

RAPPORTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA DI MANTOVA E PROVINCIA

ANNO 2006



RAPPORTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA DI MANTOVA E PROVINCIA

ANNO 2006

Autori

Luca Bianchi; Lucio Cavicchioni; Carlo Ferrari; Renata Lodi; Giorgio Siliprandi.

Le tematiche comuni a tutti i Dipartimenti sono state redatte con la collaborazione di:

- dr N. Carfagno, dr S. Cozzi, dr O. Cazzuli; dr G. Lanzani (Settore Aria e Agenti Fisici)
- dr S. Angius, dr M. Lazzarini, dr G. Tebaldi (Dipartimento di Milano)
- dr E. Bravetti (Dipartimento di Varese)

ARPA LOMBARDIA
Dipartimento di Mantova
V.le Risorgimento, 43 – 46100 Mantova
Direttore: Dott. Mario Prestini

ARPA LOMBARDIA
Settore Aria e Agenti Fisici
V.le Restelli, 3/1 – 20124 Milano
Direttore: Dott. Angelo Giudici

INDICE

INTRODUZIONE

1	LA CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE	pag. 5
	1.1 – La caratterizzazione geografica	
	1.2 – La classificazione del territorio	
2	LE CAUSE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO	pag. 9
	2.1 – Le emissioni atmosferiche	
	2.2 -- Le condizioni meteorologiche	
	2.2.1 – Le caratteristiche climatiche della Pianura Padana	
	2.2.2 - Il clima nel 2006	
3	LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	pag. 25
	3.1 – La rete di monitoraggio	
	3.1.1 - Le postazioni fisse del Dipartimento ARPA di Mantova	
	3.1.2 – Le campagne di misura	
	3.2 – La valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente	
	3.2.1 - Gli effetti sulla salute e sull' ambiente	
	3.2.2 – La normativa sugli inquinanti atmosferici	
	3.3 – L'analisi dei singoli inquinanti atmosferici	
4	CONCLUSIONI	pag. 54
5	APPROFONDIMENTI	pag. 55
	5.1 - Il progetto PARFIL	
	5.2 – Indagine ambientale nel viadanese	
6	BIBLIOGRAFIA	pag. 65
7	ALLEGATI	pag. 66
	A.1 – Approfondimenti sull'andamento meteorologico del 2006	
	A.2 – Approfondimenti sull'andamento degli inquinanti nel 2006	

INTRODUZIONE

La qualità dell'aria nella Regione Lombardia è costantemente monitorata da una rete fissa di 137 stazioni, 35 delle quali poste in Provincia di Milano, che forniscono una cospicua mole di informazioni, quotidianamente divulgate tramite il Bollettino giornaliero della Qualità dell'Aria.

Ogni mese, inoltre, la sede di Milano elabora un rapporto sull'andamento mensile dell'inquinamento atmosferico, comprensivo di una analisi delle condizioni meteorologiche prevalenti e di una valutazione delle condizioni di dispersione degli inquinanti, che viene inserito sul sito di ARPA Lombardia (www.arpalombardia.it/qaria).

La redazione annuale del Rapporto sulla Qualità dell'Aria (RQA) costituisce l'occasione per la presentazione sintetica delle misure ottenute a livello dei singoli Dipartimenti Provinciali dell'ARPA, con particolare riferimento agli indicatori proposti dalla normativa.

Dal momento che la valutazione delle immissioni non può prescindere dalla conoscenza delle emissioni, la RQA contiene anche una rassegna delle principali fonti emmissive riferite alla Provincia di appartenenza, la cui valutazione quantitativa proviene dall'inventario delle emissioni regionali INEMAR.

--- --- --- --- --- --- ---

Nella **Provincia di Mantova** risultano attive 6 stazioni pubbliche, delle quali 3 dislocate nel Comune capoluogo. Sulla base dei decreti autorizzativi per la conversione a turbogas delle Centrali Termoelettriche (CTE) attive sul territorio provinciale, nel corso degli ultimi anni il Dipartimento dell'ARPA di Mantova è stato impegnato nella ristrutturazione e potenziamento delle rispettive reti industriali, e quindi nella loro presa in gestione.

Pertanto sono entrate a far parte della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) di Mantova dapprima le 2 stazioni fornite dalla Centrale Enipower di Mantova (S. Agnese, Tridolino), successivamente le 3 stazioni della CTE del Mincio (Ponti sul Mincio, Monzambano e Salionze), ed infine le 8 stazioni delle Centrali Endesa ed Edipower presenti nel Destra Secchia (Ostiglia, Sermide, Pieve di Coriano, Schivenoglia, Magnacavallo, Borgofranco, Melara e Ceneselli).

Mentre le due centraline Enipower sono in funzione dalla fine del 2004, le convenzioni per la gestione delle restanti RRQA sono state sottoscritte nel corso del 2006, e diventate operative a partire rispettivamente dal mese di gennaio 2007 (Ponti sul Mincio) ed Aprile 2007 (Destra Secchia).

Pertanto la presente RQA della Provincia di Mantova – anno 2006 è relativa alle n. 8 stazioni gestite nel corso dell'anno di riferimento, mentre in questi mesi la rete provinciale è già andata a regime, arrivando alla dimensione di n. 19 stazioni, di cui n. 3 localizzate in limitrofi Comuni della Regione Veneto. Tale dato risulta legato alla forte presenza di insediamenti per la produzione di energia elettrica, e rappresenta di per sé un primato se rapportato alla popolazione residente nella Provincia mantovana.



1 - LA CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

1.1 - La caratterizzazione geografica

La **Provincia di Mantova** è una provincia della Lombardia con oltre 390'000 abitanti.



Confina a nord con la Provincia di Brescia, ad est con le Province di Verona e Rovigo, ad Ovest con la Provincia di Cremona, a sud con quella di Modena.

Il territorio della Provincia di Mantova è situato nella zona sud-est della Lombardia, nel tratto centrale della Pianura padana.

Il territorio è attraversato, oltre che dal fiume Po, dal Secchia e dall'Oglio, e da una fitta rete di canali ed opere di bonifica.

Sul territorio insiste il Parco del Mincio.

La Provincia di Mantova attualmente contiene 70 Comuni, di cui i principali sono:

- Mantova – 47810 abitanti
- Castiglione delle Stiviere – 20775 abitanti
- Suzzara – 19224 abitanti
- Viadana – 18337 abitanti
- Porto Mantovano – 15054 abitanti
- Curtatone – 13589 abitanti
- Castel Goffredo – 11038 abitanti
- Virgilio 10652 abitanti
- Goito – 9969 abitanti
- Asola – 9778 abitanti

(fonte: rapporto sulla popolazione mantovana - anno 2006, a cura dell'amministrazione provinciale)

Le informazioni riportate nella Tabella 1.1 forniscono una ulteriore caratterizzazione del contesto urbano o metropolitano e ne delineano le principali condizioni al contorno.

Tabella 1.1 – Informazioni generali sul contesto territoriale nell'anno 2006.	
PROVINCIA DI MANTOVA	
Popolazione residente	390 957
Estensione area Provinciale (km ²)	2 334
Densità della Popolazione (abitanti/km ²)	167,2
Superficie urbanizzata (km ²)	133
Altitudine s.l.m. minima (metri)	6
Altitudine s.l.m. massima (metri)	205
COMUNE DI MANTOVA	
Popolazione residente nell'area	47 810
Estensione territorio comunale (km ²)	64
Superficie aree protette, parchi e riserve naturali (Km ²)	39,7
Superficie parchi e verde pubblico in area urbana, verde storico (Km ²)	1,8
Aree di arredo urbano (Km ²)	0,96
Percentuale raccolta differenziata (%)	38,7
Altitudine s.l.m. (metri)	19
Densità della Popolazione (abitanti/km ²)	747
Lunghezza di esercizio della rete di trasporto pubblico urbano (Km)	140,7
Piste ciclabili (Km)	46,2
auto circolanti ogni 100 abitanti (auto/100ab.)	60
Verde urbano fruibile pro capite - (mq/ab di verde fruibile in area urbana)	17,6
Teleriscaldamento: abitanti serviti ogni 1.000 abitanti (ab serviti/1.000 ab.).	680

Fonti: Provincia di Mantova; Comune di Mantova; Legambiente

1.2 – La classificazione del territorio

La Regione Lombardia, con la d.G.R. n. VII/6501 del 19/10/01, modificata dalla d.G.R. n. VII/1863 del 28/10/02, ha proceduto alla zonizzazione del territorio regionale ai fini del raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria. Tale zonizzazione è stata revisionata con la D.G.R. n. 5290 del 02/08/07, che avrà validità a partire da agosto 2007. Pertanto, nella presente relazione si fa riferimento alla delibera in vigore nel 2006 (n. VII/6501), che identifica quattro zone critiche sovracomunali. Tre zone comprendono comuni delle province di Milano, Como, Varese, tra loro territorialmente contigui; la quarta comprende comuni della provincia di Bergamo, tra loro territorialmente contigui, ma separati da quelli della zona precedente, a cui successivamente è stato aggiunto l'agglomerato di Brescia.

La D.G.R. n. VII/13856 del 29/07/03, al fine di dare maggiori incisività ed efficacia ai provvedimenti previsti dal proprio Piano d'azione, anche dal punto di vista gestionale, ha stabilito di unificare le zone critiche di Milano, di Como e del Sempione in una zona denominata "**Zona Critica Unica di Milano/Como/Sempione**", in ragione della contiguità, della omogeneità di uso del territorio e dell'appartenenza ad un unico bacino aerologico delle stesse. Questa zonizzazione ingloba di fatto la vecchia **Area Omogenea Milanese**, che comprendeva Milano e 35 comuni vicini, e che era stata prevista dalla d.G.R. n° 2709 del 27/11/1990, e individuata con la d.G.R. n° 4780 del 11/01/1991 ed integrata con la d.G.R. n° 14606 del 05/11/1991, e la d.G.R. n° 43079 del 09/11/1993.

La successiva **Zona Critica di Milano**, che comprende Milano e 65 comuni vicini, è stata individuata, come detto, con la d.G.R. n° 6501 del 19/10/ 001.

La nuova zonizzazione prevede, in base al D.Lgs. 04/08/1999, n. 351, la suddivisione del territorio regionale in zone così denominate:

- **Zone critiche**, corrispondenti alle parti di territorio per le quali devono essere adottati i piani d'azione e i piani integrati;
- **Zone di risanamento**, corrispondenti alle parti di territorio per le quali devono essere adottati i piani integrati;
- **Zone di mantenimento**, corrispondenti alle parti di territorio per le quali devono essere adottati i piani di mantenimento.

Ai fini operativi, per zona e comune critico (agglomerato), si intende quella parte del territorio regionale nel quale i livelli di uno o più inquinanti comportino il superamento dei valori limite e delle soglie di allarme o i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite aumentato del margine di tolleranza.

In queste zone la regione deve definire:

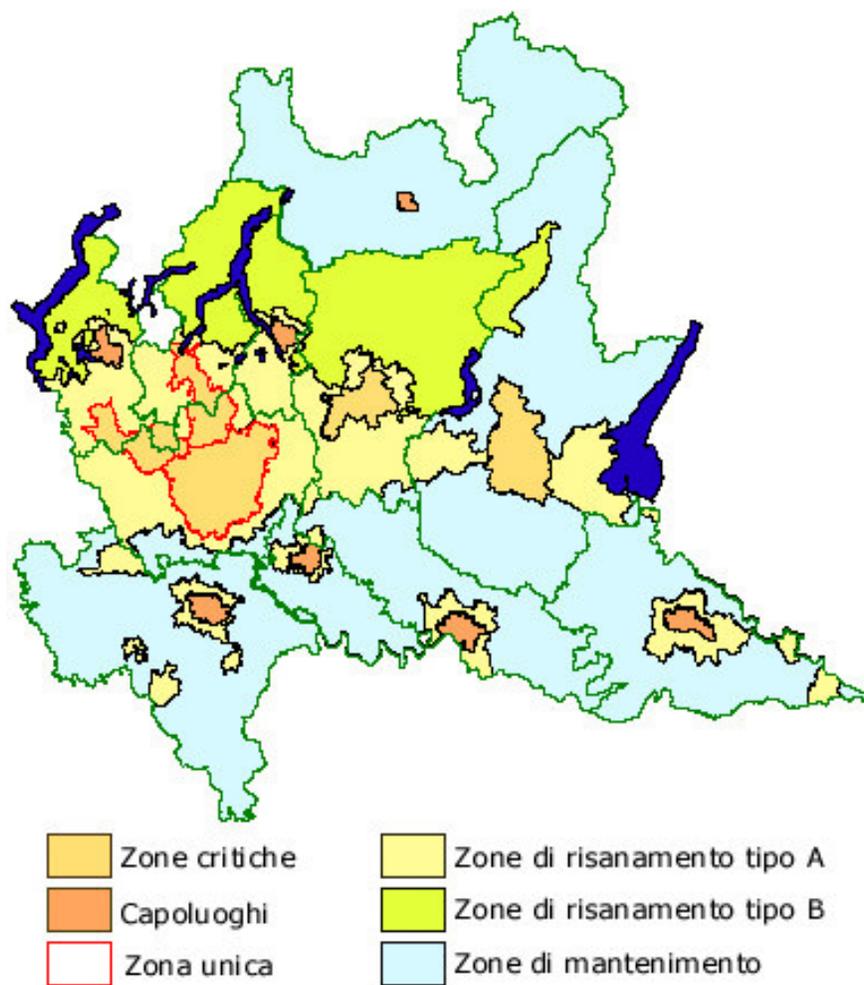
- i piani d'azione, che contengono le misure da attuare nel breve periodo affinché sia ridotto il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme;
- i piani integrati, per il raggiungimento dei valori limite entro i termini stabiliti.

Per **zona di risanamento** si intende quella parte del territorio regionale nel quale i livelli di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite aumentato del margine di tolleranza

Per **zona di mantenimento** si intende quella parte del territorio regionale nel quale i livelli degli inquinanti sono inferiori ai valori limite e tali da non comportare il rischio di superamento degli stessi.

In particolare, la d.G.R. n° 6501 prevede l'esistenza di una **zona di risanamento di tipo A** (zona di risanamento per più inquinanti), e di una **zona di risanamento di tipo B** (zona di risanamento per inquinamento da O_3).

La zona di risanamento di tipo B, ai fini degli interventi di riduzione delle emissioni, è assimilata alla zona di mantenimento.



Tutti i comuni capoluogo di provincia sono stati classificati come area critica: pertanto il Comune di Mantova costituisce una specifica area critica.

2 – LE CAUSE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

2.1 - Le emissioni atmosferiche

I principali inquinanti che si trovano nell'aria possono essere divisi, schematicamente, in due gruppi: gli inquinanti primari e quelli 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.

Nella Tabella 2.1 sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

Tabella 2.1 - Sorgenti emissive dei principali inquinanti (* = Inquinante Primario, ** = Inquinante Secondario).		
Inquinanti		Principali sorgenti di emissione
Biossido di Zolfo SO₂	*	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili)
Biossido di Azoto NO₂	*/**	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 O₃	**	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato Fine PM₁₀	*/**	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione e risollevarimento
Idrocarburi non Metanici (IPA, Benzene)	*	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali

Dal mese di aprile 2007 è disponibile la nuova versione dell'inventario regionale delle emissioni atmosferiche INEMAR relativa all'anno 2003, (ARPA LOMBARDIA – REGIONE LOMBARDIA (2006), *INEMAR, Inventario Emissioni in Atmosfera: emissioni in regione Lombardia nell'anno 2003. Dati finali*, ARPA Lombardia Settore Aria, Regione Lombardia DG Qualità dell'Ambiente, Aprile 2007).

Le principali differenze riscontrabili rispetto all'inventario 2001 riguardano le fonti utilizzate per reperire informazioni. Per quanto riguarda le sorgenti puntuali, si sono utilizzate raccolte di dati già disponibili quali le emissioni dichiarate dalle aziende soggette alla direttiva IPPC (Direttiva 96/61/EC del 24 Settembre 1996 "Concerning Integrated Pollution Prevention and Control") attraverso le dichiarazioni INES rilasciate per l'anno 2003 e le emissioni dichiarate in sede di istruttoria ai fini del rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA), sempre ai fini della direttiva IPPC. Solo limitatamente alle centrali di produzione di energia, alle discariche, ed alle imprese in provincia di Lodi (in collaborazione con la Provincia) si è provveduto all'invio di schede di censimento.

Ulteriori differenze si riscontrano nelle fonti utilizzate per la stima delle emissioni diffuse.

Per questa tipologia di emissioni non è possibile ottenere una misura diretta, ed è quindi necessario stimarle a partire da dati statistici ed opportuni fattori di emissione in accordo con le metodologie adottate in ambito nazionale (ENEA-ANPA) ed internazionale (Corinair).

L'inventario permette di quantificare con dettaglio comunale gli inquinanti emessi dalle seguenti n.11 fonti:

Tab 2.2 – Fonti di emissione suddivise in Macrosettori			
Produzione di energia e trasformazione dei combustibili	X	Trasporti su strada	X
Combustione non industriale	X	Altre sorgenti mobili e macchinari	X
Combustione nell'industria	X	Trattamento e smaltimento rifiuti	X
Processi produttivi	X	Agricoltura	X
Estrazione e distribuzione combustibili	X	Altre sorgenti e assorbimenti	X
Uso di solventi	X		

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

Nella tabella 2.3 sono presentate le stime delle emissioni atmosferiche per fonte, mentre in tabella 2.4 ed in figura 2.1 ne sono visualizzati i diversi contributi percentuali: i dati sono relativi all'aggiornamento delle **emissioni Inemar 2005 - public review**.

Dalla tabella 2.4 si possono trarre le seguenti considerazioni circa le fonti che contribuiscono maggiormente alle emissioni delle seguenti sostanze inquinanti:

SO₂ – il contributo maggiore (69%) è dato dalla Produzione di energia e dalla trasformazione dei combustibili, mentre per il 24% proviene dalla combustione industriale.

NO_x – le principali fonti di emissione sono riconducibili al trasporto su strada (24%), alla Produzione di energia e trasformazione dei combustibili (23%) ed alla combustione industriale (23%). Altre sorgenti mobili e macchinari contribuiscono per il 21%.

COV – l'uso di solventi contribuisce per il 42% al totale delle emissioni. Un ulteriore, significativo apporto è dovuto al trasporto su strada (15%).

CH₄ – per questo parametro le emissioni più significative sono dovute all'agricoltura (76%) e a processi di estrazione e distribuzione dei combustibili (17%)

CO – il maggior apporto (39%) è dato dal trasporto su strada, seguito dalla combustione non industriale (34%).

CO₂ – il contributo principale (70%) è riconducibile al settore di produzione energia e trasformazione combustibili. Le combustioni, industriali e non, contribuiscono complessivamente per un ulteriore 20%.

N₂O -- il maggior contributo percentuale (85%) è dovuto all'agricoltura.

NH₃ – per questo inquinante le emissioni sono dovute quasi esclusivamente all'Agricoltura (99%).

PM_{2,5}, PM₁₀ e PTS - le polveri, sia grossolane, che fini ed ultrafini sono emesse principalmente da sorgenti mobili e macchinari (32% per il PM10), il trasporto su strada e le combustioni non industriali contribuiscono ciascuno per un ulteriore 19%. All'interno di questo settore la quasi totalità del contributo è dovuta alla combustione di legna in impianti civili.

CO₂ eq – come per la **CO₂** i contributi principali (79 %) sono le attività produttive e le combustioni, per l'11% l'agricoltura e per il 6% il trasporto su strada.

Precursori O₃ – per i precursori dell'**O₃** le principali fonti di emissione sono il trasporto su strada (21%) e l'uso di solventi (17%).

Tot Acidificanti – per gli acidificanti le fonti di emissioni principali sono l'agricoltura (71%), e l'insieme delle attività produttive e di combustione (18%).

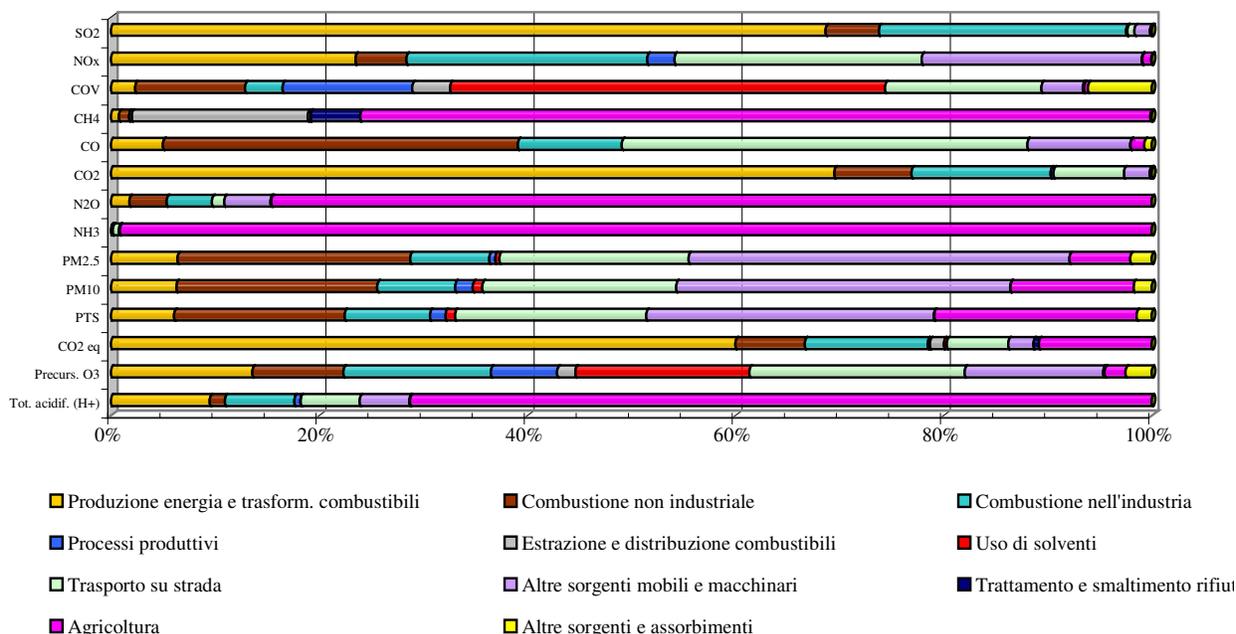
Tabella 2.3 - ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni in provincia di Mantova nel 2005 – public review

Macrosettori	SO ₂	NOx	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. acidif. (H ⁺)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	2 345	4 028	369	392	1 009	8 012	45		89	104	123	8 034	5 400	161
Combustione non industriale	174	844	1 679	474	6 855	855	91	13	308	318	332	893	3 469	25
Combustione nell'industria	812	3 964	573	131	2 008	1 541	110	24	104	123	166	1 577	5 632	113
Processi produttivi	3.1	449	1 978			31		3.3	8.0	28	31	31	2 526	10
Estrazione e distribuzione combustibili			574	8 352								175	691	
Uso di solventi	0	0	6 639					1.9	5.6	15	19	39	6 639	0.1
Trasporto su strada	24	4 071	2 383	112	7 834	781	29	120	251	307	372	792	8 213	96
Altre sorgenti mobili e macchinari	51	3 627	631	17	1 993	286	112	0.7	505	529	560	321	5 276	81
Trattamento e smaltimento rifiuti	3.9	7.3	22.1	2 360	2.2	21	2.4	14	0.2	0.4	0.7	72	64	1.1
Agricoltura		152	56	37 513	268		2 134	20 450	80	195	394	1 449	796	1 206
Altre sorgenti e assorbimenti	0.8	3.7	973	57	138		0.1	0.8	28	29	29	1.2	994	0.2
Totale	3 414	17 146	15 877	49 407	20 108	11 527	2 524	20 628	1 379	1 648	2 026	13 386	39 699	1 693

**Tabella 2.4- ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Distribuzione percentuale delle emissioni in provincia di Mantova nel 2005
– public review**

Macrosettori	SO ₂	NOx	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. acidif. (H+)
Produzione energia e trasform. combustibili	69 %	23 %	2 %	1 %	5 %	70 %	2 %		6 %	6 %	6 %	60 %	14 %	10 %
Combustione non industriale	5 %	5 %	11 %	1 %	34 %	7 %	4 %	0 %	22 %	19 %	16 %	7 %	9 %	1 %
Combustione nell'industria	24 %	23 %	4 %	0 %	10 %	13 %	4 %	0 %	8 %	7 %	8 %	12 %	14 %	7 %
Processi produttivi	0 %	3 %	12 %			0 %		0 %	1 %	2 %	2 %	0 %	6 %	1 %
Estrazione e distribuzione combustibili			4 %	17 %								1 %	2 %	
Uso di solventi	0 %	0 %	42 %					0 %	0 %	1 %	1 %	0 %	17 %	0 %
Trasporto su strada	1 %	24 %	15 %	0 %	39 %	7 %	1 %	1 %	18 %	19 %	18 %	6 %	21 %	6 %
Altre sorgenti mobili e macchinari	1 %	21 %	4 %	0 %	10 %	2 %	4 %	0 %	37 %	32 %	28 %	2 %	13 %	5 %
Trattamento e smaltimento rifiuti	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %
Agricoltura		1 %	0 %	76 %	1 %		85 %	99 %	6 %	12 %	19 %	11 %	2 %	71 %
Altre sorgenti e assorbimenti	0 %	0 %	6 %	0 %	1 %		0 %	0 %	2 %	2 %	1 %	0 %	3 %	0 %
Totale	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Figura 2.1
Contributi percentuali delle fonti emissive nella Provincia di Mantova nell'anno 2005
public.review



Qui di seguito si provvede a fornire il dettaglio, aggiornato al 2006, delle emissioni di SO₂, NO_x e PTS afferenti al macrosettore della “produzione di energia e trasformazione dei combustibili”, che nella Provincia di Mantova risente fortemente della presenza delle seguenti realtà industriali:

impianto di cogenerazione Enipower di Mantova; raffineria IES di Mantova; centrali termoelettriche (CTE) Edipower di Sermide, Endesa di Ostiglia, ASM di Brescia ed AGSM di Verona di Ponti sul Mincio.

L'andamento temporale delle emissioni degli inquinanti sopra indicati mostra un significativo decremento (riepilogato rispettivamente nelle figure 2.2, 2.3 e 2.4), dovuto alla trasformazione delle CTE mediante l'installazione di cicli combinati turbogas. Tale operazione ha comportato dapprima lo spegnimento degli impianti preesistenti e quindi la loro accensione a riconversione avvenuta.

Dai grafici risulterebbe che nel corso degli ultimi due anni sia stato raggiunto il limite inferiore per le emissioni degli impianti considerati, mentre già dal prossimo anno dovrebbe essere possibile apprezzare un ulteriore riduzione delle emissioni degli NO_x conseguente alla sostituzione dei sistemi di combustione presso alcuni dei turbogas in esercizio sul territorio provinciale.

Fig. 2.2 – Emissioni SO₂ – flusso di massa [t/y]

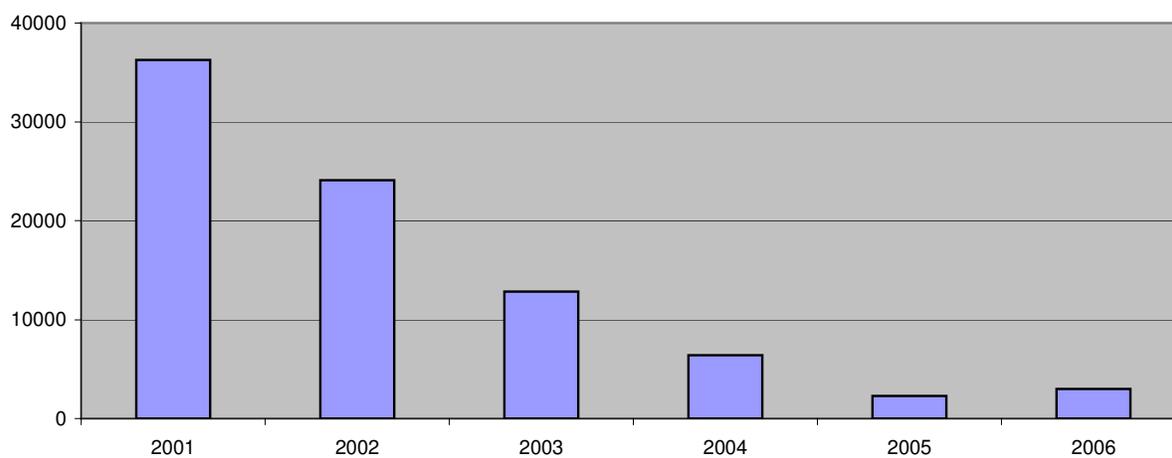


Fig. 2.3 – Emissioni NO_x – flusso di massa [t/y]

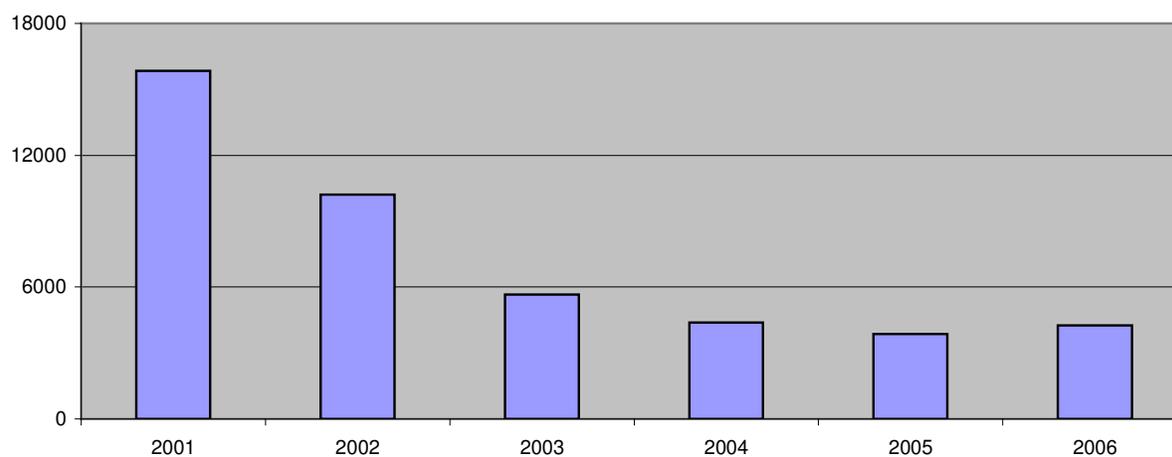
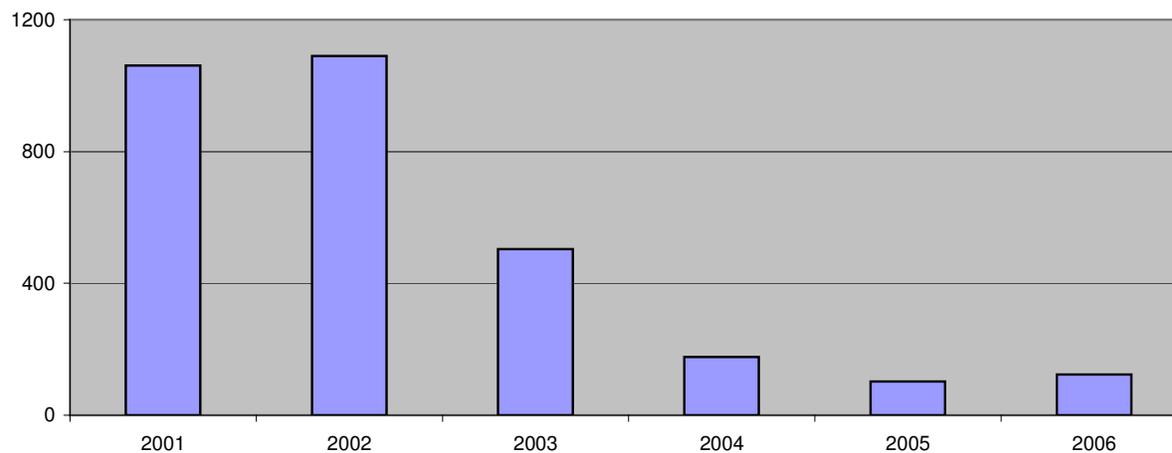


Fig. 2.4 – Emissioni PTS – flusso di massa [t/y]



Qui di seguito si riportano i dati riepilogativi inerenti la sorgente costituita dal traffico veicolare (Tab. 2.5), che illustrano la costituzione del parco veicolare insistente sul territorio provinciale nell'anno 2005.

Il dato che maggiormente colpisce, insieme all'aumento complessivo dei veicoli circolanti, è quello relativo alla ridotta percentuale di autovetture alimentate a GPL e metano (anche se non in diminuzione nel numero complessivo, come invece rilevato in anni precedenti), e l'aumento significativo di autovetture e veicoli commerciali alimentati a gasolio.

**Tabella 2.5 Parco veicolare circolante nel territorio della provincia di Mantova nell'anno 2005
(ultimo aggiornamento disponibile).**

Categoria veicolare	n° veicoli	% rispetto totale	var % rispetto anno precedente
AUTOVETTURE			
benzina	155395	52.11	- 3.11
Diesel	71742	24.06	+ 13.05
GPL e metano	9858	3.31	+ 0.98
auto elettriche	6	0.002	- 14.29
TOTALE AUTOVETTURE	237001	79.47	+ 1.45
AUTOVEICOLI MERCI			
benzina < 3.5 t	1285	0.43	- 1.68
diesel < 3.5 t	23365	7.83	+ 3.71
metano < 3.5 t	227	0.08	+ 4.13
benzina > 3.5 t	7	0.002	0.00
diesel > 3.5 t	4762	1.60	- 0.15
metano > 3.5 t	-	-	-
TOTALE MERCI	29646	9.94	+ 2.83
AUTOBUS			
Diesel	-	-	-
Ibridi	-	-	-
Metano	-	-	-
Elettrici	-	-	-
TOTALE BUS	454	0.15	+ 0.89
MOTO			
Motocicli >125 cc	21770	7.30	+ 7.84
Motocicli <= 125 cc	9348	3.13	+ 2.23
TOTALE MOTO	31118	10.43	+ 6.09
TOTALE VEICOLI	298219	100	+ 2.05

2.2 - Le condizioni meteorologiche

2.2.1 – Le caratteristiche climatiche della Pianura Padana

La situazione meteorologica della pianura padana, con la presenza delle Alpi e dell'Appennino è particolarmente svantaggiata: la Lombardia si trova infatti nella parte centrale della Pianura Padana, in un contesto che presenta caratteristiche uniche, dal punto di vista climatologico, determinate in gran parte dalla conformazione orografica dell'area. Si tratta di una vasta pianura circondata a Nord, Ovest e Sud da catene montuose che si estendono fino a quote elevate, determinando così peculiarità climatologiche sia dal punto di vista fisico sia da quello dinamico.

Le principali caratteristiche fisiche sono quindi la spiccata continentalità dell'area, il debole regime del vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica.

Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori

Tutti questi fattori influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera, e quindi le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto in periodo invernale, ma anche la presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo.

Il clima della pianura padana è, pertanto, di tipo continentale, ovvero caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde; l'umidità relativa dell'aria è sempre piuttosto elevata. Le precipitazioni di norma sono poco frequenti e concentrate in primavera ed autunno. La ventilazione è scarsa in tutti i mesi dell'anno.

La continentalità del clima è meno accentuata in prossimità delle grandi aree lacustri e in prossimità delle coste dell'alto Adriatico.

Durante l'inverno il fenomeno di accumulo degli inquinanti è più accentuato, a causa della scarsa circolazione di masse d'aria al suolo. La temperatura media è piuttosto bassa e l'umidità relativa è generalmente molto elevata.

La presenza della nebbia è particolarmente accentuata durante i mesi più freddi. Lo strato d'aria fredda, che determina la nebbia, persiste spesso tutto il giorno nel cuore dell'inverno, ma di regola si assottiglia in modo evidente durante le ore pomeridiane

La zona centro-occidentale della pianura Padana, specie in prossimità delle Prealpi, è interessata dalla presenza di un vento particolare, il foehn, corrente di aria secca che si riscalda scendendo dai rilievi. La frequenza di questo fenomeno è elevata nel periodo compreso tra dicembre e maggio, raggiungendo generalmente il massimo in marzo. Il fenomeno del foehn, che ha effetti positivi sul ricambio della massa d'aria quando giunge fino al suolo, può invece determinare intensi fenomeni di accumulo degli inquinanti quando permane in quota e comprime gli strati d'aria sottostanti, formando un'inversione di temperatura in quota.

In generale, si ha il fenomeno dell'inversione termica quando la temperatura dell'aria diminuisce avvicinandosi al suolo oppure aumenta con la quota invece di diminuire: se l'aumento di temperatura parte dal suolo, per irraggiamento notturno in condizioni di cielo sereno o poco nuvoloso e di calma di vento o di vento debole, si ha l'inversione da irraggiamento con base al suolo; se l'aumento di temperatura lo si incontra a partire da una certa quota sul suolo si ha l'inversione con base in quota, come nel caso di subsidenza anticiclonica.

Nei mesi invernali si hanno spesso combinazioni di inversione con base al suolo con inversioni da subsidenza, in questo caso lo spessore totale può essere assai superiore a quello della semplice inversione da irraggiamento con base al suolo.

Dopo l'alba, per effetto del riscaldamento del suolo da parte del sole, si creano dei moti turbolenti che tendono a distruggere l'inversione iniziando dalla sua parte inferiore, mentre al tramonto si riforma l'inversione al suolo.

Il clima di Milano, di cui sono noti i parametri termici dal 1838, negli ultimi 170 anni ha mostrato alcune fluttuazioni abbastanza significative.

Nell'ambito degli studi eseguiti da parte del Dipartimento di Milano dell'ARPA Lombardia, per determinare l'influenza delle variazioni climatiche sul consumo dei combustibili e quindi sull'inquinamento atmosferico da **SO₂**, **NO₂** e **PTS** e **PM₁₀**, è stato accertato un andamento climatologico che ha innalzato sempre di più le temperature invernali, in particolare le minime e, dopo un marcato aumento iniziale ed una fase di stazionarietà, anche le temperature estive.

Queste variazioni che, calcolate a livello decadico, sono di circa 2°C per le temperature estive, e di circa 4 °C per le temperature invernali, sono dovute, fino ai primi decenni del 1900, alle fluttuazioni climatiche naturali, seguite al termine della "Piccola Era Glaciale (1550-1750)", caratteristiche della nostra era, ed attualmente alle variazioni di origine antropica conseguenti all'aumento della superficie edificata dell'area urbana milanese.

Questo ciclo climatico, che ha portato ad una minore escursione termica diurna ed annuale degli estremi termici, ha avuto il culmine nel corso del decennio 1920-30.

Negli anni 1940-50 questa tendenza si è in parte bloccata: infatti, gli inverni hanno ripreso ad essere più rigidi, e le estati più calde, successivamente negli anni 1960-70 gli inverni hanno continuato ad essere sempre più miti, ma le estati più fresche, mentre dal 1970 gli inverni rigidi sono sempre più delle eccezioni e le estati tornano ad essere più torride, oltre che afose, gli autunni e le primavere sono diventate le più calde in assoluto ed il clima di Milano tende a prendere caratteristiche sempre più tropicali.

Ne consegue una maggiore variabilità stagionale e, in definitiva, un peggioramento, dal punto di vista ambientale, delle condizioni climatiche.

La tropicalizzazione del clima di Milano è confermata anche dalla variazione del regime pluviometrico, che a fronte di una stazionarietà delle precipitazioni invernali e ad una diminuzione delle precipitazioni primaverili ed autunnali, mostra un incremento dell'intensità delle precipitazioni estive.

Molto più complesse sono invece le ragioni delle differenze climatiche tra zone urbane e rurali, specie per quanto riguarda la temperatura, che è generalmente più elevata in ambiente urbano.

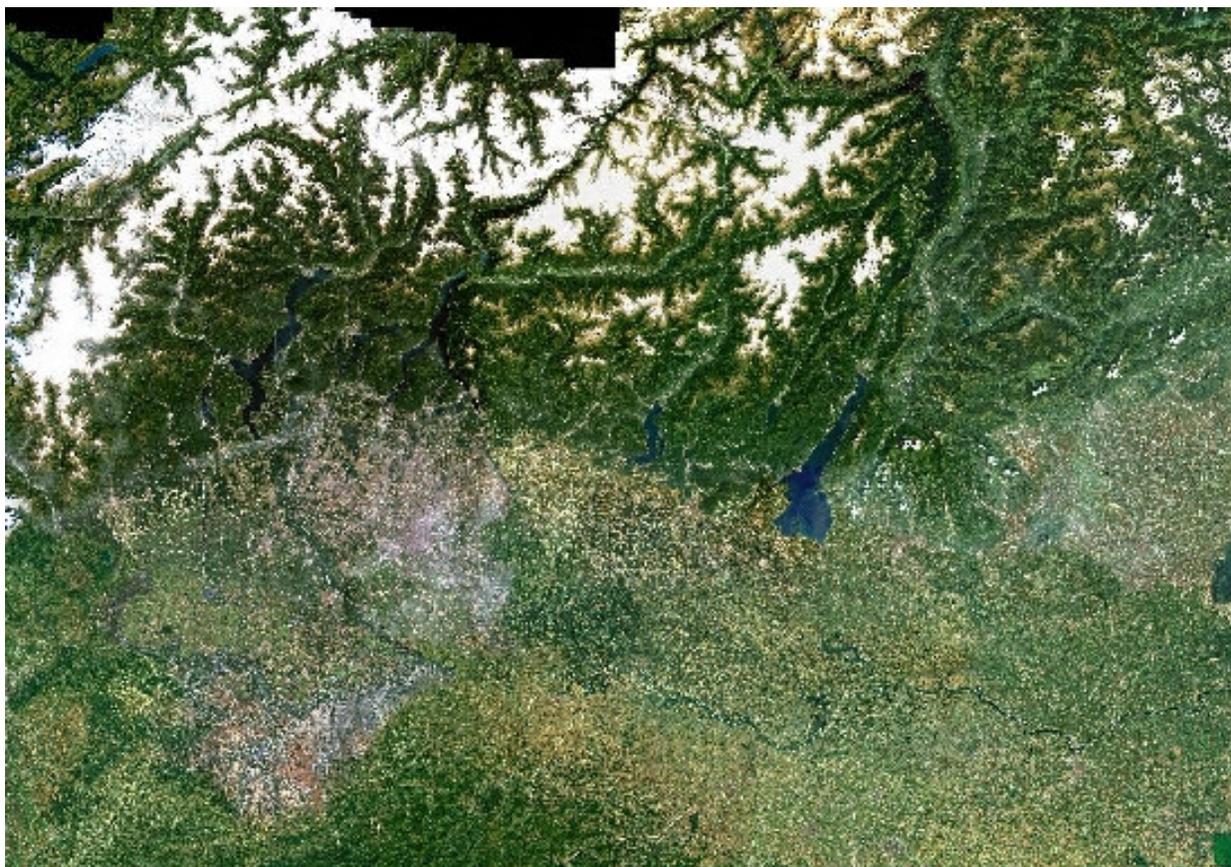
E' però da tener presente che le differenze dei valori climatici tra zone urbane e zone rurali rappresentano solo l'aspetto più facilmente percepibile dai sensi umani e più facilmente misurabile dai correnti strumenti meteorologici di un fenomeno di ben maggiore portata definito " le città come isole di calore ".

Tali isole, costituite ed individuate nelle maggiori città, producono a loro volta la variazione dei parametri meteorologici e climatici locali urbani, avendo da ultimo l'effetto di ostacolare il ricambio dell'aria sovrastante le città. In taluni casi queste isole di calore possono pure originare fenomeni di miglioramento ambientale, quale, ad esempio, il caso non insolito e sempre più frequente di pressoché totale preservazione dell'ambiente urbano dalla presenza di nebbia che pure può essere fitta, nello stesso momento, nelle circostanti zone rurali.

2.2.2 - Il clima nel 2006

Le tabelle 2.6 e 2.7 mettono a confronto il valore medio storico con l'andamento medio mensile dei principali parametri meteorologici misurati nel corso dell'anno 2006 nella stazione meteo del Codima, presso il Liceo Classico di **Mantova**.

In **Appendice** vengono commentate, mese per mese, le condizioni meteorologiche sinottiche e le condizioni meteo-diffusive locali in cui si sono verificati i periodi critici per l'inquinamento atmosferico.



Fotografia da satellite della Pianura Padana (fonte: Sistema Informativo Territoriale - Regione Lombardia), si distinguono chiaramente la pianura, l'arco alpino e il lago di Garda.

Tabella 2.6 - Valori medi mensili stazione di Liceo Classico: Mantova.

Mesi	Pressione [hPa]			Velocità del vento [m/s]			Precipitazioni [mm]		
	anno 2006	Media 11 anni	Differenza	anno 2006	Media 11 anni	Differenza	anno 2006	Media 11 anni	Differenza
GEN	1018.5	1015.4	3.1	2.5	2.2	0.3	16	37	-21
FEB	1007.7	1014.3	-6.5	2.5	2.3	0.2	47	19	29
MAR	1005.0	1013.2	-8.1	2.6	2.6	0.1	34	34	0
APR	1006.1	1009.5	-3.4	2.4	2.8	-0.3	57	70	-13
MAG	1008.8	1011.4	-2.6	2.7	2.6	0.2	39	56	-17
GIU	1010.6	1012.4	-1.7	2.3	2.4	-0.1	31	51	-20
LUG	1010.2	1010.9	-0.7	2.2	2.3	-0.1	53	57	-4
AGO	1003.5	1010.1	-6.5	2.5	2.1	0.4	115	72	43
SET	1009.1	1011.9	-2.8	2.3	2.1	0.2	133	82	51
OTT	1010.9	1013.0	-2.1	1.8	2.1	-0.3	21	89	-67
NOV	1014.8	1012.1	2.7	1.5	2.2	-0.7	33	63	-30
DIC	1021.4	1014.5	6.8	2.2	2.2	0.0	34	47	-13
ANNO	1010.6	1012.4	-1.8	2.3	2.3	0	614	676	-62

Tabella 2.7 - Valori medi mensili stazione di Liceo Classico: Mantova.

Mesi	Temperatura [°C]			Umidità Relativa [%]			Radiazione Solare [W/m2]		
	anno 2006	Media 11 anni	Differenza	anno 2006	Media 11 anni	Differenza	anno 2006	Media 11 anni	Differenza
GEN	1.3	2.6	-1.2	84.3	81.7	2.6	58	51	6
FEB	4.1	4.9	-0.8	77.7	65.4	12.4	82	96	-14
MAR	8.1	9.4	-1.3	67.1	65.0	2.1	139	151	-12
APR	14.4	13.1	1.3	67.4	67.2	0.2	189	194	-5
MAG	18.8	19.0	-0.2	63.0	64.0	-1.0	241	257	-16
GIU	23.8	23.1	0.7	52.3	65.1	-12.8	295	291	4
LUG	27.3	24.4	2.9	54.9	65.6	-10.8	295	291	4
AGO	22.0	23.9	-1.9	66.3	68.8	-2.5	236	241	-5
SET	21.6	19.4	2.2	69.6	73.0	-3.3	182	178	4
OTT	16.4	14.5	1.9	78.7	82.7	-4.0	115	100	16
NOV	9.6	8.8	0.8	86.2	86.2	0.0	59	58	1
DIC	5.7	4.0	1.7	89.8	85.6	4.3	48	44	4
ANNO	14.5	13.9	0.6	71	72	-1	162	162	0

Il **campo barico**, rispetto alla media dell'ultimo decennio, è stato inferiore in tutti i mesi da Febbraio ad Ottobre, risultando superiore nei restanti mesi, con valori alti in corrispondenza di Dicembre.

La **velocità del vento**, misurata a **Mantova**, presenta normalmente i valori più alti nei mesi primaverili (da Marzo a Maggio). Il confronto con i dati storici evidenzia valori più elevati in corrispondenza dei mesi di Gennaio e Febbraio, e valori più bassi in Ottobre e Novembre, dove si è raggiunto il valore medio mensile più basso (1,5 m/s).

Il **regime pluviometrico** è stato di circa 62 mm inferiore rispetto a quello medio dell'ultimo decennio, con carenze di precipitazione in mesi invernali (da Ottobre a Gennaio) e da Aprile a Luglio. Valori superiori alla media si riscontrano invece nei mesi di Febbraio, Agosto e Settembre. Particolare la situazione evidenziata nei mesi di Settembre ed Ottobre, caratterizzati entrambi dall'incremento massimo, che risulta positivo per il primo e negativo per il secondo.

Il **campo termico** è stato difforme da quello tipico della media decennale, con anomalie negative nel periodo da Gennaio a Marzo, e nei mesi di Maggio ed Agosto. La variazione annuale risulta positiva e pari a + 0.6 °C, con il massimo relativo al mese di Luglio (+ 2,9 °C).

L'**andamento igrometrico** mostra il tipico andamento stagionale, con valori più alti nei mesi invernali, primaverili ed autunnali e valori più bassi nei mesi estivi; rispetto a quest'andamento decennale, nel 2006 si nota una significativa diminuzione dell'umidità nei mesi di Giugno e Luglio, e valori più alti nei mesi di Febbraio e Dicembre.

La **radiazione solare** ha mostrato il tipico andamento annuale a campana, con valori significativamente superiori alla media nel mese di Ottobre, ed inferiori nel periodo da Febbraio a Maggio.

Nei grafici che seguono sono riportati i confronti fra i trend mensili rilevati nel 2006, rispetto al trend storico.

Per la pioggia si è riportato anche l'andamento cumulato delle precipitazioni, per evidenziare la persistenza del deficit pluviometrico rilevato nel corso del 2006.

Da ultimo si riportano la distribuzione delle direzioni dei venti (rosa dei venti – Fig. 2.12), ed il grafico della distribuzione delle velocità del vento (Fig. 2.13).

Figura 2.5
Andamento cumulato delle Precipitazioni

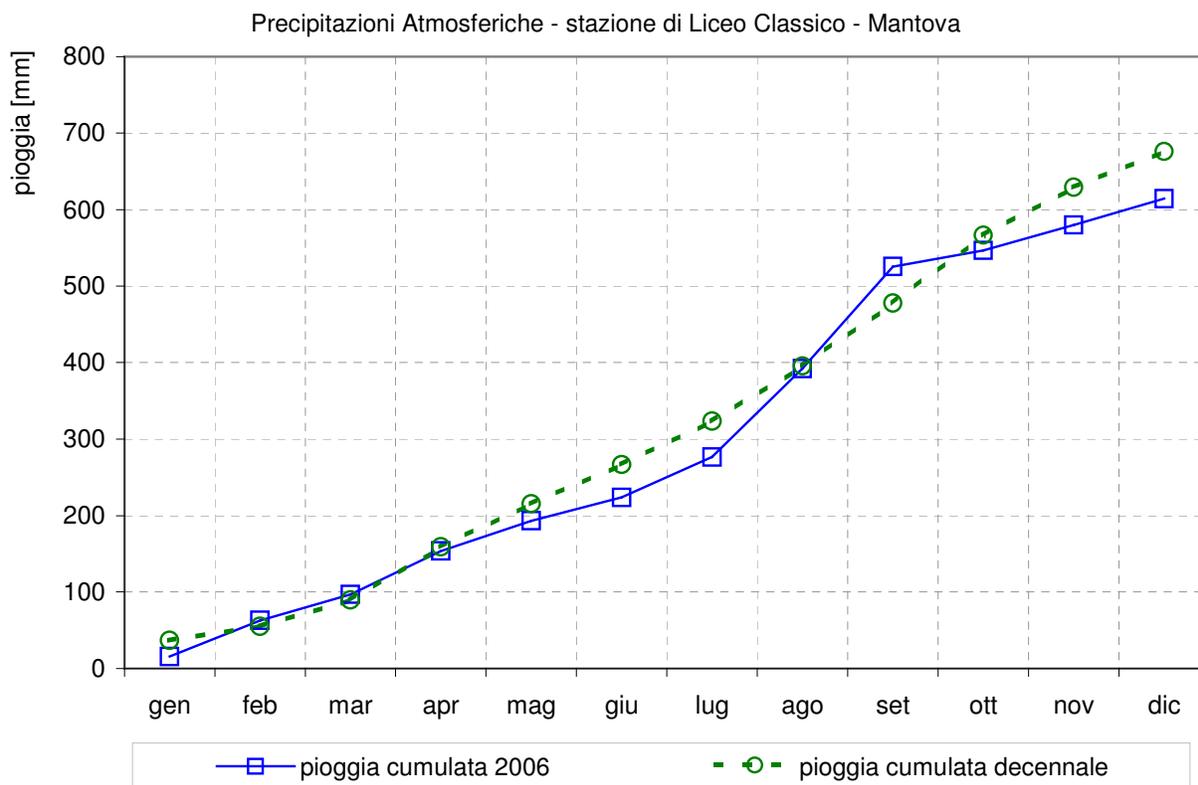


Figura 2.6
Trend mensile delle Precipitazioni

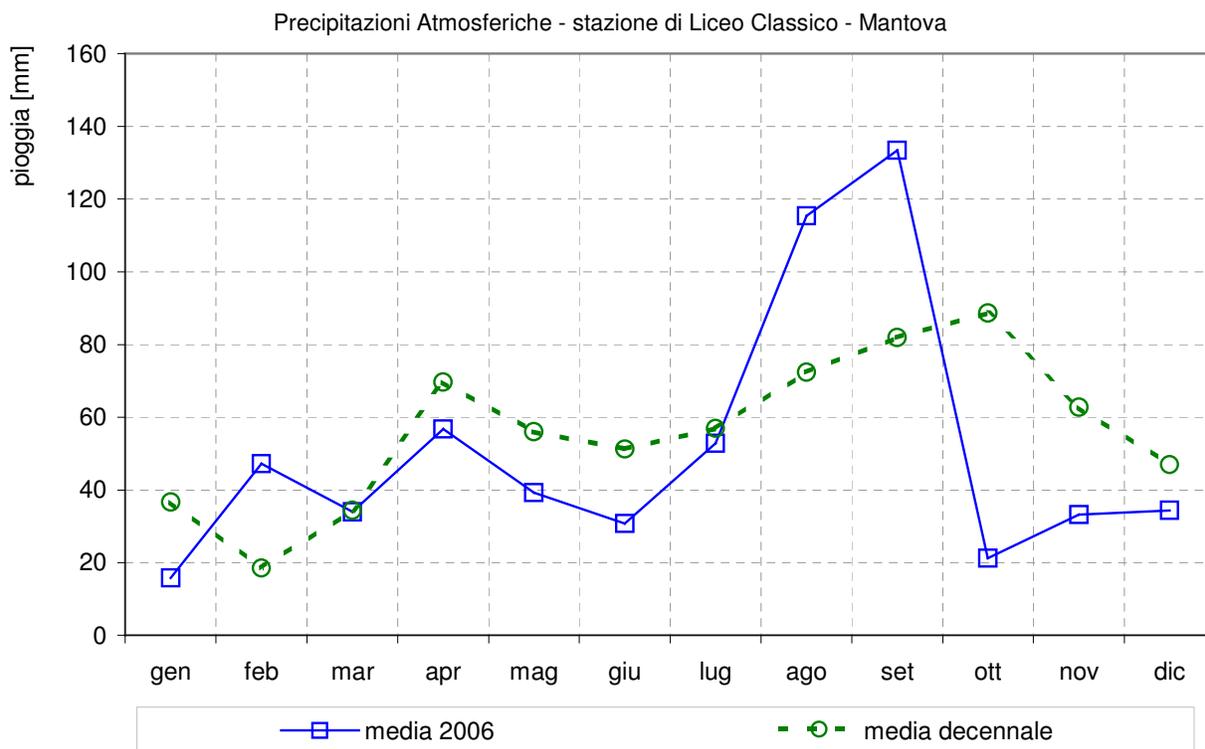


Figura 2.7
Trend mensile della Pressione Atmosferica

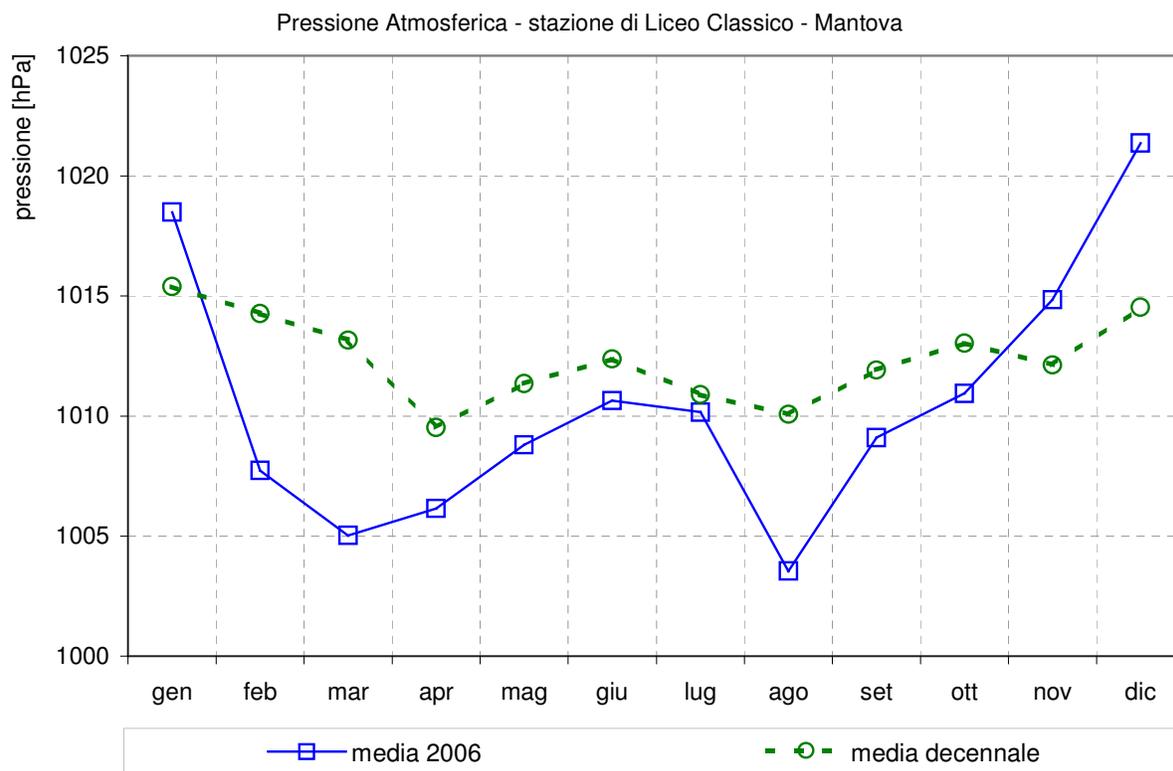


Figura 2.8
Trend mensile dell'Umidità Relativa

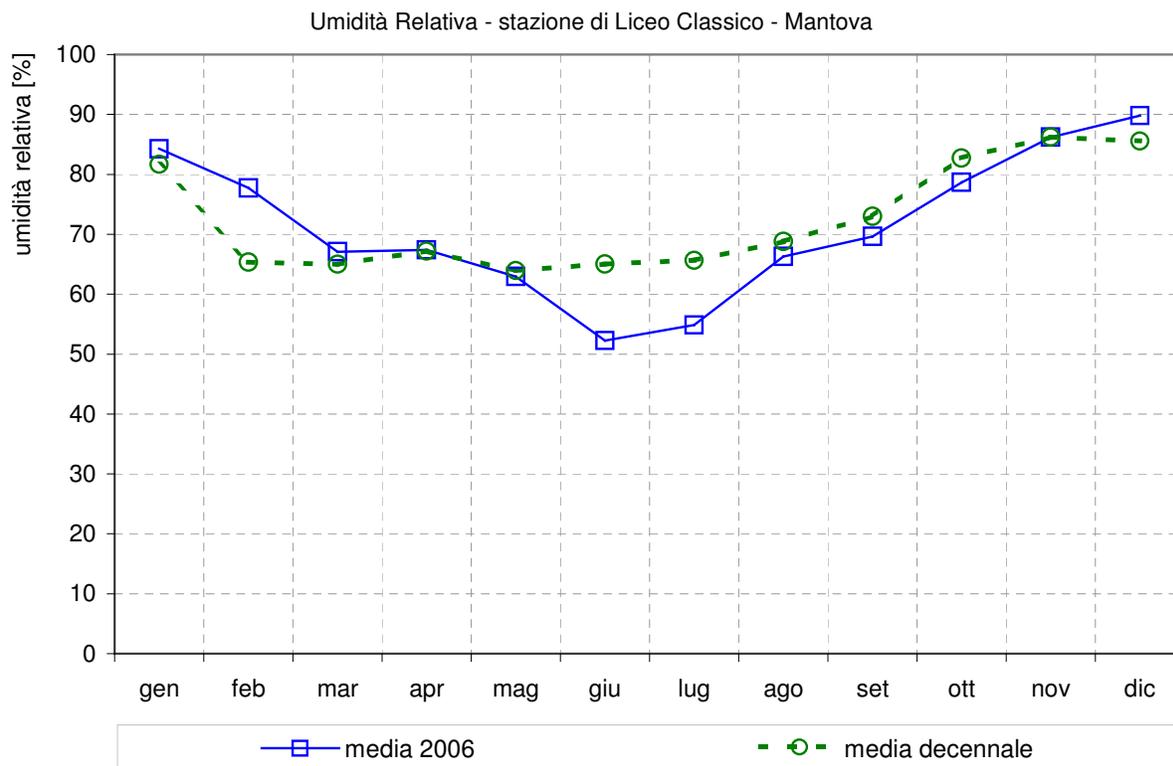


Figura 2.9
Trend mensile della Temperatura dell'Aria

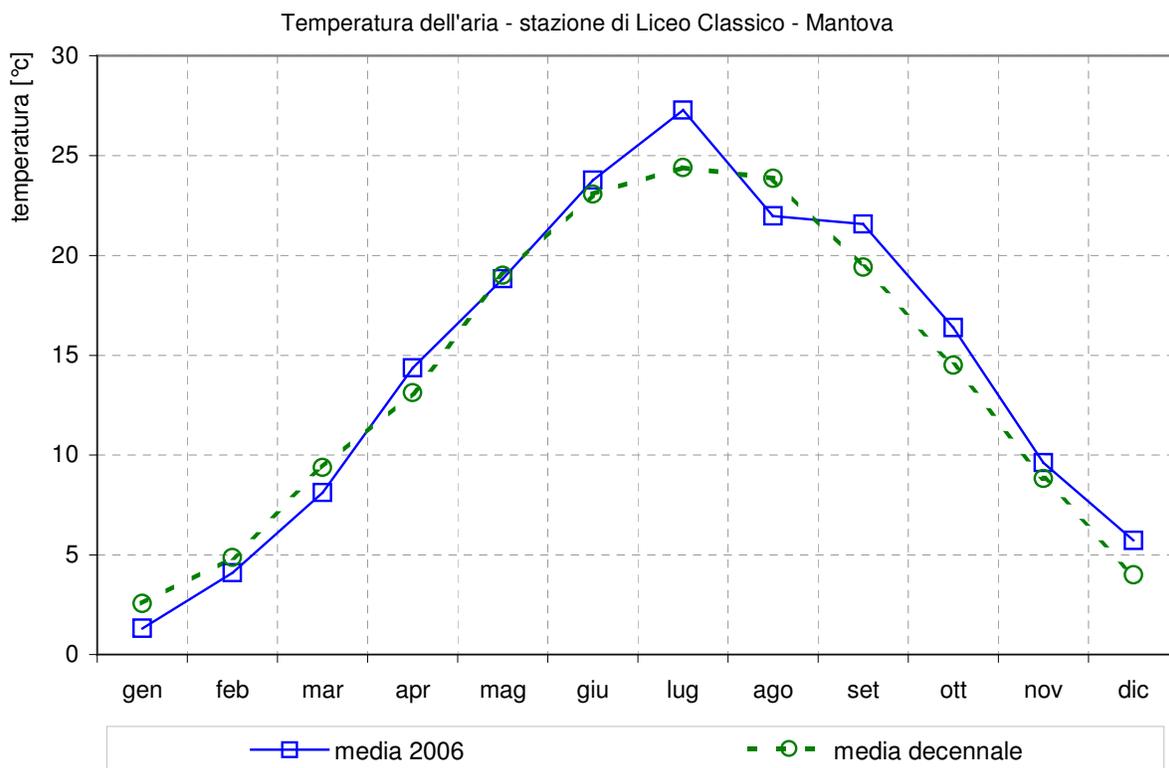


Figura 2.10
Trend mensile della Radiazione Solare

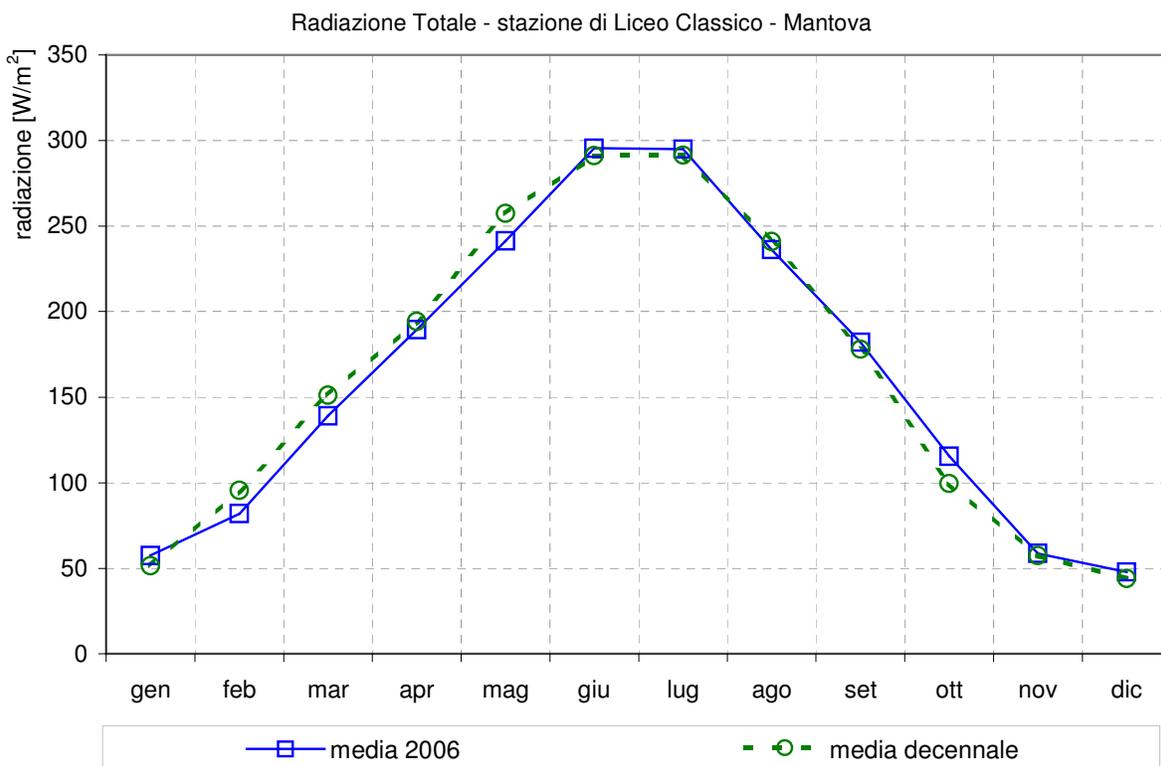


Figura 2.11
Trend mensile della Velocità del Vento

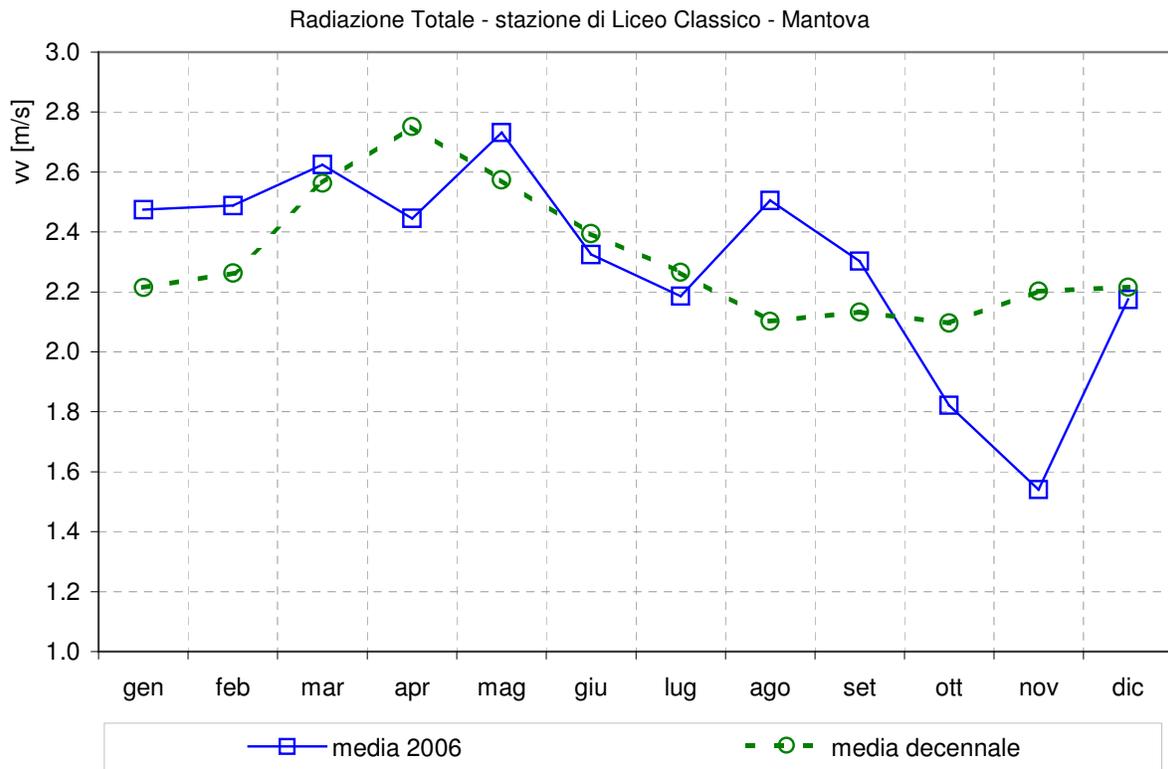


Figura 2.12
Rosa di distribuzione direzione del vento

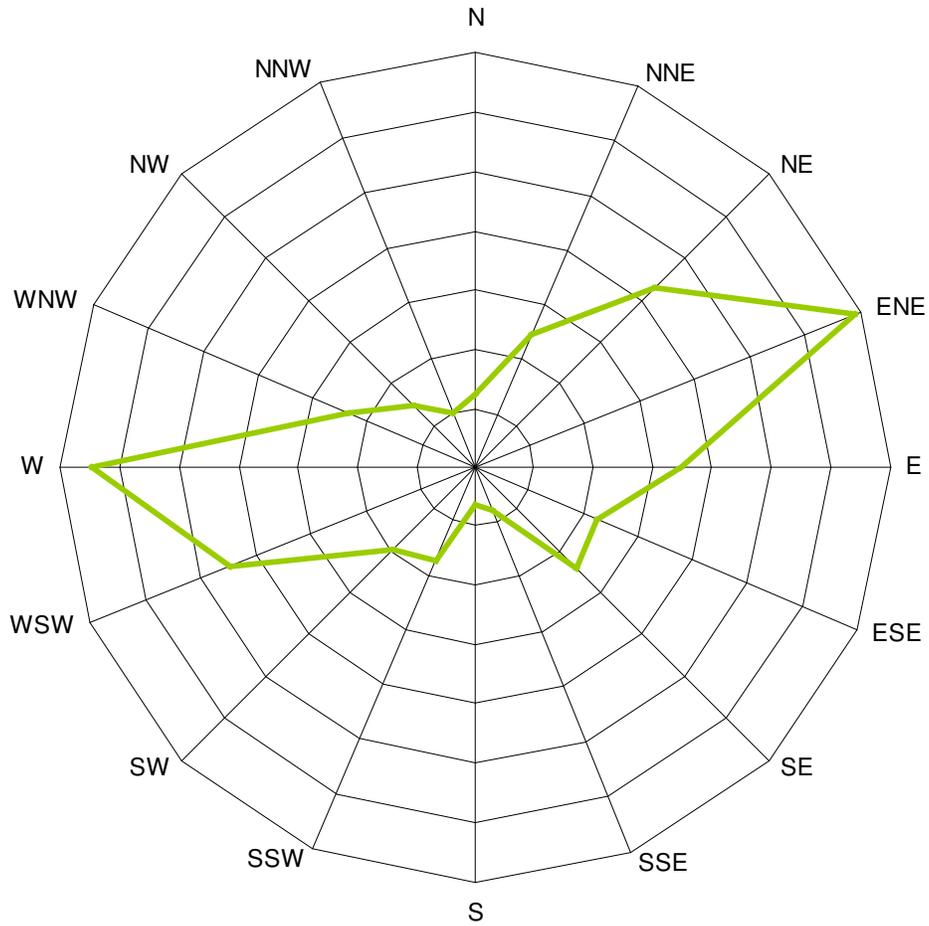
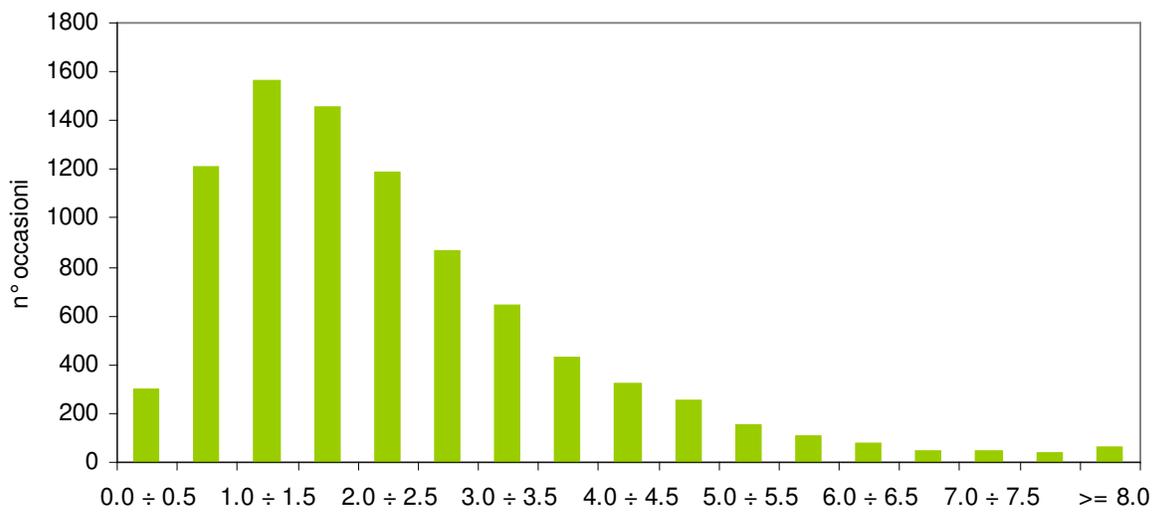


Figura 2.13
Distribuzione delle occorrenze di velocità vento



3 - LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1. - La rete di monitoraggio

La Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) regionale (Fig. 3.1.1), è attualmente composta da **151** stazioni fisse (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori), che per mezzo di analizzatori automatici forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente a cadenza oraria).

Le specie di inquinanti monitorati sono quelle riportate in tabella 3.1.1; sempre in tabella, viene indicato il numero di postazioni in grado di monitorare un particolare tipo di inquinante: a seconda del contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc) nel quale è attivo il monitoraggio, infatti, diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare; di conseguenza non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica.

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio. Nello specifico, la Rete di Rilevamento è suddivisa in 11 sottoreti provinciali, ciascuna di esse afferente, in termini di manutenzione e analisi dati, ai singoli Dipartimenti Provinciali di ARPA Lombardia.

I dati forniti dalle centraline fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne temporanee di misura mediante 20 laboratori mobili e 54 campionatori gravimetrici per il rilevamento del particolato fine.

Fig. 3.1.1 – La Rete Regionale



Inquinante	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	BTX
Punti di misura	58	136	89	68	62	11	22

Tabella 3.1.1: Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete Regionale della qualità dell'aria (in figura 3.1 la distribuzione geografica delle stazioni per l'inquinante selezionato – NO₂)

Di seguito viene illustrata nel dettaglio la sottorete provinciale di Mantova e si presentano i dati raccolti dalle postazioni nel 2006 in relazione ai limiti stabiliti dalle normative vigenti.

3.1.1 - Le postazioni fisse del Dipartimento ARPA di Mantova.

Nel territorio della **Provincia di Mantova** è presente una rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà dell'ARPA e gestita dal Dipartimento di Mantova, costituita da n° 6 stazioni fisse, n° 2 postazioni mobili nonché n° 5 campionatori gravimetrici per il PM₁₀.

Sono operanti inoltre n° 2 stazioni fisse di proprietà della società EniPower, gestite dal Dipartimento secondo le stesse procedure di qualità stabilite per le postazioni della rete pubblica.

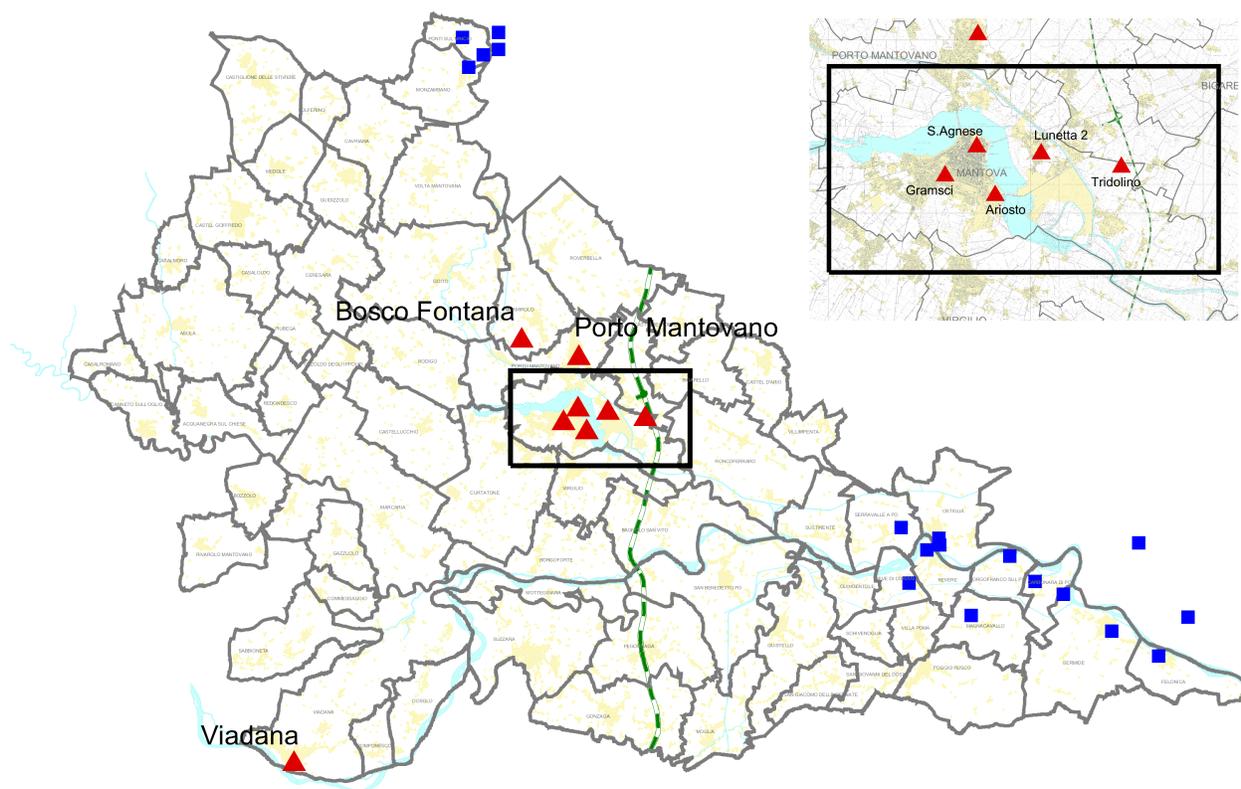
Nella tabella 3.1.2 è fornita una descrizione delle postazioni delle reti pubbliche e private in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana.

Inoltre sono operanti le reti di proprietà della Centrale del Mincio, nonché delle Centrali Edipower di Sernide ed Endesa di Ostiglia, che sulla base dei disposti dei rispettivi decreti autorizzativi per la trasformazione in turbogas, sono state fatte oggetto di importante opera di ristrutturazione ed aggiornamento. Come previsto nelle convenzioni sottoscritte nel corso del 2006, anch'esse verranno gestite direttamente da ARPA a partire dal 2007

Sulla base dell'analisi dei dati trasmessi dalle postazioni pubbliche e private, il Dipartimento provvede, entro le ore 10 delle giornate lavorative, a compilare ed inviare agli Enti preposti ed agli organi di informazione il bollettino giornaliero di qualità dell'aria. Il bollettino, insieme ad altre informazioni, è disponibile sul sito dell'agenzia all'indirizzo: www.arpalombardia.it/qaria.

Nella Fig. 3.1.2 è rappresentata la distribuzione territoriale delle postazioni di rilevamento pubbliche (triangoli rossi) e private (rettangoli blu).

Figura 3.1.2 - Localizzazione delle stazioni fisse di misura



In seguito all'entrata in funzione delle stazioni fornite dalla CTE Enipower, nella città di Mantova risultano in funzione N. 4 analizzatori per il PM10.

Tabella 3.1.2 - Le stazioni fisse di misura nel territorio della Provincia di Mantova, anno 2006				
Nome stazione	Rete	Tipo zona	Tipo stazione	quota s.l.m. (metri)
		Decisione 2001/752/CE	Decisione 2001/752/CE	
30104 Ariosto	PUB	URBANA	INDUSTRIALE	22.0
30115 Lunetta2	PUB	SUBURBANA	INDUSTRIALE	25.3
30116 Gramsci	PUB	URBANA	TRAFFICO	19.0
30117 S.Agnese	PRIV	URBANA	FONDO	22.0
30118 Tridolino	PRIV	RURALE	INDUSTRIALE	23.9
30403 Viadana	PUB	URBANA	FONDO	27.2
30404 Porto Mantovano	PUB	SUBURBANA	FONDO	29.8
30601 Fontana	PUB	RURALE	FONDO	25.5

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

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

3.1.2 -Le campagne di misura

Mediante l'utilizzo dei due laboratori mobili in dotazione, nel corso dell'anno sono state effettuate n.8 campagne di rilevazione della qualità dell'aria, in concomitanza alla realizzazione di importanti infrastrutture (monitoraggio ante operam), e precisamente:

- presso i Comuni di Revere e Poggio Rusco: raddoppio ferroviario RFI con nuovo ponte sul fiume sul Po;
- presso i Comuni di Bozzolo, Cerlongo e Gazoldo degli Ippoliti: autocamionale Tirreno – BREnnero (TIBRE).

Qui di seguito si riassumono il sito, il periodo di rilevamento ed i rendimenti strumentali (tabella 3.1.3), oltre agli inquinanti monitorati (tabella 3.1.4).

Per ulteriori dettagli si rimanda al sito dell'ARPA Lombardia, <http://www.arpalombardia.it/qaria>, dove sono pubblicate le relazioni delle campagne di interesse pubblico.

tabella 3.1.3 – siti monitorati con mezzo mobile e rendimenti strumentali

postazione	da	a	rend %
MM Revere2	01/01/2006	31/12/2006	78.2
MM Cerlongo	11/01/2006	07/02/2006	77.4
MM Bozzolo	12/02/2006	05/03/2006	86.7
MM Gazoldo	08/03/2006	29/03/2006	69.5
MM Cerlongo	31/05/2006	28/06/2006	85.7
MM Bozzolo	30/06/2006	08/08/2006	78.9
MM Gazoldo	10/08/2006	03/10/2006	66.3
MM PoggioRusco3	17/11/2006	31/12/2006	55.9

tabella 3.1.4 – medie rilevate durante il periodo di misura

postazione	SO2	NOx	NO	NO2	CO	O3	PM10	BENZ	TOL	MPXil
MM Revere2	4.7	42.0	12.8	22.4	0.4	43.9				
MM Cerlongo	6.5	130.0	53.6	47.8	1.3	12.1	76.9	2.8	9.7	2.8
MM Bozzolo	6.1	49.8	13.6	29.0	0.7	8.6	49.9	1.6	3.7	1.0
MM Gazoldo	6.6	34.0	6.2	24.5	0.6	35.2	51.6	1.9	2.2	0.5
MM Cerlongo	5.0	30.3	5.1	22.5	0.3	75.2	45.1	0.8	1.7	1.3
MM Bozzolo	3.6	18.1	2.3	14.6	0.3	83.7	42.8	0.9	0.5	0.3
MM Gazoldo	6.3	15.0	2.6	11.1	0.3	61.7	43.7	0.6	0.3	0.2
MM Poggiorusco3	15.1	78.5	29.8	32.9	0.3	15.2	17.9	0.2	1.3	0.1

3.2 - La valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente.

3.2.1 - Gli effetti sulla salute e sull' ambiente

L'importanza della determinazione degli inquinanti atmosferici è conseguente all'influenza che tali sostanze hanno sulla salute degli esseri viventi e sull'ambiente in generale.

Gli inquinanti atmosferici hanno effetti diversi sui vari organismi a seconda della concentrazione atmosferica, del tempo di permanenza e delle loro caratteristiche fisico-chimiche. D'altro canto anche la sensibilità di piante ed animali agli inquinanti atmosferici è differente a seconda delle peculiarità degli organismi stessi e del tempo di esposizione cui sono sottoposti. Ne consegue che la valutazione degli effetti sull'ambiente e sulla salute è complessa ed articolata.

Gli apparati più soggetti agli effetti delle sostanze immesse in atmosfera sono quelli deputati alla respirazione e alla fotosintesi. Le sostanze più dannose sono quelle di tipo gassoso e le particelle più sottili, che riescono ad arrivare nelle profondità dell'apparato respiratorio e fotosintetico superando le barriere di difesa presenti nelle vie aeree superiori e negli apparati fogliari. Le patologie conseguenti possono perciò interessare i bronchi, il parenchima o la pleura così come il floema fogliare.

Gli effetti degli inquinanti possono essere di tipo acuto, quando insorgono dopo un breve periodo di esposizione (ore o giorni) ad elevate concentrazioni di inquinanti, o di tipo cronico, se si manifestano dopo un lungo periodo (anni o decenni) ad esposizioni non necessariamente elevate ma continue.

La conoscenza dei meccanismi di azione degli inquinanti necessita ulteriori approfondimenti poiché, se da un lato si hanno informazioni sugli effetti acuti provocati da una singola sostanza, dall'altro non sono ben noti gli effetti cronici delle miscele di inquinanti a concentrazioni poco elevate. D'altronde recenti indagini segnalano un aumento proprio delle patologie bronchiali e polmonari e dei danni alla vegetazione conseguenti al peggioramento degli ambienti sottoposti alla pressione antropica. Questi segnali rendono evidente l'urgenza di approfondire le relazioni tra il degrado della qualità dell'aria e l'incremento delle malattie respiratorie e di esaminare la tossicità dello smog fotochimico sulle piante.

L'inquinamento produce anche un danno sociale, relativo alla popolazione nel suo complesso: danni apparentemente trascurabili possono produrre un aumento della frequenza della malattia. La prevenzione diventa quindi imperativa sia a livello individuale (limitazione del fumo, minor utilizzo di automobili e moto, ecc.) sia a livello collettivo (ad esempio normative e sanzioni adeguate) così da indurre dei cambiamenti nel comportamento dei singoli e dell'intera società, volti al miglioramento della qualità dell'aria.

Tuttavia è molto difficile stabilire se e in che misura l'inquinamento dell'aria è responsabile di una malattia respiratoria o della morte di una pianta. Infatti è necessario calcolare l'influsso di tutti i fattori potenzialmente influenti come l'effetto combinato della miscela di sostanze presenti in atmosfera e lo stato di salute e sociale del paziente, piuttosto che il succedersi di eventi siccitosi che possono rendere più sensibile la vegetazione a certi inquinanti.

Per misurare e caratterizzare la miscela di sostanze nocive presenti nell'aria si possono utilizzare diversi tipi di indicatore. La nicotina, ad esempio, è un indicatore molto specifico per l'intero miscuglio di sostanze tossiche prodotte dalla combustione del tabacco.

Gli ossidi di azoto (NO_x) sono indicatori non specifici, nel senso che quanto più elevata è la loro concentrazione, tanto maggiore è l'inquinamento atmosferico nel suo complesso. Dagli studi epidemiologici più recenti emerge un'evidenza medica e scientifica dovuta all'esposizione alla materia particolata fine (particelle di dimensione inferiore ai 10 µm) e ultrafine (particelle di dimensione inferiore a 0.1 µm). Il particolato atmosferico di queste dimensioni riesce a penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Si parla infatti di frazione "respirabile" per le particelle di diametro al di sotto di 10 µm, e toracica per quelle più piccole di 2.5 µm.

Non essendo la salute un parametro misurabile si cerca di rilevare le conseguenze dell'inquinamento atmosferico, come il peggioramento della funzione polmonare o i giorni di attacchi di asma, la frequenza di emicranie e irritazioni agli occhi. Possono venire considerate anche la frequenza del ricorso a prestazioni mediche.

Stabilire nessi tra la qualità dell'aria e le sue conseguenze sulla salute degli esseri viventi e sugli ecosistemi è una questione molto complessa; l'azione patologica di alcuni inquinanti è spesso amplificata dalla presenza in aria di altre sostanze; l'effetto dell'esposizione può manifestarsi anche con un ritardo di diversi anni; gli effetti dell'inquinamento atmosferico si manifestano spesso con la diffusione di patologie croniche, raramente caratterizzate da improvvisi picchi epidemici.

Per ulteriori approfondimenti, si può fare riferimento al documento scaricabile dalla pagina web:

http://www.arpalombardia.it/qaria/doc_QualitaAriaSalute.asp

Per approfondimenti specifici sull'ozono, nella stessa pagina web è disponibile un documento informativo ai sensi del Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 183: "Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria".

3.2.2 – La normativa sugli inquinanti atmosferici

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. n.60/02 - D.L.vo n.183/04) allo scopo di prevenire esposizioni croniche. Per gestire episodi d'inquinamento acuto vengono invece utilizzate le soglie di allarme (D.M. n.60/02; D.L.vo n.183/04).

La valutazione della qualità dell'aria ambiente negli ultimi anni ha ricevuto nuovi impulsi, a livello di Comunità Europea, attraverso l'emanazione di alcune direttive, recepite in Italia nel 1999 e nel 2002, che aggiornano l'elenco degli inquinanti da considerare e fissano nuovi valori limite.

Infatti l'emanazione del Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n. 351 "Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" ha introdotto delle novità nell'elenco degli inquinanti atmosferici da considerare per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, suddividendoli in due elenchi: nel primo sono inclusi quegli inquinanti che devono essere esaminati allo stadio iniziale, ivi compresi gli inquinanti disciplinati da direttive comunitarie esistenti in materia di qualità dell'aria (biossido di zolfo, biossido di azoto/ossidi di azoto, materiale particolato fine, incluso il PM10, particelle sospese totali, piombo ed ozono); nel secondo rientrano altri inquinanti (benzene, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici, cadmio, arsenico, nichel, mercurio).

Il decreto prevede che per questi inquinanti siano fissati valori limite e soglie d'allarme, la cui introduzione comporta l'abrogazione dei limiti contenuti nella normativa precedente. Inoltre il decreto stabilisce la necessità di una valutazione dell'aria ambiente (piano d'azione regionale), le misure da applicare nelle zone in cui i livelli sono più alte del valore limite e quelle da adottare in caso di superamento dei valori d'allarme.

L'emanazione, ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. n. 351 del 4 agosto 1999, del DM n. 60 del 2 aprile 2002, con il recepimento delle direttive comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE ha comportato l'introduzione dei nuovi valori limite per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio e l'introduzione delle date entro cui tali valori devono essere raggiunti (che, a seconda dell'inquinante e dello specifico valore, sono stabilite nei giorni 19/7/01, 1/1/05 e 1/1/10). Innovativa è stata, inoltre, l'introduzione di un margine di tolleranza, che si riduce progressivamente, e che fissa nel transitorio il percorso per un graduale raggiungimento del valore limite. Nell'anno 2006 gli unici inquinanti per cui resta ancora applicabile il margine di tolleranza sono il biossido di azoto e il benzene, per i quali è previsto il raggiungimento del limite al 1° gennaio 2010.

Le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese, al PM₁₀, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nelle normative citate sono state abrogate con l'entrata in vigore del DM 60/02, ma, in fase transitoria, fino alla data entro cui devono essere raggiunti i valori limite previsti dal DM 60/02, restano in vigore i limiti contenuti nel DPCM 28/3/83, modificati dall'art. 20 del DPR 24/5/88. Nell'anno 2006, i limiti di questi due ultimi decreti restano in vigore solo per il biossido di azoto.

Per quanto concerne l'ozono, nell'anno 2004 si è avuto il recepimento della direttiva comunitaria 2002/3/CE, con la pubblicazione del D. Lgs. 21/5/04 n. 183. Sono stati stabiliti i valori bersaglio, da conseguirsi a partire dall'anno 2010, i valori obiettivo a lungo termine e le soglie di informazione ed allarme

La Tabella 3.2.1 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati. Sono inclusi sia i limiti a lungo termine che i livelli di allarme.

Nella tabella i margini di tolleranza validi per l'anno 2006 sono indicati tra parentesi.

Tabella 3.2.1 : Valori limite dei principali inquinanti.

Tabella 3.2.1 : Valori limite dei principali inquinanti.				
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 ora	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione ecosistemi	20	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. n.60 del 2/4/02
	Soglia di allarme	500	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. n.60 del 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 ora	D.P.R. 203/88
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 (+40)	1 ora	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana	40 (+8)	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02
	Soglia di allarme	400	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. n.60 del 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. n.60 del 2/4/02
Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m^3)		Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana	10	8 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana	120	8 ore	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	18.000	AOT40 (mag-lug) su 5 anni	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di informazione	180	1 ora	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di allarme	240	1 ora	D.L.vo n.183 21/5/04

Tabella 3.2.1 : (segue) Valori limite dei principali inquinanti.

Idrocarburi non Metanici	Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di mediazione	Legislazione
Benzene	Valore obiettivo	5 (+4)	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	0,001	Anno civile	DM. 25/11/94 e Dir 107/04/CE

Nota: Gli obiettivi di qualità su base annua delle concentrazioni di IPA fanno riferimento alle concentrazioni di benzo(a)pirene. (D.M. 25/11/94).

Particolato Fine PM_{10}	Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02

3.3 – l'analisi dei singoli inquinanti atmosferici

Nel seguito si analizzano le concentrazioni ed i trend dei vari inquinanti, e si confrontano con i limiti di legge.

3.3.1 - Il Biossido di Zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas la cui presenza in atmosfera è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. Per quanto riguarda il traffico veicolare, che contribuisce alle emissioni solo in maniera secondaria, la principale sorgente di biossido di zolfo è costituita dai veicoli con motore diesel. Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. 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.

Data l'elevata solubilità in acqua, il biossido di zolfo contribuisce al fenomeno delle piogge acide trasformandosi in anidride solforica e, successivamente, in acido solforico, a causa delle reazioni con l'umidità presente in atmosfera.

Gli effetti registrati ai danni della salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione, e vanno da irritazioni a occhi e gola già a basse concentrazioni, a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori.

Tabella 3.3.1 –Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

	Dati di sintesi		D.M. 60/02	
	Rendimento	Media anno 2006	protezione salute umana	
Stazione	%	µg/m ³	n° sup. media 1h > 350 µg/m ³ [limite: non più di 24 volte/anno]	n° sup. media 24h > 125 µg/m ³ [limite: non più di 3 volte/anno]
MN - Ariosto	88	5.3	0	0
MN - Lunetta 2	87	4.6	0	0
MN - Gramsci	91	6.3	0	0
Viadana	53	(4.0)	(0)	(0)
Porto M.no	81	2.8	0	0

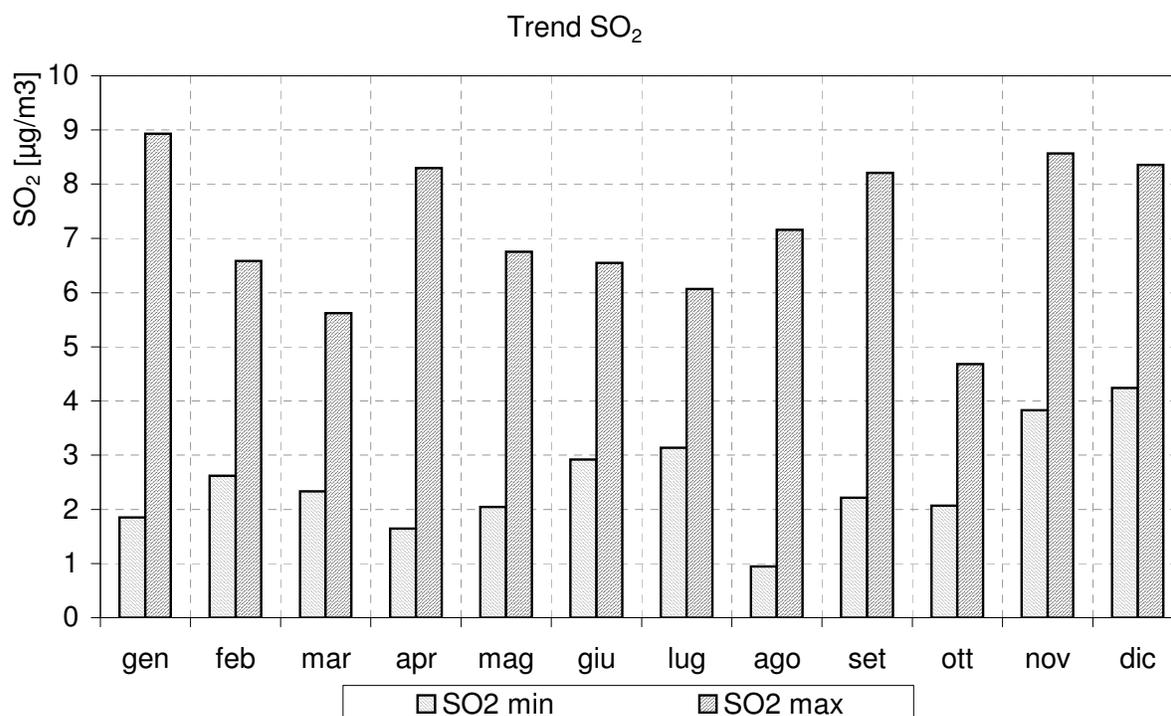
() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%

Nella Tabella 3.3.1 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento, definiti dal DM 60/02.

La Figura 3.3.1 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni di SO₂.

La Figura 3.3.2 mostra invece il trend annuale di questo inquinante.

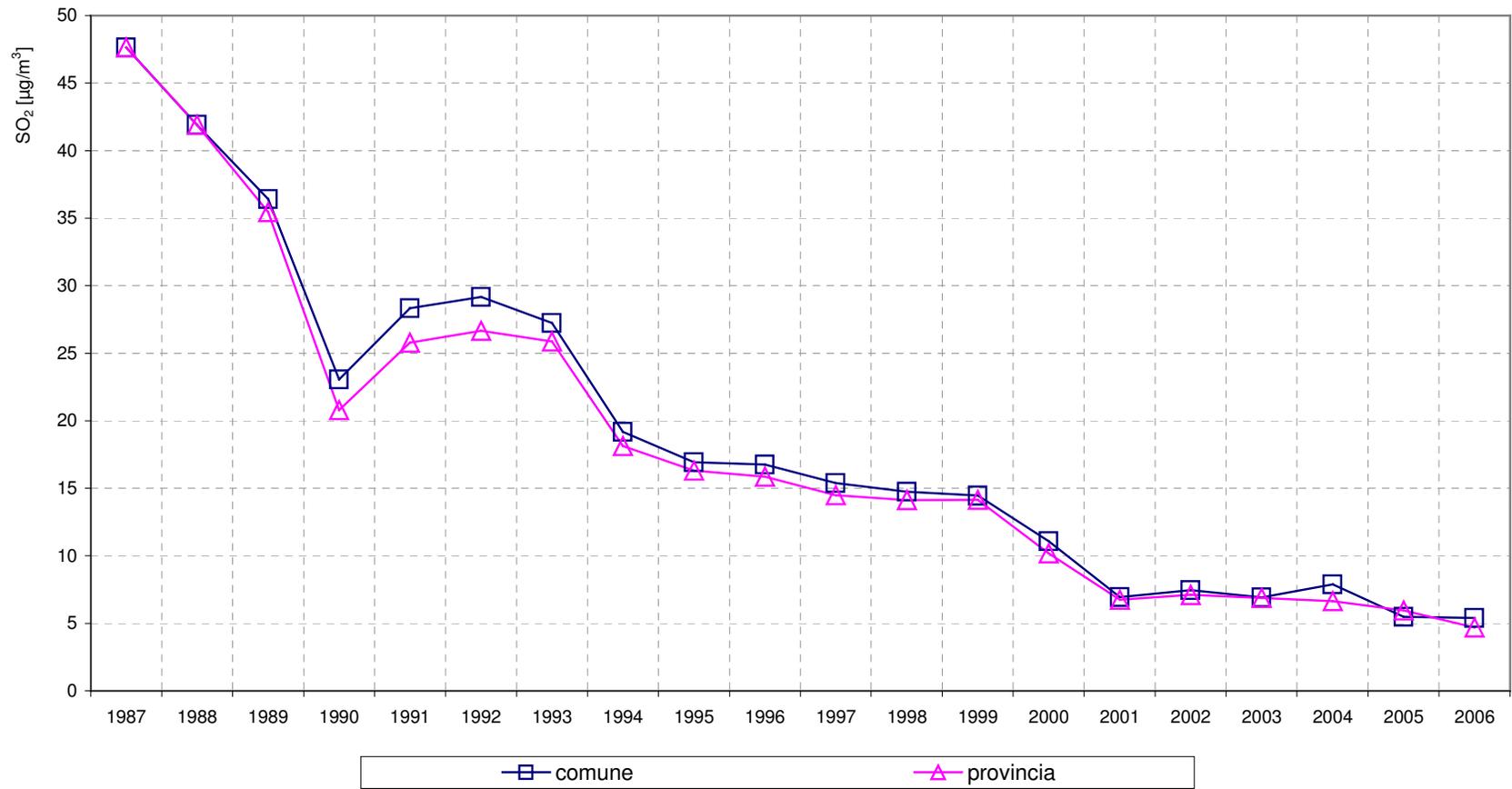
Figura 3.3.1
Concentrazioni mensili di SO₂ registrate in Provincia di Mantova nell'anno 2006



Nel confronto con i valori limite di tabella 3.3.1 le concentrazioni di **SO₂** non hanno mai superato (0%), la soglia di allarme, né i valori limite per la protezione della salute umana, sia quello orario, sia quello sulle 24 ore, e neppure quello annuale ed invernale per la protezione degli ecosistemi.

Fig. 3.3.2 – SO₂

Trend parametri ambientali comune di Mantova e Provincia



3.3.2 - Gli Ossidi di Azoto (NO e NO₂)

Gli ossidi di azoto in generale (NO_x), vengono prodotti durante i processi di combustione a causa della reazione che, ad elevate temperature, avviene tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria. Tali ossidi vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

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

L'NO₂ è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO, relativamente poco tossico. Esso svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso. Una volta formati, questi inquinanti possono depositarsi al suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione ed agli edifici.

Gli NO_x, ed in particolare l'NO₂, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio.

Per il biossido di azoto sono previsti valori limite, riassunti nella precedente Tabella 3.2.1

Tabella 3.3.2- Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	NO ₂						NO _x
	Dati di sintesi	D.P.R. 203/88	D.M. 60/02 (limiti in vigore dal 1/1/2010)		D.M. 60/02 (con applicazione margine di tolleranza)		D.M. 60/02
		standard di qualità	protezione salute umana		protezione salute umana		protezione ecosistemi
	Rendimento	98° percentile (limite 200 µg/m ³)	n° sup media 1h > 200 µg/m ³ [limite: non più di 18 volte/anno]	media anno [limite: 40 µg/m ³]	n° sup media 1h > 200+40 µg/m ³ [limite: non più di 18 volte/anno]	media anno [limite: 40+8 µg/m ³]	media anno [limite: 30 µg/m ³]
	%	µg/m ³	n. di ore	µg/m ³	n. di ore	µg/m ³	µg/m ³
MN - Ariosto	72.6	(83)	(0)	(33)	(0)	(33)	(70)
MN - Lunetta 2	57.3	(87)	(0)	(23)	(0)	(23)	(43)
MN - Gramsci	90.7	75	0	31	0	31	62
MN - S. Agnese	78.7	99	1	38	0	38	64
MN - Tridolino	93.3	86	0	31	0	31	57
Viadana	84.8	92	0	35	0	35	66
Porto M.no	88.5	85	1	35	0	35	65
Fontana	63.0	(96)	(0)	(27)	(0)	(27)	(51)

Nota: in **grassetto** i casi di non rispetto del limite + il margine di tolleranza
() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%

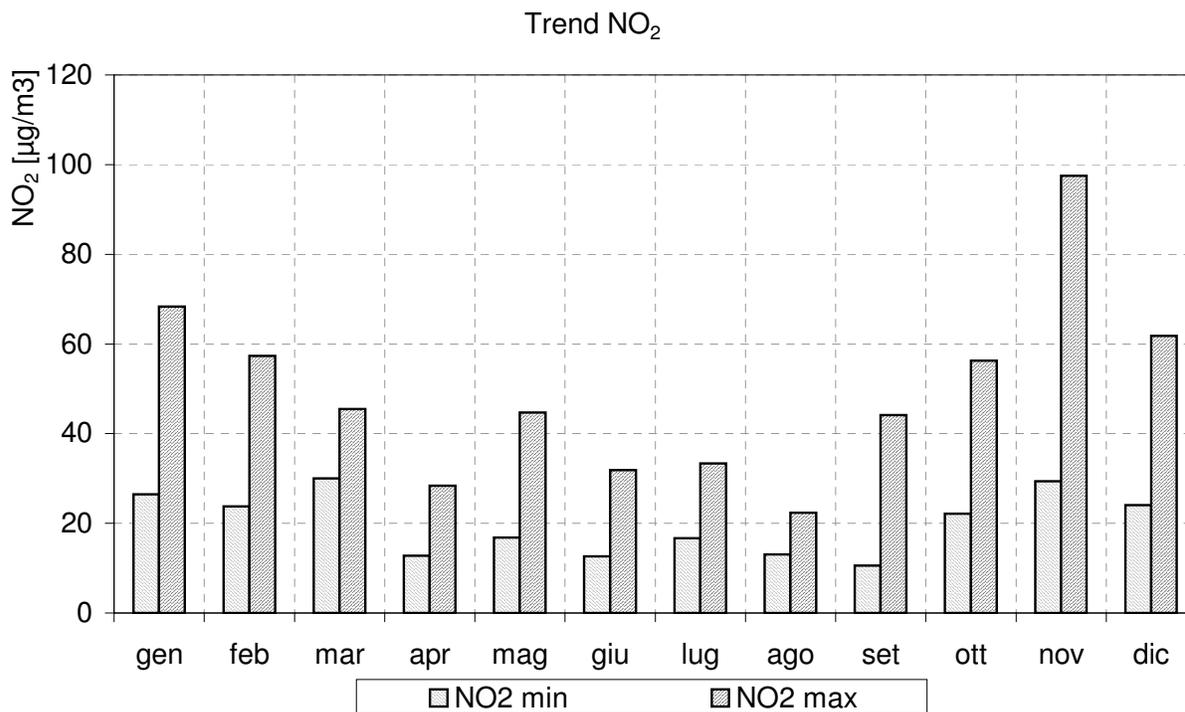
Il rendimento medio degli **NO₂** è stato del 78.6%, condizionato principalmente dalla prolungata indisponibilità del dato di Lunetta2.

Nella Tabella 3.3.2 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento.

La Figura 3.3.3 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni di **NO₂**.

La Figura 3.3.4 mostra il trend annuale di questo inquinante.

Figura 3.3.3
Concentrazioni mensili di NO₂ registrate in Provincia di Mantova nell'anno 2006

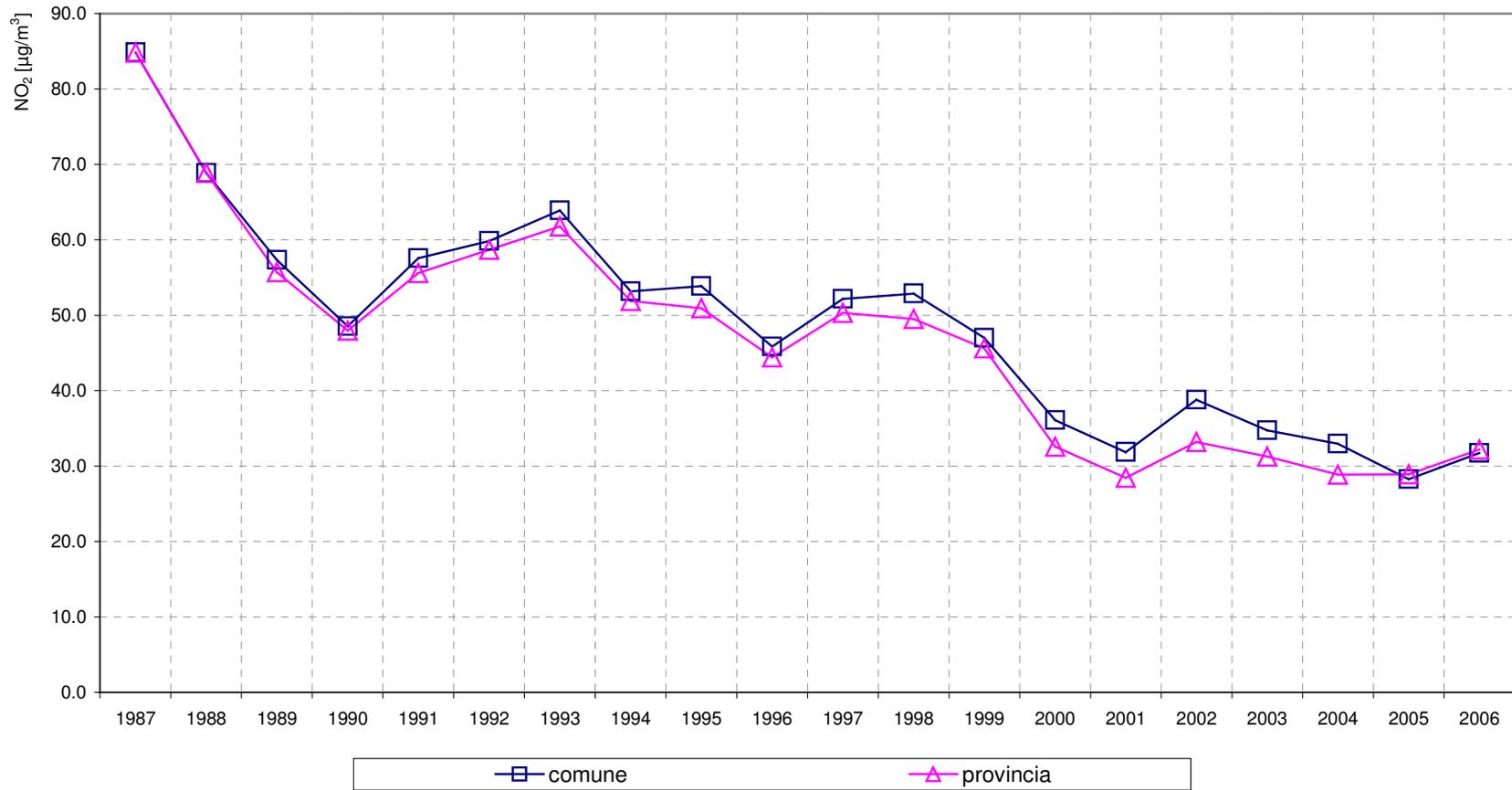


Nel confronto con i valori limite di tabella 3.3.2, le concentrazioni di **NO₂** non hanno mai superato (0%) lo standard di qualità dell'aria (98° percentile), né la soglia di allarme (comprensiva di margine di tolleranza), né il limite annuale per la protezione della popolazione.

Inoltre, per gli **NO_x**, è stato superato in tutte le stazioni (100%) il valore limite annuale per la protezione della vegetazione.

Fig. 3.3.4 – NO₂

Trend parametri ambientali comune di Mantova e Provincia



3.3.3 - Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas risultante dalla combustione incompleta di gas naturali, propano, carburanti, benzine, carbone e legna. Le fonti di emissione di questo inquinante sono sia di tipo naturale che di tipo antropico; in natura, il CO viene prodotto in seguito a incendi, eruzioni dei vulcani ed emissioni da oceani e paludi. La principale fonte di emissione da parte dell'uomo è invece costituita dal traffico autoveicolare, oltre che da alcune attività industriali come la produzione di ghisa e acciaio, la raffinazione del petrolio, la lavorazione del legno e della carta.

Le sue concentrazioni in aria ambiente sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, 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 a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. In Lombardia, a partire dall'inizio degli anni '90 le concentrazioni di CO risultano in diminuzione, grazie soprattutto all'introduzione delle marmitte catalitiche sui veicoli ed al miglioramento della tecnologia dei motori a combustione interna (introduzione di veicoli Euro 4).

Il CO può venire assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi con l'emoglobina in quanto ha una maggiore affinità rispetto all'O₂, e forma con essa carbosiemoglobina, riducendo così la capacità del sangue di trasportare ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati e affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie.

Tabella 3.3.3 - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Dati di sintesi			D.M. 60/02
	Rendimento	Media anno 2006	Media mobile 8 ore	protezione salute umana
	%	Mg/m ³	n. ore > 10 mg/m ³	max media 8h [limite: 10 mg/m ³]
MN - Gramsci	92.0	0.6	0	4.1
MN - S.Agnese	77.7	0.4	0	2.1
MN - Tridolino	93.3	0.3	0	1.4
Viadana	75.2	0.5	0	2.8

Nota: in **grassetto** i casi di non rispetto del limite

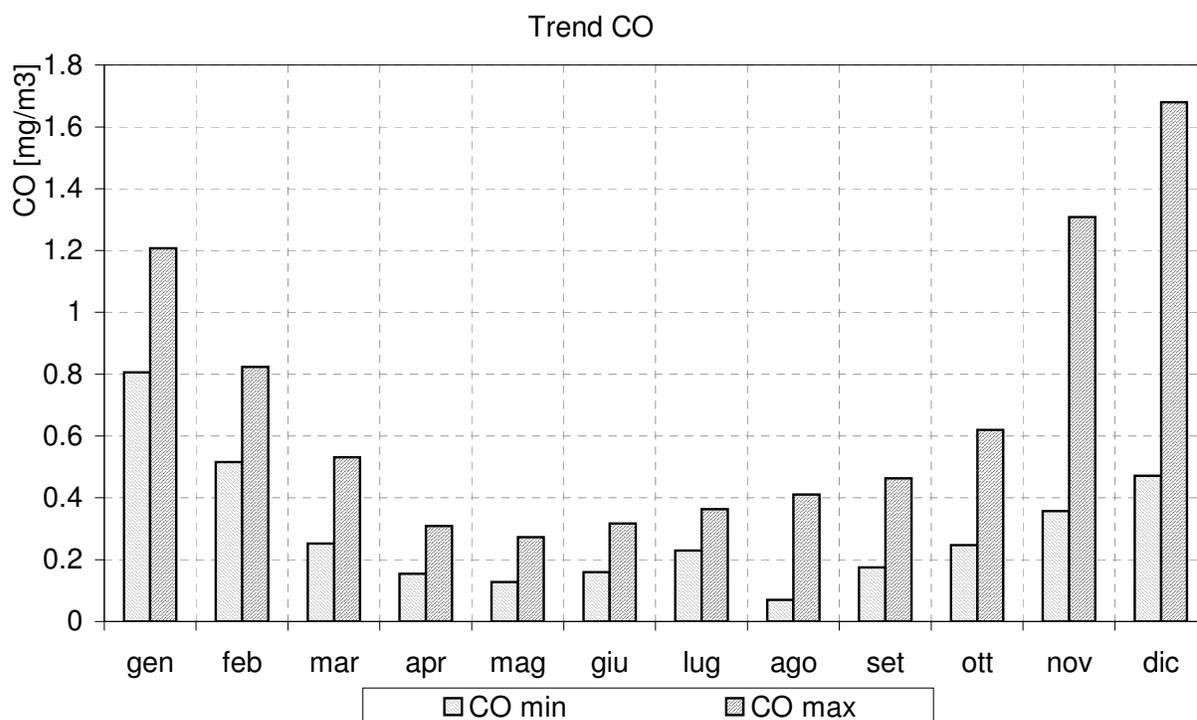
Il rendimento medio del **CO** è stato del 84.6%.

Nella Tabella 3.3.3 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento.

La Figura 3.3.5 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni di **CO**.

La Figura 3.3.6 mostra il trend annuale di questo inquinante.

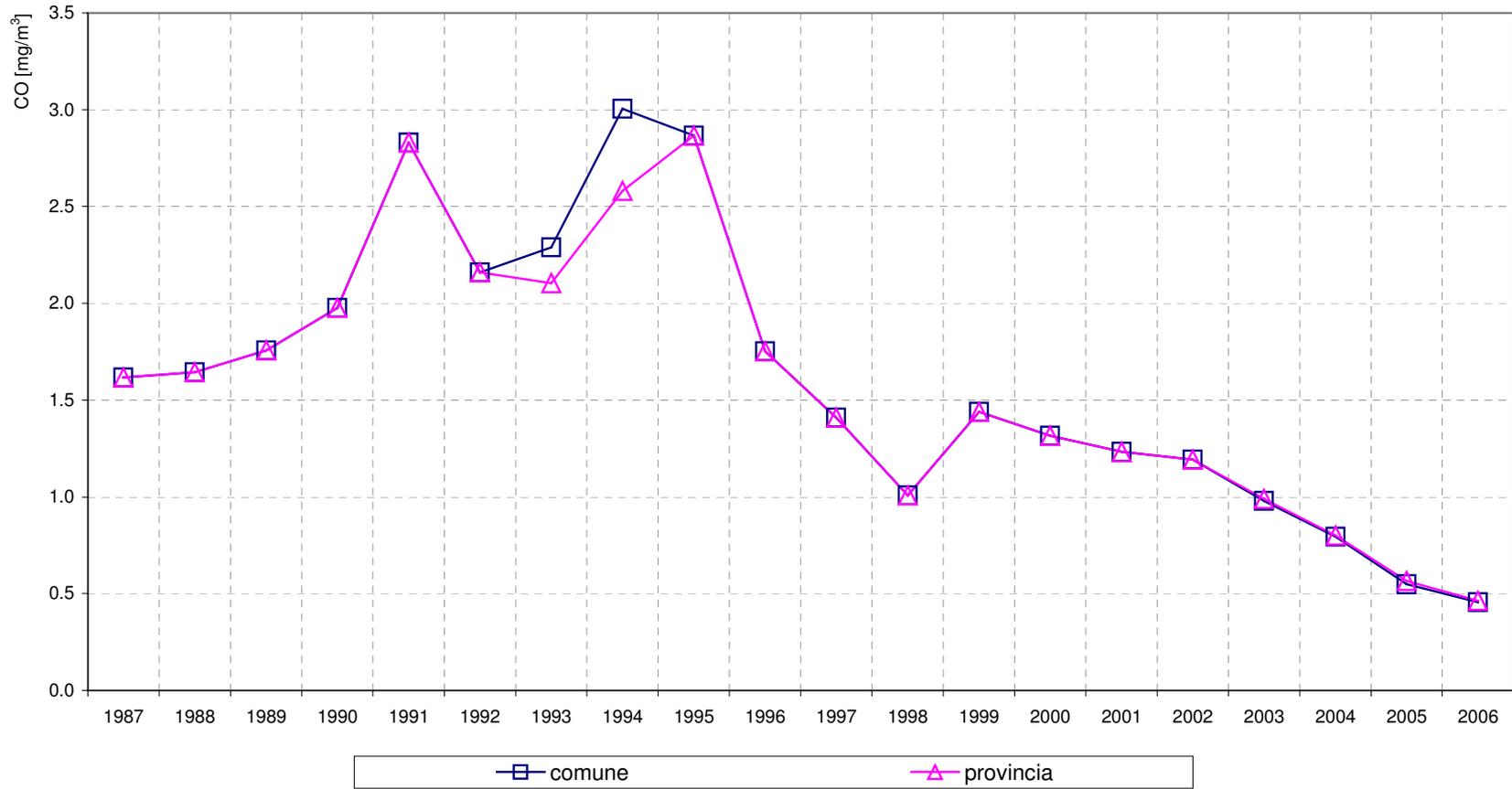
Figura 3.3.5
Concentrazioni mensili di CO registrate in Provincia di Mantova nell'anno 2006



Nel confronto con i valori limite di tabella 3.3.3, le concentrazioni di **CO** non hanno mai superato (0%), il valore limite sulle 8 ore per la protezione della salute umana.

Fig. 3.3.6 - CO

Trend parametri ambientali comune di Mantova e Provincia



3.3.4 – L'Ozono (O₃)

L'Ozono 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), favorite dalle alte temperature e dal forte irraggiamento solare. Tali reazioni causano la formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono risulta quindi più complessa.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi 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:



L'ossigeno atomico, O*, reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera NO₂:



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

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, la concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

Essendo fortemente ossidante, l'ozono può attaccare tutte le classi delle sostanze biologiche con cui entra in contatto. Particolarmente esposti sono i tessuti delle vie respiratorie. Si riscontrano disagi e patologie dell'apparato respiratorio (irritazioni agli occhi, al naso e alla gola e mal di testa già a partire da esposizioni di soggetti sani a concentrazioni medie orarie di 200 µg/m³; decrementi della funzionalità respiratoria nei bambini e nei giovani a concentrazioni orarie nel range 160÷300

Tabella 3.3.4 - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

	Dati di sintesi		D. Lgs. 183/04	
	Rendimento	Media anno 2006	n. giorni di supero della soglia di informazione (180 µg/m ³)	n. giorni di supero della soglia d'allarme (240 µg/m ³)
Stazione	%	µg/m ³	n. di giorni interessati da almeno un sup. orario	n. di giorni interessati da almeno un sup. orario
MN – Lunetta 2	65.7	(42)	(12)	(0)
Viadana	64.0	(44)	(10)	(0)
Porto M.no	76.7	49	6	0
Fontana	72.8	(36.4)	(1)	(0)

() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%

Tabella 3.3.5 - Confronto con i valori bersaglio e gli obiettivi al lungo termine definiti dal D.Lgs. 183/04

Stazione	protezione salute umana		protezione vegetazione	
	n° sup. media 8h >120 µg/m ³ (max 25 gg/anno)	n° sup. media 8h >120 µg/m ³ mediando su ultimi 3 anni (max 25 gg)	AOT40 mag-lug mediando su ultimi 5 anni [limite:18 mg/m ³ h]	AOT40 mag-lug (anno 2006)
MN – Lunetta 2	43	64	50 307	52 358
Viadana	47	49	41 389	54 759
Porto M.no	54	55	36 189	36 546
Fontana	21	31	32 137	23 127

Nota: in **grassetto** le situazioni di non rispetto del limite

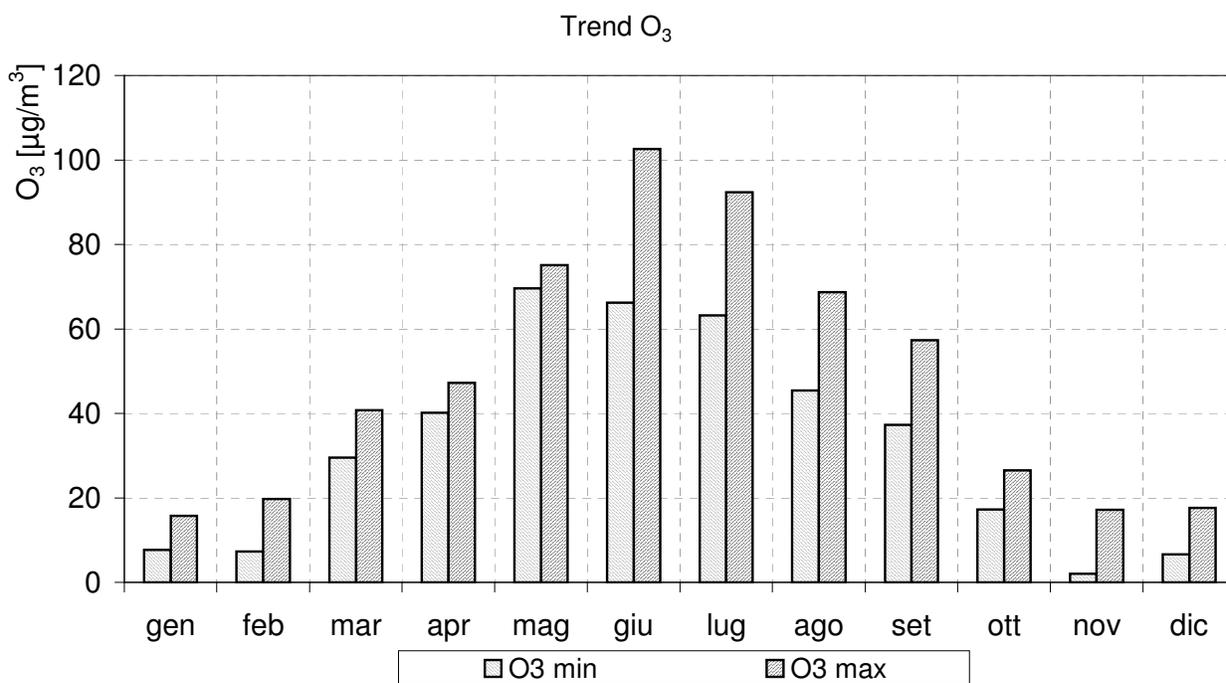
Il rendimento medio dell'O₃ è stato del 70.6%.

Nella Tabella 3.3.4 e 3.3.5 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento.

La Figura 3.3.7 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni di O₃.

La Figura 3.3.8 mostra il trend annuale di questo inquinante.

Figura 3.3.7
Concentrazioni mensili di O₃ registrate in Provincia di Mantova nell'anno 2006



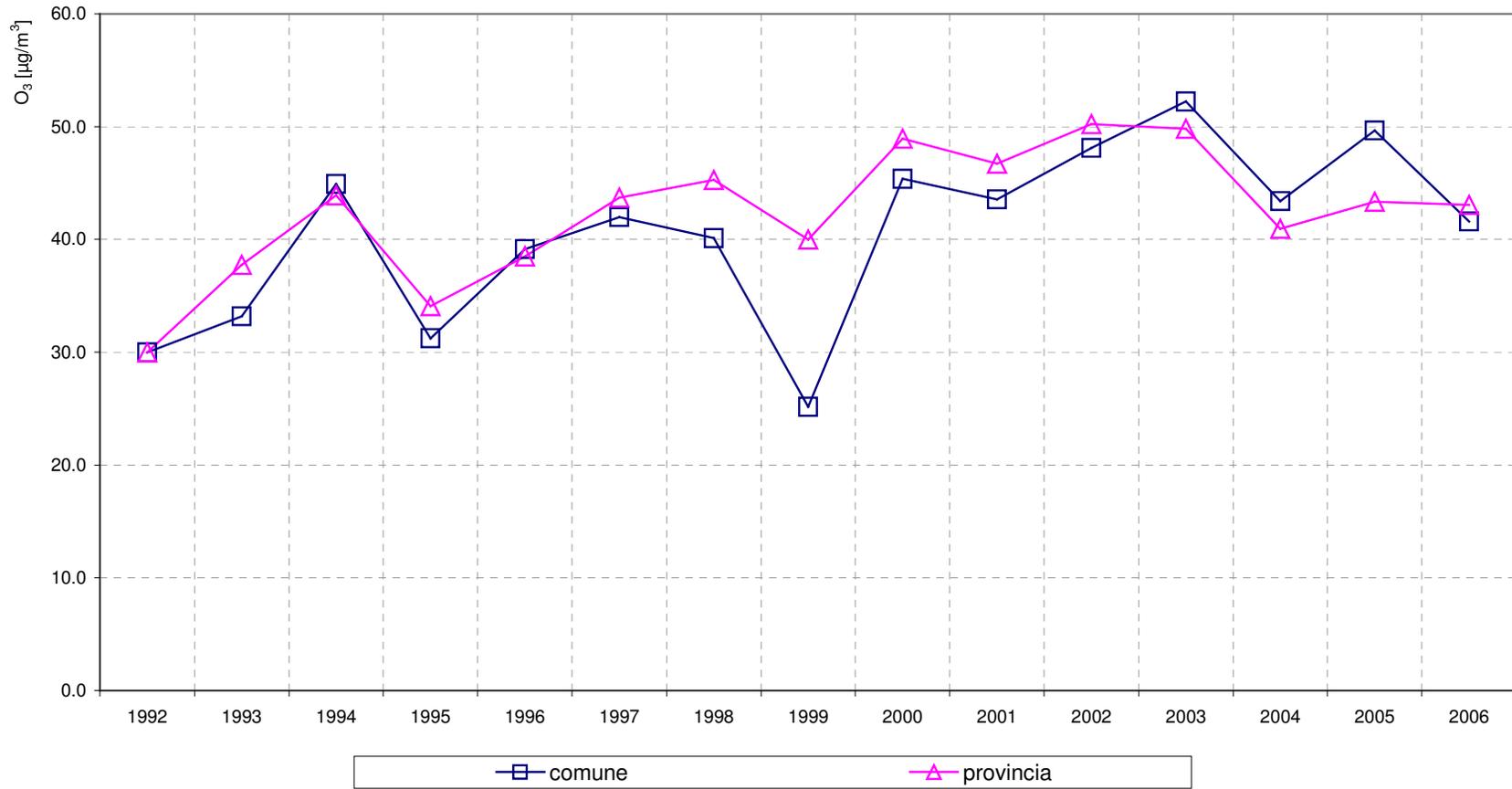
Nel confronto con i valori limite delle tabelle 3.3.4 e 3.3.5, la soglia di informazione è stata superata in tutte le stazioni (100%), mentre non si rilevano superi della soglia di allarme (tab. 3.3.4).

Sono stati superati nel 75% dei casi i limiti della media sulle 8 ore per il 2006 e nel 100% dei casi lo stesso limite per la media degli ultimi 3 anni.

Il limite per l'**AOT40** risulta superato nel 100% dei casi, sia come media sugli ultimi 5 anni, sia come dato riferito al 2006 (tab. 3.3.5).

Fig. 3.3.8 - O₃

Trend parametri ambientali comune di Mantova e Provincia



3.3.4 – Gli idrocarburi non metanici (NMHC)

Gli idrocarburi non metanici si originano da processi di combustione imperfetta o incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio (benzine e gasoli).

In parte sono costituiti da idrocarburi dello stesso combustibile che non vengono bruciati (paraffine, olefine, cicloparaffine, aromatici) e, per la maggioranza, da sostanze più complesse che si formano nelle reazioni di combustione. Solitamente tali composti organici si originano nelle zone della camera di combustione dove la temperatura non raggiunge valori così elevati da favorire l'ossidazione completa dei combustibili.

Le principali sorgenti dei NMHC sono il traffico autoveicolare; alcuni processi industriali (in fonderia; nei cicli di produzione di solventi e vernici e durante le fasi di lavorazione che impiegano tali sostanze, quali lo sgrassaggio e la verniciatura nelle lavorazioni metalmeccaniche; nelle lavorazioni di polimeri; nel trattamento del legno, ecc.); evaporazione dei carburanti (durante il travaso, nelle fasi di riempimento di serbatoi e cisterne o in seguito a perdite dagli stessi).

Gli effetti sulla salute sono costantemente oggetto di studio, in quanto alcuni componenti degli NMHC si sono rivelati cancerogeni per l'uomo, per esempio il benzene e numerosi idrocarburi policiclici aromatici (IPA) come il benzo(a)pirene.

Tabella 3.3.6 - Confronto dei valori di benzene misurati con il limite + il margine di tolleranza definiti dal DM 60/02 nell'anno 2006

stazione		protezione salute umana
	Rendimento	media anno
	%	[limite: 5 + 4 µg/m ³]
MN – Ariosto	96.2	2.8
MN – Gramsci	50.4	(1.2)
MN – S.Agnese	37.8	(0.8)

Nota: in **grassetto** i casi di non rispetto del limite + il margine di tolleranza

() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%

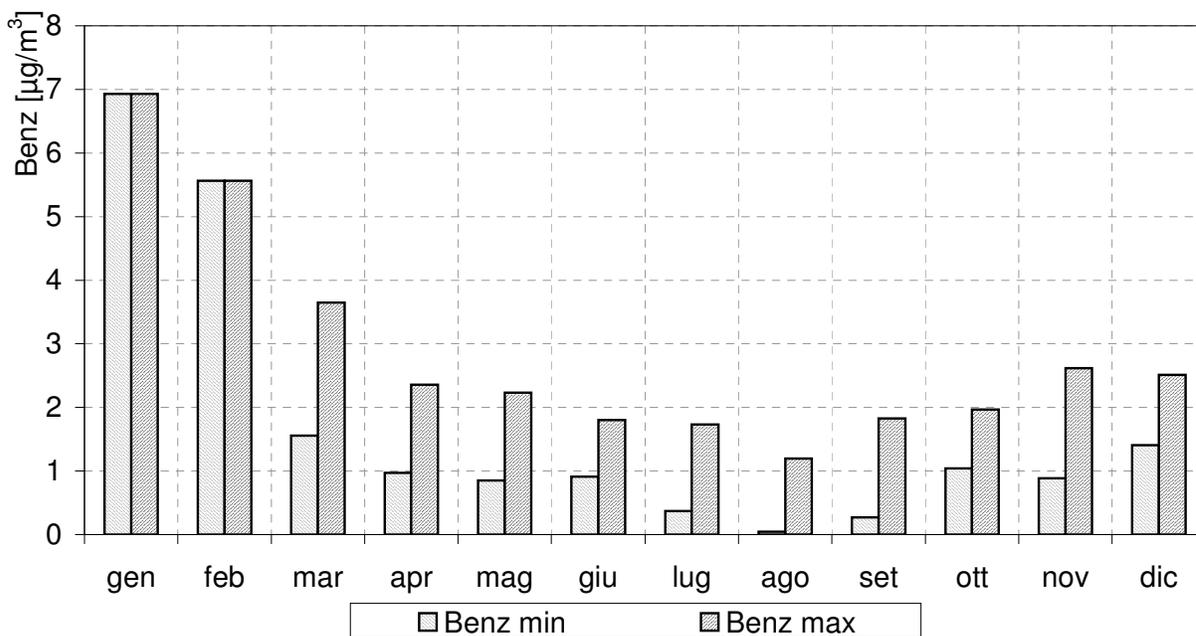
Nella Tabella 3.3.6 si confrontano i livelli di benzene misurati con i valori di riferimento.

La Figura 3.3.9 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni del **Benzene (C6H6)** .

La Figura 3.3.10 mostra il trend annuale di questo inquinante.

Figura 3.3.9
Concentrazioni mensili di Benzene registrate in Provincia di Mantova nell'anno 2006

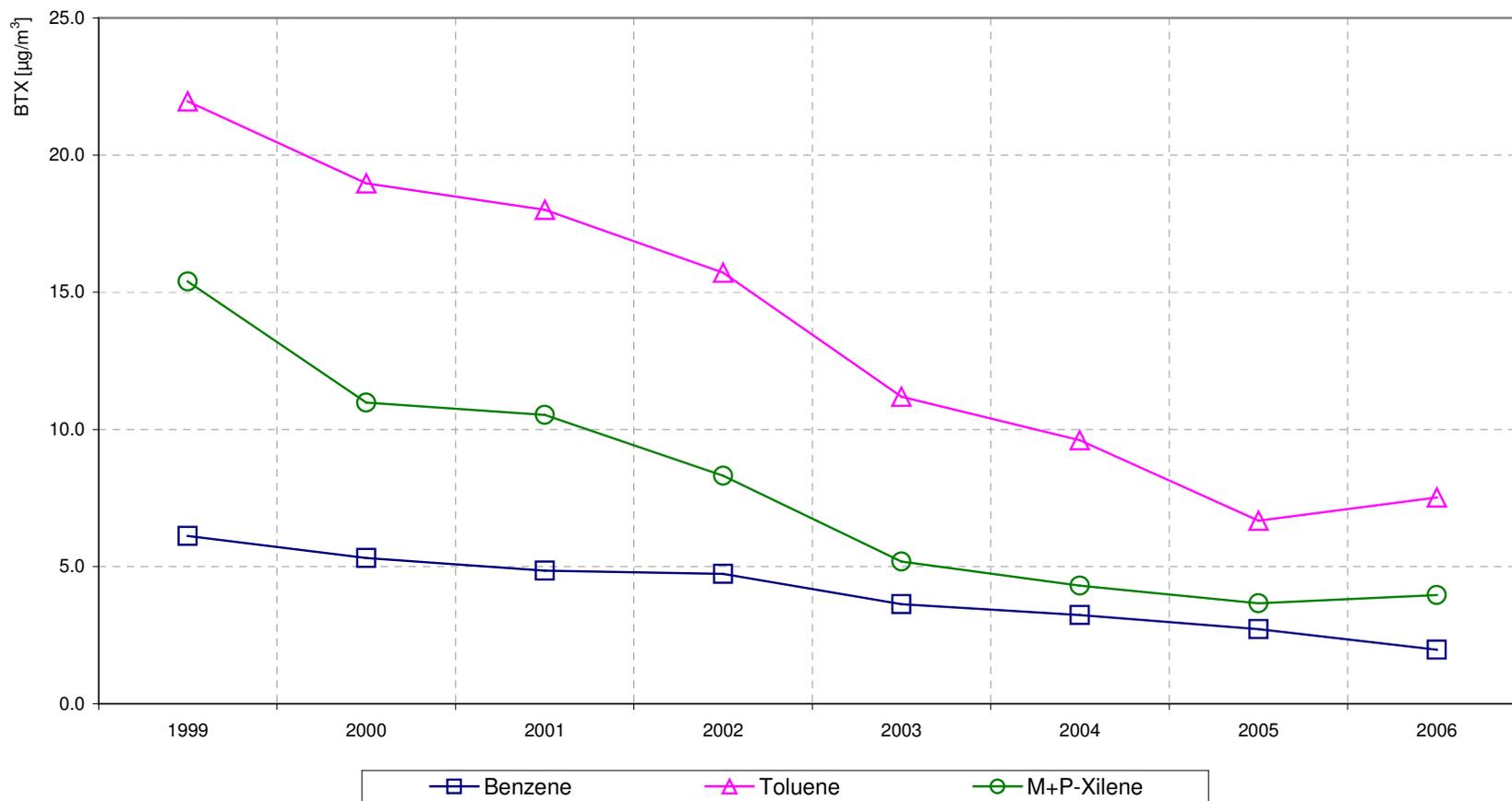
Trend Benzene



Nel confronto proposto in tabella 3.3.6, la media annuale delle concentrazioni di C_6H_6 non ha mai superato (0%) il valore limite.

Fig. 3.3.10 - BTX

Trend parametri ambientali comune di Mantova



3.3.5 - Il particolato atmosferico aerodisperso

PM (Particulate Matter) è la definizione generale con cui si definisce una miscela di particelle solide e liquide (particolato) di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni che si trovano in sospensione nell'aria.

Tali sostanze possono avere origine sia da fenomeni naturali (processi di erosione al suolo, incendi boschivi, dispersione di pollini etc.) sia, in gran parte, da attività antropiche, in particolar modo da traffico veicolare e processi di combustione. Inoltre, esiste un particolato di origine secondaria dovuto alla compresenza in atmosfera di altri inquinanti come l'NOX e l'SO2 che, reagendo fra loro e con altre sostanze presenti nell'aria, danno luogo alla formazione di solfati, nitrati e sali di ammonio.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato **PTS** (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (**PM₁₀**), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (**PM_{2.5}**).

Attualmente la legislazione europea e nazionale ha definito valori limite sulle concentrazioni giornaliere e sulle medie annuali per il solo **PM₁₀**, mentre per il **PM_{2.5}** la comunità europea in collaborazione con gli enti nazionali sta effettuando le necessarie valutazioni.

A causa della sua composizione, il particolato presenta una tossicità che non dipende solo dalla quantità in massa ma dalle caratteristiche fisico-chimiche; la tossicità viene amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i metalli pesanti, alcuni dei quali sono potenti agenti cancerogeni. Inoltre, le dimensioni così ridotte (soprattutto per quanto riguarda le frazioni minori di particolato) permettono alle polveri di penetrare attraverso le vie aeree fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale, causando disagi, disturbi e malattie all'apparato respiratorio.

Si considerano le serie di dati raccolti dalle postazioni fisse delle reti di monitoraggio. Relativamente al **PM₁₀** sono state considerate le serie di dati provenienti da campionatori gravimetrici e analizzatori a Raggi Beta, oppure quelle degli analizzatori a Microbilancia Oscillante, moltiplicati per i fattori di correzione di cui alla tabella 3.3.7.

Tabella 3.3.7 – Fattori di correzione mensili applicati ai dati di PM₁₀ misurati da analizzatori a microbilancia oscillante											
gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	Ott	nov	dic
1,35	1,33	1,26	1,18	1,09	1,02	1,00	1,02	1,09	1,17	1,26	1,33

La tabella 3.3.8 riporta la casistica degli episodi acuti di inquinamento atmosferico, intesi come situazioni di superamento del limite orario o giornaliero (ove previsto) verificatisi nell'intero anno nelle singole postazioni.

Tabella 3.3.8 - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	DM 60/02		
	Rendimento	protezione salute umana	
		%	media anno [limite: 40 µg/m ³]
MN - Ariosto	96.0 (**)	50	152
MN - Gramsci	98.6 (***)	48	131
MN - S.Agnese	86.6 (***)	48	106
MN - Tridolino	65.8 (***)	(41)	(65)

() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%. In **grassetto** i casi di non rispetto del limite.

Sistema di Misura: (*) Campionatore Gravimetrico; (**) TEOM; (***) Raggi Beta.

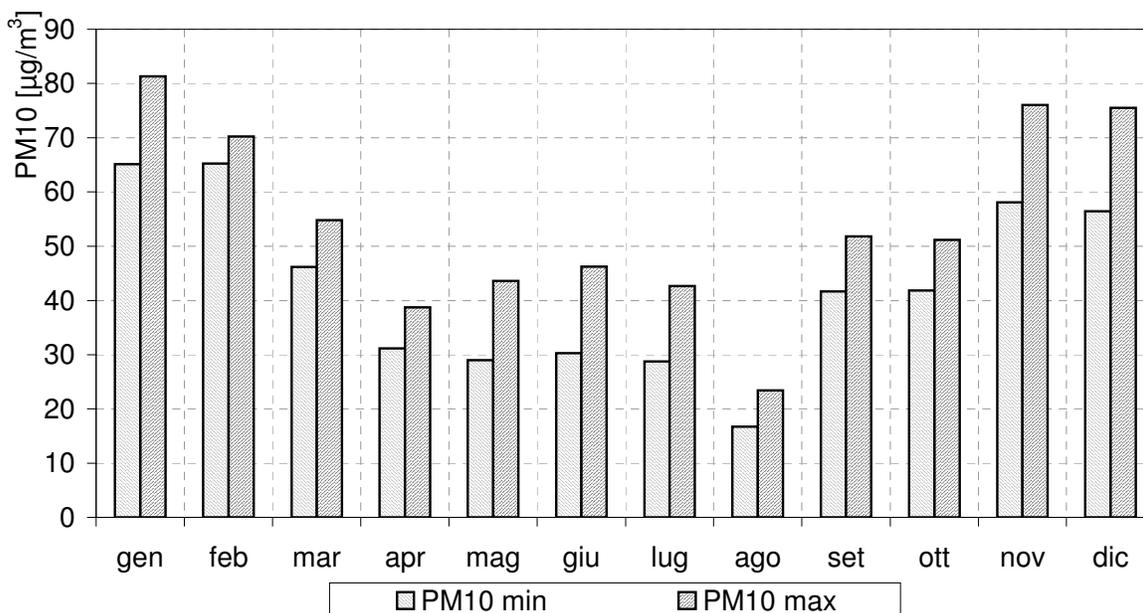
Nella Tabella 3.3.8 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento.

La figura 3.3.11 presenta l'andamento delle concentrazioni medie mensili nel corso dell'anno 2006, evidenziando i valori minimi e massimi registrati nel territorio della Provincia di Mantova.

La Figura 3.3.12 mostra invece il trend annuale di questo inquinante.

Figura 3.3.11
Concentrazioni mensili di PM₁₀ registrate in Comune di Mantova nell'anno 2006

Trend PM10



Nel confronto con i valori limite di tabella 3.3.8, le concentrazioni di **PM₁₀** hanno superato in tutte le stazioni (100%) sia il limite annuale, sia il limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana.

Fig. 3.3.12 – PM₁₀



4 - CONCLUSIONI

La Direttiva 1996/62/CE e il D.Lgs. 351/1999 fissano il criterio secondo il quale non è ammesso il peggioramento della qualità dell'aria rispetto alla situazione esistente, soprattutto allorché i valori delle concentrazioni degli inquinanti sono inferiori ai valori limite. Il D.M. 163/1999 sottolinea l'importanza di una valutazione della qualità dell'aria in funzione dei fattori meteorologici ed antropici coinvolti.

Analizzando quanto scritto nei capitoli precedenti, si può rilevare in generale una lieve tendenza al miglioramento della qualità dell'aria, almeno per gli inquinanti primari.

In generale si conferma una tendenza alla diminuzione per le concentrazioni dei tipici inquinanti da traffico, come il **CO** e l'**NO₂**, mentre gli inquinanti che non fanno riscontrare netti miglioramenti sono il **PM₁₀** e l'**O₃**, che diventano così i principali responsabili dei numerosi episodi di superamento dei limiti di legge, sia nei mesi invernali (**PM₁₀**), sia nella stagione calda (**O₃**).

Le figure del capitolo 3.3, confermano la stagionalità di alcuni inquinanti: **NO₂**, **CO**, e più in particolare Benzene (**C₆H₆**) e **PM₁₀**, hanno dei picchi centrati sui mesi autunnali ed invernali, quando il ristagno atmosferico causa un progressivo accumulo degli inquinanti emessi dal traffico autoveicolare e dagli impianti di riscaldamento.

L'**O₃**, tipico inquinante fotochimico, presenta un trend con un picco centrato sui mesi estivi, quando si verificano le condizioni di maggiore insolazione e di più elevata temperatura, che ne favorisce la formazione fotochimica; le condizioni peggiori si hanno comunque quando nelle grandi città diminuiscono solo parzialmente le emissioni di **NO**, e l'anticiclone provoca condizioni di subsidenza e di assenza di venti sinottici, con sviluppo di brezze, che trasportano ed accumulano sottovento ai grandi centri urbani le concentrazioni di **O₃** prodotte per effetto fotochimico.

Per i principali inquinanti monitorati le figure e le tabelle del capitolo 3.3 mostrano l'andamento dell'inquinamento atmosferico, a partire dal 1987 per **SO₂**, **NO₂** e **CO**; dal 1992 per **O₃**; dal 1999 per **Benzene (C₆H₆)**.

In relazione al particolato, sono state rilevate le Polveri Totali Sospese (PTS) dal 1988, e dal 2001 le **PM₁₀**.

Dall'analisi delle Tabelle e delle Figure del capitolo 3.3, si osserva inoltre che, con l'eccezione dell'**O₃** e del **PM₁₀**, nell'ultimo decennio la qualità dell'aria è andata gradualmente migliorando in seguito alla diminuzione delle concentrazioni di **SO₂**, **CO** e Benzene (**C₆H₆**), che hanno raggiunto nel triennio 2004-2006 il livello minimo dall'inizio delle osservazioni.

L'**NO₂**, in diminuzione come trend sul lungo periodo, risulta sostanzialmente stazionario nel corso dell'ultimo triennio.

L'**O₃** negli ultimi anni sembra attestarsi su concentrazioni elevate, anche se inferiori al picco registrato nel 2003.

Il **PM₁₀**, la cui misura è iniziata nel 2001, sembra attestarsi a valori inferiori a quello registrato nel corso del 2003.

5 – APPROFONDIMENTI

5.1. - IL PROGETTO REGIONALE PARTicolato Fine in Lombardia (PARFIL)

Nel corso del 2004 è stato avviato il progetto PARFIL (PARTicolato Fine in Lombardia), promosso dalla Regione Lombardia nell'ambito delle ricerche previste dal Libro Azzurro e finanziato da Regione Lombardia, Ministero dell'Ambiente, APAT, Comune e Provincia di Milano.

Oltre ad ARPA Lombardia, che coordina le attività, il progetto vede la partecipazione di alcuni tra i principali Enti di ricerca della Lombardia (Università degli Studi di Milano, Università Milano Bicocca, Politecnico di Milano, Joint Research Centre di Ispra, Stazione Sperimentale dei Combustibili, Fondazione Lombardia per l'Ambiente).

La ricerca si propone, in un percorso di tre anni, di raggiungere principalmente i seguenti obiettivi:

- l'analisi della distribuzione delle concentrazioni di **PM₁₀**, **PM_{2.5}** e **PM₁** nelle zone critiche della regione (aree critiche sovracomunali e capoluoghi di provincia) e nei siti di fondo (rurale di pianura e alpino in quota);
- la caratterizzazione della composizione chimica del particolato fine nelle zone critiche della regione e nei siti di fondo (rurale di pianura e alpino in quota);
- la valutazione della presenza di microinquinanti quali idrocarburi policiclici aromatici (**IPA**) e metalli pesanti;
- lo studio dei processi di formazione del particolato secondario in relazione alle condizioni meteo-climatiche della Lombardia;
- la caratterizzazione della distribuzione dimensionale del particolato fine (numero di particelle a partire dalle frazioni submicroniche);
- l'individuazione delle principali fonti di emissione del particolato fine in Lombardia, la determinazione del loro rispettivo contributo all'inquinamento da **PM₁₀** e **PM_{2.5}** la riformulazione dei fattori di emissione per le principali fonti di emissione (in particolare i veicoli diesel con e senza filtro antiparticolato).

La valutazione dei fattori di emissione è infatti utile per individuare le classi veicolari maggiormente inquinanti (sia in termini di massa che di numero di particelle emesse); la speciazione chimica invece potrà indicare su quali composti è necessario intervenire (e di conseguenza quali strategie è più efficace adottare) anche per limitare la formazione del **PM₁₀** di origine secondaria.

I risultati della ricerca potranno supportare le attività di pianificazione della Regione e degli Enti Locali per la definizione delle misure di controllo del **PM₁₀** nelle aree critiche.

I siti di misura coinvolti nel progetto PARFIL sono complessivamente 17, e in 9 di essi si misura, oltre al **PM₁₀**, anche il **PM_{2.5}**. (v. figura 4.2.1).

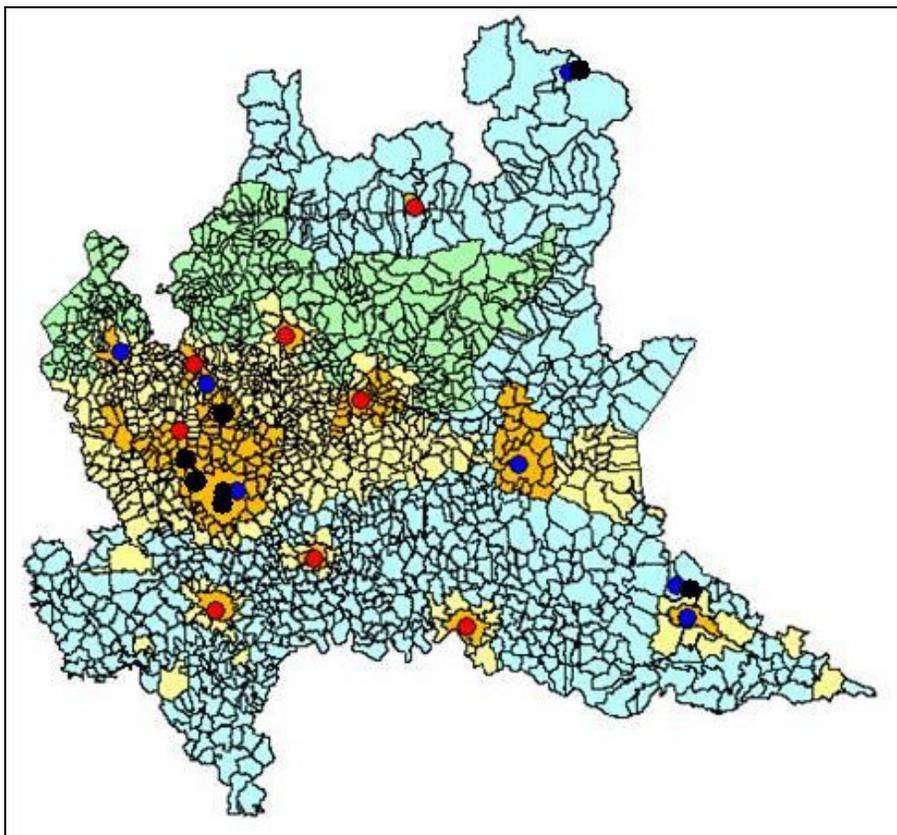
Fig. 5.2.1 – Siti di misura di PARFIL sul territorio regionale.

Legenda:

pallini blu = siti di misura di PM_{10} e $PM_{2.5}$;

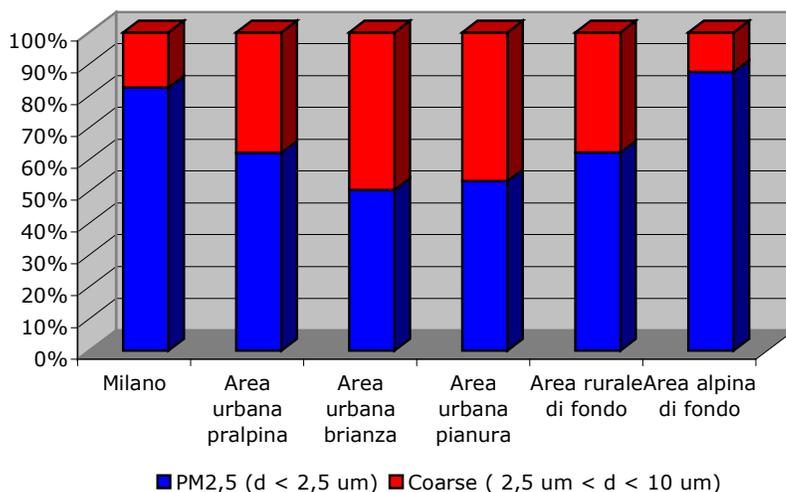
pallini rossi = siti di misura di PM_{10} ;

pallini neri = siti di campagne di breve durata.



Dai primi risultati si osserva che il $PM_{2.5}$ (Fig. 5.2.2), costituisce in generale il 70-80% del PM_{10} . Le aree fortemente urbanizzate e quella alpina mostrano un contributo di $PM_{2.5}$ che è oltre l'80% del PM_{10} . La ragione di questo è però differente nelle due aree: nelle zone densamente urbanizzate la componente fine è molto elevata perché è emessa direttamente dalle sorgenti (traffico veicolare e processi di combustione), mentre nel sito alpino predomina la componente fine di origine secondaria che viene trasportata nelle masse d'aria fino a raggiungere distanze anche notevoli dalle aree urbane.

Fig. 5.2.2 - Contributo della frazione PM_{2,5} alla media annuale di PM₁₀



Tra i risultati più importanti che ci si attendono dallo studio vi è la caratterizzazione delle proprietà fisiche e della composizione chimica del particolato. A questo proposito, l'analisi della distribuzione dimensionale in siti con diverse caratteristiche, quali Cantù (CO), Boscofontana (MN), Arese (MI), Pero (MI), San Colombano (SO), Milano via Messina e Milano Viale Sarca, consente già alcune valutazioni preliminari.

Le misure hanno evidenziato che il particolato di origine secondaria ha una granulometria di elezione compresa tra 0,3 e 2 µm. Per il particolato di origine primaria è invece necessario distinguere tra quello emesso nei processi di combustione, caratterizzato in genere da una granulometria fine o ultrafine, dell'ordine dei 10 – 50 nanometri (0.01 – 0.05 µm), e quello prodotto per abrasione, nel risollevarimento del particolato depositato sul suolo o da particolari attività industriali (quali ad esempio cave etc.), che presenta una granulometria "coarse" (grossolana, maggiore di 1 µm).

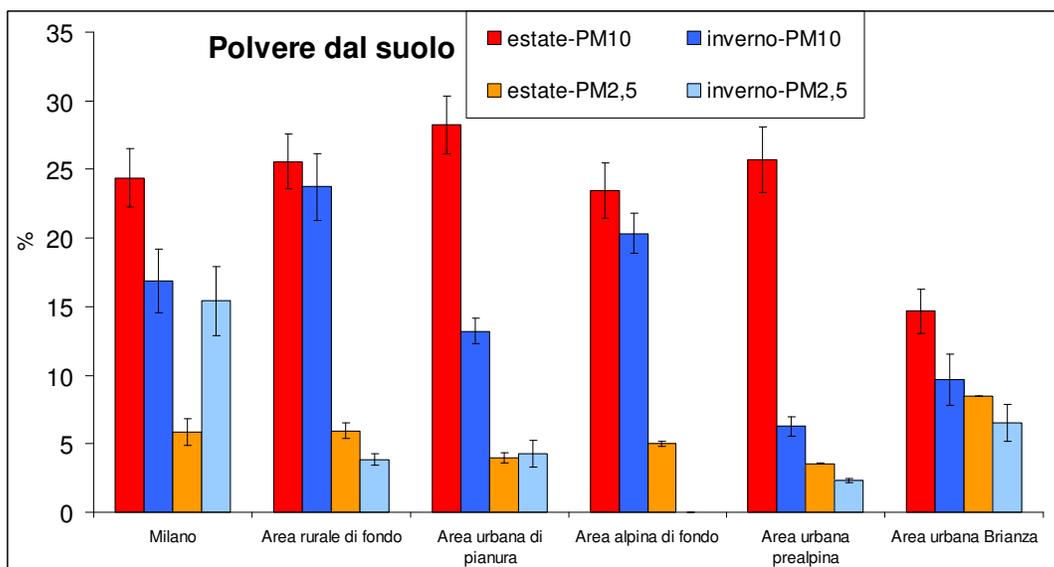
Il contributo delle diverse classi dimensionali al particolato atmosferico risente quindi di questa differenza: laddove e quando viene emesso il particolato primario, prevalgono, a seconda delle sorgenti presenti, le frazioni ultrafini o grossolane. Lontano dalle sorgenti di emissione, sia nello spazio che nel tempo, tende a prevalere invece la componente secondaria e quindi le classi dimensionali tipiche di tale frazione.

Va sottolineato che la frazione "coarse", a parità di numero di particelle, ha una massa maggiore rispetto alle frazioni dimensionali più piccole. D'altro canto, la frazione fine e soprattutto quella ultrafine sono quelle dominanti dal punto di vista numerico.

Per quanto riguarda la composizione chimica, si sono misurate le principali componenti del PM₁₀ e del PM_{2,5} in zone urbane (Milano, Brescia, Varese, Como e Saronno), suburbane (Cantù), rurali (Boscofontana) e alpina di fondo (Alpe San Colombano). Le analisi sono state finalizzate alla misura dell'insieme di composti utili all'individuazione delle principali sorgenti di particolato. In particolare i composti derivanti dal suolo, gli ioni solfato, nitrato e ammonio per la quantificazione della componente secondaria inorganica, la frazione carboniosa, distinguendo tra carbonio elementare e l'insieme dei suoi composti organici (materia organica), gli ossidi dei metalli pesanti e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

I dati raccolti, la cui elaborazione è ancora in corso, consentono comunque alcune valutazioni preliminari. Ad esempio, la componente terrigena (polvere del suolo) costituisce tipicamente il 15-25% della massa del PM_{10} e il 5-10% del $PM_{2.5}$ (fig. 5.2.3). Una parte di questa frazione dipende da sorgenti antropiche quali trasporti, agricoltura e attività edili e meccaniche; una parte è un contributo naturale dovuto all'azione meccanica del vento.

Figura 5.2.3: frazione percentuale media di polvere dal suolo rilevata nel PM_{10} e nel $PM_{2.5}$ nei diversi siti di PARFIL nelle diverse stagioni.



Gli ioni inorganici solfato nitrato e ammonio sono per lo più di origine secondaria e si formano prevalentemente in atmosfera in seguito a reazioni tra inquinanti primari gassosi. Si è osservato che la componente secondaria inorganica rappresenta una percentuale importante della massa delle polveri aerodisperse, con valori compresi tra il 25 % e il 35% del PM_{10} e tra il 35% e il 45% del $PM_{2.5}$ (figura 4.5), con percentuali variabili in funzione della stagione e delle caratteristiche delle località. Data la loro origine, per ridurre le concentrazioni di questa componente occorre agire anche sulle sorgenti di inquinanti gassosi precursori della frazione secondaria del PM.

Per quanto riguarda la componente carboniosa, va rilevato che il carbonio elementare è direttamente emesso in atmosfera e proviene soprattutto dalle emissioni dei veicoli diesel e dalla combustione delle biomasse, mentre il materiale organico (composti del carbonio) è in parte di origine primaria (dovuto a sorgenti di vario tipo: processi di combustione, evaporazione di solventi ecc.) e in parte di origine secondaria. La frazione secondaria deriva prevalentemente dalla reazione di composti del carbonio, sia di origine antropica che naturale. Il carbonio elementare rappresenta una frazione non trascurabile del particolato nelle aree urbane. Nei siti urbani si sono misurate concentrazioni variabili tra il 2 e il 6 % della massa di PM_{10} . Il carbonio organico invece varia tra il 20% e il 30% della massa totale del particolato, anche in questo caso in relazione alla stagione e ai siti di misura.

Il Dipartimento di **Mantova** gestisce all'interno del progetto PARFIL le due stazioni di "Bosco Fontana" (individuata quale fondo di riferimento regionale) e "Viale Ariosto", che sono anche sede delle rispettive centraline della RRQA pubblica (fig. 3.1.2).

Nelle due postazioni è previsto il campionamento di PM10 e PM2,5 e, in modo discontinuo, di aldeidi.

Sito: Marmirolo - Bosco Fontana

Coordinate geografiche: 1636878, 5007575 – Gauss-Boaga – fuso ovest.

Tipologia: fondo – zona rurale

Inizio rilevamenti PARFIL: Marzo 2005.

Altri Parametri rilevati con continuità:

O3; NOx; meteo.

Parametri rilevati occasionalmente:

concentrazioni numeriche; PM1.

Descrizione del sito:

i campionatori sono installati nell'area antistante la cabina della RRQA, che si trova all'interno dell'Area protetta denominata "Bosco Fontana".



Sito: Mantova – viale Ariosto

Coordinate geografiche: 1641800, 5000690 – Gauss-Boaga – fuso ovest.

Tipologia: industriale – zona urbana.

Inizio rilevamenti PARFIL: Marzo 2005.

Parametri rilevati con continuità:

PM10, SO2, NOX, BTX.

Descrizione del sito:

i campionatori PARFIL si trovano sulla piazzola della centralina della RRQA, localizzata all'incrocio tra Via Ariosto e Via Diga Masetti (strade a limitata densità veicolare), a circa 500 metri dalla trafficata Via Brennero. Il sito è a ridosso dell'argine sterrato del lago di mezzo, prospiciente la zona industriale che si estende dalla parte opposta del lago.



Presso la stazione di Ariosto sono in corso campagne di confronto, con l'utilizzo di ulteriori campionatori gravimetrici, per valutare la qualità del dato, alla luce di sensibili differenze riscontrate tra il dato del PM10 rilevato nel corso della campagna PARFIL, e quello prodotto dall'analizzatore automatico TEOM installato in cabina.

5.2. – Indagine ambientale nel viadanese

Nel corso del 2003 l'ASL e l'ARPA, con il coordinamento della Provincia di Mantova, hanno sottoscritto la convenzione per la realizzazione del progetto: "indagine ambientale nel comprensorio viadanese e prospettive di approfondimento epidemiologico". Il protocollo iniziale è stato oggetto di modifiche e/o integrazioni concordate tra gli Enti nel corso delle riunioni del Comitato Tecnico Scientifico, di cui hanno fatto parte anche amministratori locali ed associazioni ambientaliste.

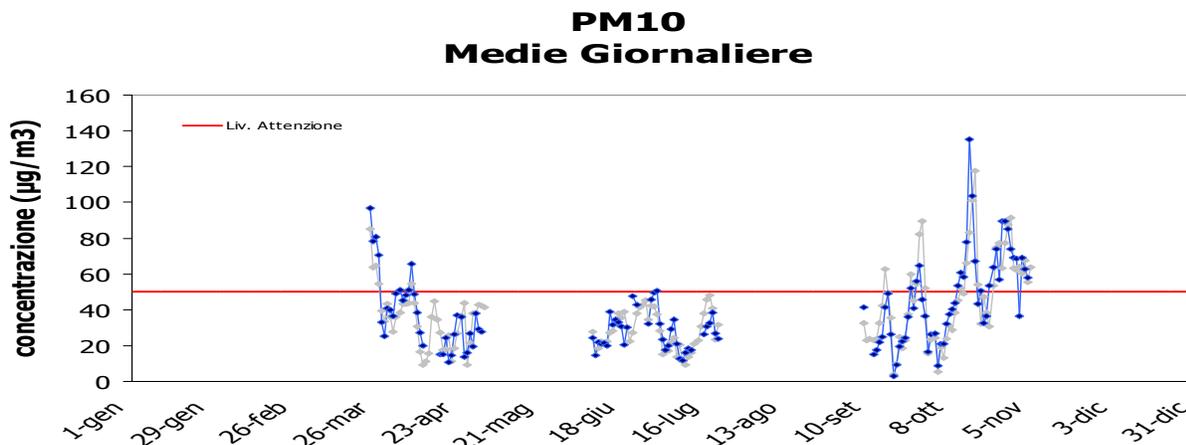
In tal modo ARPA è pervenuta a redigere la propria relazione finale del 01.02.05 e successivamente la integrazione del 10.07.06, rispettando tempi e costi di gestione preventivati.

L'indagine ha interessato tutte le matrici ambientali, approfondendo gli aspetti inerenti le emissioni in atmosfera dei principali comparti industriali, nonché la qualità delle acque di scarico, dei pozzi e dei corpi idrici superficiali (con controllo anche dei pesticidi in n. 12 punti). In tema di agenti fisici è stato aggiornato il catasto sia degli impianti trasmettenti che delle linee elettriche ad alta tensione, con controlli strumentali nei punti potenzialmente più esposti; inoltre sono state eseguite campagne di misura del rumore ambientale a supporto della zonizzazione acustica del Comune di Viadana.

In relazione alla qualità dell'aria, il documento finale redatto nel 2006 contiene i risultati delle indagini eseguite nel corso del 2005 e nei primi mesi del 2006.

Oltre alla determinazione del PM10 con successiva analisi delle matrici (filtri in PTFE) con la tecnica della fluorescenza a raggi X (ED-XRF), sono state svolte campagne con campionatori passivi (radiello) specifici per la formaldeide, nonché analisi modellistica delle emissioni, analisi delle deposizioni e biomonitoraggio.

Le concentrazioni di PM10 rilevate nel corso del 2005 presso Viadana, risultano in linea con quelle delle altre postazioni della provincia, come si può osservare nel grafico corrispondente che riporta i dati di Viadana (in blu) unitamente a quelli medi delle altre stazioni della RRQA (in grigio).



L'utilizzo del campionatore gravimetrico rende i filtri in teflon (PTFE), impiegati per la raccolta del particolato, disponibili per ulteriori analisi di laboratorio. Il Dipartimento di Mantova utilizza uno spettrometro per la fluorescenza dei raggi x (ED-XRF), per la determinazione dei metalli pesanti

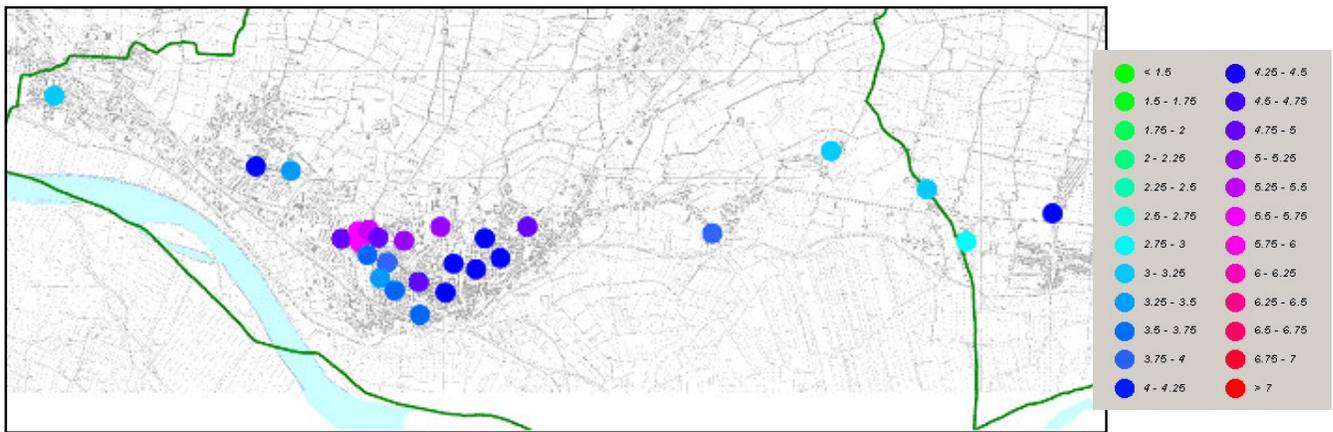
L'analisi mostra che il Piombo, normato dal D.M. n° 60/02, rispetta sempre i limiti di legge (valore limite annuale per la protezione della salute umana: CPb = 0,50 µg/m³ dal 01.01.2005).

Per gli altri metalli i risultati XRF, da intendersi ed utilizzarsi quali valori conoscitivi e di screening, indicano:

- presenza dei metalli Calcio (Ca), Silicio (Si), Ferro (Fe), Alluminio (Al) e Potassio (K), tipici traccianti di materiale litico riconducibile a polvere risolleata dal suolo;
- significative concentrazioni di Zolfo (S), elemento che deriva, come noto in letteratura, da attività industriali in genere, dal traffico (veicoli diesel) e, nei mesi più caldi, da attività fotochimica;
- presenza dei metalli Cromo (Cr), Nichel (Ni) e Vanadio (V), di norma utilizzati come traccianti per le emissioni industriali, in concentrazioni che non evidenziano episodi significativi.

L'indagine sulla formaldeide mediante campionatori passivi (Radiello) è stata condotta in N. 32 posizioni, unitamente a due riferimenti selezionati all'esterno dell'area di interesse, ripetendo due volte l'esposizione in corrispondenza di due diversi periodi temporali (estate, inverno), per un totale di N. 4 campagne (F1 ÷ F4).

ID	NOME	X	Y	F ₁ [µg/m ³]	F ₂ [µg/m ³]	F ₃ [µg/m ³]	F ₄ [µg/m ³]	F _{MEDIA} [µg/m ³]
0	via Tiepolo (Levata di Curtatone)	1638638	4997532	2.67	1.40	2.11	2.90	2.27
11	via Manzarola	1623203	4980789	2.93	1.76	2.69	2.77	2.54
12	Piazza Don Primo Mazzola	1616382	4977758	3.39	2.01	3.12	3.00	2.88
13	via Interna	1618262	4977100	3.80	2.48	4.19	4.44	3.73
14	via E.Tazzoli	1618586	4977062	3.39	2.23	3.45	2.97	3.01
15	via Venezia	1619057	4976429	4.70	3.39	4.83	4.01	4.23
16	via Frignani	1619208	4976500	4.12	3.29	5.71	4.04	4.29
17	via Tamagni	1619223	4976396	4.29	3.26	5.53	4.26	4.38
18	via Fenilrosso	1619309	4976510	4.04	3.02	5.49	4.29	4.21
19	via Bonazzi	1619399	4976438	3.77	2.73	4.92	3.94	3.84
20	via Solazzi	1619639	4976411	3.58	2.54	5.14	4.05	3.82
21	via Bedoli	1619979	4976542	4.78	2.51	5.14	4.36	4.20
22	via Aroldi	1620389	4976433	7.90	2.27	4.45	3.98	4.65
23	via Galvani	1620786	4976542	5.87	2.06	4.79	4.44	4.29
24	vicolo Brolo	1619296	4976279	5.53	3.41	3.68	3.58	4.05
25	via Don Lorenzo Milani	1619481	4976207	4.44	2.25	3.83	3.72	3.56
26	via Cortellazzi	1619416	4976065	6.44	2.15	3.41	3.49	3.87
27	via XXV Aprile	1619553	4975950	5.51	2.33	3.71	3.87	3.86
28	vicolo Bedulli	1619775	4976028	4.92	2.85	4.53	4.33	4.16
29	via Ospedale Vecchio	1620099	4976199	3.61	2.27	4.13	3.61	3.41
30	piazza Manzoni	1620024	4975930	6.21	2.50	4.45	3.94	4.70
31	via Palestina	1620307	4976145	4.61	2.40	4.49	3.69	3.80
32	via San Francesco	1620535	4976250	6.64	2.27	4.22	3.77	4.22
33	via Cavalli	1619785	4975722	5.36	1.92	3.62	3.10	3.50
34	via Don Alessandro Corba	1622505	4976478	4.75	2.16	3.90	3.71	3.63
35	via Codisotto	1623612	4977244	2.77	1.82	3.08	3.10	2.69
36	via Sant'Antonio	1624502	4976889	4.30	1.98	3.18	3.01	3.12
37	via G.Falcone	1624867	4976405	4.84	1.78	2.81	2.90	3.08
38	case nuove c/o Frati	1625672	4976664	3.27	2.46	4.25	4.14	3.53
39	piazza XXIII Aprile	1625697	4976158	4.03				4.03
40	via Po (piazza Diaz)	1627620	4976356	3.29	2.03	3.62	3.44	3.10
41	via Roma	1629113	4979115	2.97	1.76	4.27	4.03	3.26
42	via G.Lupi (angolo via Garibaldi)	1629620	4981676	3.25		3.53	3.37	3.38
99	via Principe Amedeo (Mantova)	1640791	5001768	3.75	2.54	6.03	4.81	4.24



Esempio di rappresentazione spaziale dei dati inerenti la 3^a campagna settimanale (F3)

I valori rilevati nelle diverse posizioni risultano sempre inferiori a: 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentrazione media (F_{MEDIA}) risulta sempre inferiore a: 4,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Valori di letteratura indicano concentrazioni di formaldeide in fase gassosa comprese tra frazioni di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Non risulterebbero quindi evidenziate aree critiche relativamente all'inquinante in oggetto.

E' stata eseguita una nuova simulazione modellistica del trasporto degli inquinanti: SO₂, NO_x, CHOH, PTS emessi dagli impianti produttivi afferenti al comparto legno, utilizzando il modello Spray 3.0 sviluppato da Arianet s.r.l. in collaborazione con Aria Technologies S.A. Si tratta di un modello tridimensionale di dispersione, di tipo lagrangiano.

La simulazione è stata effettuata su un dominio di 40 x 40 km con risoluzione orizzontale di 1 km, considerando n.11 strati verticali fino alla quota di 2000 m, di cui il primo avente altezza di 10 m.

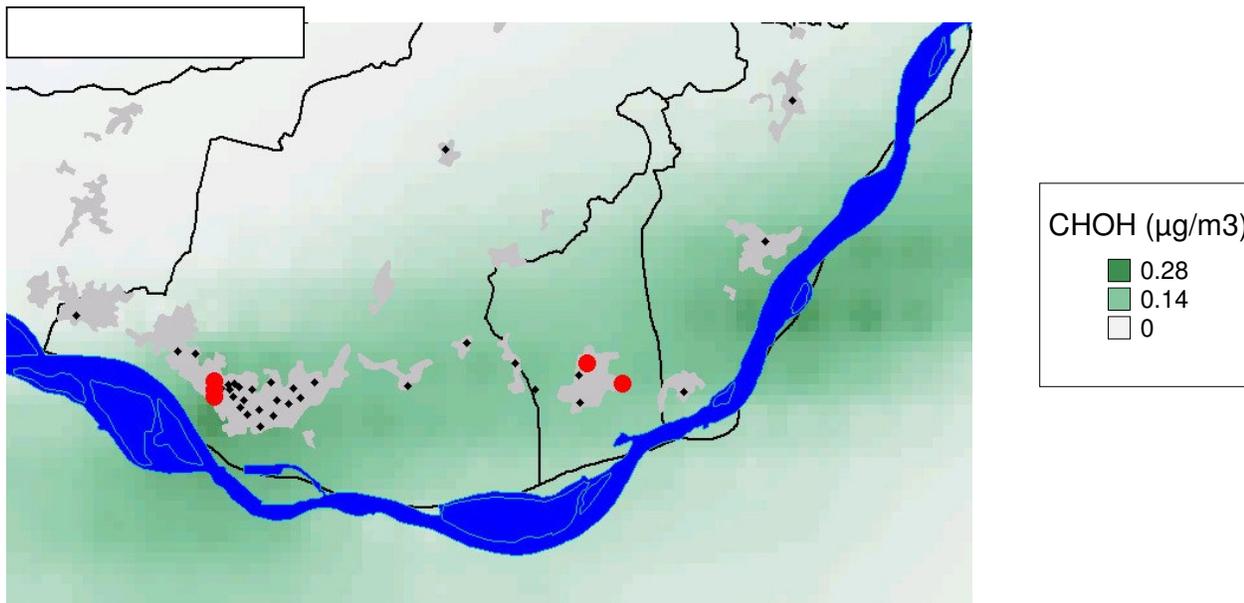
Sono stati simulati due intervalli temporali, indicativi rispettivamente del periodo estivo ed invernale: dal 28/06/05 al 07/07/05 e dal 31/01/06 al 07/02/06, corrispondenti a giornate in cui erano in corso le indagini con i "radiello".

Il campo meteorologico fornito in ingresso ha estensione di 244 x 236 km con risoluzione spaziale di 4 km e risoluzione temporale di 1 ora.

Sono stati considerati 23 punti di emissione (camini virtuali) ottenuti raggruppando i camini reali caratterizzati da valori simili di coordinate, altezza, diametro, temperatura e velocità dei fumi nonché modalità di funzionamento.

Ad ogni camino virtuale è stata attribuita una emissione oraria pari, per ogni inquinante, alla somma dei prodotti fra la concentrazione e la portata dei camini reali componenti.

Nelle mappe che descrivono i risultati delle simulazioni modellistiche, gli impianti considerati (comparto legno) sono individuati in rosso. Relativamente al parametro formaldeide di interesse, le concentrazioni più elevate risultano inferiori a: 0,3 µg/m³.

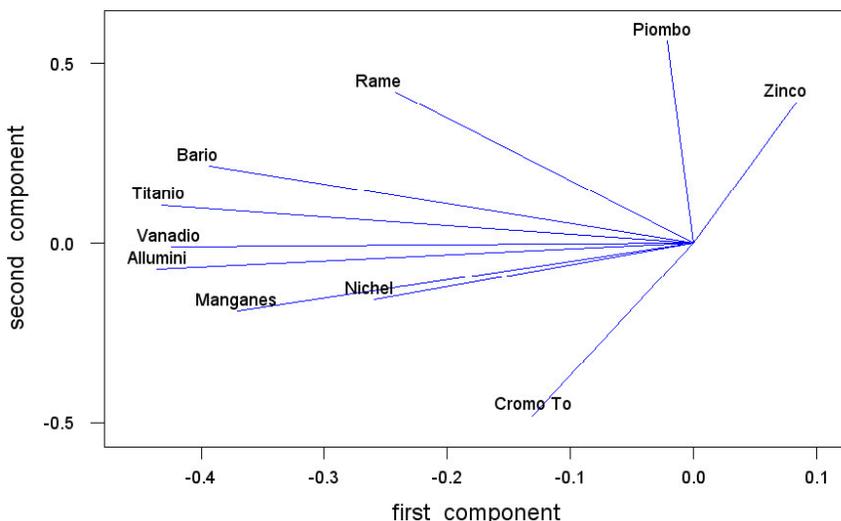


Tenuto conto che i rilievi con campionatori passivi (stazioni indicate in nero) segnalano concentrazioni in aria dell'ordine del µg/m³ già nella stazione di minimo, sembra plausibile riferire i livelli ambientali in larga parte ad altre sorgenti diffuse sul territorio.

Dal 2002 nell'area in esame si sono succedute n.6 campagne semestrali finalizzate al monitoraggio dei metalli pesanti aerodispersi mediante bioaccumulo su licheni epifiti.

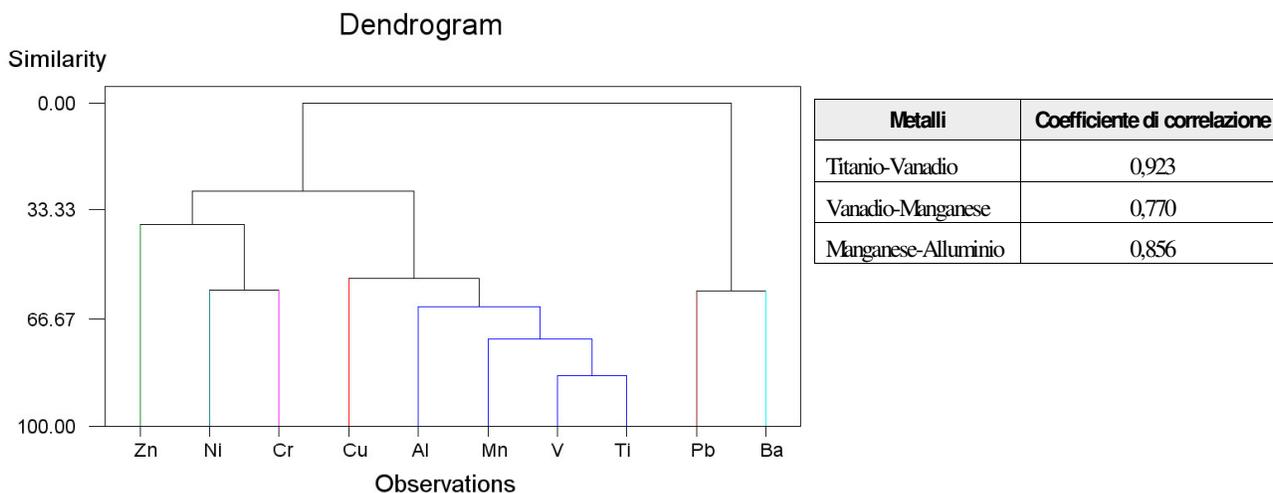
L'indagine è stata condotta in N. 19 postazioni a copertura del territorio di interesse

Principal Components Loading Plot



I dati delle prime quattro campagne di biomonitoraggio sono stati valutati mediante analisi delle componenti principali e cluster analysis, che permettono l'elaborazione rispettivamente del grafico dei "loadings", e del dendrogramma. Le variabili sono rappresentate dai metalli monitorati, ossia: Rame, Zinco, Alluminio, Manganese, Nichel, Vanadio, Cadmio, Cromo Totale, Piombo, Bario, Titanio, Cobalto, Stagno. Gli oggetti sono rappresentati dalle 19 stazioni di campionamento.

I risultati analitici delle prime quattro campagne sono stati oggetto di un impegnativo lavoro di tesi: “studio sperimentale della qualità dell'aria mediante bioindicatori: analisi statistica e validazione incrociata con simulazioni numeriche” dell'Ing. Marika Zanotti (Università degli Studi di Pavia, Facoltà di Ingegneria).



L'analisi statistica multivariata ha permesso di individuare con similarità del 60% un unico *cluster* costituito dagli elementi Alluminio, Manganese, Titanio e Vanadio.

L'elevato coefficiente di correlazione porta a presupporre che gli elementi abbiano un'origine comune.

Risultati simili sono stati ottenuti anche dall'analisi delle altre campagne

Conclusioni:

- ❑ le indagini specifiche per la ricerca del parametro formaldeide (campionatori passivi, deposizioni wet & dry), non hanno evidenziato situazioni di particolare criticità. Una simulazione modellistica condotta con modello lagrangiano *Spray* sembrerebbe avvalorare tale risultato;
- ❑ la determinazione del PM10 fornisce dati in linea con quelli rilevati dalle stazioni situate nella città di Mantova. L'analisi conoscitiva condotta sui metalli con metodo XRF mostra il rispetto del limite di legge per il parametro Piombo, e la presenza di altri elementi di origine terrigena;
- ❑ l'analisi dei risultati del biomonitoraggio permette di individuare aree scarsamente influenzate da ricadute, ed altre probabilmente interessate da fonti di diverso tipo, quali processi di combustione e l'uso di pesticidi e fertilizzanti

L'ASL di Mantova, come previsto nel protocollo di indagine, ha eseguito l'analisi della mortalità nel distretto viadanese relativa al periodo 1996 – 2005. Successivamente ha avviato un'indagine trasversale sulla popolazione scolastica, mediante distribuzione, compilazione ed infine recupero di questionari.

I dati rilevati sono attualmente in fase di elaborazione presso il Dipartimento di Medicina e Salute Pubblica dell'Università degli Studi di Verona.

6 - BIBLIOGRAFIA

Stato della qualità dell'aria e informazioni generali:

1. <http://www.arpalombardia.it/qaria/Home.asp>
2. Comune di Milano: AMMA ARPA Lombardia – Rapporto 2001 sulla qualità dell'aria a Milano – Milano Settembre 2002
3. Provincia di Milano Relazione sullo Stato dell'Ambiente 2005 –Milano Dicembre 2005
4. Tebaldi G. : 1988 - La variazione dei parametri climatico ambientali a Milano: evoluzione e previsioni - Studi per la valutazione della qualità dell'aria nella Provincia di Milano, Aggiornamento al 31 Marzo 1988, Provincia di Milano e Comune di Milano - 1988
5. Annuario dei dati ambientali 2005-2006 – Atmosfera:
http://www.apat.gov.it/site/it-T/Temi/Aria/Qualit%c3%a0_dell'aria/
6. Provincia di Mantova, Osservatorio Demografico, Rapporto sulla popolazione mantovana – anno 2006;
7. www.comune.mantova.it/ambiente/ambiente/ambientenumeri/
8. Legambiente, rapporto ecosistema urbano – anno 2008

Emissioni in atmosfera:

6. <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>
7. [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Inventario_delle_Emissioni_in_Atmosfera_\(CORINAIR-IPCC\)/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Inventario_delle_Emissioni_in_Atmosfera_(CORINAIR-IPCC)/)

Approfondimenti:

8. Particolato atmosferico a Milano, relazione finale del progetto PUMI:
http://www.arpalombardia.it/qaria/pdf/ALTRE_CAMPAGNE/Milano/Relazione%20finale%20progetto%20PUMI.PDF
9. Position paper sull'ozono:
http://ec.europa.eu/environment/air/documents/pos_paper.pdf
10. Informazioni sugli inquinanti atmosferici e i loro effetti sanitari: WHO Air Quality Guidelines
http://www.euro.who.int/InformationSources/Publications/Catalogue/20070323_1
11. Position paper sul particolato:
http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/pdf/working_groups/2nd_position_paper_pm.pdf
12. http://www.arpalombardia.it/qaria/doc_QualitaAriaSalute.asp
13. indagine ambientale nel comprensorio viadanese, ARPA della Lombardia, Dipartimento di Mantova
14. indagine ambientale nel comprensorio viadanese, integrazione 2006, ARPA Dipartimento di Mantova
15. Tesi “studio sperimentale della qualità dell'aria mediante bioindicatori: analisi statistica e validazione incrociata con simulazioni numeriche”, Ing. Marika Zanotti, Università degli Studi di Pavia, Facoltà di Ingegneria

ALLEGATI

A.1 – Approfondimenti sull'andamento meteorologico del 2006.

Le figure A.1.1, A.1.2 e A.1.3 presentano l'andamento nel corso dell'anno 2006 dei principali parametri meteorologici misurati principalmente nella stazione meteo del **Codima presso il Liceo Classico nel Comune di Mantova**.

- Pressione media e precipitazioni totali giornaliere (fig. A.1.1);
- Temperatura ed umidità media giornaliera (fig. A.1.2);
- Velocità del vento e radiazione solare giornaliera (fig. A.1.3).

Nella tabella A.1.1 sono riportate le temperature minime e massime assolute rilevate, mese per mese, presso la stazione del liceo classico e di bosco fontana. Le precipitazioni si riferiscono a quelle rilevate nello stesso periodo nelle stazioni del liceo classico e di Goito.

Nella tabella A.1.2 è riportato il trend stagionale di temperatura massima, minima e di precipitazione, rilevate nella stazione del Liceo classico.

Nelle figure 1.4 e 1.5 sono mostrati i trend delle temperature massime e minime assolute dal 2001 al 2006, rilevate presso la stazione del Liceo classico, confrontati con quelli medi rilevati nelle altre stazioni della Provincia di Mantova.

Nella figura 1.6 è riportato il trend delle precipitazioni stagionali dal 2001 al 2006, rilevate nella stazione del Liceo Classico.

Figura A.1.1.a

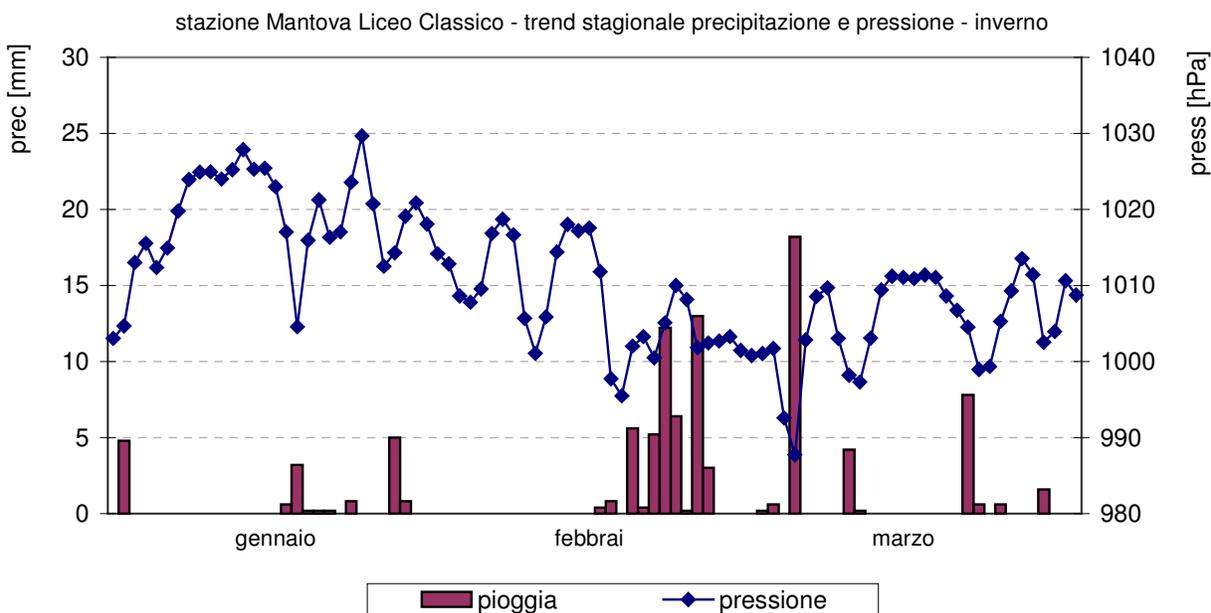


Figura A.1.1.b

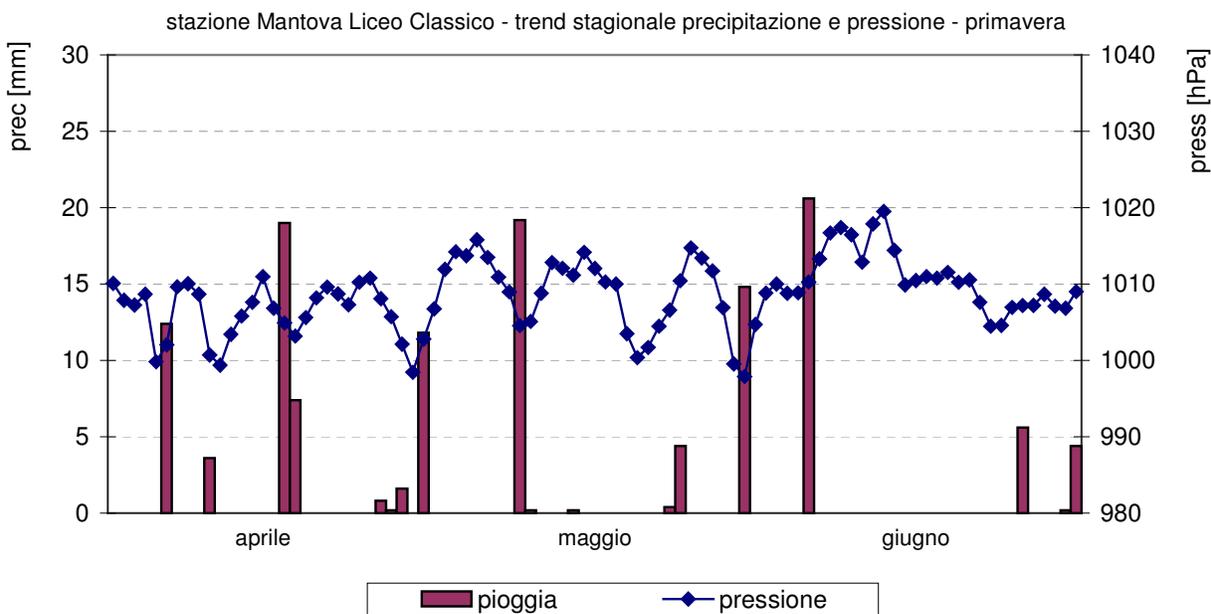


Figura A.1.1.c

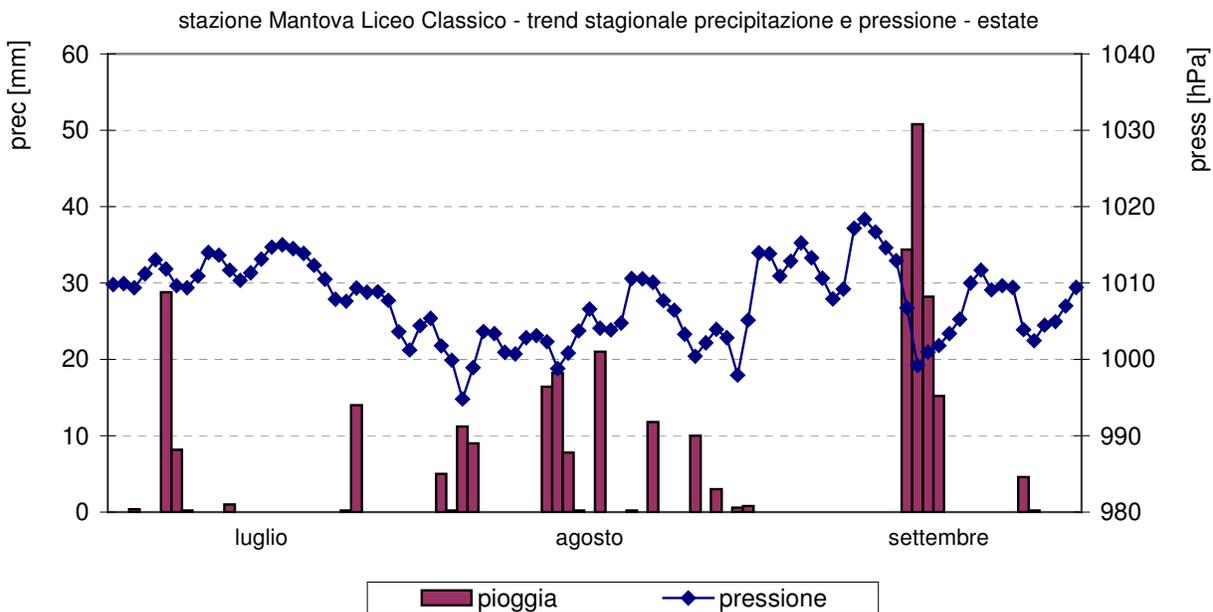


Figura A.1.1.d

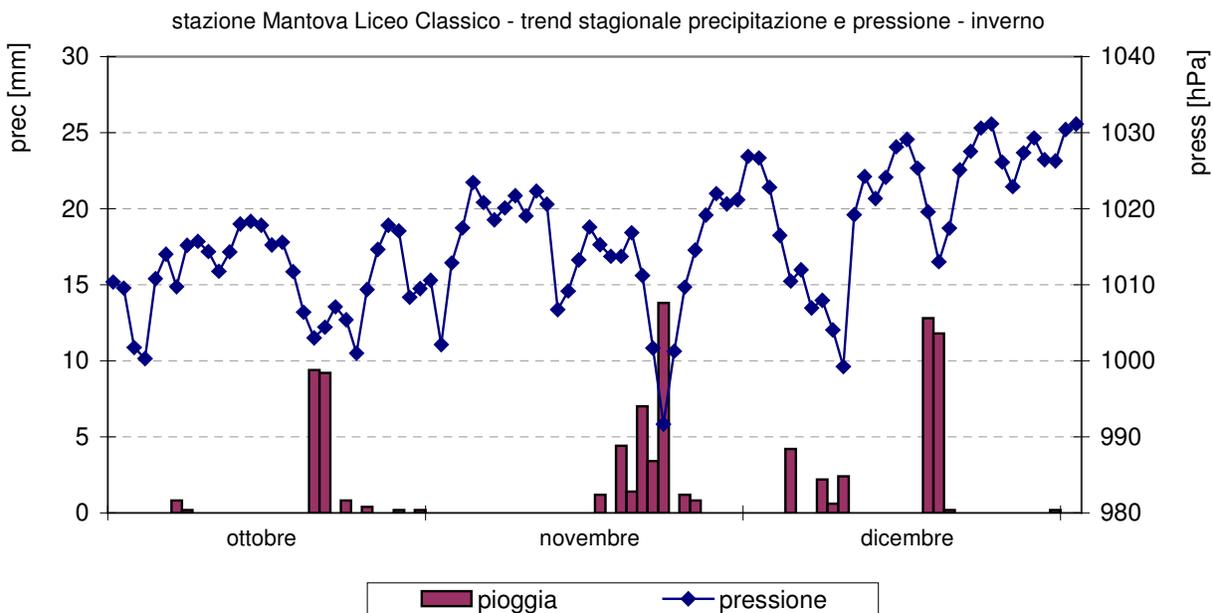


Figura A.1.2
Temperatura ed Umidità media giornaliera

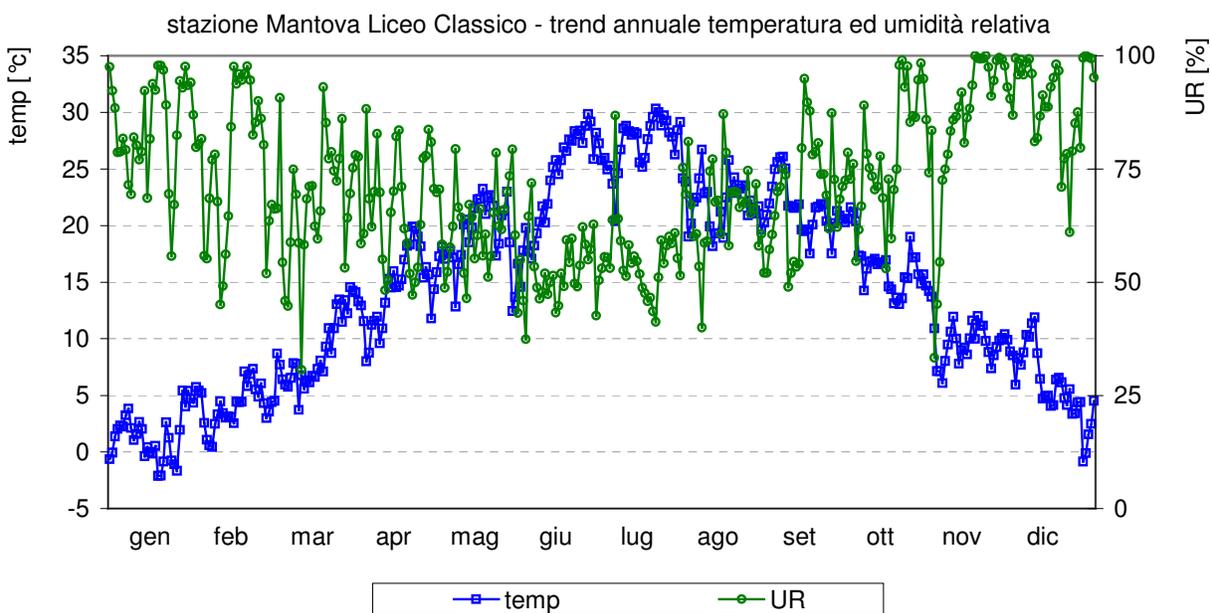


Figura A.1.3
Velocità del Vento e Radiazione Solare media giornaliera

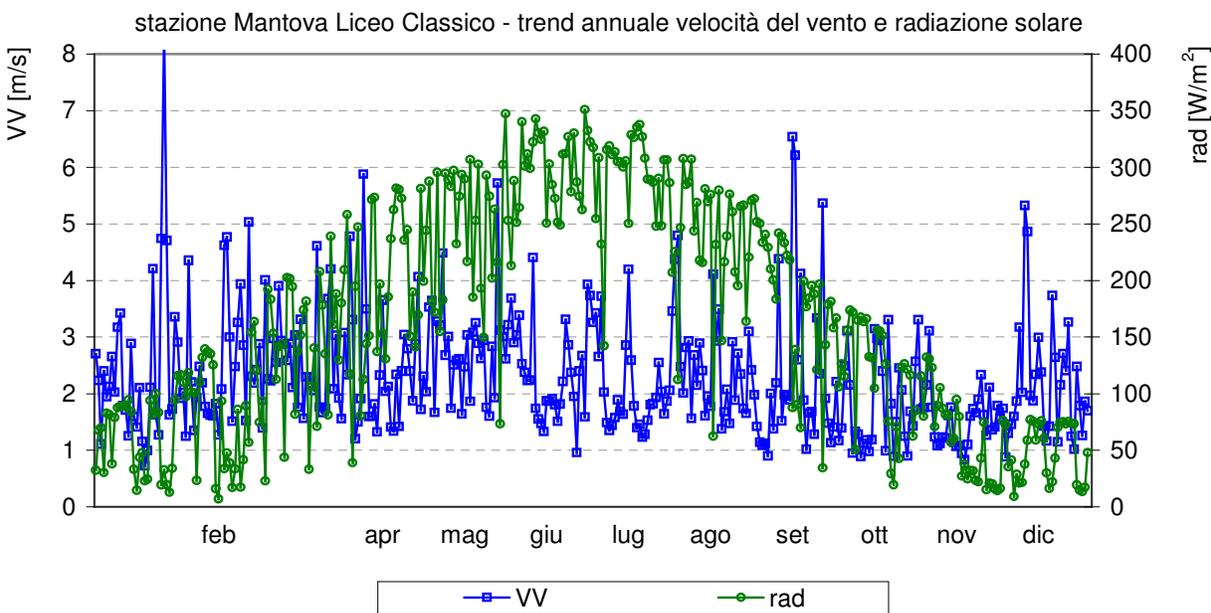


Tabella A.1.1 – Temperature minime e massime assolute e precipitazioni mensili: anno 2006						
Mesi	Meteo Liceo Classico		Fontana		Liceo	Goito
	min T°C	Max T°C	min T°C	Max T°C	Pioggia mm	Pioggia mm
Gennaio	-4.4	9.3	-8.2	10.6	15.8	25.6
Febbraio	-2.6	13.3	-5.8	12.1	47.2	50.8
Marzo	-0.4	20.8	-2.6	21.2	34.0	25.9
Aprile	4.3	27.3	1.0	25.7	56.8	85.5
Maggio	7.2	30.1	4.5	30.4	39.2	36.7
Giugno	9.2	35.3	7.0	34.3	30.8	13
Luglio	17.6	36.5	15.8	36.8	52.8	8.1
Agosto	12.9	31.6	11.0	31.1	115.4	128.8
Settembre	14.3	32.1	9.9	31.1	133.4	80.9
Ottobre	8.5	26.8	4.9	26.0	21.2	15.1
Novembre	2.1	18.0	-2.0	17.2	33.2	38.9
Dicembre	-3.1	16.5	-3.3	15.9	34.4	30.7
Anno	-4.4	36.5	-8.2	36.8	614.2	540.0

Tabella A.1.2 – Trend stagionale temperature estreme e precipitazioni presso la postazione di Liceo Classico a Mantova												
	Temperatura max [°C]											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Inverno		-3.3	-3.7	-3.0	-4.0	-5.8	-2.9	-5.8	-4.0	-3.5	-7.1	-4.4
Primavera		5.1	3.5	4.2	5.8	5.5	3.8	4.4	-0.1	4.6	3.6	4.3
Estate	8.7	9.4	11.9	10.6	12.8	12.9	9.3	8.4	10.9	9.6	11.1	12.9
Autunno	-1.8	-7.5	-1.0	-4.3	3.8	-3.6	-5.2	-2.1	-4.7	-3.5	-8.4	-3.1
Anno		-7.5	-3.7	-4.3	-4.0	-5.8	-5.2	-5.8	-4.7	-3.5	-8.4	-4.4
	Temperatura min [°C]											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Inverno		16.9	25.1	20.7	21.2	20.2	22.1	22.8	21.1	22.0	21.5	20.8
Primavera		33.9	30.6	31.7	32.2	31.7	32.5	34.5	37.0	34.5	34.1	35.3
Estate	34.5	32.1	32.8	35.3	33.4	33.7	34.7	32.3	37.5	34.3	33.5	36.5
Autunno	25.8	22.1	27.5	22.1	23.3	23.4	25.1	20.8	24.9	25.1	21.0	26.8
Anno		33.9	32.8	35.3	33.4	33.7	34.7	34.5	37.5	34.5	34.1	36.5
	Pioggia [mm]											
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Inverno		189	114	46	66	43	191	78	34	104	24	97
Primavera		151	213	189	216	173	121	256	128	182	191	127
Estate	107	175	174	213	225	99	192	287	61	230	310	302
Autunno	94	421	110	78	172	252	130	183	196	237	267	89
Anno		935	611	526	678	566	636	804	419	753	792	614

Figura A.1.4

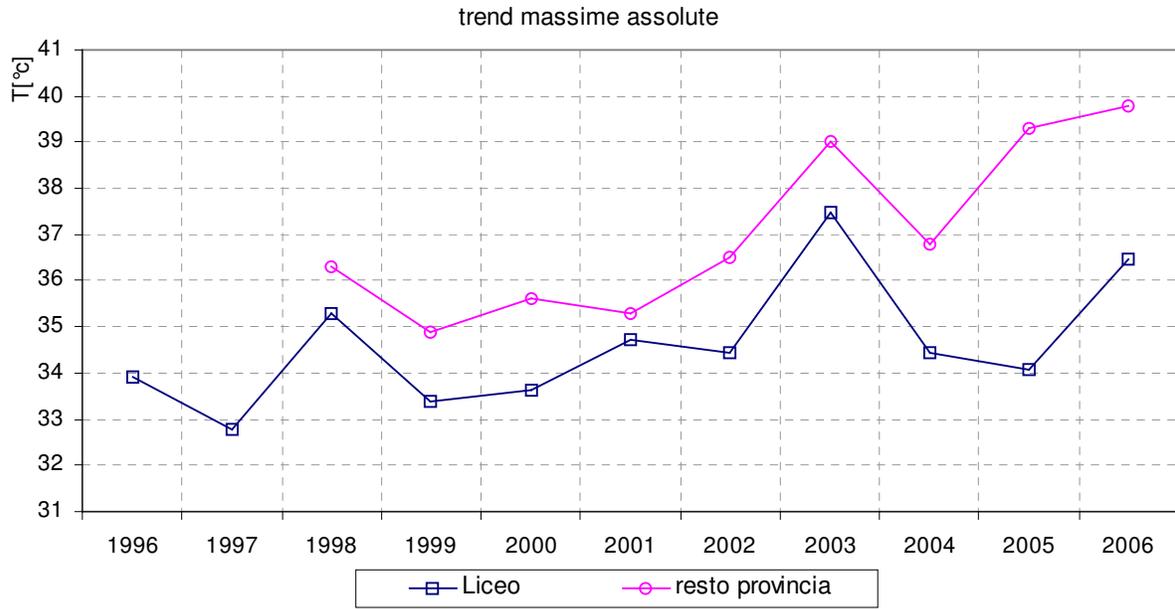


Figura A.1.5

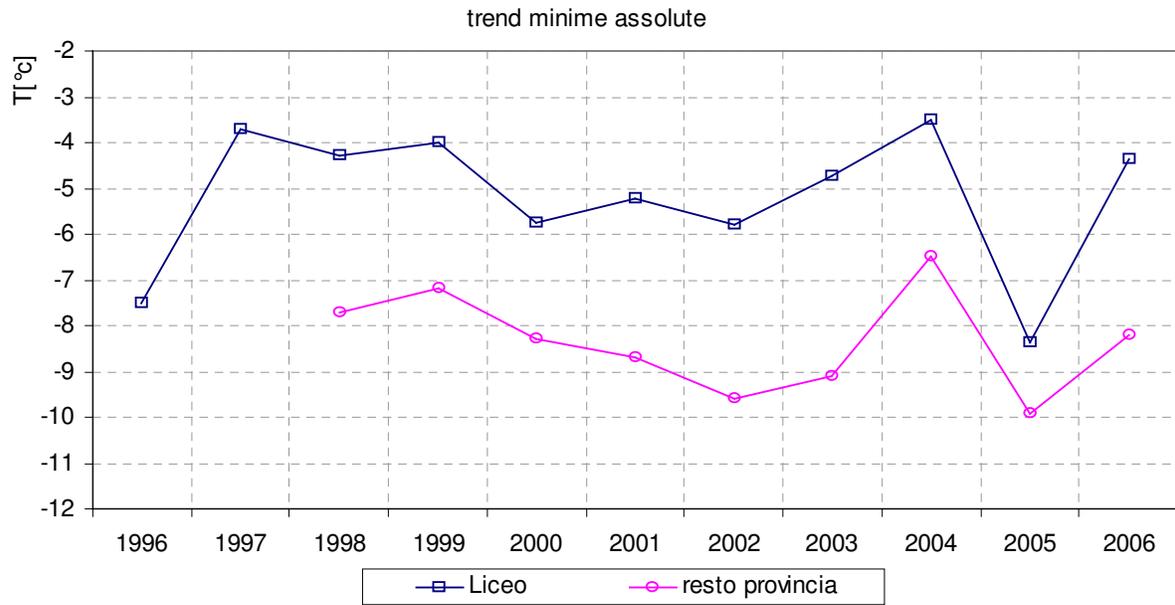
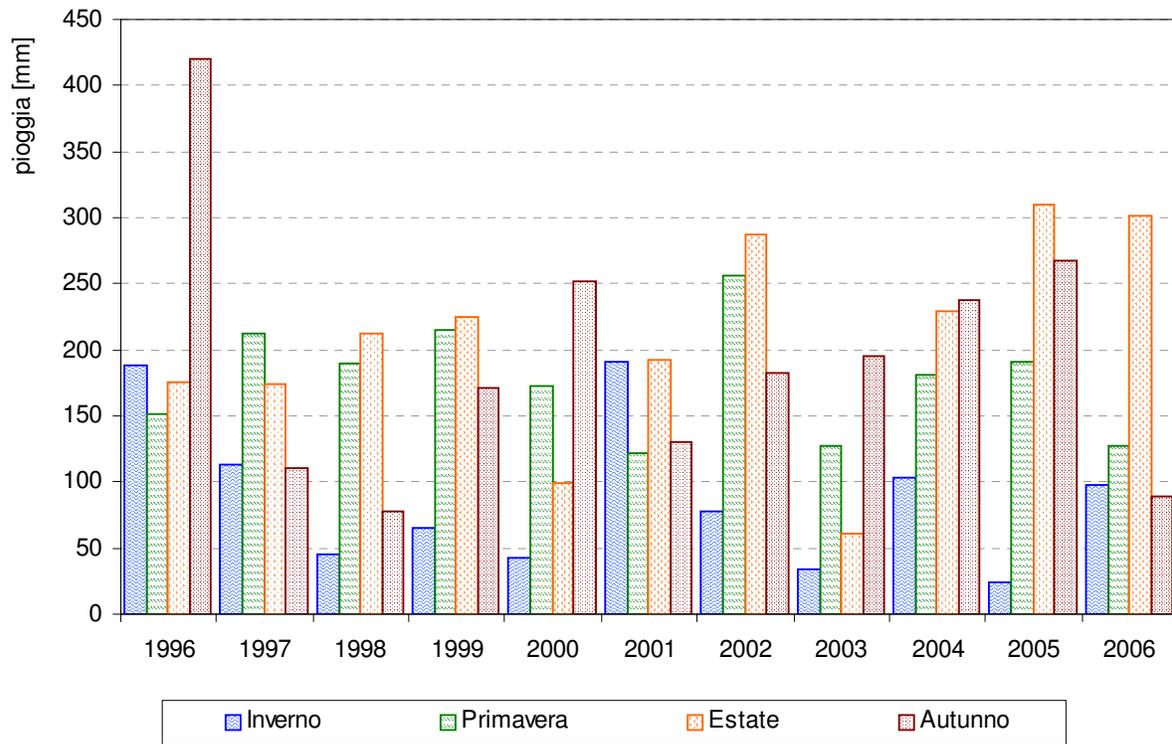


Figura A.1.6

stazione Mantova Liceo Classico - trend stagionale precipitazione



A.2 – Tabelle trend annuali degli inquinanti

Qui di seguito si allegano le tabelle con i trend annuali degli inquinanti esaminati nel presente rapporto.

Sono riportati i dati rilevati in tutte le stazioni che nel corso degli anni hanno funzionato all'interno del territorio provinciale.

Le stazioni pubbliche sono presenti sia nella Città di Mantova, che nel resto della Provincia.

Le stazioni private sono localizzate nel territorio del Destra Secchia (CTE di Ostiglia e Sermide), e nell'Alto mantovano (CTE del Mincio).

Con le convenzioni sottoscritte nel corso del 2006, la gestione delle reti private, con decorrenza dal 2007, è passata completamente ad ARPA.

Mentre il nome delle vecchie stazioni private è preceduto rispettivamente dall'acronimo ENEL (stazioni del Destra Secchia) o PM (stazioni della rete di Ponti sul Mincio), quelle delle nuove reti, gestite da ARPA, sono indicate dal solo nome del Comune o della località in cui risultano installate.

Fig. A.3.1 Concentrazioni di SO₂

Fig. A.3.2 Concentrazioni di NO₂

Fig. A.3.3 Concentrazioni di CO

Fig. A.3.4 Concentrazioni di O₃

Fig. A.3.5 Concentrazioni di BTX

Fig. A.3.6 Concentrazioni di PM₁₀

Fig. A.3.7 Concentrazioni di PTS

() : rendimento strumentale annuale inferiore al 75%

Tabella A.3.1 - Concentrazioni di SO₂: media annuale medie di 24 h (µg/m³)

Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Città di Mantova	Cittadella	(46)	38	(36)	18	22	27	25	14	16	16	13	14	14	11	(5)	6				
	Martiri		(57)	42	29	(24)	(28)	24	16	14	14	14	12	(10)							
	V.le Te		(51)	37	21	30	(33)	30	23	21	24	19	17	(20)							
	Ariosto			(36)		(39)	25	27	22	20	20	18	15	15	9	10	12	10	10	5	5
	Lunetta		(37)	31	(25)	33	(39)	31	19	14	12	(12)	(17)	(10)							
	P.zza dei Mille													(15)	12	7	(5)				
	Belfiore													(8)	(6)	4	4	4	(7)		
	Lunetta 2													(19)	16	9	9	7	6	5	5
	Gramsci																			(7)	6
Provincia di Mantova	Castiglione				(3)	(1)	(1)	6	5	4	3	5	7	7	5	5	5	5	7	(4)	4
	Castiglione 2			(26)	12	(13)	(12)														
	Viadana							18	11	13	11	10	12	(11)	6	(5)	(5)				
	Porto Mantovano																	(6)	(4)	(3)	(4)
Destra Secchia	ENEL Serravalle			(7)	(15)	12	(11)	19	17	30	(20)	(5)	6	6	4	3	3	3	3	(4)	(3)
	ENEL Revere			(7)	(12)	11	(11)	16	18	14	11	3	6	5	3	4	4	2	0	0	(2)
	ENEL Pieve di Coriano			(8)	(14)	17	(13)	31	30	35	19	5	4	5	3	3	4	3	1	1	(1)
	ENEL Borgofranco			(14)	(7)	(8)	(10)	32	35	18	5	7	7	6	5	4	5	2	2	2	(2)
	ENEL Ostiglia			(7)	7	(7)	(7)	12	10	4	5	5	4	1	1	1					
	ENEL Sermide			(10)	4	5	(4)	7	7	6	8	5	4	(4)	4	2	3	(3)	(1)	2	(2)
	ENEL Carbonara di Po			(7)	(4)	4	(4)	6	8	7	3	4	4	5	3	1	2	(2)	3	(2)	(2)
	ENEL Magnacavallo			(8)	(4)	(3)	(3)	3	4	6	(3)	3	5	3	3	3	(5)	3	(3)	2	(1)
	ENEL San Pietro Polesine			(4)	4	4	(4)	7	(7)	(4)	4	6	3	(5)	1	3	2	3	2	1	(2)
	ENEL Ceneselli			(22)	4	5	(4)	6	3	4	4	3	4	2	4	3	2	0	1	(4)	(4)
	ENEL Felonica			(7)	(4)	(4)	(4)	7	9	7	4	4	3	(3)	2	2	1	(1)	(1)	(1)	(1)
	Schivenoglia																				(7)
	Borgofranco																				
	Ceneselli																				
CTE Ponti sul Mincio	PM Monzambano																				(1)
	PM Ponti sul Mincio				(8)	(6)	(4)	4	4	4	5	8	8	4	3	2	4	5	4	(4)	(5)
	PM Scarpina				(4)	(5)	(6)	6	2	3	3	2	6	3	4	5	5	3	3	2	(3)
	PM Salionze				(2)	(1)	(2)	4	6	3	6	3	5	4	4	3	5	4	3	(3)	(2)

Tabella A.3.2 - Concentrazioni di NO2: media annuale medie di 24 h (µg/m3)

Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Città di Mantova	Cittadella	(87)	66	56	42	65	(65)	56	44	43	38	48	56	55	47	(65)	61					
	Martiri		(88)	(59)	(74)	(59)	(54)	64	58	56	56	57	58	(59)								
	V.le Te					(50)	64	64	54	56	60	59	52	(57)								
	Ariosto							(42)	44	39	37	48	53	(46)	33	18	42	39	30	(18)	(32)	
	Circonvallazione Sud					(55)	(61)	80	(65)													
	Don Leoni								(77)	(89)												
	Ospedale										39	47	46	39	(27)							
	P.zza dei Mille													(34)	41	28	(33)					
	Belfiore													(35)	(31)	24	23	29	(39)			
	Lunetta 2																(30)	34	(34)	23	(23)	
	Gramsci																		(32)	29	31	
	S.Agnese																		(49)	34	(38)	
	Tridolino																		(48)	32	31	
Provincia di Mantova	Castiglione			(50)	47	48	(52)															
	Castiglione 2						(57)	51	44	36	37	40	43	(48)	36	31	(26)					
	Viadana																	(39)	(24)	(41)	35	
	Porto Mantovano																	(57)	39	31	36	
Destra Secchia	ENEL Borgofranco																(34)		(21)		(33)	
	ENEL Ostiglia				(14)	(19)	(17)	25	25	30	20	23	21	22	15	(9)						
	ENEL Carbonara di Po			(48)	(19)	26	(20)	23	(33)	(47)	(34)	36	(30)	(25)	(23)	(17)	(11)	(20)	21	20	(49)	
	ENEL Magnacavallo																(20)	18	24	24	(43)	
	ENEL San Pietro Polesine																(27)	18	(25)	(15)		
	ENEL Ceneselli																(13)	(27)	34	33	(31)	
	Schivenoglia																				(37)	
	Ostiglia																				(36)	
	Pieve																				(16)	
	Magnacavallo																				(37)	
	Melara																				(63)	
	Borgofranco																				(36)	
	Ceneselli																				(31)	
	Sermide																				(34)	
CTE Ponti sul Mincio	PM Monzambano				(28)	(21)	(17)	16	11	18	19	25	31	28	20	29	30	31	(32)	23	(25)	
	PM Ponti sul Mincio				(34)	(19)	(18)	11	10	20	25	31	27	32	28	28	34	(34)	33	26	(28)	
	Ponti sul Mincio																				(53)	
	Monzambano																				(27)	
	Salonze																				(41)	

Tabella A.3.3 - Concentrazioni di CO: media annuale medie di 24 h mg/m3

Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Città di Mantova	Cittadella	(1.7)	1.5	(1.6)	2.0	2.8	2.0	1.9	2.2	2.4	2.1	1.7	(1.5)	(0.6)	(1.5)	(1.3)	(1.4)				
	Martiri		(2.7)	(2.1)					(3.1)	2.2	1.9	1.4	0.9	(1.8)							
	Ariosto																(1.3)	1.0	(1.0)		
	Circonvallazione Sud					(2.9)	2.3	(2.8)	(2.0)												
	Don Leoni								(5.1)	(4.9)											
	Ospedale										1.3	(1.1)	(0.4)								
	P.zza dei Mille														1.2	1.2	(1.0)				
	Gramsci																		(0.6)	0.8	0.6
	S.Agnese																		(0.8)	0.5	(0.4)
	Tridolino																			0.3	0.3
	Castiglione 2							1.8	1.6												
	Viadana																	(1.0)	0.8	0.6	0.5
	Schivenoglia																				
	Ostiglia																				(0.3)
	Melara																				(0.3)
	Monzambano																				(0.8)

Tabella A.3.4 - Concentrazioni di O₃: media annuale medie di 24 h (µg/m3)

Zone	Stazioni	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	V.le Te				31.2	31.4	30.4	34.7	38.7	40.4	(33.2)							
	Belfiore											(43.6)	37.7	(49.4)	(54.5)	(21.7)		
	Lunetta 2											46.5	48.7	46.7	50.2	47.1	49.7	(41.4)
	Castiglione 2				(47.6)	42.2	37.4	37.4	45.6	(54.4)	(47.3)	(54.8)	(43.6)	(66.5)				
	Viadana															(45.9)	46.9	(44.1)
	Porto Mantovano															(28.6)	42.1	48.7
	Bosco Fontana									(37.5)	(45.6)	48.4	55.5	42.1	50.4	39.9	35.1	(37.7)
Destra Secchia	ENEL Pieve di Coriano													(28.3)	(10.7)	43.8	(42.6)	
	ENEL Felonica													(55.0)	53.8	50.7	44.8	
	Schivenoglia																	
	Pieve																	
	Magnacavallo																	
	Ceneselli																	
	Ponti sul Mincio																	

Tabella A.3.5 - Concentrazione di BTX: media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																					
Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Concentrazioni di Benzene media annuale medie 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																					
Città di Mantova	V.le Te													(3.6)							
	Ariosto																(4.8)	3.6	3.2	(3.1)	2.8
	P.zza dei Mille													(8.1)	5.3	4.8	(4.7)				
	Gramsci																				(1.2)
	S.Agnese																				(0.8)
Concentrazioni di Toluene media annuale medie 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																					
Città di Mantova	V.le Te													(13.1)							
	Ariosto																(14.6)	11.3	9.6	(8.4)	9.4
	P.zza dei Mille													(28.7)	19	18	(16.4)				
	Gramsci																			(4.6)	(6.5)
	S.Agnese																			(2.9)	(4.4)

Tabella A.3.6 - Concentrazioni di PM ₁₀ : media annuale medie di 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																					
Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Città di Mantova	Ariosto																(51)	57	47	51	50
	P.zza dei Mille															49	(54)				
	Gramsci																		(48)	45	48
	S.Agnese																		(48)	(39)	47
	Tridolino																		(38)	45	(41)
Ponti sul Mincio	Ponti sul Mincio																				(57)
	Salionze																				(42)

Tabella A.3.7 - Concentrazioni di PTS: media annuale medie di 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																					
Zone	Stazioni	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Città di Mantova	Cittadella	(118)	103	(92)	(88)	(105)	(95)	73	(71)	62	59	(72)	60	(51)							
	Martiri			(98)	(97)	(111)	(95)	(82)	(91)	91	59	58	(57)								
	Circonvallazione Sud					(65)	(40)	(81)													
	Don Leoni								(85)	(87)											
	Ospedale										(58)	(77)									
ENEL Revere	ENEL Revere																				
	ENEL Carbonara di Po																(35)	32	(24)	(38)	
PM Pontes sul Mincio	PM Monzambano				(54)	(57)	(32)	49	34	41	41	52	44	44	36	38	39	(34)	45	(53)	(62)
	PM Pontes sul Mincio				(25)	(25)	(41)	48	32	38	35	46	41	40	37	36	42	(36)	(41)	(51)	(59)
	PM Scarpina							(35)	26	35	41	(51)	42	38	38	48	46	36	39		