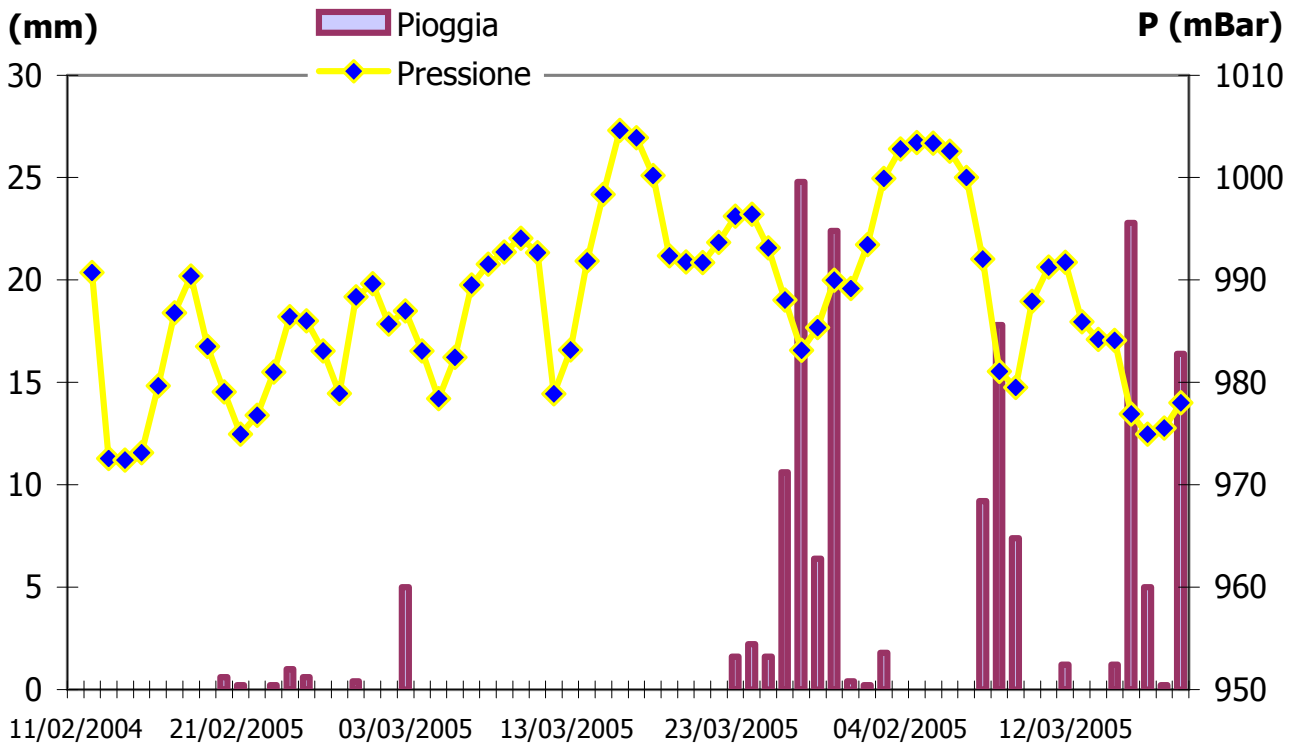
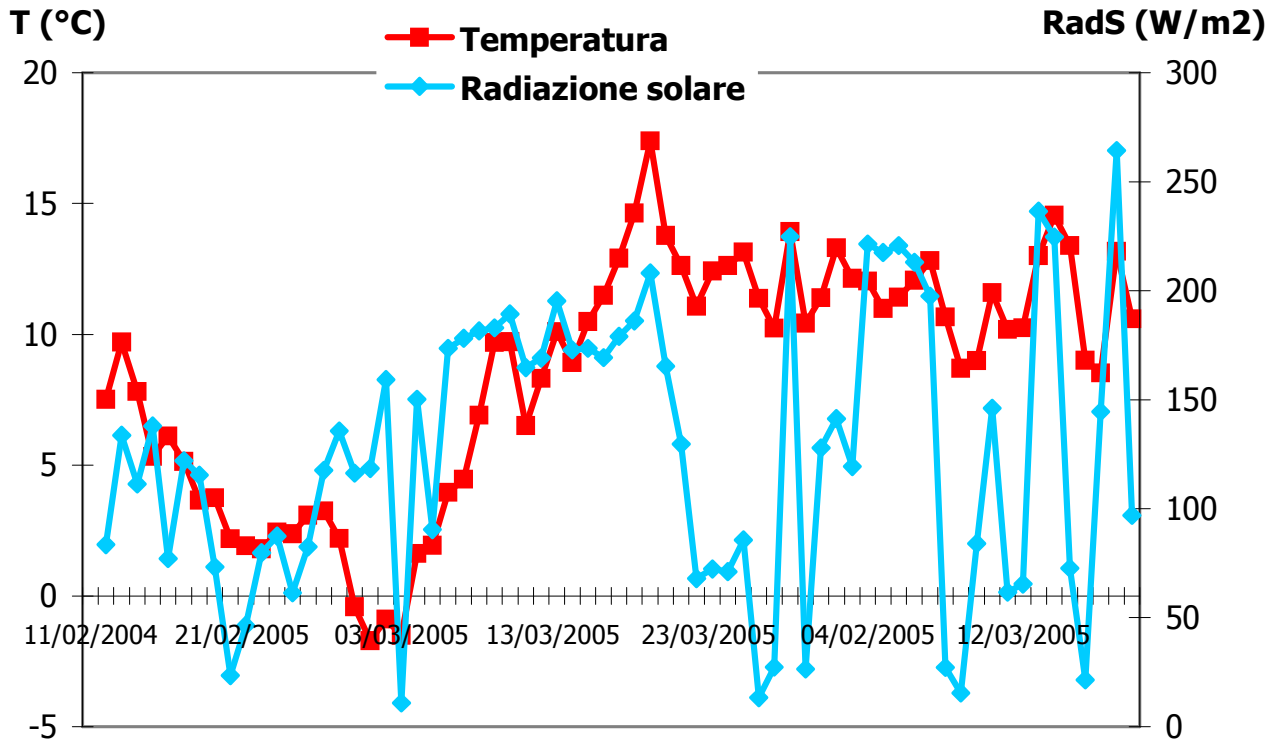
Premesso che il periodo di misura è caratterizzato dal progressivo aumento emissioni in atmosfera di inquinanti (maggiore traffico indotto dalla riapertura delle scuole, maggiore influenza del riscaldamento nelle abitazioni causato dall'abbassamento delle temperature), complessivamente nel periodo di indagine le condizioni meteorologiche (instabilità atmosferica, piogge frequenti, fenomeni di vento intenso) hanno impedito l'accumulo e favorito la dispersione degli inquinanti.

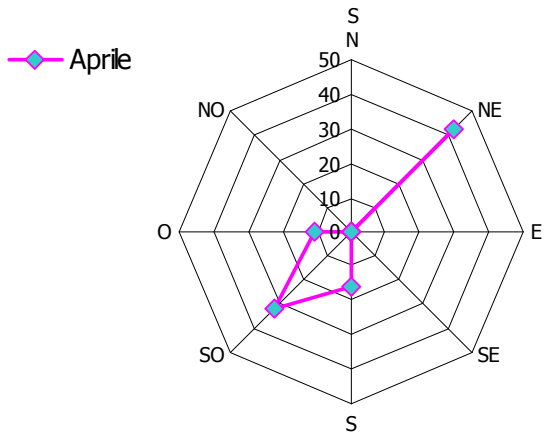
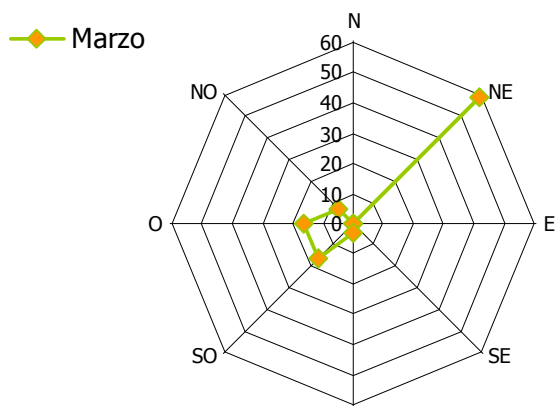
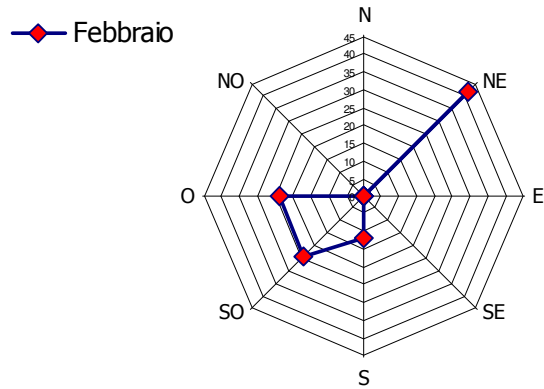
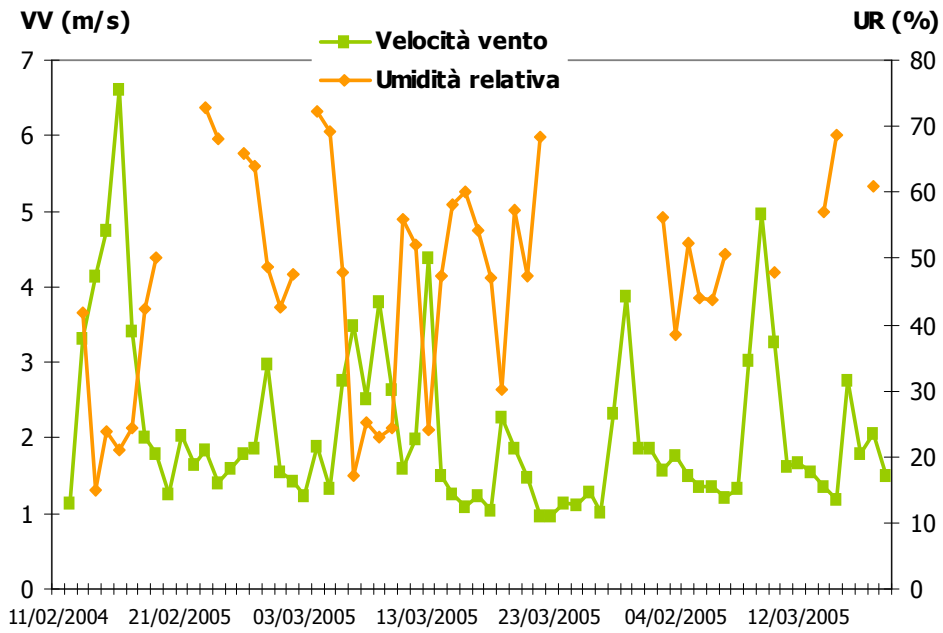
Relativamente ai principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura dal laboratorio mobile si riportano i seguenti grafici:

- Precipitazione (mm) e [Pressione](#) (mbar)
- Temperatura (°C) e [Radiazione Solare](#) (W/m²)
- [Velocità del Vento](#) (m/s) e [Umidità Relativa](#) (%)

I dati relativi alla pressione, alla radiazione solare, alla velocità del vento e all'umidità relativa si riferiscono alla postazione meteo di [Como Villa Gallia](#).

Parametri meteo rilevati nella stazione di Como Villa Gallia durante la campagna di misura di Ponte Chiasso (23 gennaio - 19 aprile 2005)





Andamento inquinanti nel periodo di misura

Gli andamenti nel tempo dei diversi inquinanti, oltre a variare in funzione della presenza o meno di sorgenti emissive dipendono anche dalle condizioni meteorologiche che generalmente si instaurano durante il periodo di misura.

Come già precedentemente espresso, nella quasi totalità del periodo preso in esame le condizioni meteorologiche sono state favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

La presenza in aria di **biossido di zolfo (SO₂)** è da ricondursi al contenuto di zolfo nei combustibili fossili. Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha permesso di migliorare i processi di combustione, rendendo disponibile combustibile a basso tenore di zolfo. Le concentrazioni di biossido di zolfo sono così rientrate nei limiti legislativi previsti. In particolare in questi ultimi anni grazie al passaggio al gas naturale le concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

I livelli di questo inquinante nel periodo di misura si sono mantenuti ben al di sotto della soglia di attenzione di 125 µg/m³: in particolare la massima concentrazione giornaliera è stata pari a 7 µg/m³. Il massimo valore orario è stato di 21 µg/m³, anche in questo caso di gran lunga inferiore ai 350 µg/m³ previsti dal D.M. 60/02 come valore limite di protezione della salute umana.

Il giorno-tipo di questo inquinante presenta un andamento lievemente modulato sia nelle giornate feriali che festive e prefestive, con un picco mattutino ed uno serale.

Il **monossido di carbonio (CO)**, ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. E' un gas la cui origine al suolo e in area urbana è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare (in particolare quando le autovetture sono in fase di decelerazione) e come tale le sue concentrazioni dipendono dai flussi di traffico in prossimità della zona in cui avviene il prelievo. I livelli di concentrazione massima durante il giorno si raggiungono generalmente in concomitanza alle punte di traffico lavorativo di inizio e fine giornata, particolarmente accentuati nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono poi a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

Durante il periodo di misura nella postazione di Ponte Chiasso le concentrazioni di monossido di carbonio non hanno mai superato i limiti di legge: la massima media mobile su 8 ore è stata pari a 4,6 mg/m³, rispetto alla soglia di attenzione di 10 mg/m³. Anche il massimo valore orario, risultato pari a 11,3 mg/m³, è inferiore ai 40 mg/m³ previsti come standard di qualità.

Nei giorni feriali e prefestivi è riconoscibile un andamento riconducibile al traffico autoveicolare associato al movimento verso e da il posto di lavoro, con un picco mattutino alle 8 ed uno serale alle 18. Durante i giorni festivi il trend è più irregolare, anche se si riconosce un picco serale intorno alle 19.

Gli **ossidi di azoto (NO e NO₂)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito dei processi di combustione che si generano negli impianti di riscaldamento, e nei motori a scoppio degli autoveicoli. Le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando le autovetture sono a regime di marcia sostenuta e/o si trovano in fase di accelerazione. Al momento dell'emissione il rapporto in volume tra NO₂ e NO è a favore di quest'ultimo.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, tuttavia viene misurato in quanto oltre a trasformarsi in tempi brevi in NO₂, le sue emissioni contribuiscono ai processi fotochimici per la produzione di O₃ troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori di qualità.

Durante il periodo di misura le concentrazioni di NO₂ hanno fatto registrare un paio di superamenti dei limiti di legge di 200 µg/m³ previsti come soglia di attenzione. La massima concentrazione oraria è risultata pari a 202,3 µg/m³.

L'andamento giornaliero del monossido di azoto, originato principalmente dal traffico autoveicolare, mostra andamenti simili al monossido di carbonio dei giorni feriali e prefestivi: sono infatti riconoscibili un picco mattutino alle 8 ed uno serale alle 19, con valori più elevati nei giorni feriali; nei giorni festivi invece l'andamento è quasi piatto. Anche il biossido di azoto presenta nei giorni festivi e prefestivi un andamento con due modulazioni (i picchi sono tra le 8 e le 9 e intorno alle 20), facendo registrare valori pressoché costanti nei giorni feriali, eccezion fatta per le prime ore del mattino e a tarda notte.

A differenza dei suoi precursori, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse in prossimità delle sorgenti, la formazione di **ozono (O₃)** è più complessa. Inquinante secondario, viene prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono NO_x e composti organici volatili. Nelle atmosfere dei centri urbani, durante le ore in cui il traffico è più intenso, si ha un graduale accumulo di NO con successiva formazione di NO₂. Si arriva quindi alla formazione di ozono, che raggiunge valori massimi durante le ore centrali della giornata. Nel corso del pomeriggio la diminuzione della radiazione solare e la nuova emissione di reattivi riducono progressivamente i livelli di ozono, riportandolo a valori minimi.

Durante il periodo di misura l'ozono non ha superato la soglia di attenzione di 180 µg/m³: il massimo valore orario registrato è stato infatti di 142 µg/m³. Anche rispetto al valore di protezione della salute umana, riferito alla media mobile su 8 ore e fissato a 110 µg/m³, il dato rilevato a Ponte Chiasso è risultato inferiore, in quanto il valore massimo è stato pari a 101 µg/m³.

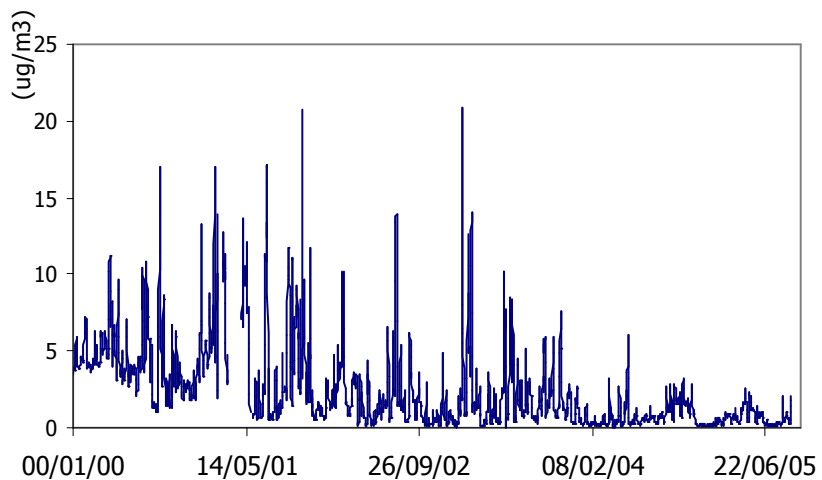
L'andamento di questo inquinante risulta differente da quelli primari, direttamente influenzati dalle sorgenti di emissione. L'andamento è "a campana", con un massimo poco dopo il periodo di maggior insolazione, quando cioè i processi di formazione dell'ozono sono favoriti per la maggior presenza di luce solare; i massimi si registrano infatti intorno alle 16.

L'evoluzione temporale dei diversi inquinanti monitorati è rappresentata con l'utilizzo di grafici relativi a:

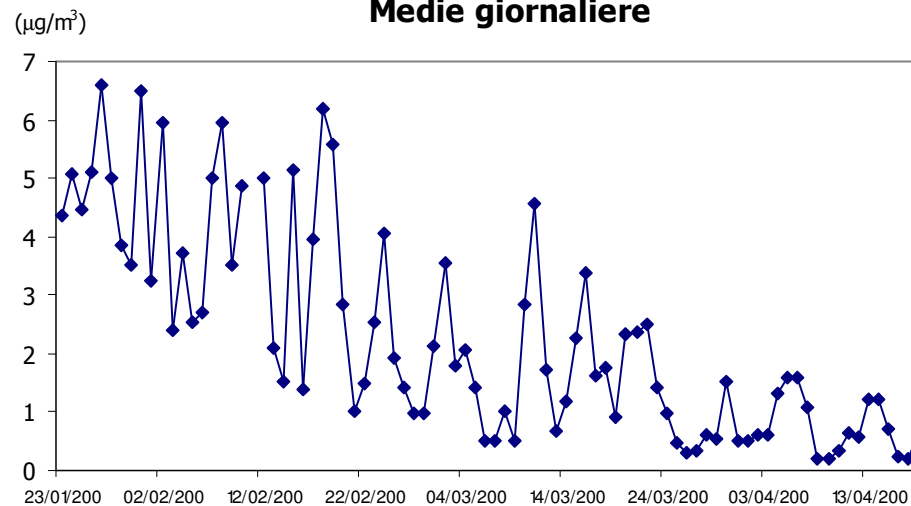
- concentrazioni medie orarie: evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie di 8 h: ogni valore è ottenuto come media tra l'ora *h* e le 7 ore precedenti l'ora *h*.
- concentrazioni medie giornaliere: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 23.00 dello stesso giorno;
- giorno tipo: evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Si fa inoltre presente che l'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare.

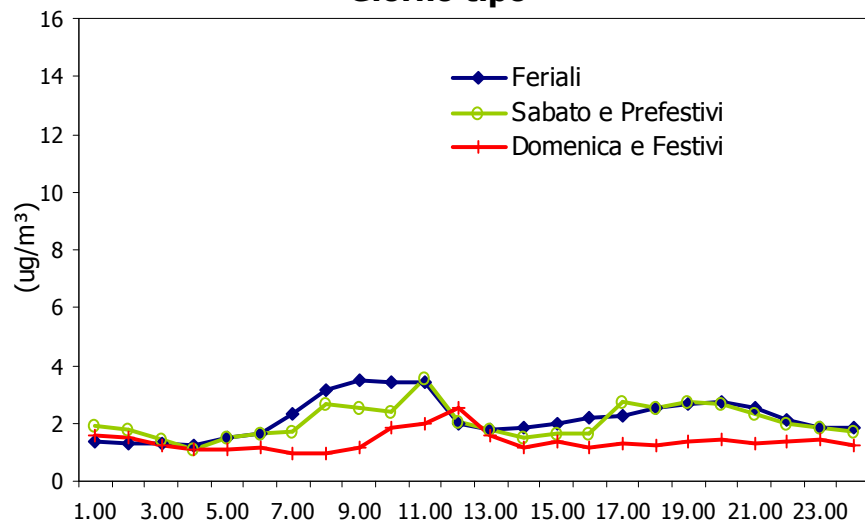
Biossido di zolfo Concentrazioni orarie



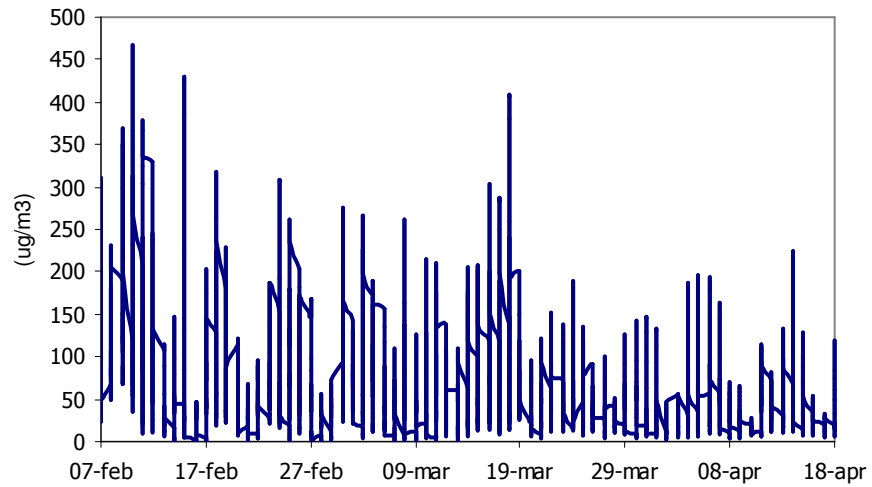
Biossido di zolfo Medie giornaliere



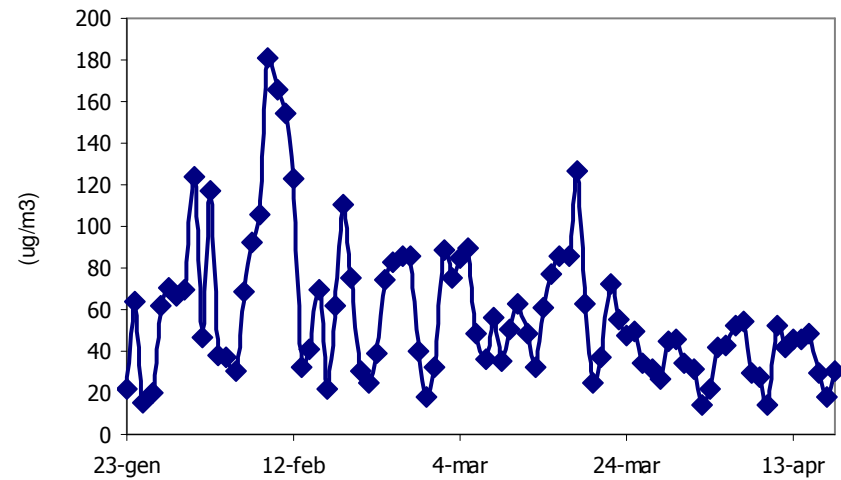
Biossido di zolfo Giorno tipo



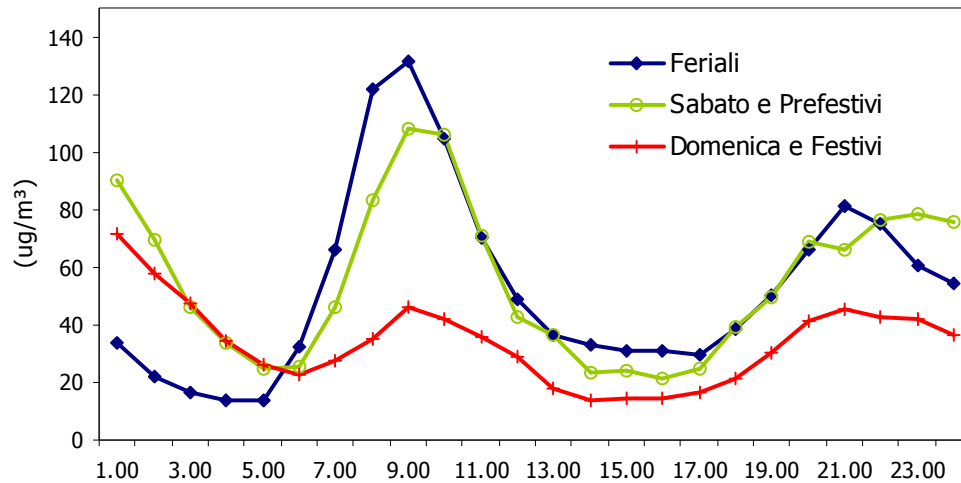
**Monossido di azoto
Concentrazioni orarie**



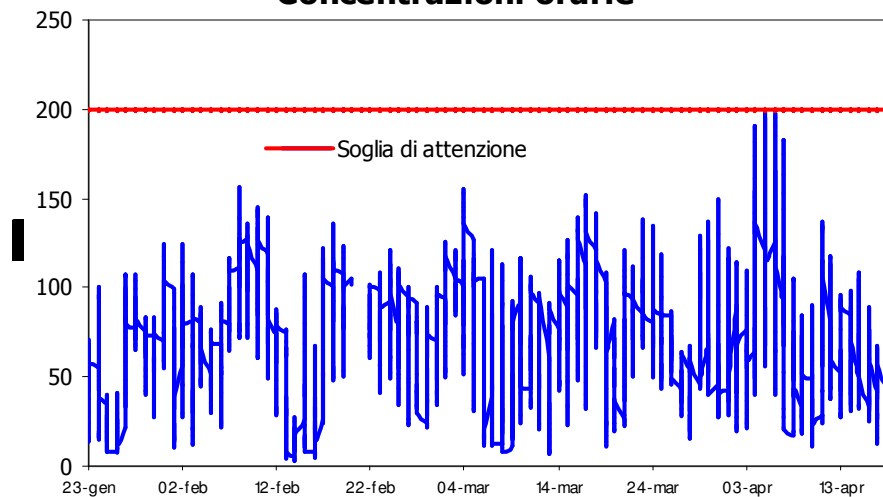
**Monossido di azoto
Medie giornaliere**



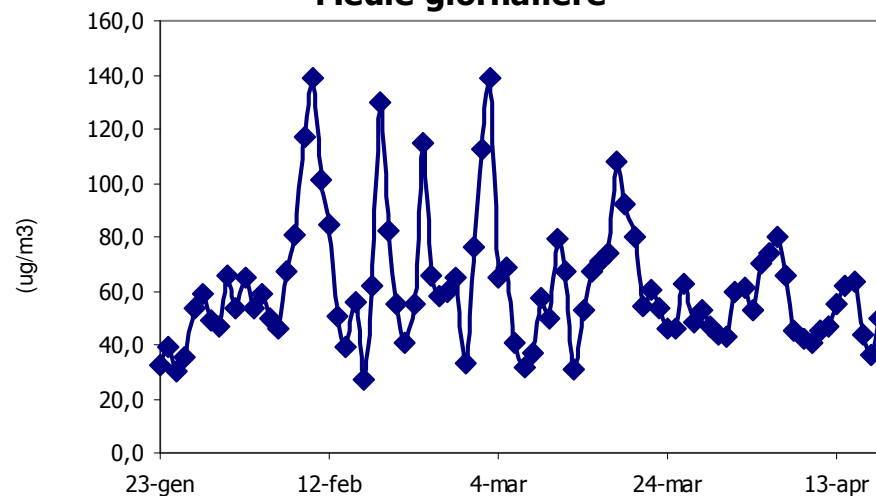
Monossido di azoto - Giorno tipo



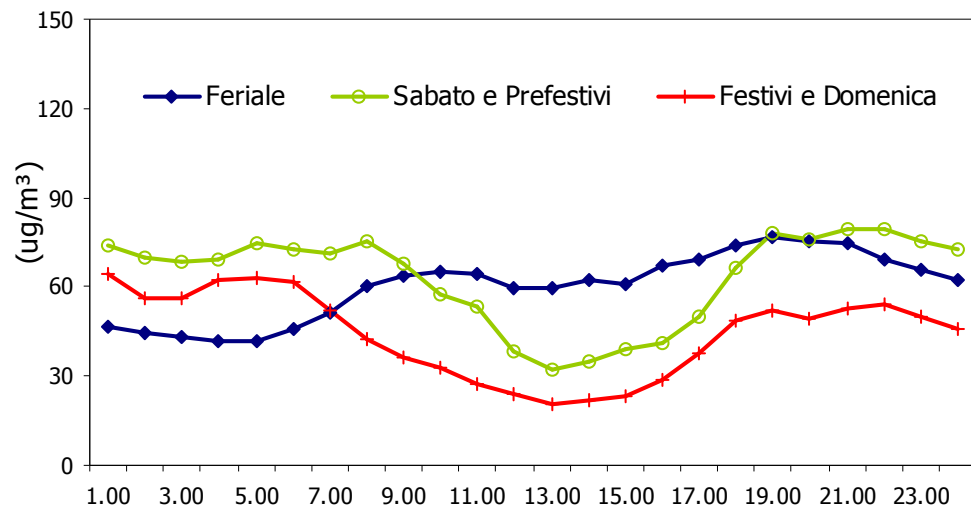
**Biossido di azoto
Concentrazioni orarie**



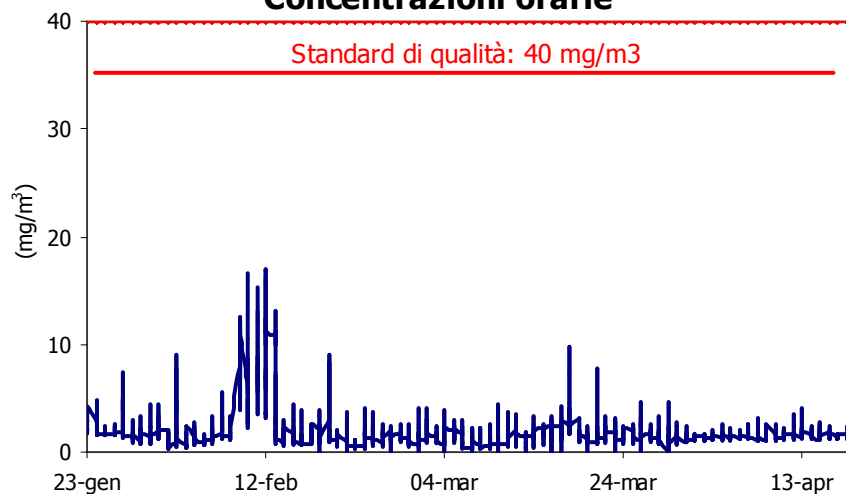
**Biossido di azoto
Medie giornaliere**



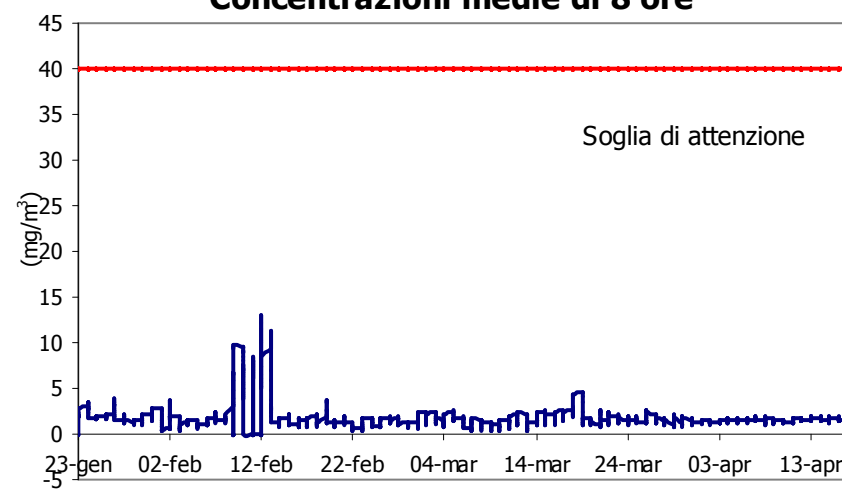
Biossido di azoto - Giorno tipo



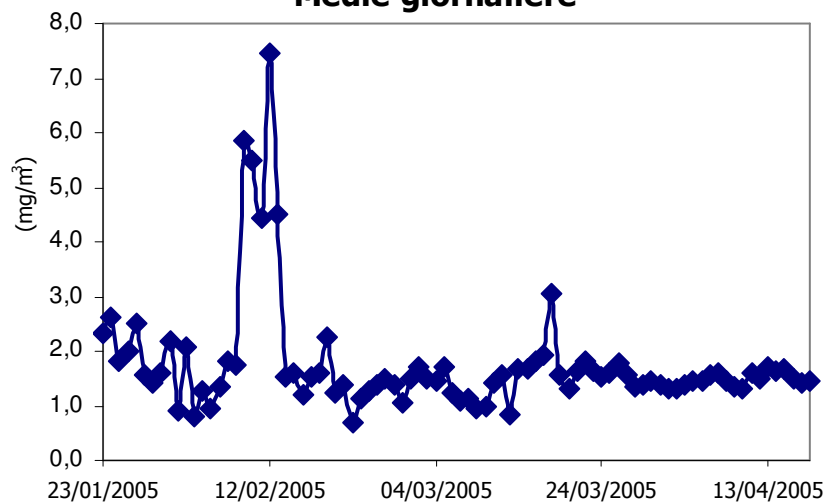
Monossido di carbonio Concentrazioni orarie



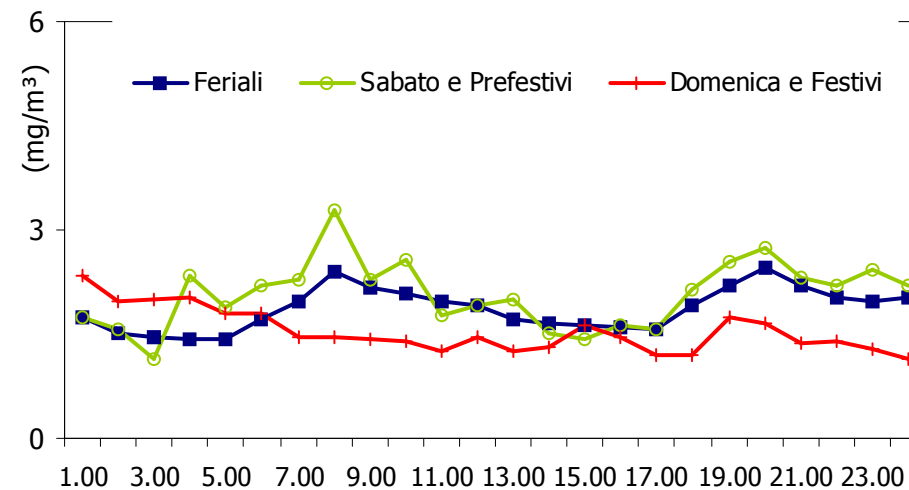
Monossido di carbonio Concentrazioni medie di 8 ore



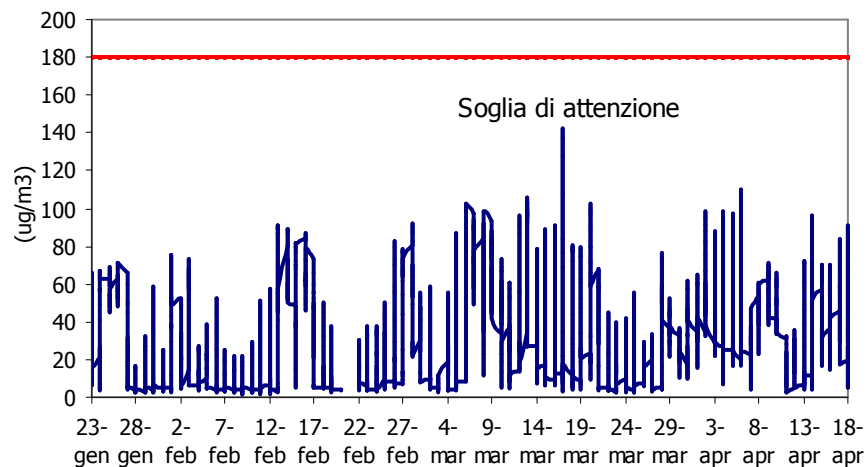
Monossido di carbonio Medie giornaliere



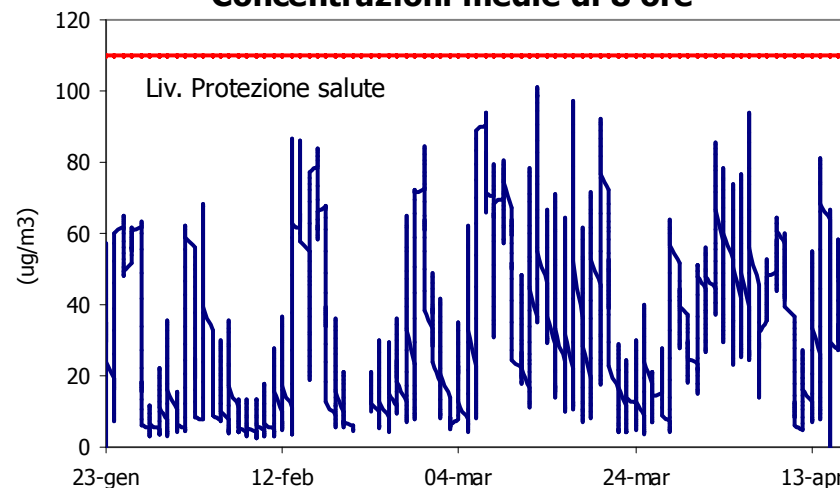
Monossido di carbonio - Giorno tipo



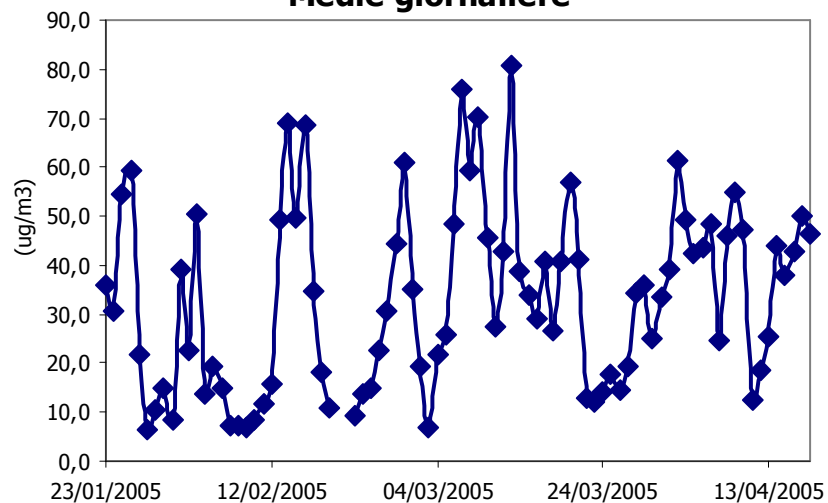
Ozono
Concentrazioni orarie



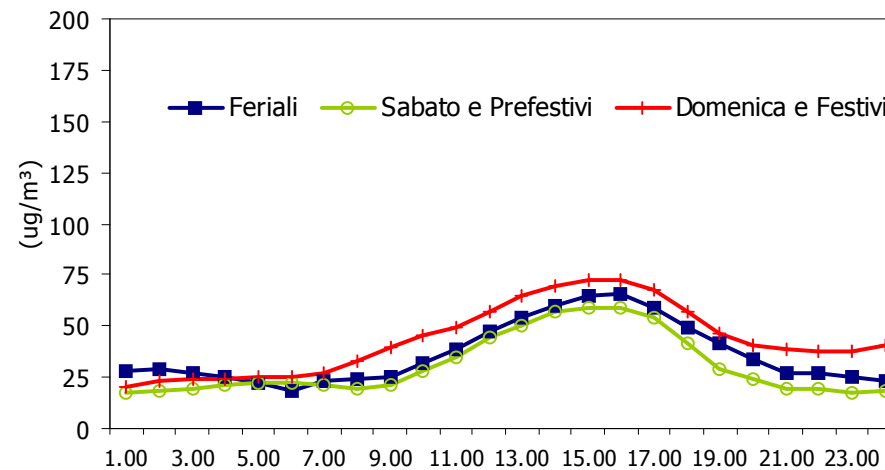
Ozono
Concentrazioni medie di 8 ore



Ozono
Medie giornaliere



Ozono - Giorno tipo



Analisi delle concentrazioni di PM10 e PM2,5

Il **Particolato Fine (PM10)** è considerato uno dei "nuovi inquinanti". Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. 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. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche. Il Particolato Totale Sospeso è costituito da particelle con dimensioni differenti: si possono misurare particelle con diametro aerodinamico dell'ordine di alcune frazioni di micron fino a particelle con diametro attorno alle decine di micron. Le particelle ritenute dannose a livello sanitario sono quelle "fini" che presentano caratteristiche tali da penetrare nelle vie respiratorie. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono così prese in considerazione particelle con diametro inferiore a 10 μm . Il **Particolato Ultrafine (PM2,5)** è una frazione del PM10, costituita dalle particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 μm , in grado di penetrare nelle vie respiratorie più profonde, gli alveoli polmonari.

La misura di PM10 e PM2,5 a Ponte Chiasso è stata effettuata mediante campionatori gravimetrici: dopo un'aspirazione di 24 ore che fa depositare il particolato su apposite membrane filtranti, la concentrazione viene calcolata mediante pesate effettuate prima e dopo il campionamento. A differenza degli analizzatori automatici, che sono installati nelle postazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria e che sono in grado di fornire misure in tempo reale e su scala oraria, i campionatori utilizzati per la campagna di misura permettono di ottenere solo dati su base giornaliera.

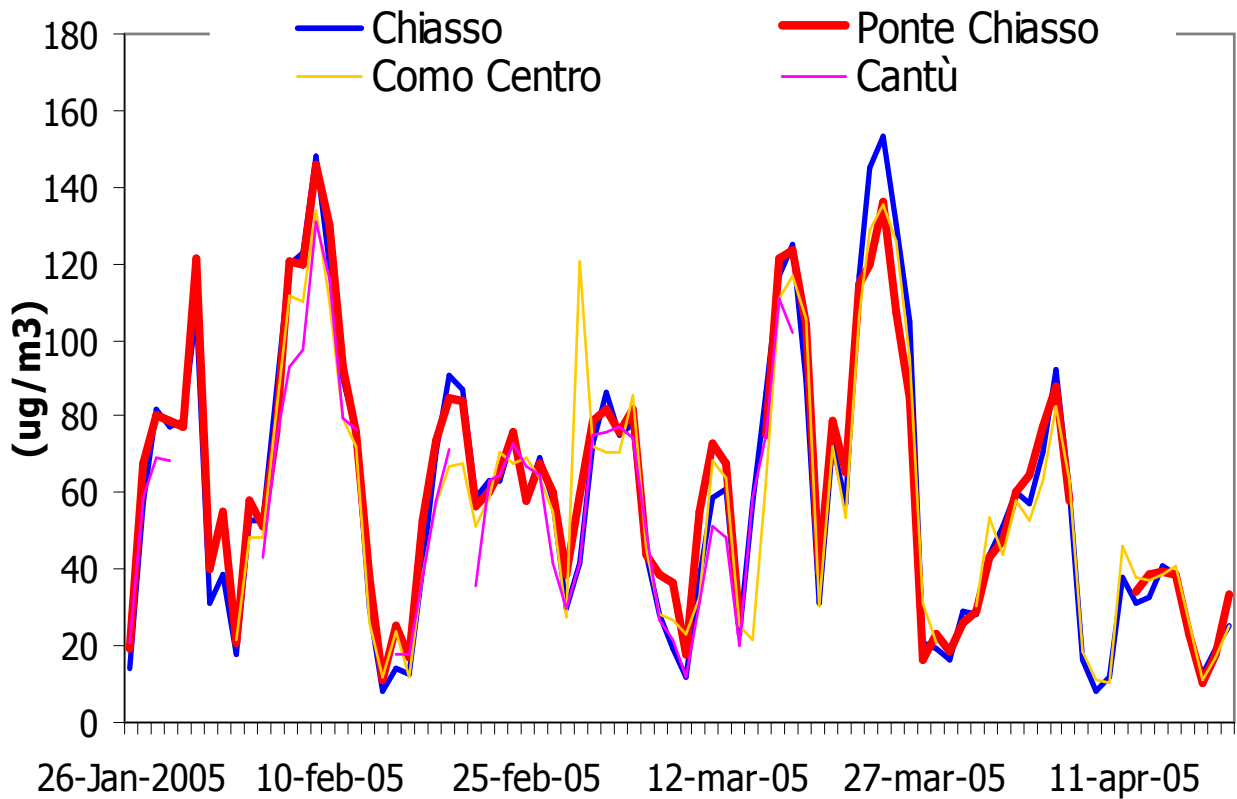
Mentre per il PM2,5 non sono ancora stati fissati limiti, la soglia di attenzione per il PM10 è fissata dal D.M. 60 a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione media giornaliera. Durante il periodo di misura come atteso a causa della stagione invernale e delle sfavorevoli condizioni meteorologiche (elevata frequenza inversioni termiche, pochissimi fenomeni ventosi e piovosi fino ad oltre metà campagna) si sono verificati ben 50 superamenti dei limiti di legge, raggiungendo a Ponte Chiasso un massimo di 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I dati rilevati a Ponte Chiasso sono stati messi a confronto con quelli registrati nel medesimo periodo dalla strumentazione presente in alcune centraline di comuni appartenenti alla rete fissa della provincia di Como e con la strumentazione automatica presente nella centralina speculare di Chiasso, appartenente alla rete del Canton Ticino. I dati rilevati mostrano un andamento delle concentrazioni giornaliere simili tra i siti, con una media sul periodo confrontabile tra loro; gli andamenti molto correlati mostrano come il PM10 sia meno influenzato da realtà locali e risulti caratteristico di tutta la zona.

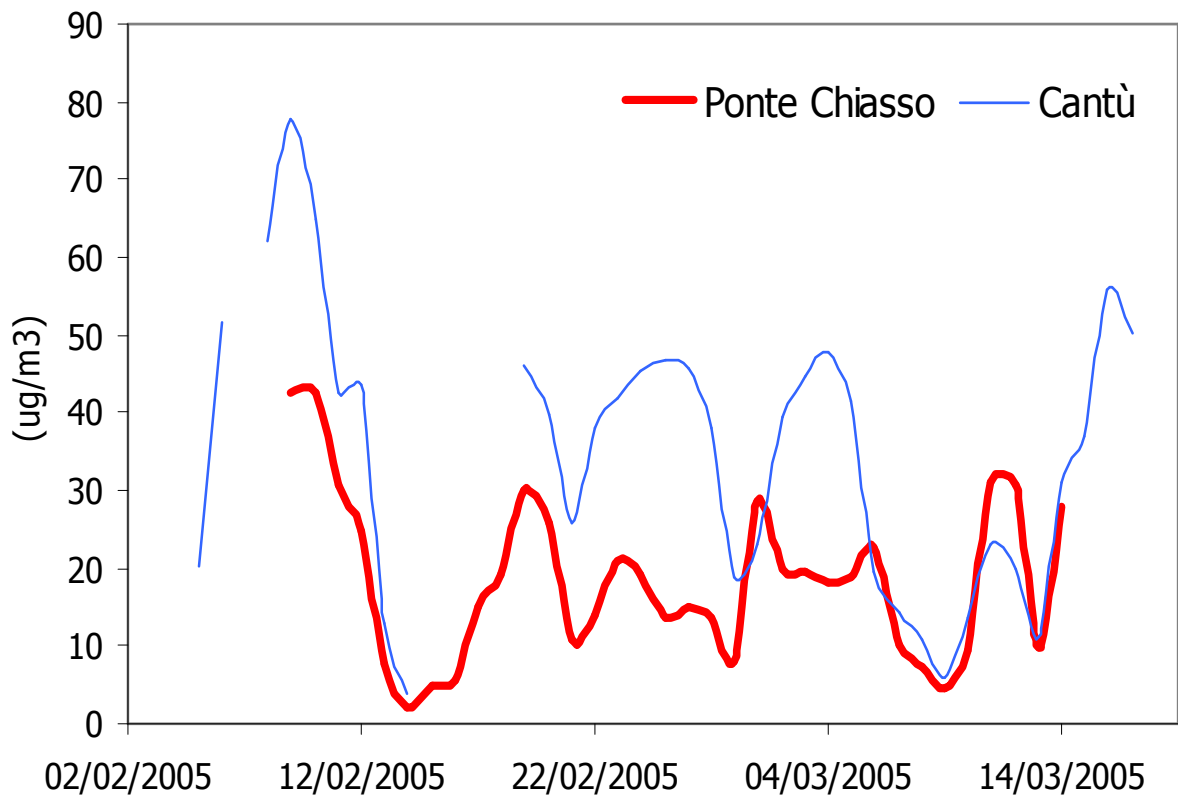
Da un confronto delle concentrazioni di PM10 e PM2,5 è possibile ricavare il rapporto medio tra le due frazioni del particolato totale. Tale rapporto può variare a seconda del sito e della stagione, e quindi a seconda delle differenti sorgenti emissive primarie, oltre che alle diverse condizioni atmosferiche. Nel periodo di misura il rapporto medio tra PM2,5 e PM10 a Ponte Chiasso è stato pari a 0.3. Come confronto, il rapporto PM2,5/PM10 misurato nel 2004 a Como Centro è stato pari al 0.7 e 0.5 a Cantù.

Tabella valori medi periodo e rapporto 2,5/10

PM10 - Concentrazione assoluta media giornaliera



PM2.5 - Concentrazioni assolute medie giornaliere



Analisi mediante ICP-AES

Sui filtri di PM10 e PM2,5 campionati tra il 14 ed il 22 maggio sono state effettuate analisi mediante un analizzatore a Fluorescenza a Raggi X (XRF) che hanno permesso di valutare quantitativamente la composizione del particolato depositato su filtro per quanto riguarda le concentrazioni dei seguenti elementi: alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br) e piombo (Pb). Le analisi sono state effettuate dal personale del Dipartimento di Mantova.

Nell'Allegato Dati sono riportate le tabelle delle concentrazioni assolute, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e di quelle relative (ottenute dividendo le prime per la concentrazione di PM10 e PM2,5), in ppm.

L'unico elemento normato tra quelli rilevati è il piombo, con un limite di $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media annuale (Decreto Legislativo n. 351 del 4 agosto 1999). Nel periodo di misura le concentrazioni di piombo non hanno praticamente mai superato $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore medio pari a $0,079 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche tenendo conto che nel periodo invernale le condizioni meteorologiche sono più favorevoli all'accumulo degli inquinanti, si stima improbabile il superamento del limite annuale per questo elemento.

Un indicatore importante per valutare l'origine, antropica o naturale, degli elementi presenti nel PM10 è costituito dai fattori di arricchimento. I fattori di arricchimento (FA) sono ottenuti come quoziente tra i rapporti della concentrazione in aria e nel suolo di ciascun elemento e di un elemento di riferimento (nel nostro caso il potassio, considerato di sola origine naturale):

$$FA = (C_{\text{aria,el}}/C_{\text{aria,rif}})/(C_{\text{suolo,el}}/C_{\text{suolo,rif}}).$$

Un FA maggiore dell'unità indica che per quell'elemento esiste una sorgente diversa dalla risospensione dal suolo dovuta alle turbolenze dell'aria, sia di origine naturale che antropica.

Tabella FA: PM10, Monguzzo 2003

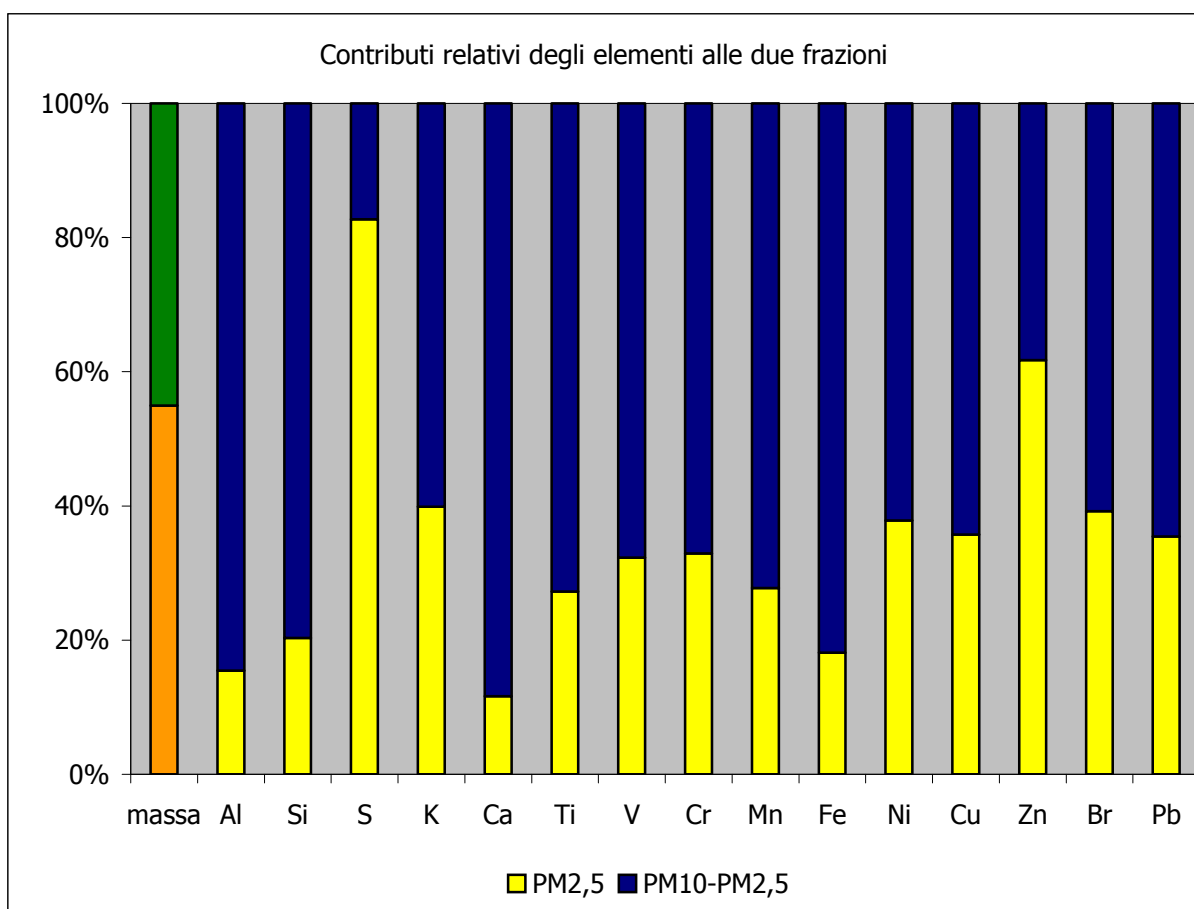
	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
FA	0,4	0,3	34	1	3	1	16	22	3	1	23	35	82	703	473

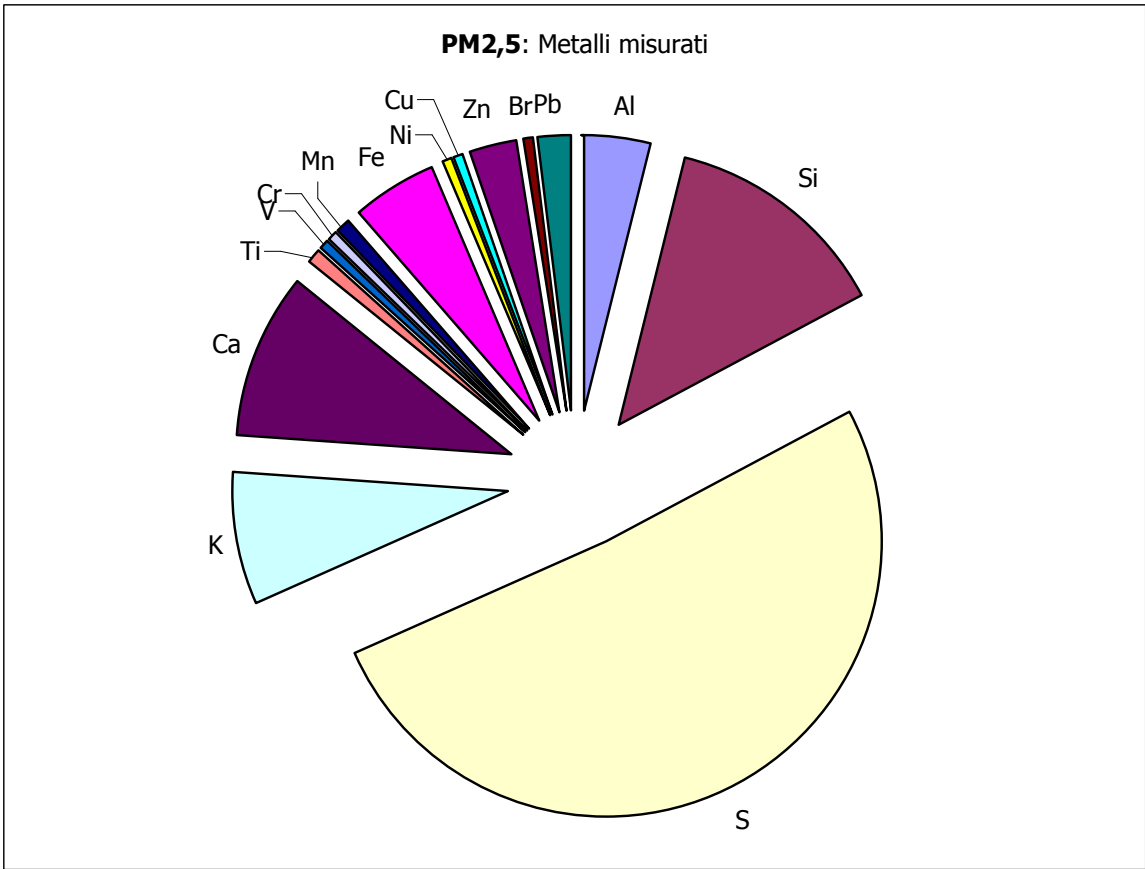
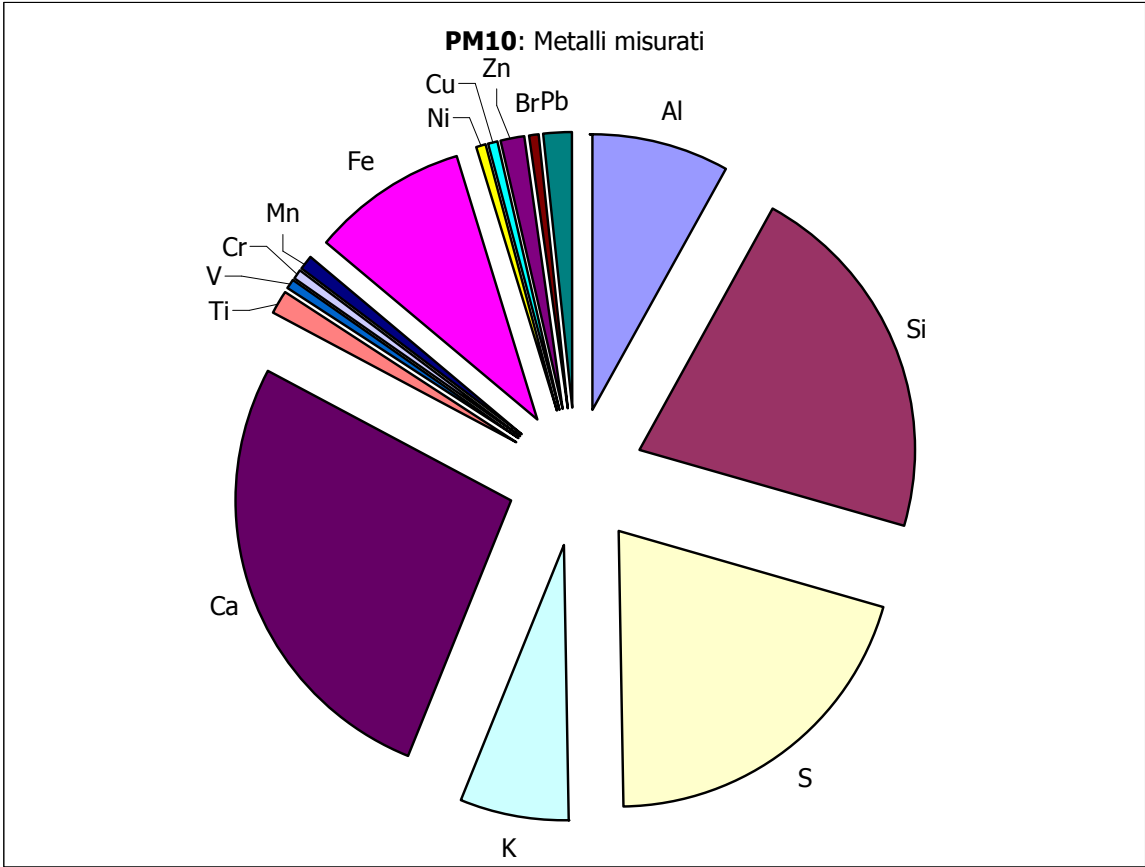
Dalla tabella è possibile evidenziare elementi di chiara origine terrigena, come alluminio, silicio, calcio, titanio e ferro con valori intorno all'unità. Valori di FA ben superiori all'unità si riscontrano invece per bromo, piombo, zinco, rame e zolfo, come aspettato dal momento che questi elementi sono emessi da diverse attività industriali e, per lo zolfo, dai motori diesel. Per alcuni elementi (vanadio, cromo e nichel) si riscontrano alti valori di FA, se confrontati con quelli rilevati a Como nel giugno del 2001 durante una campagna analoga; è doveroso però sottolineare che le concentrazioni misurate per questi elementi sono di poco superiori ai limiti di rilevabilità strumentale, anche a causa dei bassi valori di PM10 nel periodo di campionamento. Anche le concentrazioni di piombo e bromo risultano con FA decisamente più alti rispetto a quelli misurati a Como nel 2001.

Tabella FA: PM10, Como 2001

	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
FA	0,3	0,4	89	1	4	1	4	8	2	2	5	74	97	198	210

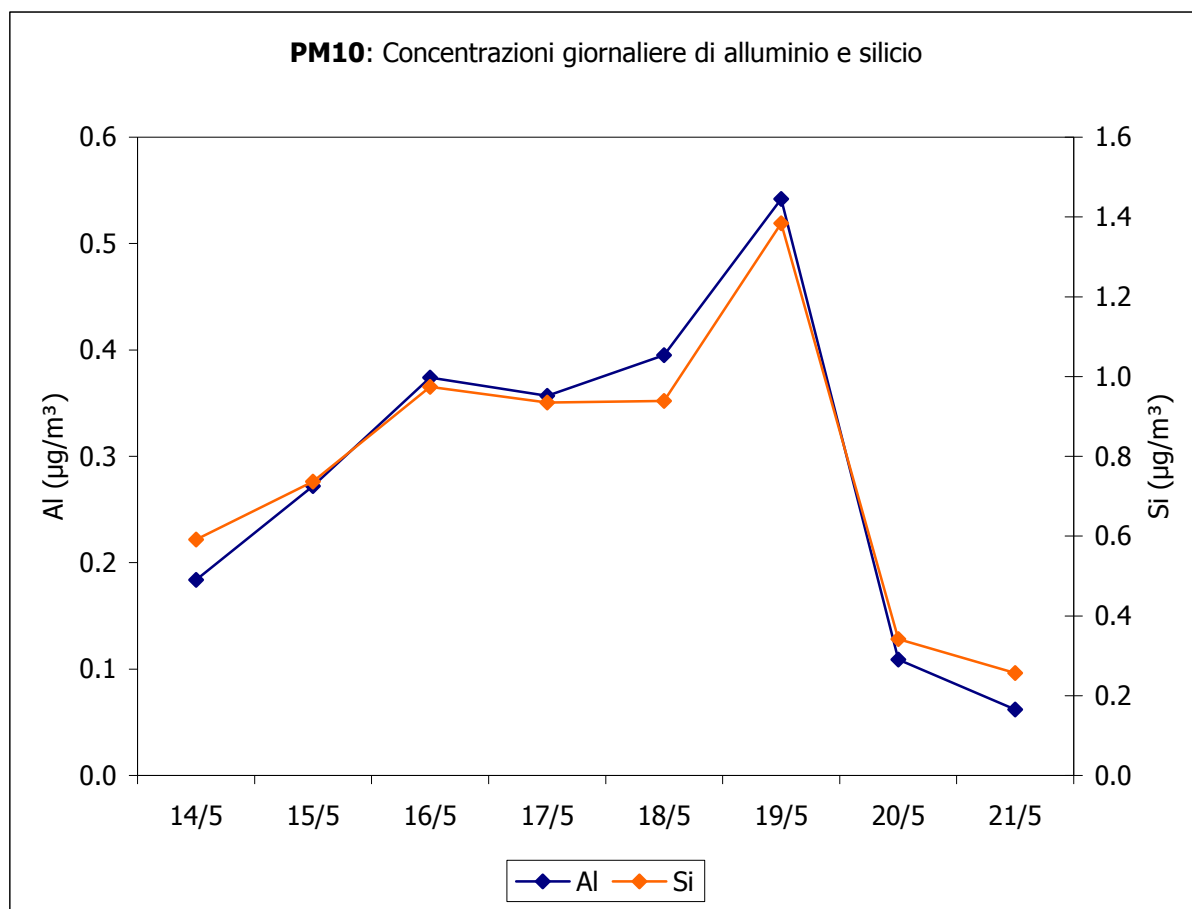
Nell'analisi effettuata a Monguzzo i metalli misurati secondo la tecnica di fluorescenza X costituiscono il 17% della massa totale del PM10 e il 10% della massa totale del PM2,5. Analizzando la composizione percentuale delle due frazioni del particolato risulta evidente come nel PM10 è presente maggiormente la componente degli elementi terrigeni (Al, Si, K, Ca, Fe), che costituisce quasi tre quarti dei metalli misurati, mentre nel PM2,5 essa è poco più di un terzo; ciò conferma che gli elementi di origine antropica sono associati alla frazione più fine del particolato atmosferico. Ciò è molto evidente analizzando il grafico dei contributi relativi di ciascun elemento alle due frazioni del particolato atmosferico. Gli elementi di chiara origine antropica, spesso associati a fenomeni di combustione, sono presenti nella frazione più fine: lo zolfo è per più dell'80% contenuto nel PM2,5, per lo zinco la percentuale è del 60%, per nichel, rame, bromo e piombo i valori sono attorno al 40%. Elementi di origine naturale come alluminio, silicio, calcio e ferro sono presenti nel PM2,5 solo in quantità inferiori al 20% rispetto ai valori relativi al PM10.





Nelle figure seguenti sono inseriti alcuni andamenti giornalieri per evidenziare la correlazione di alcuni elementi indicatori: alluminio e silicio per la componente terrigena, vanadio e nichel per la combustione di olio combustibile, piombo e bromo per emissioni di autoveicoli.

In conclusione le concentrazioni degli elementi misurati secondo la tecnica della fluorescenza X, considerando anche il fatto che le concentrazioni erano in certi casi dell'ordine di grandezza del limite di rilevabilità, mostrano valori non troppo discosti da quelli rilevati in analoghe campagne di misura effettuate nel corso degli ultimi anni, non evidenziando quindi criticità particolari legate alla situazione locale.



Analisi mediante Microscopio Elettronico a Scansione

Su alcuni filtri campionati tra il 23 ed il 27 maggio sono state effettuate analisi mediante Microscopio Elettronico a Scansione (SEM), che hanno permesso di valutare qualitativamente la composizione del particolato depositato su filtro. Il microscopio elettronico utilizzato, in dotazione all'U. O. Laboratorio del dipartimento di Milano Città che ha effettuato le analisi, permette di osservare la morfologia del campione con ingrandimenti da 100x a 100000x e di determinarne la composizione elementare mediante spettrometria X.

Le figure seguenti sono state effettuate su un filtro campionato il 27 maggio.

Nella figura 1 è inserito un tipico campo del filtro a 40000x di ingrandimento con particelle submicroniche di origine naturale.

Nella figura 2 è rappresentata una particella a 70000x contenente calcio e zolfo di chiara origine naturale, come testimoniato dalla superficie molto irregolare.

La figura 3 mostra una particella di origine naturale che ha inglobato una particella più piccola contenente piombo e cloro di chiara origine antropica (traffico autoveicolare); è possibile vedere nella parte destra della figura, ottenuta mediante analisi con elettroni di backscattering, una porzione chiara generata da metalli con alto numero atomico (appunto il piombo), che con l'analisi mediante elettroni secondari, più adatti a studiare la morfologia delle particelle, non era evidente.

Le figure 4 e 5 mostrano particelle di ferro: la prima, di forma regolare e rotonda, è di origine antropica (combustione), la seconda invece, di forma irregolare, è di origine naturale.

La figura 6 mostra un'altra tipica particella di origine naturale, in particolare creata dall'erosione della crosta terrestre da parte degli agenti atmosferici, costituita da alluminio e silicio con tracce di calcio.

La figura 7 infine mostra un'altra particella di origine naturale: in questo caso si tratta di un polline.

In sintesi si può dire che la composizione qualitativa del particolato fine, come determinata mediante l'analisi al microscopio elettronico, presenta le caratteristiche tipiche di zone rurali a basso tasso di emissioni antropiche. Eventuali depositi di polvere, visibili ad occhio nudo, non si ritengono associate alla frazione respirabile del particolato, ma alla porzione più "grossolana" delle polveri totali che non riesce pertanto a penetrare nelle vie respiratorie più profonde.

Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse

I dati rilevati (SO₂, NO_x, CO, O₃, PM10) a Ponte Chiasso sono stati messi a confronto con quelli registrati nel medesimo periodo dalla strumentazione presente in alcune centraline di comuni appartenenti alla rete fissa della provincia di Como.

Per quanto riguarda il **biossido di zolfo**, i valori medi giornalieri misurati sono risultati simili a quelli misurati nel sito di Como Centro.

Il **biossido di azoto** ha fatto rilevare valori medi confrontabili con i siti di Como Centro ed Olgiate Comasco, entrambi inseriti in zone ad alta intensità di traffico, risultando tra i più alti misurati in provincia; anche la media oraria massima (129 µg/m³) risulta tra le più alte misurate in provincia.

Il **monossido di carbonio** ha fatto registrare una media sul periodo compresa nel range delle misurazioni effettuate in tutta la provincia. La massima media di 8 ore e soprattutto il massimo valore orario risultano, invece, tra i massimi tra i valori registrati nei siti provinciali.

L'**ozono** si è rivelato inferiore come media relativa a tutta la campagna di misura ai valori misurati nelle altre postazioni di misura; si ricorda che le concentrazioni di ozono, essendo un inquinante secondario, sono meno influenzate dalle emissioni locali dei precursori e sono quindi confrontabili su larga scala, mentre nei centri urbani a causa della maggiore presenza di monossido di azoto si innescano reazioni che provocano la diminuzione delle concentrazioni di ozono.

Il **PM10** infine è stato misurato a Ponte Chiasso mediante campionatori gravimetrici: dopo un'aspirazione di 24 ore che fa depositare il particolato fine su apposite membrane filtranti, la concentrazione viene calcolata mediante pesate prima e dopo il campionamento. Nelle centraline di rilevamento della qualità dell'aria sono invece installati strumenti (TEOM) in grado di fornire misure istantanee, che funzionano con un principio diverso. I dati rilevati a Ponte Chiasso mostrano una media sul periodo ed un andamento delle concentrazioni giornaliere simili a quelli rilevati negli altri siti; gli andamenti molto correlati mostrano come il PM10 sia meno influenzato da realtà locali e risulti caratteristico di tutta la provincia di Como.

Nelle Tabelle che seguono si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche del sito di campionamento e altri dati statistici riferiti a NO₂, SO₂, O₃, CO, PM10 relativi al periodo della campagna di misura:

- media delle concentrazioni medie orarie e rispettive deviazioni standard;
- valore massimo orario;
- valore massimo riferito alla media delle 8 ore;
- numero giorni in cui sono stati superati i livelli di attenzione

Nelle Figure che seguono sono mostrati a confronto il giorno-tipo dei siti di Ponte Chiasso e Como Centro per quanto riguarda il monossido di carbonio, associato perlopiù al traffico di autoveicoli a benzina, e il monossido di azoto, associato ai mezzi diesel e quindi principalmente al traffico pesante. Come atteso, a Ponte Chiasso è relativamente più significativo il contributo alle concentrazioni di monossido di azoto, associato ai mezzi pesanti in passaggio alla dogana, nei giorni feriali e prefestivi; a Como Centro è invece più importante il contributo alle concentrazioni di monossido di carbonio, che nel sito di Ponte Chiasso rimangono più basse in tutte le tipologie di giorno.

Tabelle

	rete	Tipo zona	Tipo stazione	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
		Dec. 2001/752/CE	Decisione 2001/752/CE		
Como – P. Chiasso	PUB	URBANA	TRAFFICO	201	24.09.2003-05.11.2003
Como Centro	PUB	URBANA	TRAFFICO	201	Centralina Fissa
Mariano Comense	PUB	URBANA	TRAFFICO	252	Centralina Fissa
Fino Mornasco	PUB	URBANA	TRAFFICO	334	Centralina Fissa
Cantù	PUB	SUBURBANA	FONDO	369	Centralina Fissa
Erba	PUB	URBANA	FONDO	320	Centralina Fissa
Olgiate Comasco	PUB	URBANA	TRAFFICO	415	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

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione
Como – Ponte Chiasso	99	59	19	129	0
Como Centro	100	67	19	143	0
Mariano Comense	66	47	22	120	0
Fino Mornasco	99	46	19	125	0
Cantù	63	38	16	101	0
Erba	98	45	16	102	0
Olgiate Comasco	99	54	21	133	0

Biossido di Zolfo

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione
Como – Ponte Chiasso	99	5	2	7	0
Como Centro	100	6	4	11	0
Erba	100	2	1	4	0

Particolato fine (PM10)

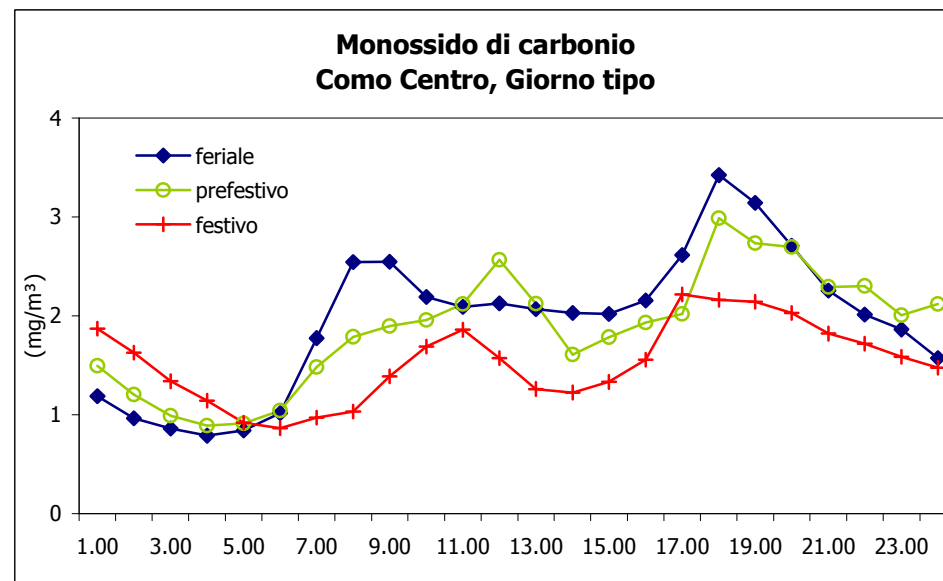
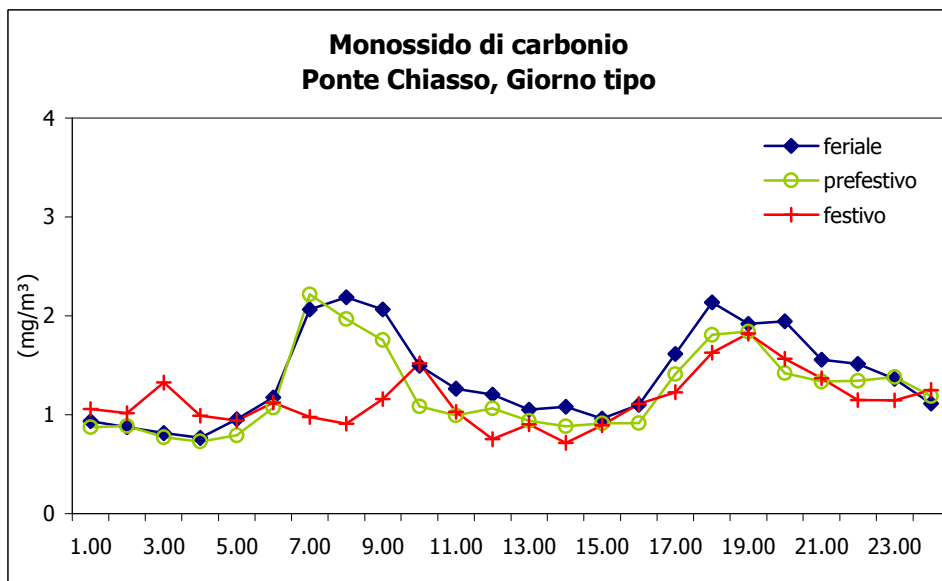
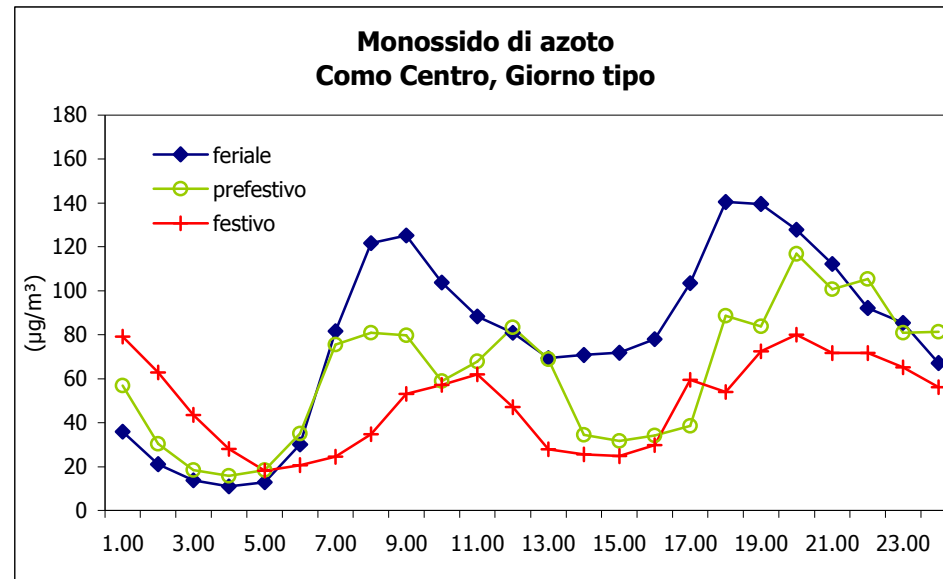
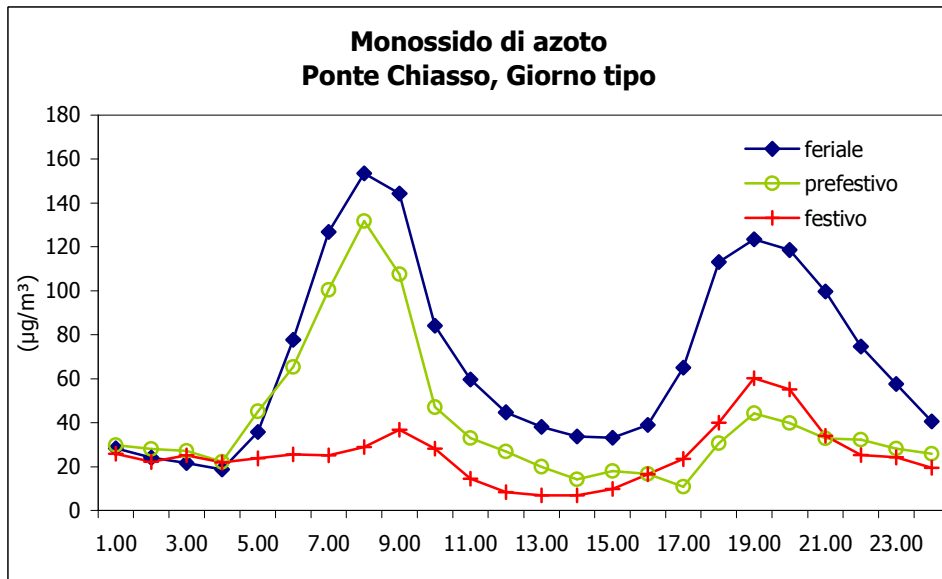
	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv.Attenzione
Como – Ponte Chiasso	100	34	12	62	1 13.10
Como Centro	98	29	9	52	1 13.10
Cantù	98	33	10	59	2 03.10; 13.10
Erba	98	33	12	63	4 28.09; 03-04.10; 13.10

Monossido di Carbonio

	% Rend.	Media (mg/m ³)	Dev St.	Max Media 1 h (mg/m ³)	Max Media 8 h (mg/m ³)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione
Como – Ponte Chiasso	99	1.3	1.0	7.6	3.7	0
Como Centro	100	1.9	0.9	6.9	4.7	0
Mariano Comense	100	1.6	0.9	6.2	4.0	0
Fino Mornasco	97	1.6	0.6	4.1	3.1	0
Cantù	99	1.2	0.5	4.8	2.7	0
Erba	99	1.6	0.6	3.9	2.7	0
Olgiate Comasco	99	1.0	0.6	4.0	2.7	0

Ozono

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione	Max Media 8 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Protezione per la Salute
Como – Ponte Chiasso	96	19	22	146	0	93	
<i>Como Centro</i>	100	28	19	130	0	94	
<i>Erba</i>	57	30	19	104	0	84	
<i>Olgiate Comasco</i>	99	37	25	135	0	115	1



Conclusioni

Durante i giorni della campagna di misura di Ponte Chiasso tra i parametri misurati (**SO₂**, **NO₂**, **CO**, **O₃**, **PM₁₀**), soltanto per il **PM₁₀** si sono verificati superamenti del limite di attenzione, analogamente a quanto avvenuto nelle altre centraline della provincia.

I livelli di **SO₂**, misurati a Ponte Chiasso sono risultati simili a quelli del sito di Como Centro.

Si rileva inoltre che i livelli di **NO₂** sono risultati confrontabili con quelli registrati dalla postazione di Como Centro.

Per il **CO** è stato riscontrato un valore medio sul periodo nella media di quelli misurati nelle altre postazioni; i valori mediati su periodo più breve (medie orarie e sulle 8 ore) hanno invece mostrato massimi superiori, o tra i più alti, rispetto ai valori delle altre centraline.

Per l'**O₃** i livelli sono risultati simili a quelli riscontrati a Como Centro.

Per il **PM₁₀** si sono infine riscontrati valori medi e andamenti giornalieri simili a quelli delle altre stazioni della provincia di Como.

La campagna di rilevamento di qualità dell'aria effettuata tra il 24 settembre ed il 5 novembre 2003 a Ponte Chiasso ha evidenziato, rispetto agli altri inquinanti, un contributo maggiore alle concentrazioni di monossido di azoto, a causa del traffico pesante associato alla dogana, ma non ha evidenziato criticità particolari legate alla situazione locale per quanto riguarda il superamento di valori limite e soglie di attenzione e di allarme da parte degli inquinanti monitorati; va tenuto in considerazione che tutto il periodo di misura è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti.