

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI FIRENZE

50144 FIRENZE Via Ponte alle Mosse 211

tel. 05532061 fax 0553206218

Sezione Regionale
Modellistica, Climatologia e
Meteorologia

Unità Operativa
Tutela della Qualità dell'Aria
Sezione
Monitoraggio della Qualità dell'Aria

RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITA' DELL'ARIA (DATI DELL'ANNO 2001, AREA OMOGENEA DI FIRENZE)

Firenze, agosto 2002

1 Il sistema di monitoraggio.

1.1 Stazioni fisse.

Nel territorio dei Comuni di Firenze, Scandicci e Calenzano, che fanno parte dell'area omogenea definita dalla Deliberazione G.R.Toscana n. 1406 del 21.12.2001¹, è presente una rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà della Amministrazione Provinciale di Firenze e gestita da questo Dipartimento Provinciale ARPAT, costituita nella sua interezza da n° 11 stazioni fisse per il rilevamento degli inquinanti e da n° 3 stazioni meteorologiche.

Nel Comune di Sesto Fiorentino, che fa parte della stessa area omogenea, sono presenti n° 2 stazioni fisse private di cui una di proprietà del Consorzio Quadrifoglio (azienda incaricata del servizio di raccolta e smaltimento RSU), ubicata in località Case Passerini nei pressi dell'impianto di selezione e compostaggio, l'altra di proprietà del Consorzio CAVET (appaltatore dei lavori per la realizzazione della tratta ferroviaria TAV), ubicata in località Quinto, nei pressi del cantiere di scavo della galleria Sesto-Vaglia.

La stazione del Consorzio Quadrifoglio è attualmente inattiva.

La stazione del Consorzio CAVET è attiva dal mese di febbraio 2001. Il controllo di qualità dei dati secondo le procedure definite dalle norme vigenti non è effettuato. La validazione dei dati, da intendersi come l'insieme delle operazioni di controllo dei segnali acquisiti per verificare il corretto funzionamento dei sistemi di misura nel loro complesso², è a cura del Consorzio medesimo tramite la Soc. FIAT ENGINEERING che si avvale della Soc. ORION.

Nella tabella 1 è fornita una descrizione delle postazioni delle reti pubbliche e private in termini di localizzazione e classificazione.

La figura 1 mostra la mappa della localizzazione delle stazioni.

La composizione della Rete è sintetizzata in tabella 2, ove si evidenziano gli inquinanti monitorati in ciascuna stazione.

La rete pubblica comprende anche n. 3 stazioni per il rilevamento di parametri meteorologici ubicate a:

1. Firenze, P.za S. Lorenzo (c/o Osservatorio Ximeniano)
2. Sesto F.no, Monte Morello (c/o Casa della Resistenza)
3. Empoli, Riottoli (c/o acquedotto).

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante, l'insieme dei dati raccolti viene considerato significativo quando il rendimento strumentale è almeno pari al 90%. Il rendimento strumentale è calcolato come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico.

In tabella 3 sono riportati i rendimenti annuali delle postazioni fisse, per ciascun inquinante monitorato.

¹ L'area omogenea comprende anche i Comuni Bagno a Ripoli, Campi Bisenzio, Lastra a Signa, Sesto Fiorentino e Signa nei quali, attualmente, non sono attive stazioni di rilevamento.

² DM Ambiente 6 maggio 1992 "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio", art. 2, comma 5 (GU n° 111 del 14 maggio 1992).

Tabella 1 = Stazioni fisse di misura nel territorio di Firenze, Scandicci e Calenzano, anno 2001.

comune-ubicazione	Rete (1)	N° (2)	tipo zona	tipo stazione		localizzazione stazione		quota s.l.m. (m)
			Decisione 2001/752/CE (3)	DM 20/5/91 (4)	Decisione 2001/752/CE (3)	distanza strada (m)	distanza semaforo (m)	
Firenze-Boboli	PUB	1	urbana	A	fondo	>100	n.p.	75
Firenze-V.le U. Bassi	PUB	2	urbana	B	fondo	20	n.p.	61
Firenze V. di Scandicci	PUB	3	urbana	B	fondo	10	n.p.	44
Firenze-V. di Novoli	PUB	4	urbana	B	fondo	40	n.p.	42
Firenze-V.le Gramsci	PUB	5	urbana	C	traffico	6	10	49
Firenze-V.le Rosselli	PUB	6	urbana	C	traffico	4	20	45
Firenze V. Ponte alle Mosse	PUB	7	urbana	C	traffico	6	20	41
Firenze-V. Desiderio da Settignano	PUB	8	rurale	D	fondo	n.p.	n.p.	195
Scandicci- V. Buozi	PUB	11	suburbana	B	fondo	10	n.p.	45
Calenzano V. Giovanni XXIII	PUB	9	suburbana	B	fondo	10	n.p.	40
Calenzano V. Boccaccio	PUB	10	suburbana	I	industriale	30	n.p.	40
Sesto-V. Gramsci	PRIV	13	suburbana	B	fondo	10	10	40
Sesto loc. Case Passerini	PRIV	12	rurale	I	industriale	15	n.p.	40

n.p. = non pertinente

(1) PUB = pubblica; PRIV = privata

(2) Riferimento figura 1

(3) Definizione provvisoria (in corso di revisione)

(4) A=parco urbano; B=area residenziale; C=sito ad alto traffico; D=per inq. fotochimici; I=area industriale

Tabella 2 = Stazioni fisse e inquinanti monitorati³.

Stazione	CO	NO _x	O ₃	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5} (1)	benzene	altro
Firenze-Boboli	X	X	X	X	X			
Firenze-V.le U. Bassi	X	X		X	X		X	BTEX
Firenze-V. di Scandicci	X	X		X				
Firenze-V. di Novoli	X	X	X					
Firenze-V.le Gramsci	X	X			X			
Firenze-V.le Rosselli	X	X			X			NMHC
Firenze-V. Ponte alle Mosse	X	X		X	X	X		
Firenze-V. Desiderio da Settignano		X	X					
Calenzano-V. Giovanni XXIII		X	X					
Calenzano- V. Boccaccio			X					
Scandicci- V. Buozi	X	X	X	X	X			
Sesto-loc. Case Passerini	X	X		X	X			NMHC H ₂ S
Sesto-V. Gramsci	X	X		X	X			

³ Legenda:

CO = monossido di carbonio

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

O₃ = ozono

SO₂ = biossido di zolfo (anidride solforosa)

PM₁₀ = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron

PM_{2.5} = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micron

BTEX = benzene, toluene, etilbenzene, xileni

NMHC = idrocarburi totali eccetto il metano

H₂S = acido solfidrico

(1) misura attivata in via sperimentale, alternativamente con quella di PM10.

Tabella 3 = Rendimento % degli analizzatori delle postazioni fisse (anno 2001).

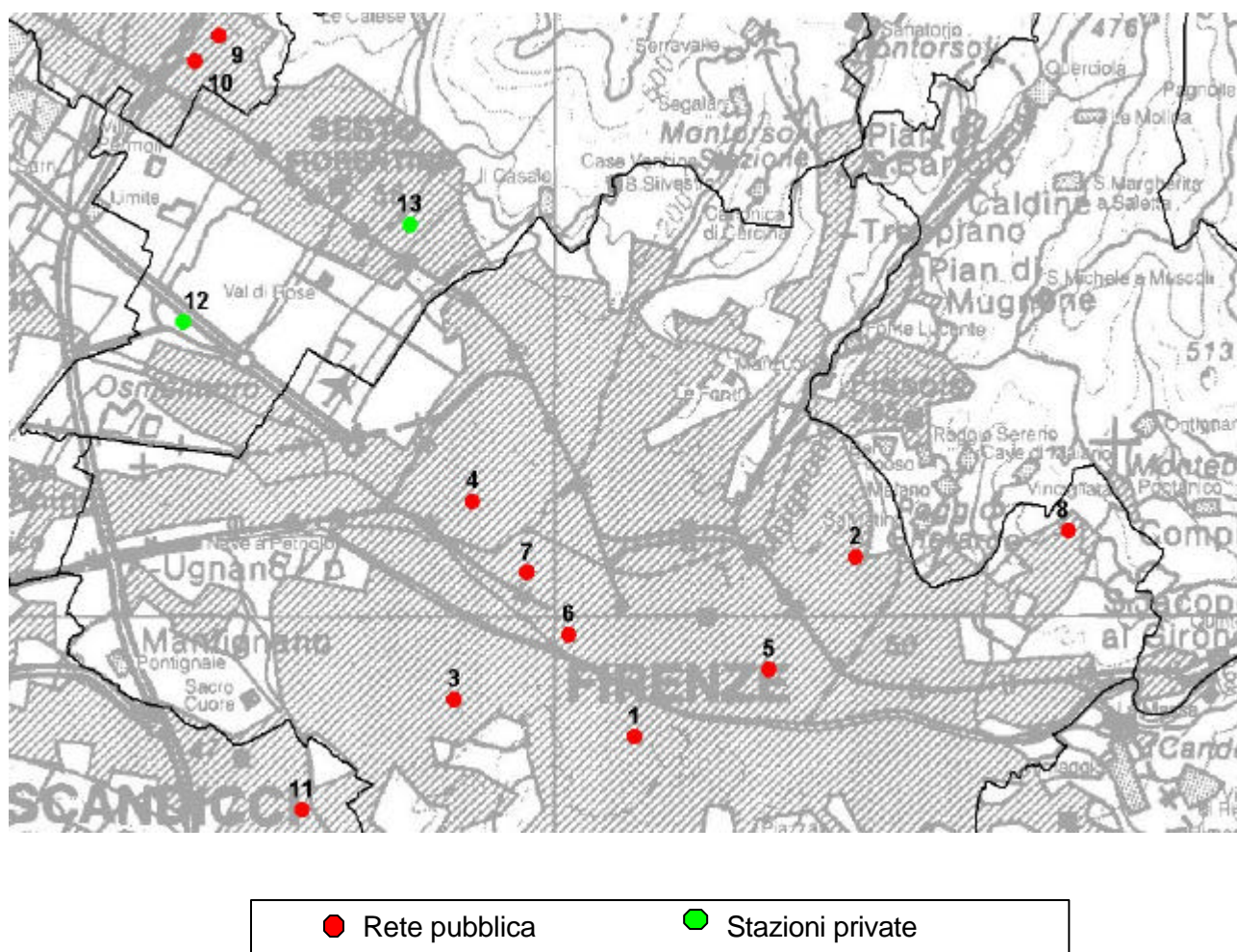
Stazione	CO	NO _x	O ₃	SO ₂	PM ₁₀	benzene
Firenze-Boboli	92	97	99	100	98	N. P.
Firenze-V.le U. Bassi	98	95	N. P.	98	94	83
Firenze-V. di Scandicci	99	99	N. P.	99	N. P.	N. P.
Firenze-V. di Novoli	99	94	95	N. P.	N. P.	N. P.
Firenze-V.le Gramsci	94	96	N. P.	N. P.	62	N. P.
Firenze-V.le Rosselli	82	82	N. P.	N. P.	89	N. P.
Firenze-V. Ponte alle Mosse	94	96	N. P.	92	87 (*)	N. P.
Firenze-V. Desiderio da Settignano	N. P.	98	99	N. P.	N. P.	N. P.
Scandicci- V. Buozzi	99	99	95	99	87	N. P.
Calenzano-V. Giovanni XXIII	N. P.	97	94	N. P.	N. P.	N. P.
Calenzano- V. Boccaccio	N. P.	N. P.	90	N. P.	N. P.	N. P.
Sesto-V. Gramsci (1)	N.D.	N.D.	N. P.	N.D.	N.D.	N. P.
Sesto-loc. Case Passerini (2)	0	0	N. P.	0	0	0

N.P. = analizzatore non presente nella stazione

N.D. = dato non disponibile

(*) compreso PM2.5

Figura 1 = Localizzazione delle stazioni fisse di misura.



La stazione Firenze-Rosselli è risultata inattiva per circa 40 giorni nel periodo settembre-ottobre a causa di danni da fulminazione atmosferica. L'analizzatore BTX della stazione Firenze-Bassi è stato attivato dal mese di luglio ma i dati del mese di settembre sono stati invalidati per difetto di taratura. Il

polverimetro della stazione Firenze-Gramsci è risultato inattivo per tutto il mese di novembre e per intervalli di 5-15 giorni distribuiti nel corso degli altri mesi (risulta una prevalenza di dati estivi rispetto a quelli invernali). Il polverimetro della stazione Scandicci-Buozzi mostra perdite di dati omogeneamente distribuite nell'anno solare. Il polverimetro della stazione Firenze-Mosse viene utilizzato alternativamente per la determinazione di PM_{2.5}.

Pur con qualche riserva per i valori di PM₁₀ della stazione Firenze-Gramsci, i dati complessivi possono essere ritenuti utili ai fini del calcolo degli indicatori su base annuale, in particolare di quelli definiti come media. Nel caso degli indicatori definiti come quantità di superamenti di determinate soglie (orarie, pluriorarie, giornaliere), l'incompletezza del periodo di rilevamento conduce ad una sottostima che, in taluni casi, potrebbe essere rilevante. Per meglio approssimare il valore vero dell'indicatore si è valutata l'incidenza percentuale della quantità di superamenti rispetto al numero effettivo dei dati validi.

1.2 Campagne di rilevamento.

Nel corso dell'anno sono state effettuate le seguenti campagne di monitoraggio:

1. in n. 4 siti della zona a traffico limitato nel centro storico di Firenze (Via Verdi, Via Martelli, Via Nazionale e Via Calzaiuoli in area pedonale), per la determinazione di benzene mediante campionatori passivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID);
2. in n. 2 siti dell'area urbana di Firenze (di cui 1 presso la stazione Viale Rosselli e l'altro nel parco di S.Salvi), per la determinazione di benzene mediante campionatori attivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID);
3. in n. 3 siti dell'area urbana di Firenze (di cui 1 presso la stazione Viale Bassi, 1 presso la stazione Via Ponte alle Mosse e l'altro nel parco di S.Salvi), per la determinazione di IPA (benzo(a)pirene ed altri cancerogeni) mediante campionatori attivi per polveri e successiva estrazione con cicloesano e analisi per cromatografia liquida ad alta pressione con detector a fluorescenza (HPLC-FA);
4. In n. 3 siti del comune di Signa lungo Via Roma (S.S. 325), diversificati per fluidità di traffico e contesto urbanistico, per la determinazione di benzene mediante campionatori passivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID);
5. In n. 3 siti del comune di Lastra a Signa, di cui due lungo Via Livornese (S.S. 67) nei centri abitati di Lastra e di Ponte a Signa, uno in Via Chiantigiana nel centro abitato dalla frazione Ginestra, per la determinazione di benzene mediante campionatori passivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID).

Nelle tabelle 4 e 5 si indicano nel dettaglio i siti e i periodi di rilevamento, gli inquinanti monitorati e i sistemi di misura relativamente alle campagne condotte con strumentazione mobile.

Nelle figure 2 e 3 sono mostrate le localizzazioni dei siti di campionamento utilizzati nelle campagne condotte a Firenze.

Figura 2 = Siti di misura di benzene mediante campionatori passivi (Firenze, ZTL).



Figura 3 = Siti di campionamento per benzene (con sistemi attivi) e per IPA (Firenze).

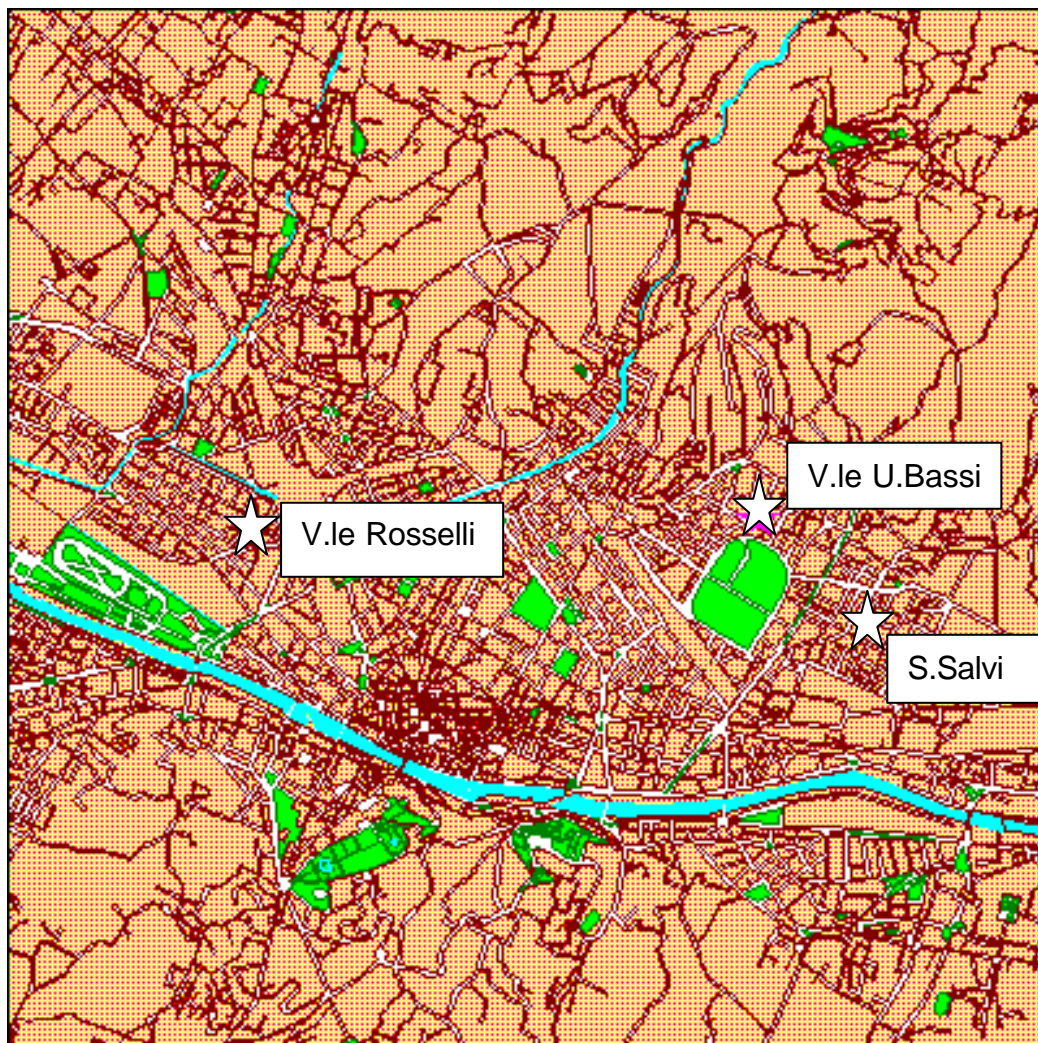


Tabella 4 = Campagne per benzene (sistemi attivi) e per benzo(a)pirene (e altri IPA).

Parametro	Tipo di campionatore	Marca / modello	Periodo misura	Sito di campionamento	Note
benzene	Fiala carbone	PerkinElmer STS 25	anno	Firenze: S.Salvi V.le Rosselli	10 giorni al mese
IPA	Filtro lana di vetro	Tecora SKYPOST	anno	Firenze: S.Salvi V.le U.Bassi V. Ponte alle Mosse	1 settimana al mese

Tabella 5 = Campagne per benzene (sistemi passivi).

Parametro	Tipo di campionatore	Periodo misura	n° siti	ubicazione	Note
benzene	Radiello®	anno	4	<u>Firenze</u> - Zona a Traffico Limitato (ZTL): Via Calzaiuoli (area pedonale) Via Verdi Via Nazionale Via Martelli	1 settimana al mese
		2° semestre	3	<u>Signa</u> : Via Roma (civico 93) Via Roma - P.za Cavallotti Via Roma (civico 280) - giardini pubblici	
		2° semestre	3	<u>Lastra a Signa</u> : Via Livornese (civico 272) - Ponte a Signa Via Livornese (civico 174) Via Chiantigiana (civico 201) - Ginestra F.na	

2 Risultati.

Si considerano le serie di dati raccolti nelle stazioni fisse della rete di monitoraggio e durante le campagne con valenza annuale.

Per ciascun inquinante vengono mostrate le elaborazioni degli indicatori fissati e il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla recente normativa europea e recepiti con il D. M. Ambiente n. 60/02⁴ o, per l'inquinante ozono, in corso di recepimento (Direttiva 2002/3/CE). Il rispetto dei limiti viene richiesto entro determinati termini temporali, riassunti nella tabella seguente.

per la protezione della salute umana		
	Biossido di zolfo	1 gennaio 2005
	Biossido di azoto	1 gennaio 2010
	Polveri PM10	1 gennaio 2005
	Benzene	1 gennaio 2010
	Monossido di carbonio	1 gennaio 2005
	Ozono	1 gennaio 2010
per la protezione degli ecosistemi		
	Biossido di zolfo	19 luglio 2001
per la protezione della vegetazione		
	Biossido di azoto	19 luglio 2001
	Ozono	1 gennaio 2010

In realtà la normativa europea definisce per ciascun inquinante (salvo l'ozono) specifici margini di tolleranza che si riducono progressivamente fino al conseguimento del pieno rispetto della norma, entro le date sopra indicate. Tali margini di tolleranza hanno un significato meramente operativo mentre quello di tutela sanitaria/ambientale è associato unicamente ai valori fissati per le scadenze indicate.

Anche per semplicità, tuttavia, in prima istanza nella presente relazione il confronto tra le concentrazioni rilevate e i limiti di legge viene effettuato relativamente a quelli "finali", prescindendo dai margini di tolleranza. Ciò consente di individuare con maggiore immediatezza le sostanze per le quali, anche in prospettiva, si rende necessaria l'adozione di adeguate politiche di risanamento, ma anche quelle per le quali risultano già (in tutto o in parte) rispettati i limiti che entreranno pienamente in vigore solo nel 2005 o nel 2010.

In fase di discussione conclusiva viene comunque effettuato il confronto con i limiti maggiorati dei margini di tolleranza validi nel 2001 e nel 2002, scelta che consente di meglio evidenziare le priorità nelle azioni di risanamento a carico delle Amministrazioni locali.

Per l'inquinante benzo(a)pirene, la CE non ha ancora emanato la specifica Direttiva in preparazione. Pertanto, l'elaborazione dei dati e il confronto vengono svolti in base ai limiti e ai valori di riferimento, già in vigore, di cui al D.M. Ambiente 25 novembre 1994.

Gli indicatori fissati come soglia di allarme (di informazione, di attenzione), idonei al riconoscimento di episodi acuti, risultano pienamente in vigore.

2.1 Polveri (PM10 e PM2.5).

Tabella 7 = PM10

	Limite di rif	Firenze Boboli	Firenze Bassi	Firenze Gramsci	Firenze Rosselli	Firenze Mosse	Scandicci Buoizzi
n° dati validi		358	343	229	287	164 (1)	315
Media annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	36	40	31	35	31	41
n° Valori giornalieri $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35	50	88	8	36	16	71

⁴ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Decreto 2 aprile 2002, n. 60 (S.O.G.U. n. 77/L del 13 aprile 2002).

(1) in alternanza con la misura di PM2.5 (15 gg/mese)

Ambedue i limiti di riferimento sono fissati "per la protezione della salute umana".

Si osservi che la media annuale raggiunge il valore limite dello standard nella stazione Firenze-Bassi e lo supera nella stazione Scandicci-Buozzi. La ricorrenza di superamenti dello standard giornaliero è più elevata del limite di riferimento nella maggior parte delle stazioni di Firenze e in quella di Scandicci⁵.

In ottemperanza alle indicazioni della normativa, nella stazione Firenze-Mosse è stato attivato il monitoraggio della frazione di polveri con granulometria inferiore a 2.5 micron (PM2.5), in alternanza con quella di PM10. Per questo parametro non sono stabiliti valori limite di riferimento a livello europeo mentre l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA) ha indicato il valore della media annuale pari a 15 µg/m³

Tabella 8 = PM2.5

	Limite di rif	Firenze Mosse
dati validi n°		154 (1)
Media annuale µg/m ³	15	18

(1) in alternanza con la misura di PM10 (15 gg/mese)

Si osservi che questo inquinante supera il valore di riferimento.

2.2 Biossido di zolfo.

Tabella 9 = SO2

	Limite di rif.	Firenze Boboli	Firenze Bassi	Firenze V. Scandicci	Firenze Mosse	Scandicci Buozzi
n° dati orari validi		8364	8255	8342	7855	8308
n° medie orarie >350 µg/m ³	24	0	0	0	0	0
n° dati giornalieri validi		364	359	361	336	362
n° medie giornaliere >125 µg/m ³	3	0	0	0	0	0
media annuale µg/m ³	20	4	4	3	4	4
media invernale (1/10/01-31/3/02) µg/m ³	20	4	5	3	5	5

I limiti stabiliti in termini di ricorrenze di superamento di soglie su media oraria e media giornaliera sono fissati "per la protezione della salute umana". Quelli in termini di media annuale e media invernale sono fissati "per la protezione degli ecosistemi".

Si osservi che tutti i limiti di riferimento sono ampiamente rispettati in tutti i siti di rilevamento.

2.3 Monossido di carbonio.

Tabella 10 = CO

	Limite di rif.	Firenze Boboli	Firenze Bassi	Firenze V. Scandicci	Firenze Novoli	Firenze Gramsci	Firenze Rosselli	Firenze Mosse	Scandicci Buozzi
n° dati validi		8069	8610	8667	8711	8231	7219	8252	8690
n° Medie mobili di 8 h >10 mg/m ³	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Max media mobile di 8 h mg/m ³		3,8	5,0	4,3	5,3	6,5	10,3	5,8	4,1

⁵ Per questo indicatore, si consideri che la quantità di dati giornalieri validi è significativamente inferiore a 365 per Rosselli e Gramsci ed è circa la metà per Mosse.

Il limite, stabilito come valore della media mobile di 8 ore da non superare, è fissato "per la protezione della salute umana".

Si osservi che lo standard appare generalmente rispettato e solo nella stazione Firenze-Rosselli si è verificato un superamento.

Per evidenziare le differenze dei livelli di inquinamento nei vari siti, si sono esplicitati i valori massimi raggiunti dalla media di 8 ore.

2.4 Biossido di azoto e ossidi di azoto totali.

Tabella 11 = NO₂

	Limite di rif.	Firenze Boboli	Firenze Bassi	Firenze V.Scand	Firenze Novoli	Firenze Gramsci	Firenze Rosselli	Firenze Mosse	Firenze Settignano	Scandicci Buozi	Calenzano Giovanni XXIII
n° dati validi		8117	7944	8294	7913	8086	6323	8040	8222	8353	8133
n° Val. orari >200 µg/m ³	18	1	2	2	1	1	4	1	0	0	0
media annuale µg/m ³	40	32	34	43	54	67	84	72	18	38	34

Ambedue i limiti sono fissati "per la protezione della salute umana".

Si osservi che mentre l'indicatore "superamento soglia oraria" risulta rispettato in tutte le stazioni, la media annuale è superata nelle stazioni di Firenze Rosselli, Gramsci, Mosse e Via di Scandicci.

Tabella 12 = NO_x

	Limite di rif.	Firenze Boboli	Firenze Bassi	Firenze V.Scand	Firenze Novoli	Firenze Gramsci	Firenze Rosselli	Firenze Mosse	Firenze Settignano	Scandicci Buozi	Calenzano Giovanni XXIII
n° dati validi		8117	7944	8294	7913	8086	6323	8040	8222	8353	8133
media annuale come NO ₂ µg/m ³	30	57	65	69	107	170	271	170	23	80	82

Il limite è fissato "per la protezione della vegetazione".

Si osservi che risulta ampiamente superato in tutte le stazioni con l'eccezione di Firenze-Settignano

2.5 Ozono

Tabella 13 = O₃

	Limite di rif.	Firenze Boboli	Firenze Novoli	Firenze Settignano	Scandicci Buozi	Calenzano Boccaccio	Calenzano Giovanni XXIII
n° dati validi		8612	8224	8636	8331	7808	8175
n° giorni con media mobile 8 h >120 µg/m ³	25	25	25	49	46	21	47
n° AOT40 dati validi		1102	1056	1056	1099	1065	1075
AOT40 µg/m ³ *h	18000	17143	17742	25863	27057	15954	29404

I limiti sono definiti come "valore bersaglio" dalla Direttiva 2002/3/C. Il limite espresso come quantità di giorni in cui si supera la soglia della media mobile di 8 ore pari a 120 µg/m³, è fissato "per la protezione della salute umana". Quello in termini di AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m³, ovvero 40 ppb, calcolata nel periodo 1 maggio-31 luglio nella fascia oraria 8-20), è fissato "per la protezione della vegetazione".

Si osservi che ambedue i limiti sono superati o sono prossimi alla soglia in tutte le stazioni di rilevamento.

2.6 Benzene.

Tabella 14 = BENZENE

stazioni	Media annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Limite di riferimento	5
Firenze-S.Salvi	2,3(*)
Firenze-Calzaiuoli (ZTL)	4,2
Firenze-Martelli (ZTL)	9,4
Firenze-Verdi (ZTL)	10,1
Firenze-Nazionale (ZTL)	12,0
Firenze-Boboli	2,5 (**)
Firenze-V.le U. Bassi	3,2 (**)
Firenze-V. di Scandicci	2,9 (**)
Firenze-V. di Novoli	3,8 (**)
Firenze-V.le Gramsci	6,8 (**)
Firenze-V.le Rosselli	10,6
Firenze-V. Ponte alle Mosse	5,7 (**)
Scandicci- V. Buozzi	2,9 (**)
Signa- Roma 93	10,4 (**)
Signa- Roma/Cavallotti	7,9 (**)
Signa - Roma 280	10,4 (**)
Lastra a Signa - Livornese 174	12,6 (**)
Lastra a Signa - Livornese 272 (Ponte a Signa)	7,7 (**)
Lastra a Signa - Chiantigiana 201 (Ginestra)	5,1 (**)

(*) manca trimestre estivo

(**) 2° semestre

(***) stimato per correlazione con CO secondo l'equazione $C_{\text{benz}} (\text{mg}/\text{m}^3) = F * C_{\text{co}} (\text{mg}/\text{m}^3)$
dove $F = 0,0042$ per stazioni tipo A e B $F = 0,0038$ per stazioni tipo C

Il limite è fissato "per la protezione della salute umana".

Si osservi che si riscontrano superamenti della soglia in vari siti di Firenze (Martelli, Verdi, Nazionale, Gramsci, Rosselli, Mosse), a Signa (V. Roma) e a Lastra a Signa (V. Livornese, V. Chiantigiana).

2.7 Benzo(a)pirene.

Il D.M. Ambiente 60/02 non ha modificato la normativa precedente riguardo a questo inquinante. Pertanto rimane in vigore il limite di riferimento, definito come "obiettivo di qualità", stabilito dal D.M. Ambiente 25.11.1994.

Tabella 15 = BENZO(a)PIRENE.

stazioni	BaP ng/m^3
Limite di riferimento (DM 24.11.1994)	1,00
Firenze-S.Salvi	0,29
Firenze-V.le U. Bassi	0,36
Firenze-V. Ponte alle Mosse	1,15

Si osservi che il limite appare superato nel sito Firenze Mosse.

2.8 Episodi acuti

La nuova normativa più volte citata, oltre ai valori standard di riferimento già indicati, fissa dei limiti di concentrazione definiti come "soglie di allarme" per gli inquinanti in grado di determinare effetti acuti sulla popolazione.

Nella tabella 16 si riassumono i valori soglia e si indicano le ricorrenze di superamento riscontrate.

Tabella 16 = Soglie di allarme e casi rilevati (DM 2.4.2002 e Direttiva 2002/3/CE).

inquinante	Indicatore di soglia di ALLARME	Casi rilevati
SO ₂	Concentrazione oraria > 500 µg/m ³ per 3 h consecutive.	Nessuno
NO ₂	Concentrazione oraria > 400 µg/m ³ per 3 h consecutive.	Nessuno
O ₃	Concentrazione oraria >240 µg/m ³	Nessuno

Per l'ozono è stata fissata anche una soglia "di informazione" al valore della media oraria pari a 180 µg/m³. Il dettaglio dei superamenti riscontrati è mostrato in tabella 17.

Tabella 17 = Ozono: superamenti della soglia di informazione pari a 180 µg/m³ (Direttiva 2002/3/CE).

	Firenze Boboli	Firenze Novoli	Firenze Settignano	Scandicci Buoizzi	Calenzano Boccaccio	Calenzano Giovanni XXIII
n° val orari > 180 µg/m ³	0	2	14	3	0	10

In base alle norme tecniche ex D.M. Ambiente 25.11.1994, i giorni in cui è stato riscontrato lo stato di ATTENZIONE sono indicati nella tabella 18.

Tabella 18 = NO₂ e O₃: stati di ATTENZIONE (DM 25.11.1994).

inquinante	N° giorni	data	stazione	Valore orario max µg/m ³	N° ore >200 µg/m ³	N° ore >180 µg/m ³
NO ₂	1	18 dicembre	Firenze Novoli	203	1	
			Firenze Bassi	220	2	
O ₃	7	29 maggio	Calenzano Giovanni XXIII	181		1
		25 giugno	Firenze Settignano	213		2
			Calenzano Giovanni XXIII	197		5
		26 giugno	Firenze Settignano	215		5
			Calenzano Giovanni XXIII	205		3
		27 luglio	Firenze Settignano	208		1
		28 luglio	Calenzano Giovanni XXIII	182		1
		2 agosto	Firenze Settignano	187		2
			Scandicci Buoizzi	200		2
			Firenze Novoli	185		1
		3 agosto	Firenze Settignano	205		4
			Firenze Novoli	182		1
			Scandicci Buoizzi	195		1

Non si sono riscontrati stati di ATTENZIONE per CO e per SO₂.

Non sono rilevati stati di ATTENZIONE per PTS (parametro non misurato).

Non si sono verificati stati di ALLARME.

La Regione Toscana ha recentemente adottato la Deliberazione GR 116/02 che introduce gli stati di attenzione/allarme anche per PM10. Nel 2001 tale norma non era in vigore. Tuttavia sono qui elaborati i dati del 2001 per verificare quando si sarebbero riconosciuti gli stati significativi⁶ in base ai criteri e ai parametri di tale norma. Il risultato è mostrato in tabella 19.

Tabella 19 = PM10: stati di ATTENZIONE.

N° giorni ATTENZIONE	data	stazione	Concentrazione media di 24 ore $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	21 febbraio (*)	Firenze Boboli	65
		Firenze Bassi	77
		Firenze Rosselli	60
		Scandicci Buoizzi	68
	22 febbraio	Firenze Boboli	59
		Firenze Bassi	65
		Firenze Rosselli	53
		Scandicci Buoizzi	66
	23 febbraio	Firenze Boboli	57
		Firenze Bassi	59
		Firenze Rosselli	59
N° giorni ALLARME	NESSUNO		

(*) il superamento della soglia ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è iniziato il giorno 17 febbraio (v. nota 6).

3 Gli andamenti temporali degli inquinanti atmosferici.

Il presente paragrafo sintetizza l'andamento degli inquinanti atmosferici sull'intera area e confronta i livelli attuali con quelli storici rilevati mediante la rete di monitoraggio. Si tenga conto che non si dispone degli indicatori su base annuale per tutti gli inquinanti e per tutte le stazioni per motivi che possono essere riconducibili a:

- inopportunità di rilevamento di uno specifico inquinante in tipologie di sito non idonee (è il caso tipico dell'ozono di cui non è congruo il monitoraggio in siti a relativa distanza dalle sorgenti quali il traffico)
- progressiva attivazione di analizzatori nel corso degli anni
- mancanza di dati per fuori servizio delle stazioni o di analizzatori a causa di guasti o spostamenti o incidenti.

In ogni caso, l'indicatore annuale definito come concentrazione media viene mostrato solo se valido secondo i criteri definiti dalla normativa, l'indicatore definito come quantità di superamento soglia viene mostrato in termini di incidenza percentuale sui numero di dati disponibili.

3.1 Polveri (PM10).

Nella figura 4 si mostrano le concentrazioni medie annuali di PM10 rilevate dal 1993 nelle stazioni della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione relativamente omogenea indipendentemente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti e alla tipologia di sito, si mostra anche il valore medio delle medie annuali e i valori minimo e massimo di ciascun anno.

Si osserva la progressiva diminuzione registrata fra il 1993 e il 1997 a cui ha fatto seguito un incremento che ha riportato i livelli medi di PM10 ai valori degli anni 1993-1994 anche se con sostanziale riduzione delle differenze fra siti. Il 2001 mostra una riduzione generalizzata dei livelli di PM10 in parte spiegabile con l'andamento meteorologico come illustrato nel capitolo successivo. Il valore limite di riferimento è risultato quasi sempre raggiunto o superato in tutte le stazioni o nella maggioranza delle stazioni di monitoraggio, salvo nell'anno 2001 in cui la maggior parte delle stazioni presenta valori di poco inferiori alla soglia.

⁶ Lo stato di attenzione/allarme per PM10 viene riconosciuto dopo 5 giorni di raggiungimento della rispettiva soglia ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quella di attenzione, $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quella di allarme) in almeno il 50% delle stazioni di rilevamento dell'area.

Nella figura 6 si mostra l'incidenza percentuale dei giorni con valore medio superiore $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il cui limite di riferimento è pari a 10% (35 superamenti ammessi su 365 giorni). L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello delle medie annuali. Nella maggior parte delle stazioni si sono riscontrate percentuali di superi notevolmente più elevate rispetto alle indicazioni della norma e anche nell'anno 2001 la quantità di giorni con livello di PM10 oltre il limite supera ampiamente il 10%.

Figura 4 = trend delle concentrazioni medie annuali di PM10.

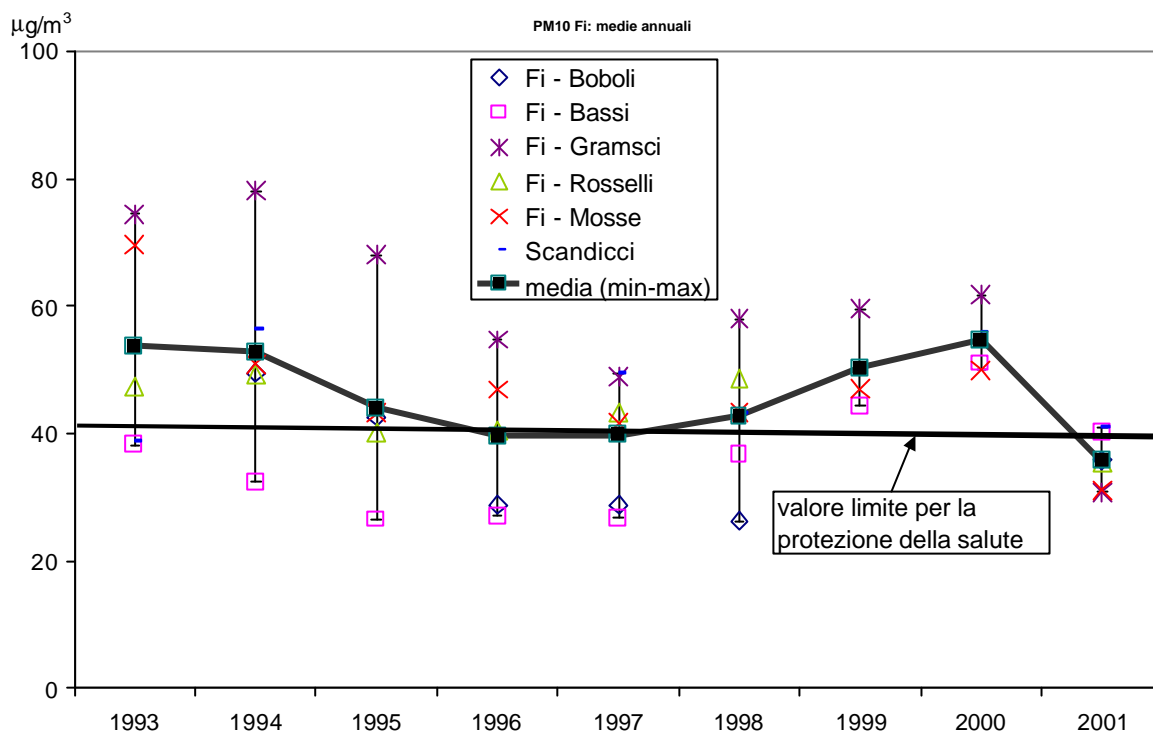
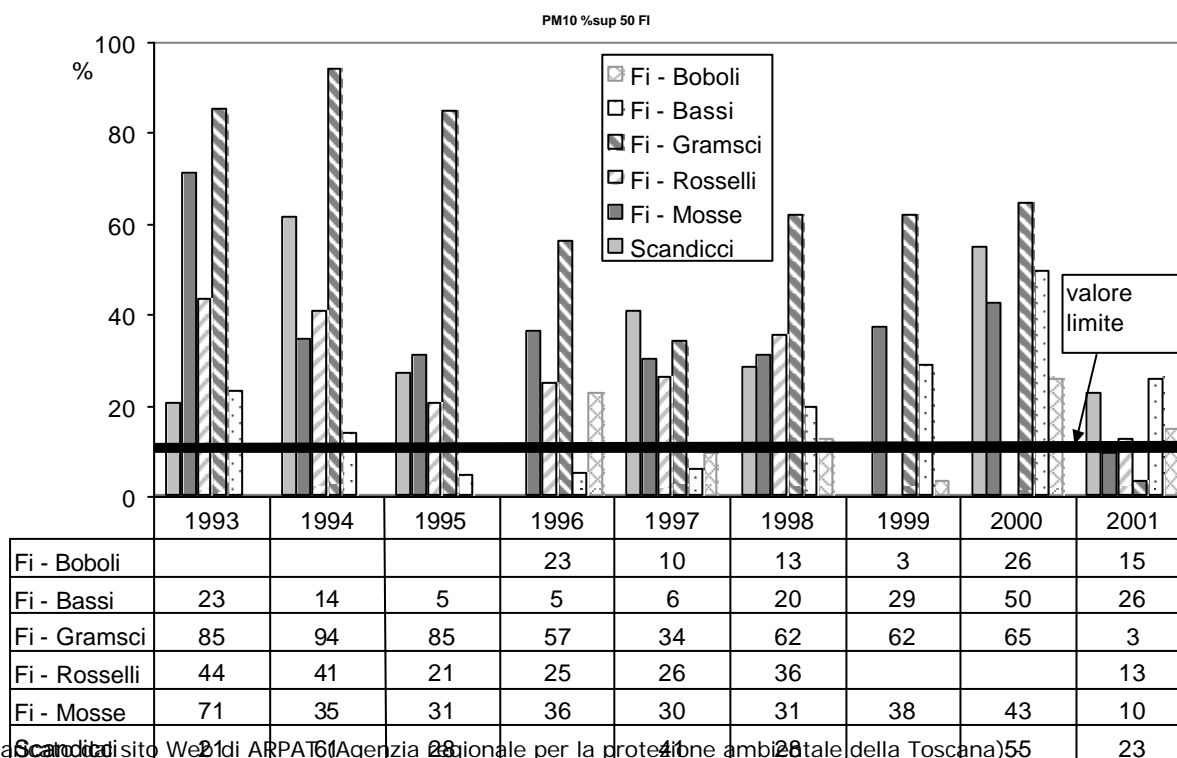


Figura 5 = trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di PM10 superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

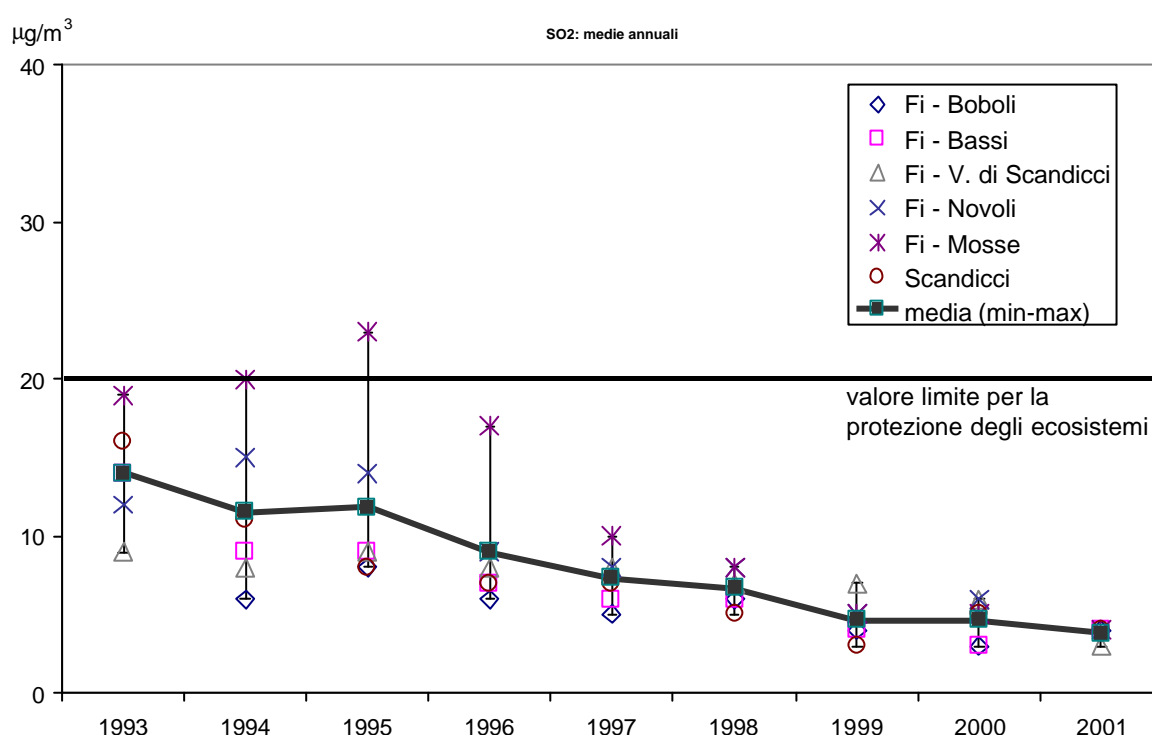


3.2 Biossido di zolfo.

Nella figura 6 si mostrano le concentrazioni medie annuali di SO₂ rilevate dal 1993 nelle stazione della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione relativamente omogenea indipendentemente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti e alla tipologia di sito, si mostra anche il valore medio delle medie annuali e i valori minimo e massimo di ciascun anno.

Si osserva la progressiva diminuzione registrata dal 1993 e la sostanziale riduzione delle differenze fra siti. Il raffronto viene fatto con il limite più restrittivo previsto dalla norma (protezione degli ecosistemi) che appare rispettato almeno negli ultimi anni. Per tale motivo non si mostrano gli andamenti degli indicatori meno restrittivi (per la protezione della salute) che, a maggior ragione, risultano ampiamente rispettati.

Figura 6 = trend delle concentrazioni medie annuali di SO₂.



3.3 Biossido di azoto.

Nella figura 7 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO₂ rilevate dal 1994 nelle stazione della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione spaziale relativamente disomogenea e dipendente sia dalla localizzazione rispetto alle sorgenti, sia dalla tipologia di sito, si mostrano anche i valori medi delle medie annuali e i valori minimo e massimo di ciascun anno raggruppati e distinti per le stazioni collocate a distanza dai flussi veicolari (tipo A e B) e per le stazioni in prossimità dei flussi veicolari (tipo C). A parte si mostrano i valori rilevati nella stazione collinare di Settignano specifica per inquinanti fotochimici come l'ozono (tipo D).

L'andamento del valore medio relativo alle stazioni C mostra una diminuzione piuttosto modesta ma regolare. Il dato medio relativo agli anni 1999 e 2000 è apparentemente disomogeneo ma è da considerarsi sottostimato a causa della mancanza del valore relativo alla stazione Rosselli, caratterizzata da livelli più elevati in assoluto. Anche la media delle stazioni A e B mostra la

progressiva riduzione almeno fino all'anno 1998, dopo il quale si osserva una sostanziale stabilizzazione. Il decremento del 2001 è presumibilmente dovuto a cause meteorologiche.

Stabile appare il livello medio riscontrato nella stazione di Settignano.

Nonostante il trend positivo, rispetto al valore di riferimento fissato dalla norma, si osservano valori costantemente molto elevati nella stazioni tipo C (il doppio) e di poco oltre il limite o circa al limite nelle stazioni tipo A e B.

Nelle figure 8 e 9 si mostra, distintamente per i due gruppi di stazioni, l'incidenza percentuale delle ore dell'anno con valore medio superiore $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il cui limite di riferimento è pari a 0,2% (18 superamenti orari ammessi su 8760 ore). L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello delle medie annuali. La ricorrenza di superamenti del valore medio orario si è ridotta notevolmente tanto da conseguire il rispetto del limite, almeno negli ultimi anni.

Figura 7 = trend delle concentrazioni medie annuali di NO₂.

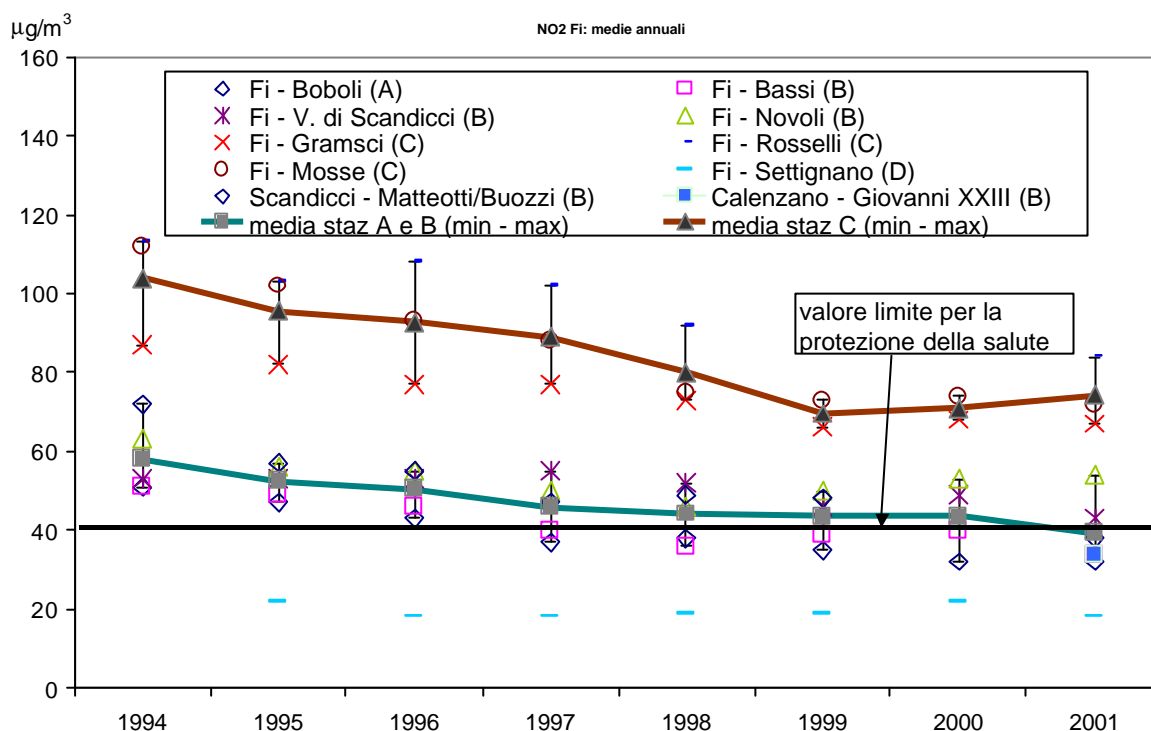


Figura 8 = trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di NO₂ superiore a 200 µg/m³ rilevata nelle stazioni di tipo A e B (parco urbano e aree residenziali).

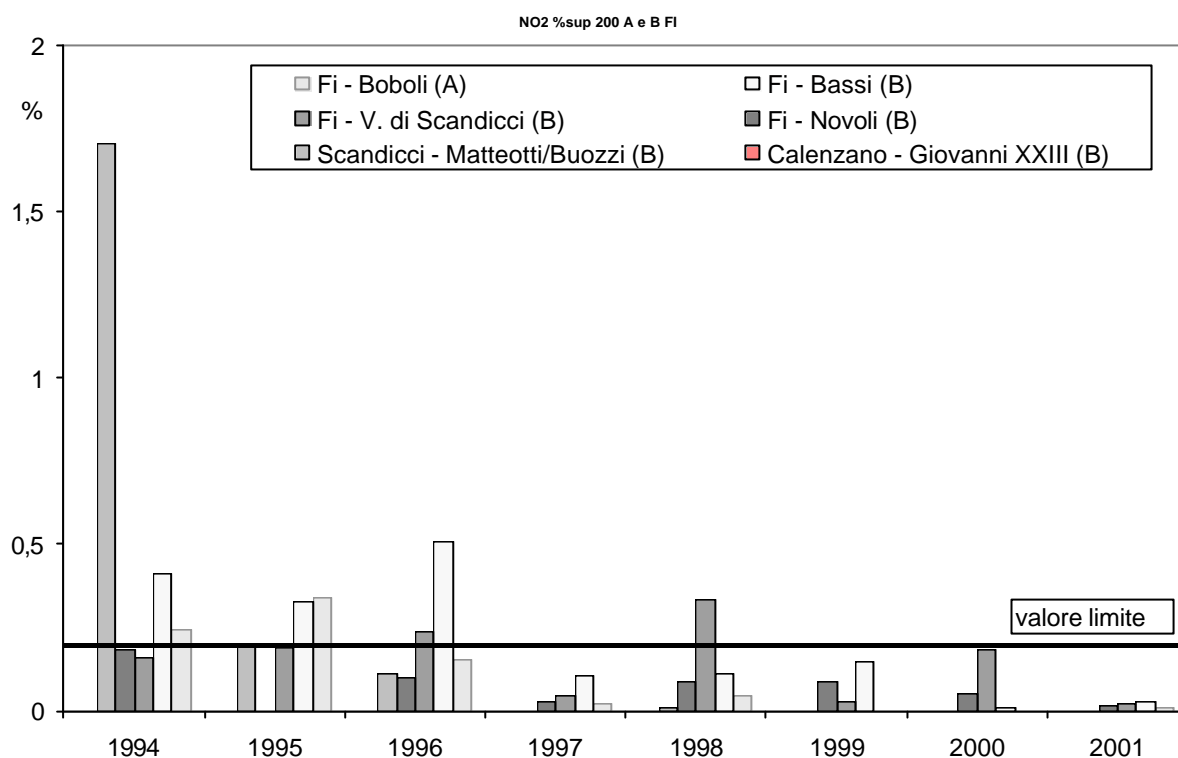
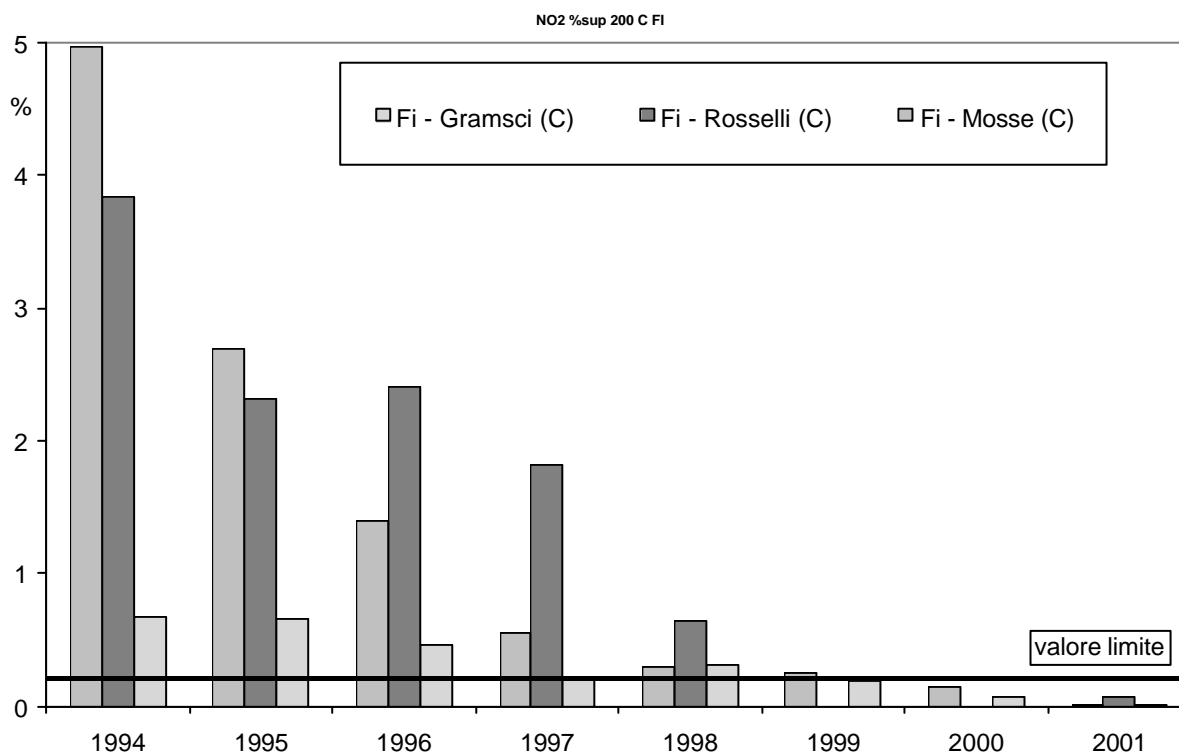


Figura 9 = trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di NO₂ superiore a 200 µg/m³ rilevata nelle stazioni di tipo C (siti ad alto traffico).

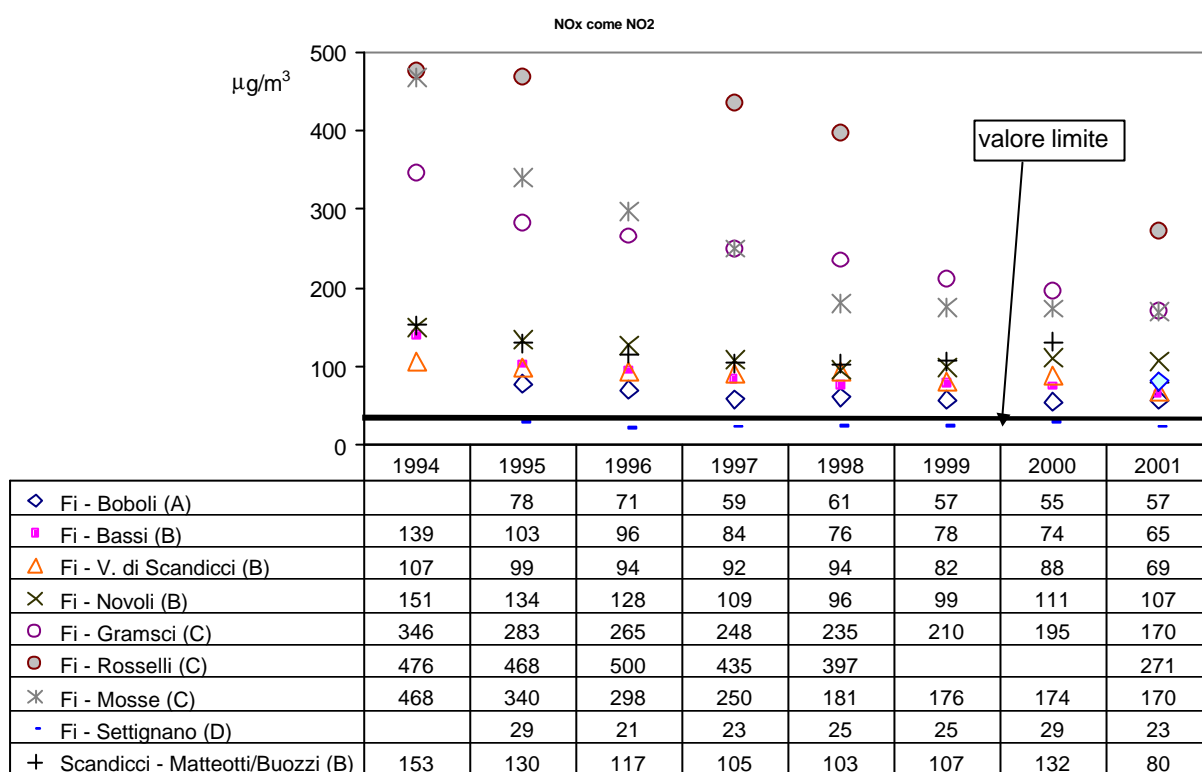


3.4 Ossidi di azoto totali.

Nella figura 10 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO_x rilevate dal 1994 nelle stazioni della rete e si confrontano con il valore limite di riferimento fissato per la protezione della vegetazione (pari a 30 µg/m³).

Si osservi che, nonostante il trend di diminuzione e la differenza fra le varie tipologie di sito, in tutte le stazioni salvo Settignano il valore limite è superato di 2-3 volte già nelle aree residenziali e nel parco urbano, molto di più nei siti in prossimità di flussi di traffico.

Figura 10 = trend delle concentrazioni medie annuali di NO_x (valori espressi come NO₂).

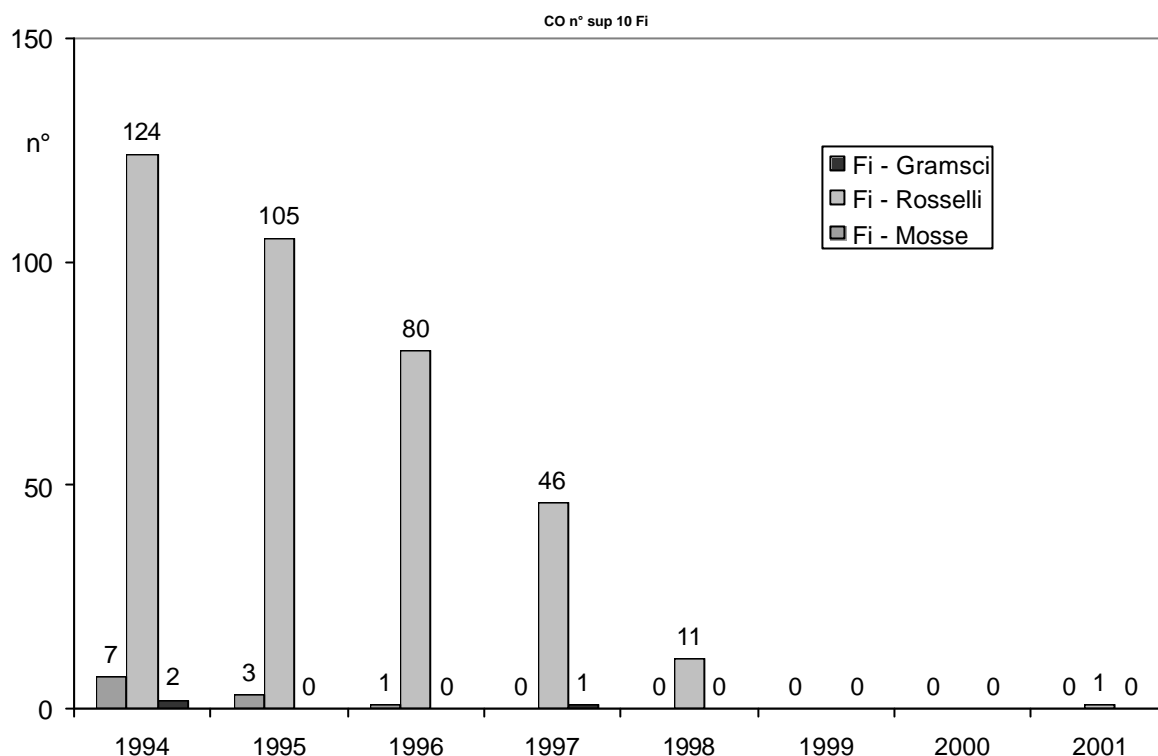


3.5 Monossido di carbonio.

Nella figura 11 si mostrano le frequenze di superamento del limite fissato per la media di 8 ore consecutive. L'elaborazione viene presentata solo per le stazioni di tipo C, in quanto questo inquinante è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale per cui, nelle stazioni a distanza dai flussi veicolari, le concentrazioni di CO risultano ampiamente inferiori rispetto a quelle misurabili a pochi metri dai flussi di traffico.

L'andamento storico mostra una rapida riduzione del numero di superamenti, tanto che da alcuni anni il valore di riferimento appare rispettato nelle stazioni Gramsci e Mosse. Per la stazione Rosselli (la più critica per volume di traffico e per la sua collocazione), nell'anno 2001 si è riscontrato un unico caso di superamento mentre nei due anni precedenti non si può valutare esaurientemente la situazione per difetto di continuità del monitoraggio, tuttavia il trend può essere ragionevolmente dedotto dall'interpolazione dei punti indicati sul grafico.

Figura 11 = CO: trend del numero di medie mobili di 8 ore superiori al valore limite pari a 10 mg/m³ rilevate in ciascun anno nelle stazioni di tipo C (siti ad alto traffico).



3.6 Ozono.

Nelle figure 12 e 13 si mostrano le frequenze di superamento dei limiti fissati per la media oraria (180 µg/m³, definita "soglia di informazione", e 240 µg/m³, definita "soglia di allarme").

Si osservi che non è possibile riconoscere un trend univoco e consolidato anche se, negli ultimi 2-3 anni, il numero di superamenti della soglia di informazione ("di attenzione", secondo la definizione contenuta nel D.M. Ambiente 25.11.1994) appare consistentemente ridotto e non si sono verificati superamenti della soglia di allarme.

Nella figura 14 si mostra il numero di giorni in cui si è verificato il superamento del limite fissato per la media di 8 ore consecutive, pari a 120 µg/m³, il cui valore è da confrontare con il valore di riferimento pari a 25 giorni all'anno. L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello relativo al superamento dalla soglia di informazione e, salvo casi particolari, si osserva il superamento o quantomeno il raggiungimento del valore di riferimento in tutte le stazioni di misura.

Nella figura 15 si mostra l'andamento del parametro AOT40, definito valore bersaglio per la protezione della vegetazione, che è calcolato sommando le eccedenze orarie di 80 µg/m³ rilevate nella fascia oraria 8-20 del periodo dal 1 maggio al 31 luglio. Anche per questo indicatore si riscontra una situazione nettamente superiore al limite o in prossimità di esso nella maggior parte delle stazioni di rilevamento e nella maggior parte degli anni, anche nei siti caratterizzati dai valori più bassi.

Figura 12 = O3: trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in ciascun anno.

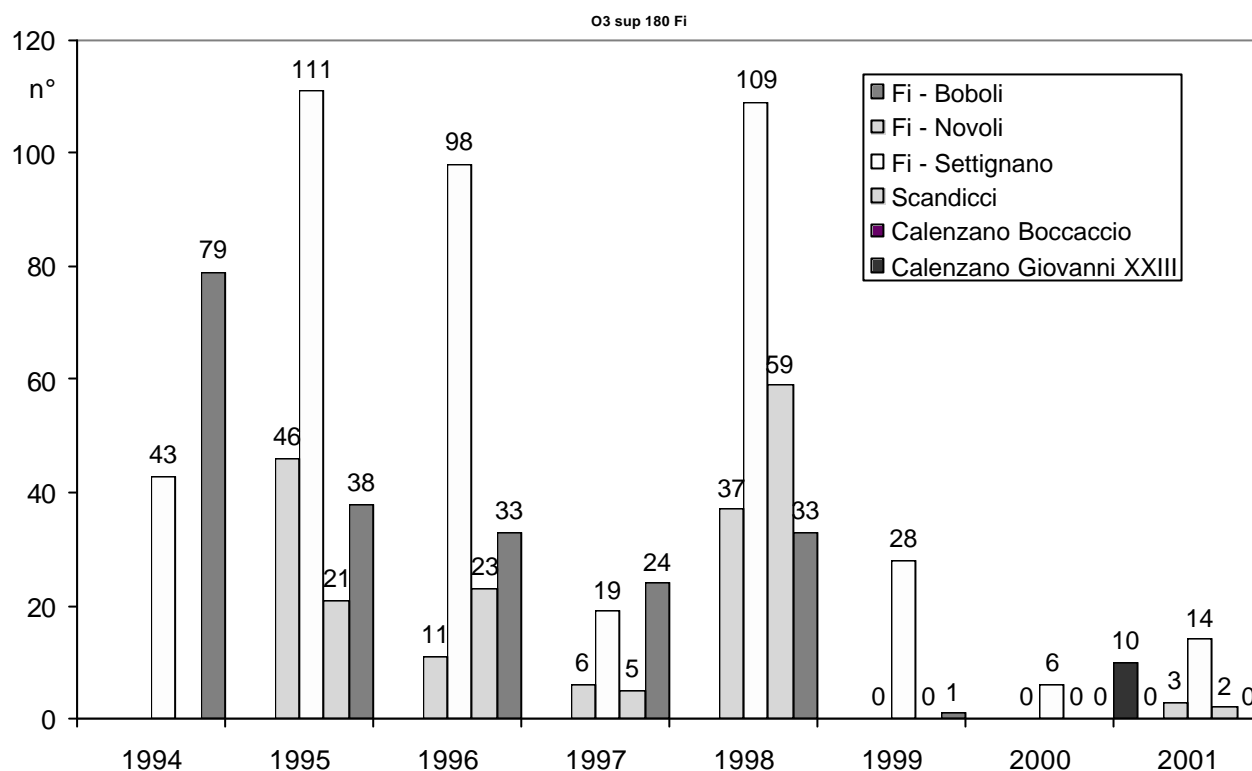


Figura 13 = O3: trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di allarme, pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in ciascun anno.

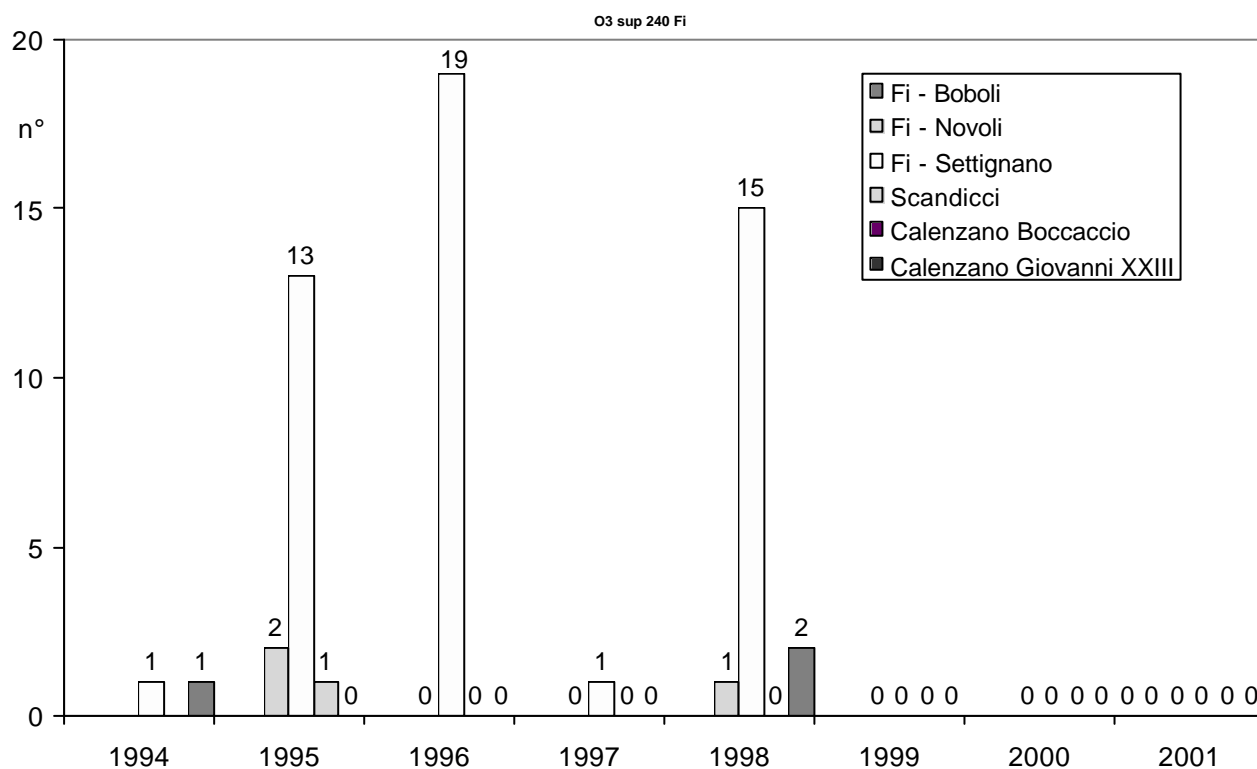


Figura 14 = O3: trend del numero di giorni con media mobile di 8 ore superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in ciascun anno.

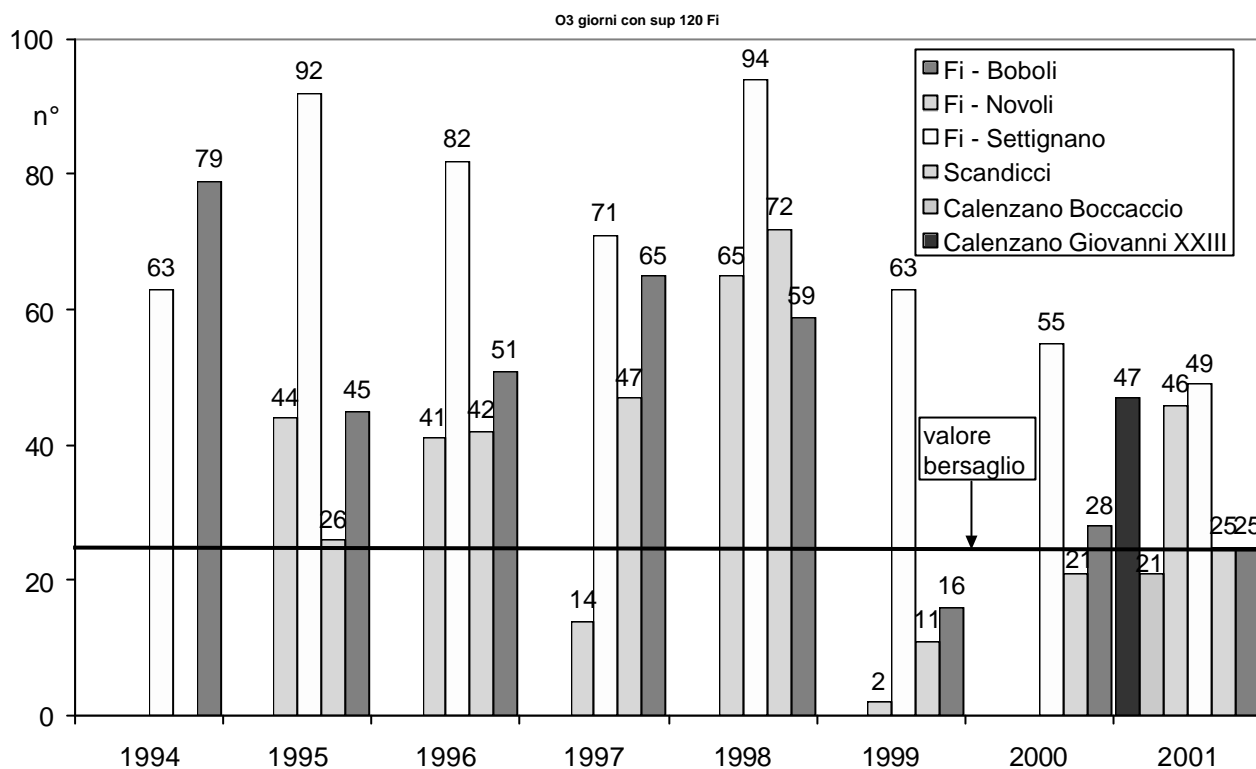
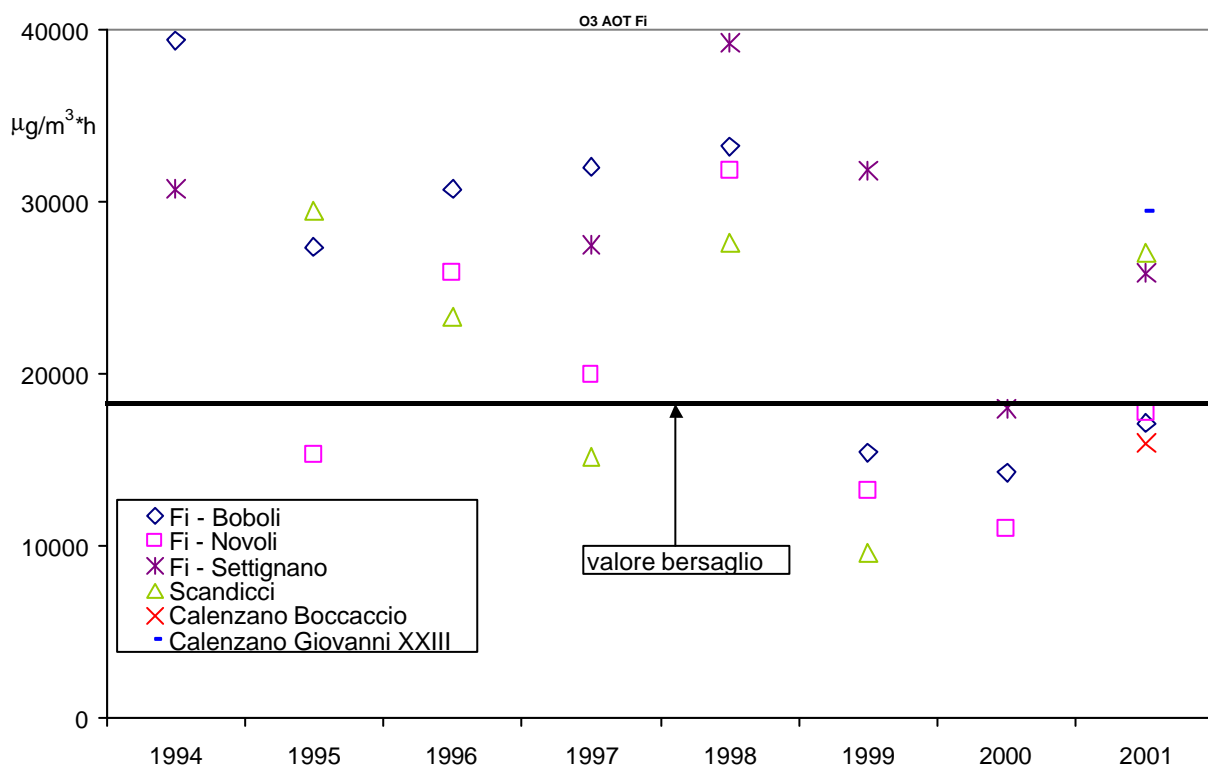


Figura 15 = O3: trend del parametro AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), rilevate in ciascun anno.



3.7 Benzene.

Considerato che questo inquinante, come CO, presenta una forte disomogeneità spaziale in quanto emesso dagli scarichi dei veicoli a motore (a benzina), l'andamento delle concentrazioni medie annuali viene mostrato in due distinte figure. Nella figura 16 si mostrano le concentrazioni medie annuali di benzene rilevate dal 1995 nelle stazioni della rete ubicate in prossimità dei siti ad alto traffico (tipo C) mentre in figura 17 si mostrano quelle rilevate nelle stazioni collocate in parco urbano o in zona residenziale, ovvero a distanza dai flussi veicolari (tipo A e B). L'andamento del valore medio relativo alle stazioni C mostra una diminuzione rilevante, tuttavia permane superiore al limite di riferimento. La diminuzione dei livelli medi di benzene viene riscontrata anche nei siti più lontani dai flussi veicolari (o caratterizzati da bassi volumi di traffico) tanto che il valore limite appare rispettato già dall'anno 2000 (dal 1998 per i siti classificabili come parco urbano).

Figura 16 = trend delle concentrazioni medie annuali di benzene rilevate nelle stazioni di tipo C (siti ad alto traffico).

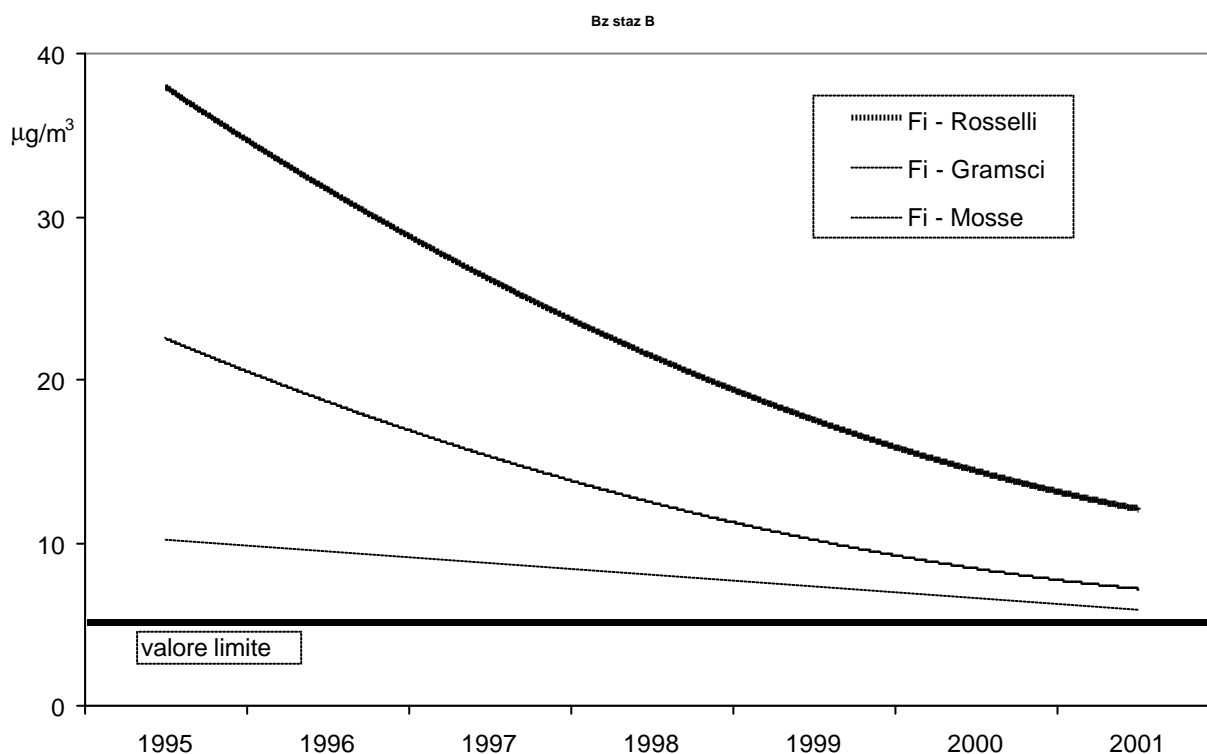
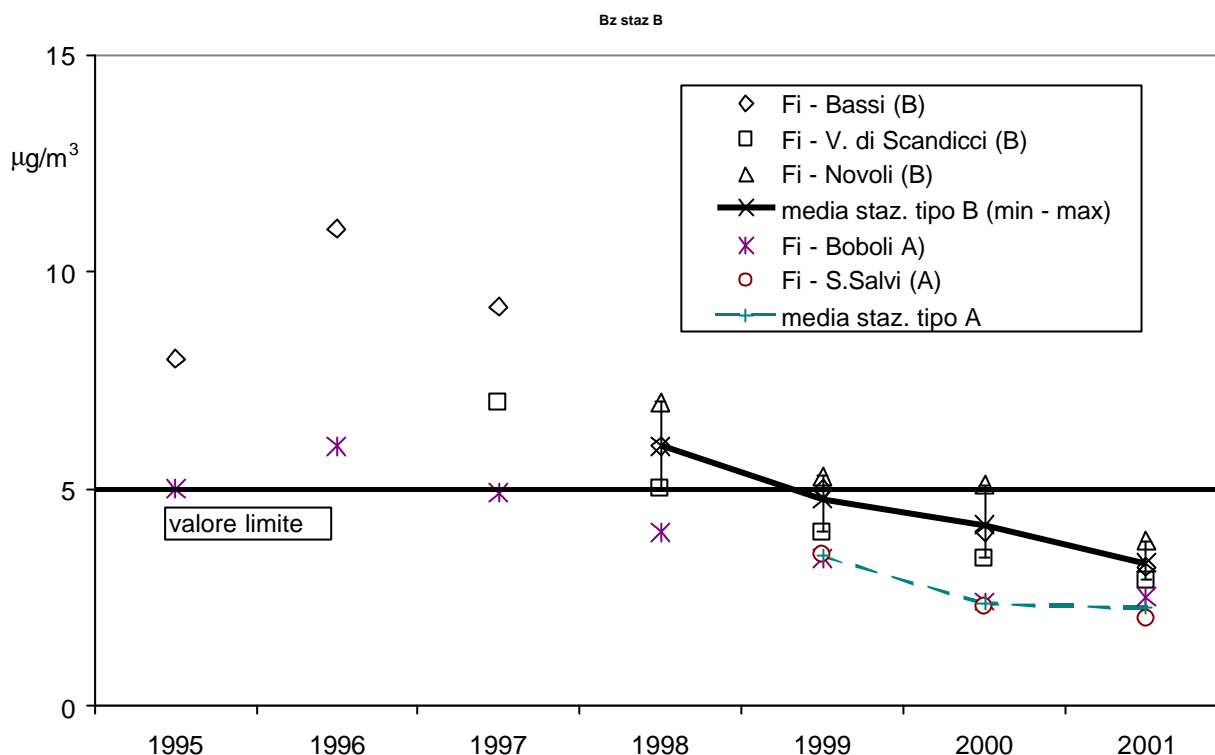


Figura 17 = trend delle concentrazioni medie annuali di benzene rilevate nelle stazioni di tipo A e B (parco urbano e aree residenziali).

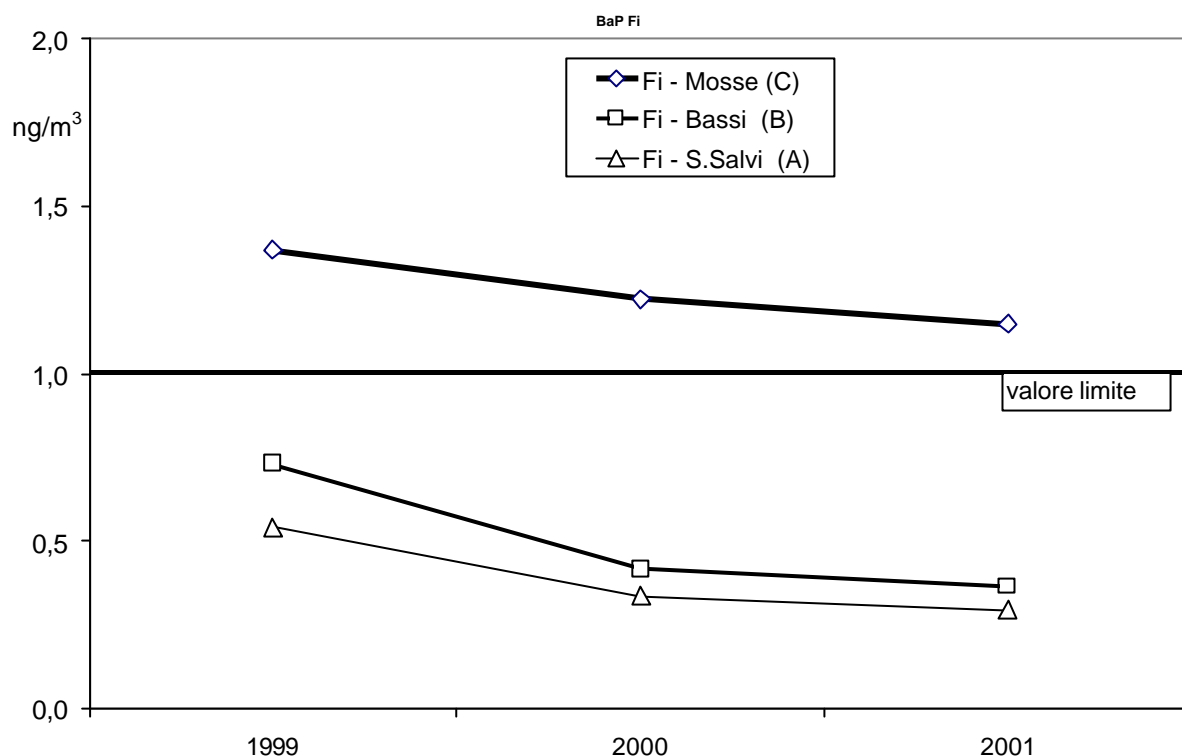


3.8 Benzo(a)pirene.

La determinazione di benzo(a)pirene, inquinante tipicamente presente nelle polveri aerodisperse, è possibile solo mediante sistemi manuali di campionamento e impegnative analisi di laboratorio. Per tale motivo il numero di siti di misura e le serie storiche disponibili sono limitati rispetto agli altri parametri rilevati tramite la rete di stazioni fisse.

Nella figura 18 si mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali di questo inquinante, rilevate dal 1999 (con sufficiente continuità ed omogeneità) in tre siti diversamente caratterizzati per distanza da sedi stradali. Il trend mostra una diminuzione anche se nel sito di tipo C (in prossimità di flussi di traffico) permane il superamento del valore di riferimento.

Figura 18 = trend delle concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate nelle diverse tipologie di sito urbano.



4 Sintesi e commento

Considerati i dati rilevati nell'anno 2001, il trend storico e l'origine degli inquinanti, in tabella 20 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria riscontrato nelle varie tipologie di sito dell'area omogenea di Firenze (comuni di Firenze, Scandicci, Campi, Signa, Lastra a Signa, Sesto, Calenzano e Bagno a Ripoli) rispetto agli indicatori fissati per la protezione della salute umana, di cui sono riportati i valori "finali" e l'anno da cui questi decorrono (prescindendo quindi dal margine di tolleranza consentito dalle Direttive comunitarie). Nella medesima tabella si sintetizzano le principali sorgenti antropiche di ciascun inquinante (o dei precursori, nel caso degli inquinanti totalmente o parzialmente di origine secondaria). E' opportuno ricordare che per alcuni inquinanti non è trascurabile l'origine naturale (PM10, O3), ancorché di incerta quantificazione, soprattutto per il PM10.

I valori riportati in neretto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite "finale". E' evidente che negli altri casi i limiti risultano rispettati con largo anticipo rispetto all'anno di vigenza indicate nelle Direttive comunitarie.

Non desta preoccupazione il biossido di zolfo.

Si segnalano situazioni di modesta difformità per CO e benzene in siti particolarmente esposti ad intense e ravvicinate emissioni da veicoli a motore (entro alcuni metri dalle corsie di scorrimento). Anche il BaP mostra il significativo superamento dello standard in prossimità di strade ad elevato traffico.

Più critica appare la situazione per PM10 che, nonostante il favorevole andamento meteorologico riscontrato nel 2001 (v. cap. 5), evidenzia superamenti degli standard su base annuale e soprattutto frequenza di eccedenze giornaliere estese a tutta l'area urbanizzata.

Anche NO2 evidenzia una situazione critica estesa all'intero contesto urbano, soprattutto a livello di media annuale.

Per quanto riguarda O3, tipico inquinante di area vasta, si rilevano notevoli eccedenze nella ricorrenza di giorni con superamento delle soglie.

Tabella 20 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2001 nelle diverse tipologie di sito urbano e principali sorgenti. Raffronto con indicatori per la protezione della salute umana.

Inquinante (u.m.)	Valore limite o di riferimento (1)	Tipo sito	Media o range	Stati di Attenzione	Stati di Allarme	Sorgenti antropiche principali
PM10 (mg/m ³)	40 come media annuale [dal 2005]	A	36	3 (*)	0 (*)	Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), traffico, emissioni industriali, attività antropica generica (quota aggiuntiva di origine secondaria, precursori NOx e SO2)
		B	40-41			
		C	31-35			
	50 come media 24 ore [dal 2005] (max 35 gg)	A	50 gg			
		B	71-88 gg			
SO ₂ (µg/m ³)	350 come media oraria [dal 2005] (max 24 ore)	A	0 sup	0	0	Impianti termici industriali e domestici alimentati con combustibili solidi e liquidi (carbone, olio e gasolio), emissioni industriali specifiche.
		B	0 sup			
		C	0 sup			
	125 come media 24 ore [dal 2005] (max 3 gg)	A	0 sup			
		B	0 sup			
CO (mg/m ³)	10 come media di 8 ore da non superare [dal 2005]	A	0 sup	0 (**)	0 (**)	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 e 4 tempi).
		B	0 sup			
		C	0 1 sup			
NO ₂ (mg/m ³)	200 come media oraria [dal 2010] (max 18 ore)	A	1 sup	1 (**)	0 (**)	Veicoli diesel (medi e pesanti), auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), impianti termici industriali e domestici (prevalente origine secondaria, precursore NO)
		B	0-2 sup			
		C	1-4 sup			
	40 come media annuale [dal 2010]	A	32			
		B	34-54			
O ₃ (mg/m ³)	120 come media di 8 ore [dal 2010] (max 25 gg)	A	25 sup	7 (***)	0 (***)	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina e gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), veicoli diesel, lavorazioni industriali e artigianali (origine secondaria, precursori NOx, HC, altre sostanze organiche)
		B	25-47 sup			
		D	49 sup			
Benzene (mg/m ³)	5 come media annuale [dal 2010]	A	2,3-2,5	Non Previsto	Non previsto	Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), lavorazioni industriali e artigianali
		B	2,9-4,2			
		C	5,7-12,6			
BaP (ng/m ³)	1 come media annuale	A	0,3	Non Previsto	Non previsto	Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi)
		B	0,4			
		C	1,2			

(1) DM 60/02 per PM10, SO2, CO, NO2 e benzene; Direttiva 2002/3/CE per O3; DM 25.11.1994 per BaP.

(*) valutazione a posteriori secondo i criteri e i limiti di cui alla Deliberazione GR 116/02.

(**) secondo i criteri e i limiti di cui al DM 25.11.1994.

(***) secondo i criteri e i limiti di cui al DM 25.11.1994 e alla Direttiva 2002/3/CE (dove la soglia di attenzione equivale alla soglia di informazione, la soglia di allarme è fissata a 240 µg/m³ in luogo di 360 µg/m³).

Nella tabella 21 si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria rispetto agli indicatori fissati per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

I valori riportati in neretto si riferiscono agli inquinanti di cui è stato riscontrato il superamento o il raggiungimento del valore limite.

In buona sostanza, si conferma la situazione illustrata per la tutela della salute con difformità relative ai livelli di NO_x e di O₃.

Tabella 21 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2001 nelle diverse tipologie di sito urbano. Raffronto con indicatori per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

Inquinante (u.m.)	Valore limite o di riferimento (1)	Tipo sito	Media o range
SO ₂ (µg/m ³)	20 come media annuale e invernale [dal 2001]	A	4
		B	3-5
		C	5
NO _x (mg/m ³ di NO ₂)	30 come media annuale [dal 2001]	A	57
		B	65-107
		C	170-271
		D	23
O ₃ (mg/m ³ *h)	18.000 come AOT40 [dal 2010]	A	17.000
		B	15.000-30.000
		D	26.000

(1) DM 60/02 per SO₂ e NO_x; Direttiva 2002/3/CE per O₃.

5 Le condizioni meteorologiche.

Le figure 19, 20 e 21 presentano l'andamento nel corso dell'anno dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione meteo Firenze - Ximeniano :

- pressione media e precipitazioni totali giornaliere (fig. 19);
- temperatura minima, media e massima giornaliera (fig. 20);
- velocità del vento media e massima giornaliera (fig. 21).

Le figure 22, 23 e 24 le integrano fornendo raffronti con gli anni precedenti (periodo 1994-2000) per alcune grandezze riepilogative: medie mensili delle temperature minime (massime) giornaliere nella figura 22 (23), distribuzioni di frequenza per classi di intensità del vento nel periodo diurno nella figura 24; nelle figure 22 e 23 vengono riportati per confronto i valori medi del periodo considerato ed i relativi intervalli di oscillazione; i dati corrispondenti sono forniti nelle tabelle 22-25 nelle quali sono anche esaminate le precipitazioni cumulate (intensità mensile in tabella 24, frequenze delle precipitazioni giornaliere per classi di intensità nella Tabella 25).

L'esame dei grafici (figura 19) e dei dati delle tabelle 24 e 25 indica che l'anno 2001 è stato caratterizzato da precipitazioni complessive all'interno dei valori di oscillazione del periodo considerato, nel dettaglio piuttosto abbondanti nei primi mesi dell'anno (gennaio, marzo) e piuttosto scarse negli ultimi (novembre e dicembre), comunque privo di lunghi periodi siccitosi.

A queste hanno fatto riscontro temperature mediamente elevate nei primi mesi (le medie dei valori minimi di gennaio e soprattutto di marzo risultano esterne e superiori all'intervallo di oscillazione del periodo) e invece temperature molto basse nel mese di dicembre (sia il valore medio delle minime che quello delle massime sono esterni inferiori all'intervallo di oscillazione del periodo). Particolare l'andamento meteorologico del mese di settembre con notevoli precipitazioni e temperature piuttosto basse. Per quanto riguarda il regime anemologico si ravvisa una maggiore frequenza nella presenza di venti intensi (classe con velocità media > 4.5 m/s nella tabella 26 e nella figura 21) almeno rispetto all'anno precedente.

Nel complesso l'anno 2001 è stato caratterizzato da alcune notevoli discontinuità rispetto agli andamenti tipici stagionali (marzo più caldo di aprile, settembre più freddo di ottobre), dai primi mesi invernali caldi, da un inizio di estate invece piuttosto temperato (giugno e luglio), con un mese di agosto tipicamente estivo (temperature alte e precipitazioni ridotte), un inizio inverno freddo.

Si segnalano dunque i seguenti periodi critici per l'inquinamento atmosferico determinati dalle condizioni meteorologiche sinottiche e dalle condizioni meteo-diffusive locali:

Per quanto riguarda il biossido di azoto non si sono registrati periodi caratterizzati da condizioni particolarmente critiche sotto l'aspetto meteorologico (si segnala un solo caso di raggiungimento dello stato di attenzione, il 18 dicembre). Infatti nei primi tre mesi dell'anno non si sono pressoché presentati periodi con condizioni anticicloniche persistenti, favorevoli all'accumulo degli ossidi di azoto; l'unico lungo periodo privo di precipitazioni si è verificato nella seconda metà di febbraio per la presenza di un'area anticiclonica mediterranea con condizioni meteorologiche aventi caratteristiche più primaverili che invernali. Nella prima parte di dicembre si sono presentati ancora alcuni brevi periodi di regime anticiclonico caratterizzati però da temperature ancora piuttosto elevate e/o venti settentrionali, quindi con caratteristiche sostanzialmente non sufficienti a produrre episodi duraturi di inquinamento invernale da biossido d'azoto.

Per quanto riguarda l'ozono, pur se il periodo estivo ha assunto un andamento non particolarmente favorevole alla formazione di tale inquinante, si sono verificati due brevi periodi caratterizzati dal superamento del valore di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corrispondente alla soglia di attenzione: il 25-26 giugno e il periodo di fine luglio-inizio agosto con tre giorni di superamento della soglia di attenzione (il 27 luglio, il 2 ed il 3 agosto). Soltanto in questi periodi si sono mantenute sufficientemente a lungo quelle condizioni tipicamente estive caratterizzate da venti a regime di brezza, forte insolazione ed alte temperature che favoriscono, insieme alle emissioni dei precursori, il raggiungimento di picchi elevati nelle concentrazioni di ozono.

Per quanto riguarda le polveri (PM₁₀) occorre segnalare che si è verificato un periodo di 8 giorni (16-23 febbraio) nel quale si sono conseguiti superamenti del valore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le medie giornaliere in almeno il 50 % delle stazioni della rete di monitoraggio, condizioni che alla luce della successiva Delibera GR Toscana n° 116 del 4 febbraio 2002, avrebbero comportato il raggiungimento

dello stato di attenzione per almeno 3 giorni. Le informazioni e le conoscenze sulle concentrazioni di PM10 e sul loro legame con le condizioni meteorologiche risultano attualmente ancora insufficienti per poter fornire giustificazioni ed evidenziare relazioni con i parametri meteorologici rilevati in quel periodo. Il confronto con quanto avvenuto nello stesso periodo (febbraio) per il biossido di azoto, per il quale sono necessarie condizioni meteorologiche di particolare e persistente stabilità atmosferica e meteorologica affinché si possano raggiungere valori comparabili con le soglie limite di legge, indica invece che per il PM10 le condizioni che possono portare al raggiungimento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ appaiono molto meno particolari e quindi aventi in generale una maggiore frequenza nell'arco dell'anno.

Figura 19 = Pressione atmosferica media e precipitazioni totali giornaliere

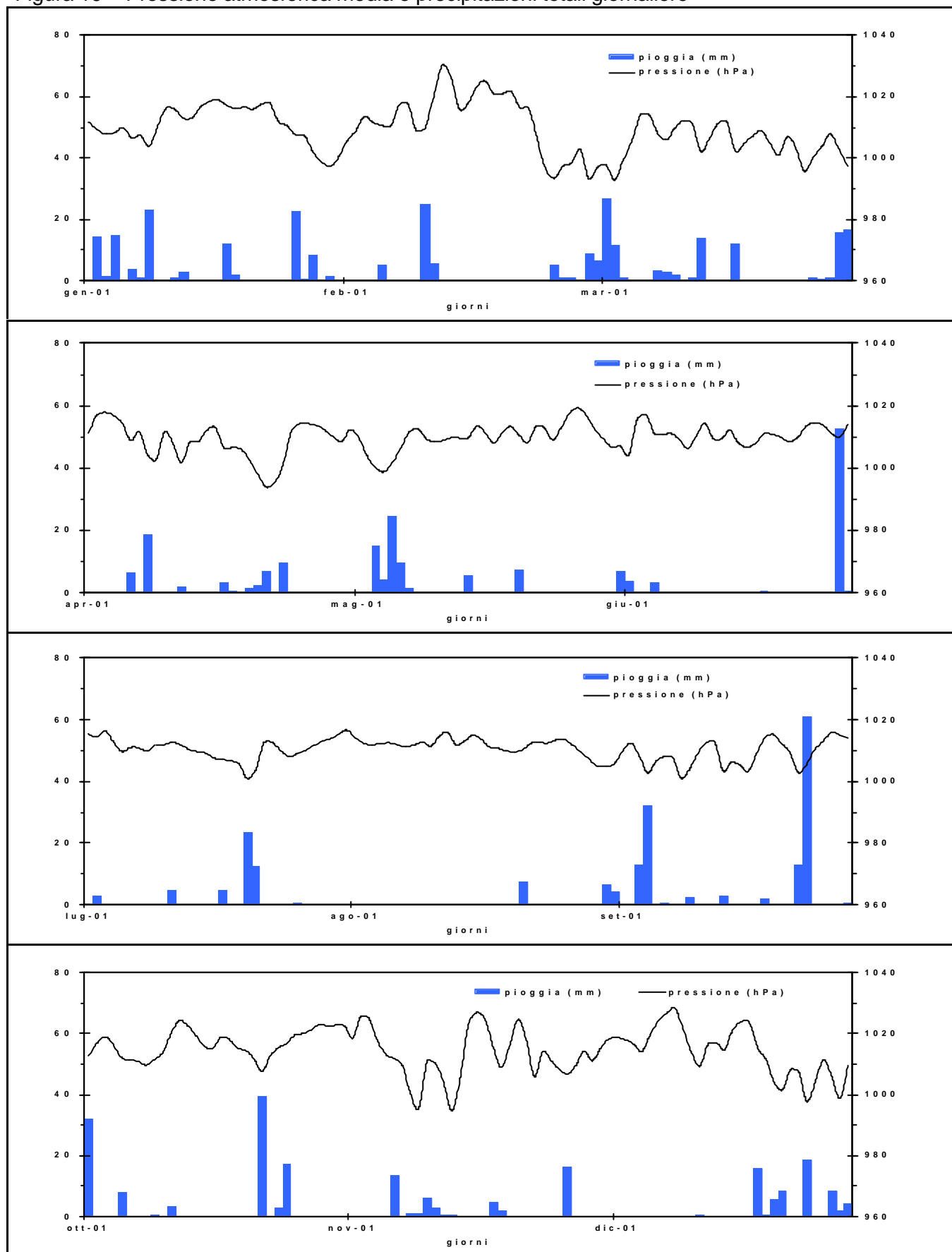


Figura 20 = Temperature medie, minime e massime giornaliere

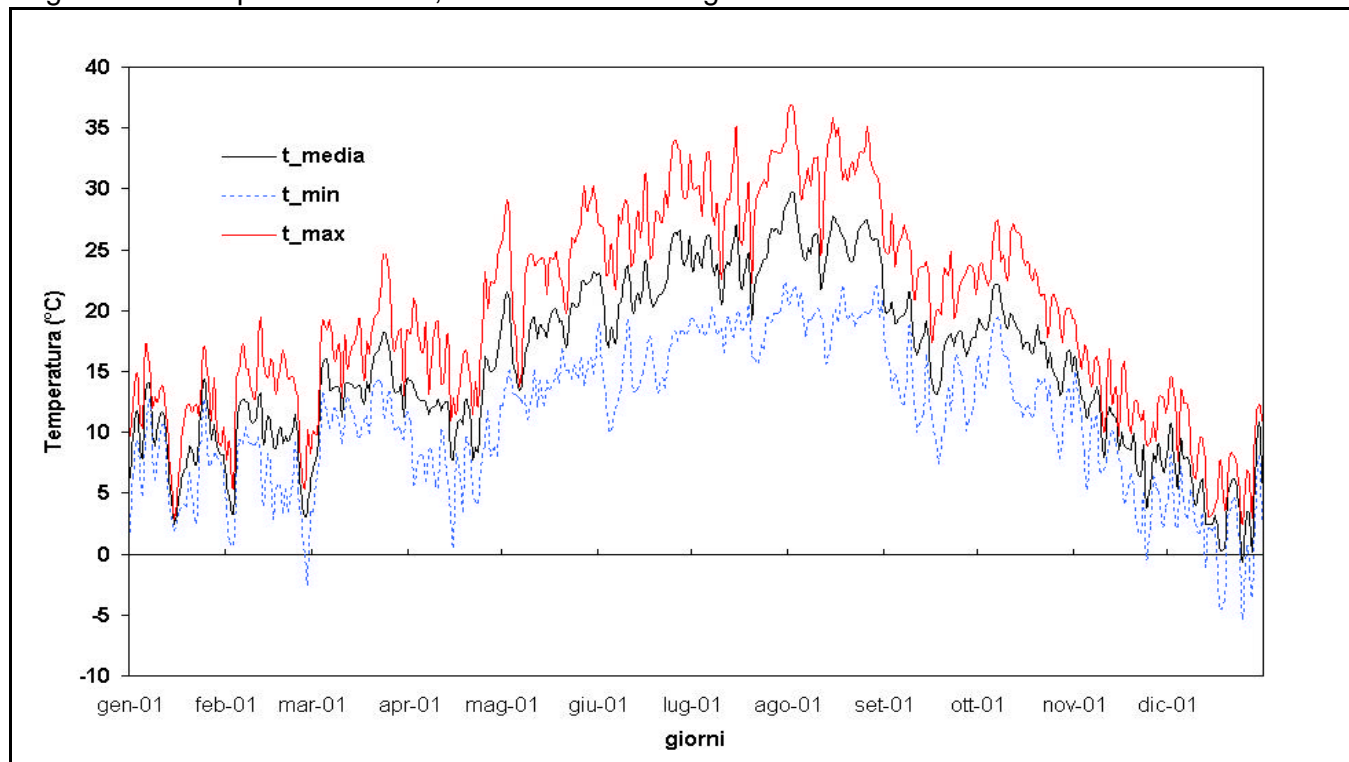


Figura 21 = Velocità del vento medie e massime giornaliere

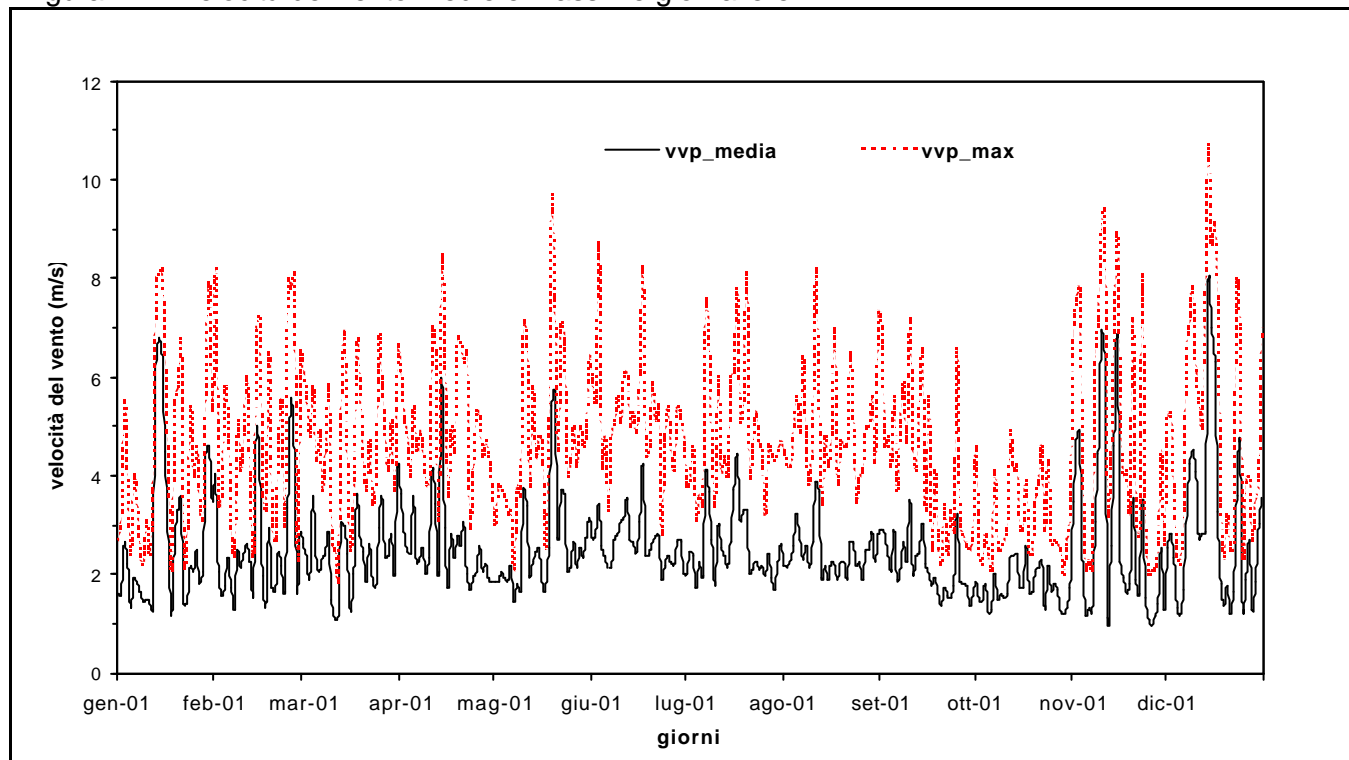


Figura 22 = Medie mensili delle temperature minime giornaliere (confronto con gli anni precedenti)

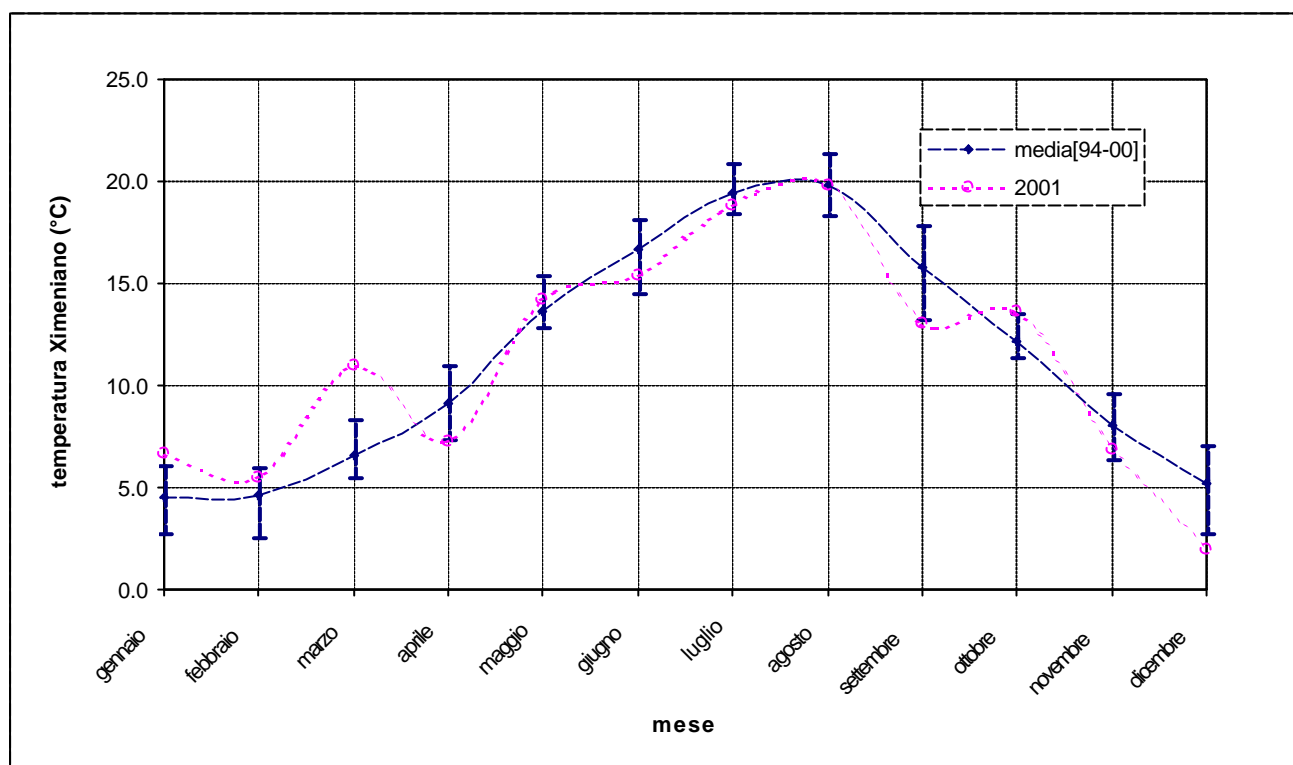


Figura 23 = Medie mensili delle temperature massime giornaliere (confronto con gli anni precedenti)

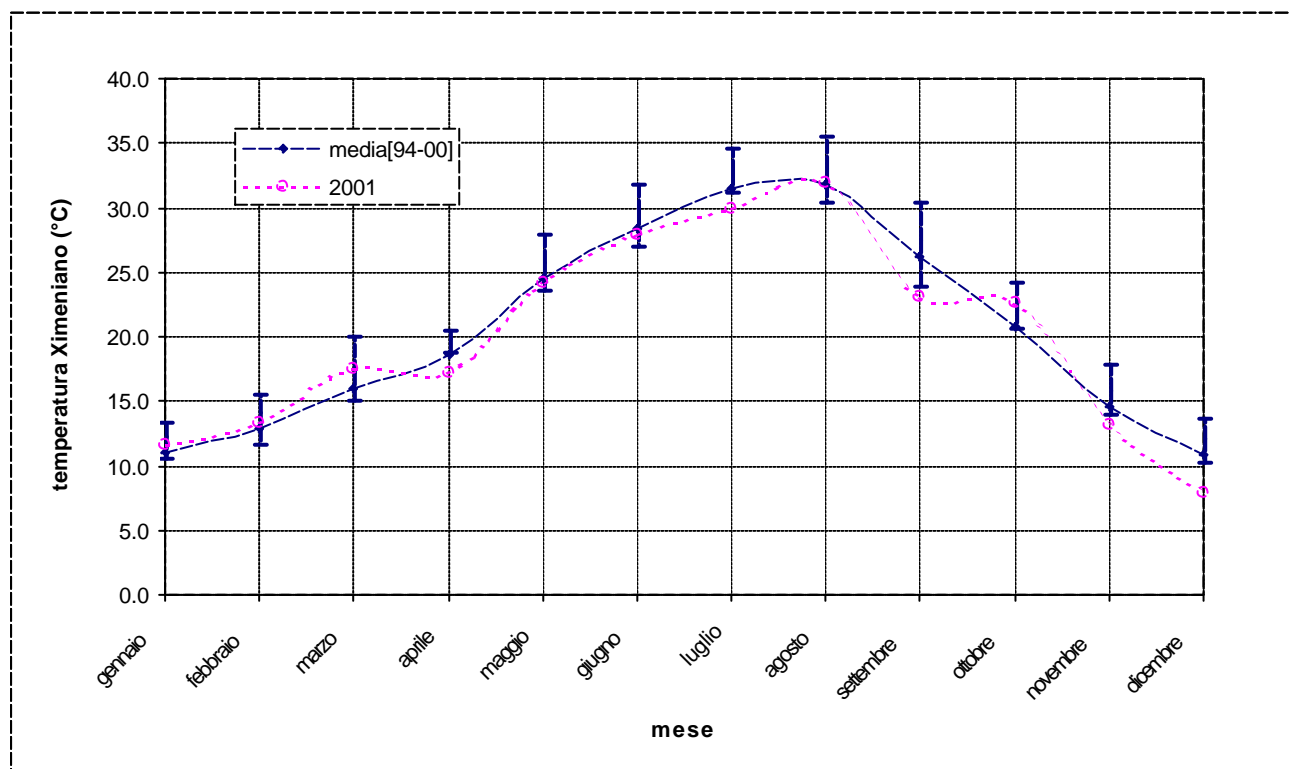


Figura 24 = Distribuzioni di frequenza per classi di intensità del vento nel periodo diurno (confronto con gli anni precedenti)

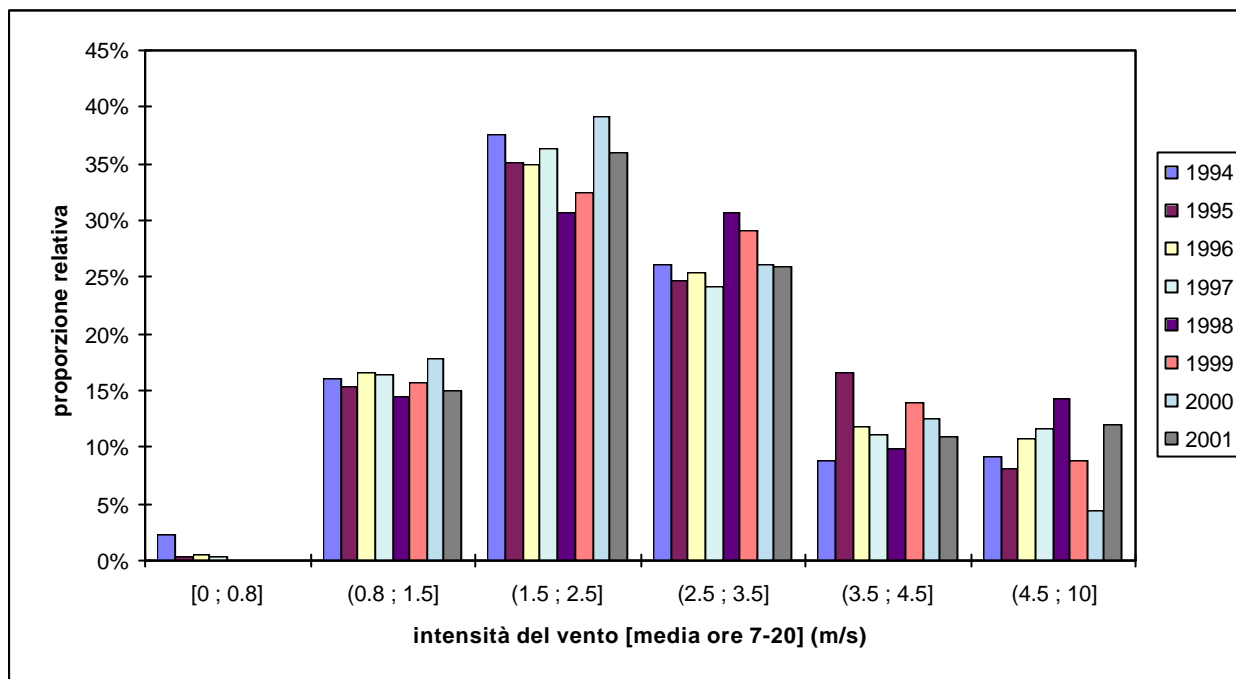


Tabella 22 = medie mensili delle temperature minime giornaliere Firenze – Ximeniano (°C)

mese\anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Minimo [94-00]	Media [94-00]	Massimo [94-00]
gennaio	5.6	3.7	5.9	5.2	5.4	3.5	2.6	6.7	2.6	4.6	5.9
febbraio	4.7	5.7	3.4	5.8	5.1	2.4	5.0	5.5	2.4	4.6	5.8
marzo	8.1	5.3	6.0	7.2	5.3	6.8	7.3	11.0	5.3	6.6	8.1
aprile	8.4	9.0	9.3	7.1	9.7	9.5	10.8	7.3	7.1	9.1	10.8
maggio	13.0	12.7	12.6	13.2	13.4	14.9	15.2	14.2	12.6	13.6	15.2
giugno	16.2	14.3	16.9	17.4	17.0	16.8	18.0	15.4	14.3	16.7	17.4
luglio	20.3	20.7	18.5	18.5	19.9	20.0	18.2	18.8	18.2	19.5	20.7
agosto	21.2	18.8	18.1	19.5	20.7	20.8	19.3	19.8	18.1	19.8	21.2
settembre	16.9	14.2	13.1	16.7	15.7	17.6	16.2	13.0	13.1	15.8	17.6
ottobre	11.2	11.6	11.3	12.3	12.0	13.1	13.4	13.6	11.2	12.1	13.4
novembre	9.4	6.1	9.0	8.9	7.1	6.5	9.4	6.9	6.1	8.1	9.4
dicembre	5.8	6.0	4.7	5.5	2.6	4.8	6.9	2.0	2.6	5.2	6.0

Tabella 23 = medie mensili delle temperature massime giornaliere Firenze – Ximeniano (°C)

mese\anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Minimo [94-00]	Media [94-00]	Massimo [94-00]
gennaio	12.1	9.7	11.6	12.1	11.3	10.6	9.3	11.6	9.3	11.0	12.1
febbraio	12.3	13.4	10.5	13.9	14.2	11.4	13.9	13.3	10.5	12.8	14.2
marzo	18.8	13.9	13.7	17.5	15.6	16.4	16.0	17.5	13.7	16.0	18.8
aprile	18.6	18.0	19.2	17.5	18.3	18.9	19.3	17.2	17.5	18.5	19.3
maggio	24.2	22.4	22.8	24.9	24.6	26.0	26.7	24.2	22.4	24.5	26.7
giugno	28.0	25.8	28.3	27.4	29.4	29.3	30.6	27.9	25.8	28.4	29.4
luglio	33.4	31.9	29.9	31.1	32.2	31.5	30.0	29.9	29.9	31.4	33.4
agosto	34.2	29.2	30.2	31.2	32.6	32.0	33.3	32.0	29.2	31.8	34.2
settembre	26.3	23.8	22.6	29.1	25.7	28.0	27.4	23.1	22.6	26.1	29.1
ottobre	20.4	22.9	19.3	20.4	20.0	21.3	21.5	22.7	19.3	20.8	22.9
novembre	16.6	14.3	14.6	14.7	12.8	14.3	15.2	13.2	12.8	14.6	16.6
dicembre	11.1	11.6	10.3	11.3	8.9	10.8	12.4	7.9	8.9	10.9	12.4

Tabella 24 = intensità delle precipitazioni mensili, Firenze – Ximeniano (mm)

mese\anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
gennaio	67.2	58.2	76.4	112.8	47.4	93.2	21.8	109.6
febbraio	12.6	121.6	144.4	65.0	47.0	66.2	16.0	51.4
marzo	0.8	64.0	8.4	43.2	40.8	75.0	74.2	116.6
aprile	102.8	45.6	164.2	73.6	145.8	109.8	83.8	50.2
maggio	70.4	79.4	95.8	38.8	73.8	34.2	10.4	67.4
giugno	60.0	55.4	19.6	101.2	107.2	56.8	54.4	67.2
luglio	11.4	12.4	76.2	12.2	24.4	44.6	67.0	47.6
agosto	3.8	40.4	15.4	20.6	0.8	48.0	43.6	14.2
settembre	97.2	90.6	213.2	4.2	150.4	100.6	33.2	163.4
ottobre	76.8	12.8	116.0	22.2	151.0	93.4	101.6	70.8
novembre	80.2	47.4	209.0	133.0	99.2	176.4	330.2	48.0
dicembre	21.4	111.8	100.2	94.8	48.6	113.4	166.6	64.0
totali	604.6	739.6	1238.8	721.6	936.4	1011.6	1002.8	870.4
n° giorni	105	116	129	105	99	115	128	120

Tabella 25 = frequenze delle precipitazioni cumulate giornaliere per classi di intensità

intervallo (mm)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
(0;1]	40	36	37	32	28	31	39	36
(1;10]	45	54	52	50	40	50	61	55
(10;30]	16	23	27	18	23	26	22	24
(30;100]	4	3	13	5	8	8	6	5
totale giorni	105	116	129	105	99	115	128	120

Tabella 26 = distribuzione di frequenza (relativa) delle medie di velocità del vento nel periodo 7:00-20:00 (esprese in m/s) presso la stazione Firenze-Ximeniano. Periodo 1994-2001.

classi\anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
[0 ; 0.8]	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
(0.8 ; 1.5]	16%	15%	17%	16%	15%	16%	18%	15%
(1.5 ; 2.5]	38%	35%	35%	36%	31%	32%	39%	36%
(2.5 ; 3.5]	26%	25%	25%	24%	31%	29%	26%	26%

(3.5 ; 4.5]	9%	17%	12%	11%	10%	14%	13%	11%
(4.5 ; 10]	9%	8%	11%	12%	14%	9%	4%	12%

6 Considerazioni finali

L'anno 2001 è stato caratterizzato dalla riduzione generalizzata dei livelli medi di inquinamento rispetto all'anno precedente. Questa constatazione è spiegabile in parte con il trend consolidato registrato da alcuni anni, almeno per alcuni parametri, ma è stata determinata anche da un quadro meteorologico che appare meno favorevole all'accumulo di inquinanti al suolo.

Gli inquinanti che mostrano livelli critici rispetto alle indicazioni normative, pur nella proiezione temporale prevista per il rispetto dei limiti (2005 o 2010), sono soprattutto le polveri fini (PM10), il biossido di azoto (NO2), l'ozono (O3) e, in maniera residuale o limitata ai siti più prossimi a intensi flussi di traffico, gli inquinanti primari quali benzene e benzo(a) pirene (BaP).

Per valutare le priorità d'intervento nell'ambito delle azioni di risanamento, è senz'altro utile e necessario rivisitare i dati presentati in Tabella 20, confrontati e proiettati rispetto ai valori limite "finali" ed a quelli maggiorati dei rispettivi margini di tolleranza previsti per l'anno 2001 e 2002. Per questi, e per i soli inquinanti i cui valori risultano superiori ai valori limite "finali", il raffronto è riportato nelle tabelle successive.

PM10 medie giornaliere, valori limite per la protezione della salute umana.

Tipo stazione	Valore limite (2005)	Valore limite + margine di tolleranza (2001)	Valore limite + margine di tolleranza (2002)	N° superamenti ammessi	Valori rilevati		
					N° giorni > valore limite	N° giorni > valore limite + margine di tolleranza (2001)	N° giorni > valore limite + margine di tolleranza (2002)
A	50	70	65	35	50	14	22
B					71-88	18-28	28-41
C					8-36(*)	2-7(*)	3-9(*)

(*) valori sottostimati per incompletezza della serie di dati annuali disponibili (v. punto 2.1)

PM10 medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

Tipo stazione	Valore limite (2005)	Valore limite + margine di tolleranza (2001)	Valore limite + margine di tolleranza (2002)	Valori medi rilevati
A	40	46.4	44.8	36
B				40-41
C				31-35

NO2 medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

Tipo stazione	Valore limite (2010)	Valore limite + margine di tolleranza (2001)	Valore limite + margine di tolleranza (2002)	Valori medi rilevati
A	40	58	56	32
B				34-54
C				67-84

Benzene medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana

Tipologia stazione	Valore limite (2010)	Valore limite + margine di tolleranza (2001)	Valore limite + margine di tolleranza (2002)	Valori medi rilevati
A	5	10	10	2.3-2.5
B				2.9-4.2
C				5.7-12.6

Si osserva in dettaglio come, almeno per l'anno 2001, per l'inquinante PM10 i limiti vigenti risultino rispettati, mentre già la proiezione degli stessi dati sui limiti previsti per il 2002 porterebbe a qualche sporadico superamento (per quanto riguarda la frequenza delle medie giornaliere).

Per l'inquinante NO₂, nei siti ad alto traffico veicolare (stazioni C) risultano ampiamente superati tutti i suddetti limiti relativi alle medie annue, mentre non lo sono quelli corrispondenti alle frequenze di superamento per i valori orari. Questo dato appare presumibilmente legato all'andamento meteorologico dell'anno 2001 nel quale non si sono presentati periodi particolarmente favorevoli a condizioni critiche per l'NO₂.

Anche i superamenti dei limiti verificatisi per il benzene sono limitati alle stazioni ad alto traffico, essendo i valori rilevati nelle altre tipologie di stazione già più o meno ampiamente al di sotto del limite previsto per il 2010.

Senz'altro più gravosa appare invece, anche in prospettiva futura, la situazione per l'inquinante O₃ (si vedano i valori della tabella 20) per il quale: 1) risultano presentarsi episodi con concentrazioni superiori alla soglia d'informazione/attenzione, 2) la normativa europea di prossimo recepimento abbassa di fatto il livello di allarme dai 360 µg/m³ ai 240 µg/m³, e 3) introduce (con scadenza 2010) valori bersaglio (analoghi ai valori limite) che, riferiti ai dati del 2001, risultano ampiamente superati in pressoché tutte le stazioni di monitoraggio, nonostante che, nel corso di questo anno, anche per tale inquinante le condizioni meteorologiche non si siano dimostrate favorevoli alla sua formazione.

Le attuali conoscenze riguardo alla ripartizione delle quote di inquinamento prodotte dalle varie sorgenti, non sono esaurienti, in particolare per gli inquinati di natura secondaria o prevalentemente secondaria come NO₂ e O₃. Anche PM10 sembra presentare un consistente contributo di natura secondaria nonché di origine naturale.

Tuttavia, le sorgenti della quota attribuibile all'attività antropica sono sufficientemente definite.

Pertanto, gli spazi di intervento per il contenimento delle emissioni finalizzato al rispetto dei limiti fissati dalla normativa a scadenza 2005 o 2010 riguardano soprattutto il traffico e, nell'ambito di questo, la riduzione di emissione da veicoli diesel (forti emettitori di polveri fini, di IPA, fra i quali benzo(a)pirene, e di ossidi di azoto) e da veicoli con motore a 2 tempi (forti emettitori di idrocarburi, benzene e polveri).

Importante sarebbe anche il contributo dato dalla riduzione delle emissioni industriali, in particolare di NO_x e sostanze organiche volatili (SOV), precursori della formazione di O₃, e delle emissioni da riscaldamento civile anche se metanizzato, al fine di ridurre gli NO_x mediante tecnologie più avanzate (bruciatori ceramici, recupero energetico, sorgenti alternative). Per quanto riguarda le SOV si tenga conto che, secondo l'inventario regionale delle emissioni (aggiornato al 1995), nella provincia di Firenze ne vengono emesse annualmente circa 35300 t (il 21.9% del totale regionale), di cui circa 17000 t dal traffico stradale e circa 9000 t dalle lavorazioni artigianali e industriali che fanno uso di solventi.

Per queste ragioni appare opportuno che le Amministrazioni locali agiscano soprattutto sui comparti sopra indicati, sia attuando o adottando gli strumenti di pianificazione già previsti dalle normative di settore (quale il Piano Urbano del Traffico), che dando concreta attuazione o rilanciando alcuni interventi già individuati dalla normativa regionale, quali il controllo delle emissioni veicolari o l'uso di prodotti a basso o nullo contenuto di solventi (Legge Regionale 13 agosto 1998, n. 63, articolo 3).

E' possibile che già nel 2002, per il verificarsi di andamenti meteorologici meno favorevoli e per la presenza di una consistente variazione del quadro emissivo areale, dovuta alla permanenza e all'apertura dei cantieri per la realizzazione delle grandi opere infrastrutturali, si possa riscontrare un incremento dei livelli di inquinamento rispetto al 2001. Di conseguenza, potrebbero essere indispensabili interventi di limitazione delle emissioni più significativi di quelli adottati in passato, per

esempio incidendo sui volumi complessivi di traffico che gravano sull'area urbana allargata ai Comuni limitrofi.

Peraltro, la normativa europea recepita recentemente introduce un concetto estremamente impegnativo stabilendo l'obbligo di non provocare il peggioramento della qualità dell'aria laddove siano già soddisfatti i requisiti minimi. Ciò è particolarmente importante per le aree nelle quali si prevede un consistente sviluppo infrastrutturale, edilizio e di attività produttive.

Alla redazione del presente rapporto hanno contribuito:

- *Dott. Franco Giovannini*
- *Ing. Andrea Lupi*
- *Dott.ssa Elisabetta Marini*

L'attività di monitoraggio è svolta dai tecnici:

- *Vincenzo D'Aleo*
- *Marco Degl'Innocenti*
- *Vittoriana Di Vaio*
- *Felice Menichetti*
- *Giampaolo Poggiali*

Il Responsabile della Sezione Regionale di
Modellistica, Climatologia e
Meteorologia
(*Dott. Antongiulio Barbaro*)

Il Responsabile della Sezione
Monitoraggio della Qualità dell'Aria
(*Dott. Daniele Grechi*)