

Articolazione Funzionale  
Modellistica Previsionale

Unità Operativa Complessa  
Prevenzione e Controlli Ambientali  
Integrati

# RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITA' DELL'ARIA

*(DATI DELL'ANNO 2004, AREA OMOGENEA DI FIRENZE)*

*Firenze, aprile 2005*





## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>STRUMENTI E METODI.....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1      | STAZIONI FISSE E DISPONIBILITÀ DEI DATI.....  | 3         |
| 1.2      | CAMPAGNE DI RILEVAMENTO.....  | 7         |
| <b>2</b> | <b>RISULTATI E COMMENTO.....</b>  | <b>9</b>  |
| 2.1      | VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....   | 9         |
| 2.2      | POLVERI (PM <sub>10</sub> E PM <sub>2,5</sub> ).....                                  | 10        |
| 2.3      | BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ).....   | 12        |
| 2.4      | MONOSSIDO DI CARBONIO (CO).....   | 12        |
| 2.5      | BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) E OSSIDI DI AZOTO TOTALI (NO <sub>x</sub> )..... | 13        |
| 2.6      | OZONO (O <sub>3</sub> ).....  | 15        |
| 2.7      | BENZENE.....  | 15        |
| 2.8      | BENZO(A)PIRENE (BAP).....   | 16        |
| 2.9      | EPISODI ACUTI.....  | 16        |
| <b>3</b> | <b>GLI ANDAMENTI TEMPORALI DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....</b>                      | <b>17</b> |
| 3.1      | POLVERI (PM <sub>10</sub> ).....  | 17        |
| 3.2      | BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ).....   | 19        |
| 3.3      | BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ).....   | 20        |
| 3.4      | OSSIDI DI AZOTO TOTALI (NO <sub>x</sub> ).....  | 22        |
| 3.5      | MONOSSIDO DI CARBONIO (CO).....   | 23        |
| 3.6      | OZONO (O <sub>3</sub> ).....  | 23        |
| 3.7      | BENZENE.....  | 26        |
| 3.8      | BENZO(A)PIRENE.....   | 28        |
| <b>4</b> | <b>SINTESI E COMMENTO.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>5</b> | <b>LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE.....</b>  | <b>35</b> |
| 5.1      | ANDAMENTO METEOROLOGICO NELL'ANNO 2004.....   | 35        |
| 5.2      | INFLUENZA SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO DELL'AREA.....                                | 36        |
| <b>6</b> | <b>CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E FINALI.....</b>                                       | <b>45</b> |





## **1 Strumenti e metodi.**

### **1.1 Stazioni fisse e disponibilità dei dati.**

Nel territorio dei Comuni di Firenze, Scandicci, Calenzano e Signa, che fanno parte dell'area omogenea definita dalla Deliberazione G.R.Toscana n. 1406 del 21.12.2001<sup>1</sup>, 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 da n° 12 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. 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 complesso<sup>2</sup>, 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 pubblica 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, nell'area omogenea, 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. Calenzano (c/o miniera UNICEM)

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante, l'insieme dei dati raccolti viene considerato conforme al DM 60/02 (allegato X) quando il rendimento strumentale è almeno pari al 90%; il rendimento è calcolato come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla calibrazione automatica degli analizzatori, nei casi in cui è richiesta).

Nei casi in cui non sia rispettata la raccolta di dati minima prevista, l'insieme dei valori misurati può essere utilizzato come misurazione indicativa, per la quale è richiesta la disponibilità di almeno il

---

<sup>1</sup> L'area omogenea comprende anche i Comuni di Bagno a Ripoli, Campi Bisenzio, Lastra a Signa e Sesto Fiorentino nei quali, attualmente, non sono attive stazioni di rilevamento pubbliche, salvo una stazione privata a Sesto Fiorentino. La Deliberazione n. 1406 è stata abrogata con Deliberazione GRT n. 1325 del 15.12.2003 ma le caratteristiche di omogeneità del territorio degli otto comuni sono state riconfermate individuando tale territorio come sub area della "zona di risanamento" dell'area metropolitana Firenze-Prato-Pistoia.

<sup>2</sup> 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).





15% di dati validi (distribuiti nell'arco dell'anno in modo da rappresentare le diverse condizioni sinottiche stagionali).

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

**Tabella 1=Stazioni fisse di misura nel territorio di Firenze, Scandicci, Signa e Calenzano (anno 2004)**

| comune-ubicazione                  | Rete<br>(1) | N°<br>(2) | Tipo zona                | tipo stazione        |                          | localizzazione stazione   |                             | quota<br>s.l.m.<br>(m) |
|------------------------------------|-------------|-----------|--------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                    |             |           | Decisione<br>2001/752/CE | DM<br>20/5/91<br>(3) | Decisione<br>2001/752/CE | distanza<br>strada<br>(m) | distanza<br>semaforo<br>(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. Buozzi               | PUB         | 11        | Urbana                   | B                    | fondo                    | 10                        | n.p.                        | 45                     |
| Calenzano- V. Giovanni XXIII       | PUB         | 9         | Urbana                   | B                    | fondo                    | 10                        | n.p.                        | 40                     |
| Calenzano- V. Boccaccio            | PUB         | 10        | Rurale                   | I                    | industriale              | 30                        | n.p.                        | 40                     |
| Signa – V. Roma                    | PUB         | 14        | Urbana                   | B                    | fondo                    | 10                        | n.p.                        | 35                     |
| 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) A=parco urbano; B=area residenziale; C=sito ad alto traffico; D=per inq. fotochimici; I=area industriale

**Tabella 2 = Stazioni fisse attive e inquinanti monitorati.**

| Stazione                           | CO<br>(1) | NO <sub>x</sub><br>(2) | O <sub>3</sub><br>(3) | SO <sub>2</sub><br>(4) | PM <sub>10</sub><br>(5) | PM <sub>2,5</sub><br>(6) |
|------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Firenze-Boboli                     | X         | X                      | X                     | X                      | X                       | X                        |
| Firenze-V.le U. Bassi              | X         | X                      |                       | X                      | X                       | X                        |
| Firenze-V. di Scandicci            | X         | X                      |                       | X                      |                         |                          |
| Firenze-V. di Novoli               | X         | X                      | X                     |                        |                         |                          |
| Firenze-V.le Gramsci               | X         | X                      |                       |                        | X                       | X                        |
| Firenze-V.le Rosselli              | X         | X                      |                       |                        | X                       | X                        |
| 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                     |                        | X                       |                          |
| Scandicci- V. Buozzi               | X         | X                      | X                     | X                      | X                       |                          |
| Signa – V. Roma                    |           | X                      |                       |                        | X                       |                          |
| Sesto-V. Gramsci                   | X         | X                      |                       | X                      | X                       |                          |

(1) CO = monossido di carbonio

(2) NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

(3) O<sub>3</sub> = ozono

(4) SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo (anidride solforosa)

(5) PM<sub>10</sub> = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron

(6) PM<sub>2,5</sub> = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micron (misura attivata in via sperimentale, alternativamente con quella di PM<sub>10</sub>).





Tabella 3 = Rendimento % secondo DM 60/02 degli analizzatori delle stazioni fisse (anno 2004).

| Stazione                           | CO   | NO <sub>x</sub> | O <sub>3</sub> | SO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> |
|------------------------------------|------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Firenze-Boboli                     | 95   | 98              | 98             | 96              | 50               | 50                |
| Firenze-V.le U. Bassi              | 90   | 100             | N.P.           | 100             | 53               | 43                |
| Firenze-V. di Scandicci            | 89   | 71              | N.P.           | 86              | N.P.             | N.P.              |
| Firenze-V. di Novoli               | 94   | 81              | 93             | N.P.            | N.P.             | N.P.              |
| Firenze-V.le Gramsci               | 100  | 98              | N.P.           | N.P.            | 48               | 49                |
| Firenze-V.le Rosselli              | 85   | 85              | N.P.           | N.P.            | 50               | 34                |
| Firenze-V. Ponte alle Mosse        | 99   | 55              | N.P.           | 99              | 57               | 43                |
| Firenze-V. Desiderio da Settignano | N.P. | 87              | 92             | N.P.            | N.P.             | N.P.              |
| Scandicci- V. Buozzi               | 100  | 95              | 97             | 99              | 100              | N.P.              |
| Calenzano-V. Giovanni XXIII        | N.P. | 97              | 99             | N.P.            | N.P.             | N.P.              |
| Calenzano- V. Boccaccio            | N.P. | N.P.            | 99             | N.P.            | 100              | N.P.              |
| Signa – V. Roma                    | N.P. | 75              | N.P.           | N.P.            | 100              | N.P.              |
| Sesto-V. Gramsci                   | 97   | 90              | N.P.           | 93              | 100              | N.P.              |

N.P. = analizzatore non presente nella stazione

Per le serie di valori in cui l'insieme dei dati validi rilevati non raggiunge il valore fissato dal DM 60/02 e, per O<sub>3</sub>, dal DLgs 163/04, si distinguono due casi. Nel primo ricadono le serie di dati validi costituite da almeno il 15% di valori in ciascun trimestre. Infatti, lo stesso DM 60 ritiene accettabili a titolo indicativo le elaborazioni condotte con tale quantità di valori. In questi casi, per ottenere una stima della media annuale si è utilizzato un criterio di ricampionamento statistico mediante il quale sono state ottenute le distribuzioni statistiche per la media e conseguentemente il suo intervallo di fiducia (sintetizzato attraverso la deviazione standard). L'ipotesi alla base del metodo è quella che i dati campionati, essendo distribuiti in modo piuttosto uniforme durante l'anno, possono comunque fornire una indicazione quantitativa del valore medio incognito; tale informazione è ottenuta valutando la variabilità associata al ricampionamento casuale dei dati con ripetizione (nota come tecnica di bootstrap). Nello specifico viene calcolata la media e la deviazione standard della distribuzione dei valori di n. 5000 medie annuali ottenute attraverso la combinazione casuale delle medie di N valori per ciascun trimestre estratti casualmente, dove N è pari al minimo di dati disponibili in ciascun trimestre con valore max pari a 35<sup>3</sup>. Nei casi invece in cui la disponibilità di dati in un trimestre è risultata inferiore al 15 % (ovvero a 14 giorni), pur essendo possibile impiegare la stessa tecnica, non si è ritenuto soddisfatto il criterio base di buona rappresentatività del campione e conseguentemente non sono state effettuare stime (non viene riportato nessun dato).

L'insieme dei dati validi rilevati mediante l'analizzatore NO<sub>x</sub> della stazione Fi-Mosse e mediante l'analizzatore PM<sub>2.5</sub> della stazione Fi-Rosselli sono insufficienti per il calcolo della media annuale e, nel caso di NO<sub>2</sub>, anche della quantità di superamenti del valore orario pari a 200 µg/m<sup>3</sup>. Allo stesso tempo, non è possibile applicare criteri statistici come misure indicative in quanto sono assenti quasi completamente le misure relative ai trimestri II e III per NO<sub>x</sub> di Fi-Mosse e al IV trimestre per PM<sub>2.5</sub> di Fi-Rosselli.

Per tutti gli altri casi in cui il rendimento % ai sensi del DM 60/02 è inferiore a 90% ma superiore al 15% per ciascun trimestre, si è stimata la media annuale come "misurazione indicativa" a cui è associato l'intervallo di confidenza<sup>4</sup>. Per la stima del numero di superamenti del valore medio di 24

<sup>3</sup> Utilizzare valori N superiori non mostra sostanziali vantaggi in quanto già con tale numero di dati si ha la stabilità della media stimata

<sup>4</sup> Le distribuzioni dei valori delle medie annue così ottenute appaiono sostanzialmente normali per cui l'intervallo di confidenza al 95% può essere calcolato semplicemente considerando un fattore di copertura 2 per la deviazione standard.



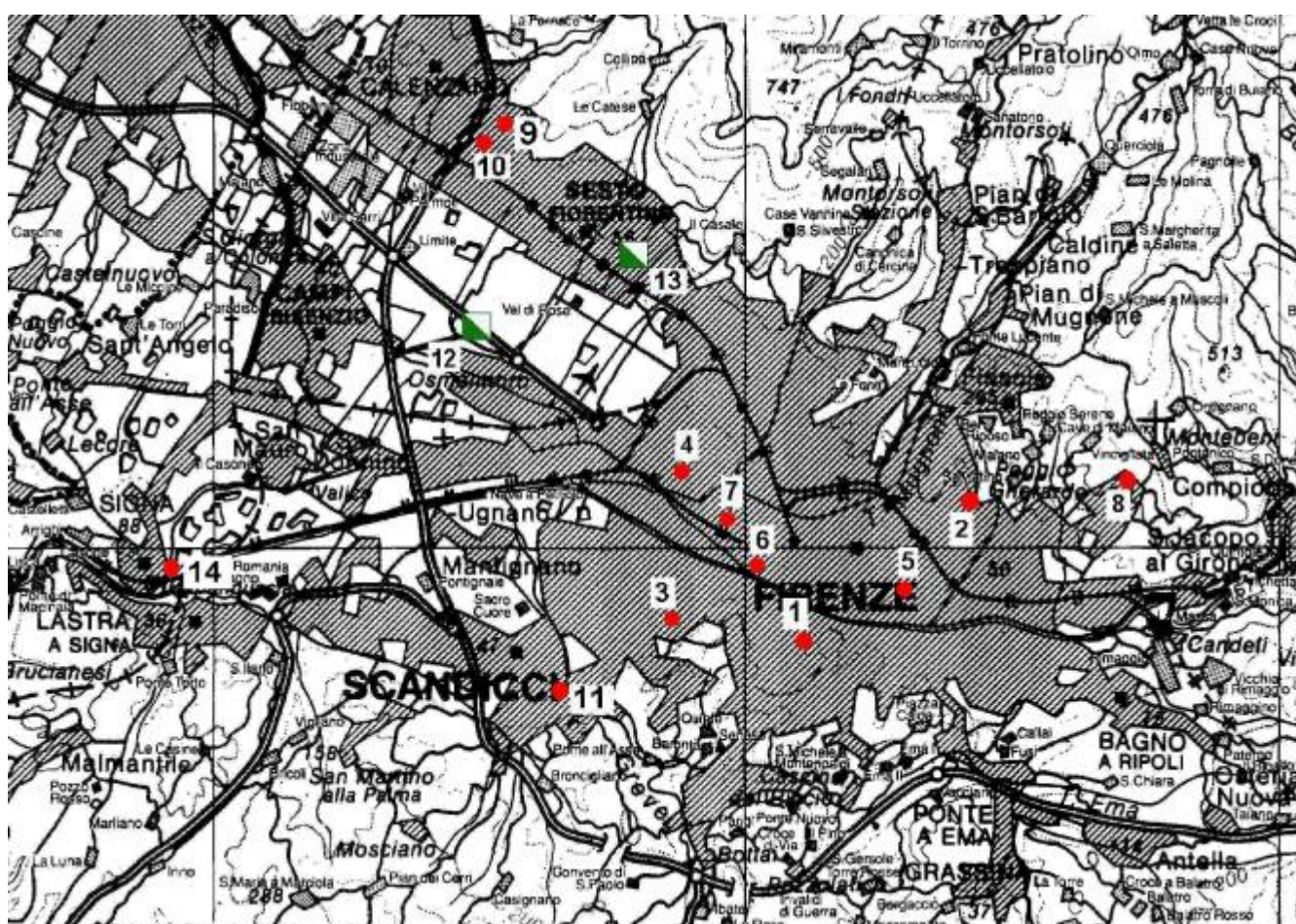


ore di  $PM_{10}$ , ci si avvale dell'accertata correlazione con l'indicatore "media annuale" (evidenziata in figura 2)<sup>5</sup>.

Tale metodologia di stima è stata applicata alle seguenti misure:

- CO delle stazioni Firenze -V. di Scandicci e Firenze - Rosselli
- $NO_x$  ( $NO$  e  $NO_2$ ) delle stazioni Firenze - Via di Scandicci, Firenze - Novoli, Firenze - Rosselli, Firenze - Settignano, Signa - Roma<sup>6</sup>
- $PM_{10}$  delle stazioni Firenze - Boboli, Firenze - Bassi, Firenze - Gramsci, Firenze - Rosselli e Firenze - Mosse
- $PM_{2.5}$  delle stazioni Firenze - Boboli, Firenze - Bassi, Firenze - Gramsci e Firenze - Mosse

Figura 1 = Localizzazione delle stazioni fisse di misura.



● Rete pubblica



Stazioni private

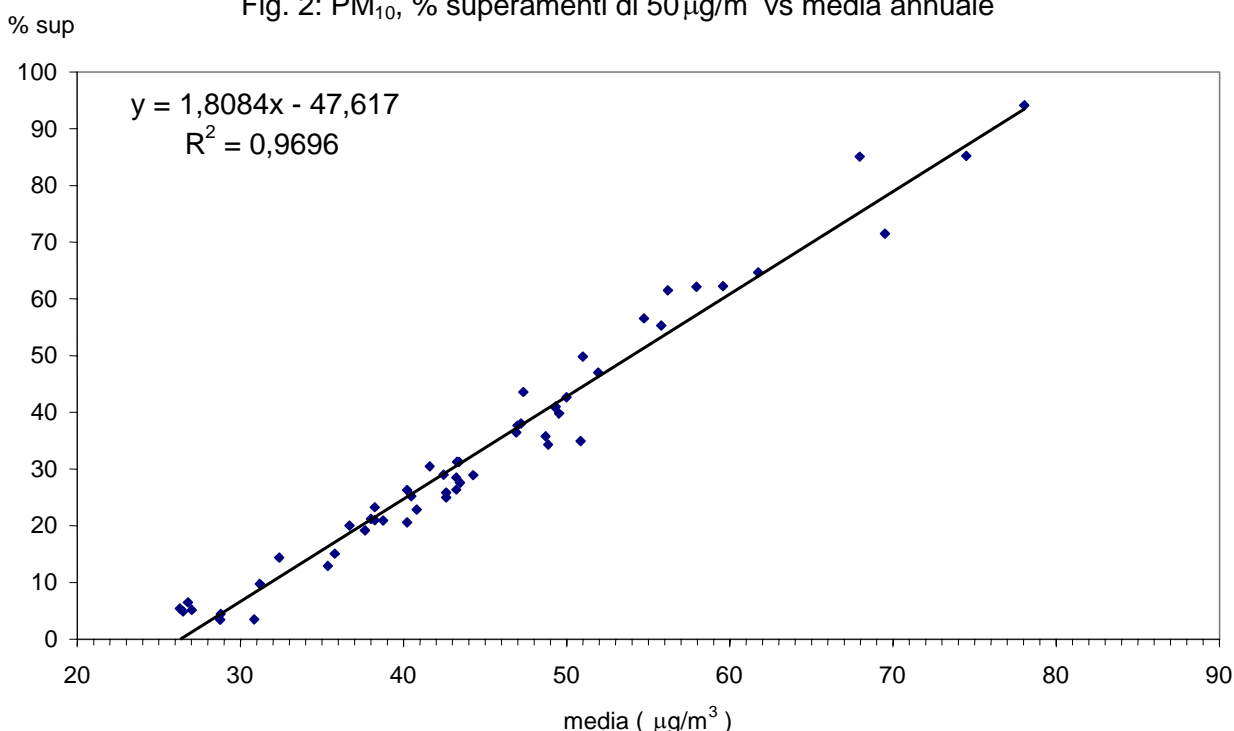
<sup>5</sup> Il grafico di figura 2 è stato costruito con i valori delle medie annuali e le percentuali del numero di superamenti rilevati in vari anni nelle stazioni della rete.

<sup>6</sup> inizio misure nel marzo 2004





Fig. 2: PM<sub>10</sub>, % superamenti di 50 µg/m<sup>3</sup> vs media annuale



## 1.2 Campagne di rilevamento.

Nel corso dell'anno 2004 sono state effettuate le seguenti campagne di monitoraggio:

1. in n° 3 siti dell'area urbana di Firenze (di cui uno presso la stazione Viale Rosselli, uno presso la stazione V.le Bassi e l'altro nel parco di San Salvi), per la determinazione di benzene mediante campionatori attivi o passivi e successiva analisi gas cromatografica con detector a ionizzazione di fiamma (GC-FID);
2. in n° 3 siti dell'area urbana di Firenze (di cui uno presso la stazione Viale Bassi, uno presso la stazione Via Ponte alle Mosse e uno nel parco di San Salvi), per la determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (benzo(a)pirene ed altri IPA cancerogeni) mediante campionamento di polveri totali, successiva estrazione con cicloesano e analisi per cromatografia liquida ad alta pressione con detector a fluorescenza (HPLC-FA);

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



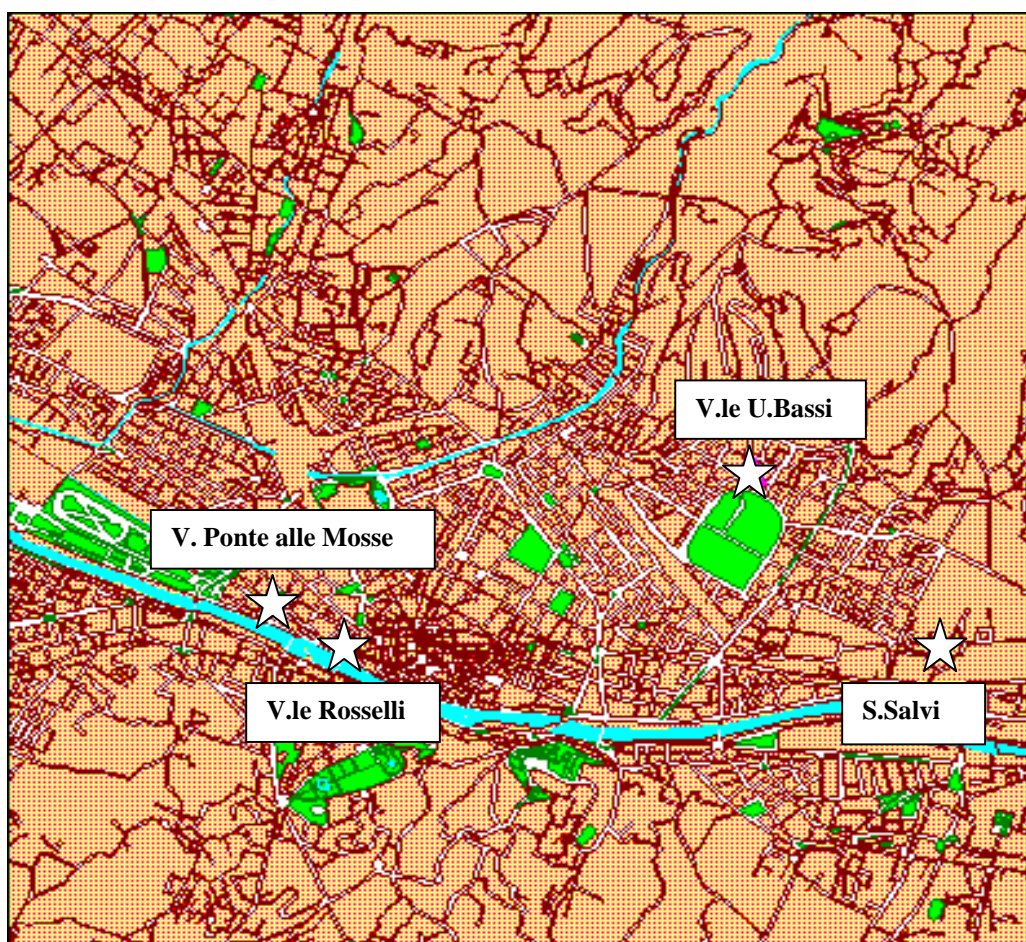


Tabella 4 = Campagne per benzene (sistemi attivi o passivi) e per benzo(a)pirene (e altri IPA) nell'area urbana di Firenze.

| Parametro | Tipo di campionatore    | Marca / modello    | Periodo misura | Siti di campionamento                            | Note                |
|-----------|-------------------------|--------------------|----------------|--|---------------------|
| benzene   | Fiala carbone (attivo)  | PerkinElmer STS 25 | anno           | S. Salvi<br>V.le Rosselli                        | 10 giorni al mese   |
| benzene   | Fiala carbone (passivo) | Radiello®          | Mesi XI e XII  | V.le U. Bassi                                    | 10 giorni al mese   |
| IPA       | Filtro lana di vetro    | Tecora SKYPOST     | anno           | S. Salvi<br>V.le U. Bassi<br>V. Ponte alle Mosse | 1 settimana al mese |

Nella figura 3 è mostrata la localizzazione dei siti di campionamento utilizzati nelle campagne periodiche di monitoraggio.

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





## 2 Risultati e commento.

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

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (ng, µg, mg) per metro cubo (m<sup>3</sup>) di aria sono riferiti a 20°C (25°C per PM).

### 2.1 Valori standard di riferimento.

Per ciascun inquinante vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati ed il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla recente normativa europea e recepiti con il D. M. Ambiente n° 60/02<sup>7</sup> e, per l'inquinante ozono, con il DLgs 183/04<sup>8</sup>. Il rispetto dei limiti viene richiesto entro determinati termini temporali, riassunti nella tabella seguente.

Tabella 6 = scadenze temporali per l'applicazione dei limiti di cui al DM 60/02 e al DLgs 183/04  
per la protezione della salute umana

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| Biossido di zolfo                   | 1 gennaio 2005 |
| Biossido di azoto                   | 1 gennaio 2010 |
| Polveri PM <sub>10</sub>            | 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 entro le date sopra indicate, fino al conseguimento del pieno rispetto della norma. 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. Peraltro, la progressiva riduzione dei margini di tolleranza riflette la riduzione attesa e generalizzata dei livelli di inquinamento, conseguente ai provvedimenti di vasta scala già in corso, sulla base di Direttive riguardanti, ad esempio, il miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti, la riduzione dei limiti di omologazione per veicoli a motore e il contenimento delle emissioni industriali.

Nella presente relazione, in prima istanza, 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 (in tutto o in parte) rispettati i limiti che entreranno pienamente in vigore solo nel 2005 o nel 2010.

<sup>7</sup> 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).

<sup>8</sup> Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 183 (S.O.G.U. 171/L del 23 luglio 2004).





In fase di discussione viene effettuato il confronto con i limiti maggiorati dei margini di tolleranza validi nel 2004 e quelli a regime a partire dal 2005, scelta che consente di meglio evidenziare le priorità nelle azioni di risanamento a carico delle Amministrazioni locali, da adottare come integrazione ai provvedimenti di vasta scala ove questi non si rivelassero sufficienti a conseguire i risultati attesi.

Per l'inquinante benzo(a)pirene, la specifica Direttiva è stata emanata dalla CE solo recentemente e non è ancora recepita a livello nazionale<sup>9</sup>. 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 che, tuttavia, coincidono con quelli fissati dalla Direttiva CE.

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

## 2.2 Polveri (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>).

Tabella 7a = PM<sub>10</sub>: indicatori calcolati per analizzatori con efficienza >90%.

|   | Limite di rif | Scandicci Buoizzi | Calenzano. Boccaccio | Signa Roma | Sesto F.no Viale Gramsci <sup>(1)</sup> |
|---|---------------|-------------------|----------------------|------------|---|
| dati validi n°                              |               | 347               | 357                  | 343        | 365                                     |
| Media annuale µg/m <sup>3</sup>             | 40            | 38                | <b>40</b>            | <b>52</b>  | 36                                      |
| Valori giornalieri >50 µg/m <sup>3</sup> n° | 35            | <b>73</b>         | <b>82</b>            | <b>143</b> | <b>82</b>                               |

<sup>(1)</sup> stazione privata

Tabella 7b = PM<sub>10</sub>: indicatori calcolati per analizzatori con efficienza compresa fra 15% e 90%.

|   | Limite di rif | Firenze Boboli     | Firenze Bassi      | Firenze Gramsci    | Firenze Rosselli   | Firenze Mosse      |
|---|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| dati validi n°  |               | 178 <sup>(1)</sup> | 184 <sup>(1)</sup> | 168 <sup>(1)</sup> | 172 <sup>(1)</sup> | 197 <sup>(1)</sup> |
| Media annuale calcolata µg/m <sup>3</sup>             | 40            | 28                 | 29                 | 35                 | <b>83</b>          | <b>43</b>          |
| Media annuale stimata (dev. St.) µg/m <sup>3</sup>    |               | 28 (1)             | 28 (2)             | 35 (1)             | <b>83 (4)</b>      | <b>42 (2)</b>      |
| Valori giornalieri >50 µg/m <sup>3</sup> effettivi n° | 35            | 19                 | 20                 | 22                 | <b>128</b>         | <b>54</b>          |
| Valori giornalieri >50 µg/m <sup>3</sup> stimati n°   |               | <b>39</b>          | <b>40</b>          | <b>48</b>          | <b>272</b>         | <b>100</b>         |

<sup>(1)</sup> in alternanza con la misura di PM<sub>2.5</sub> (15 gg/mese)

Ambedue i limiti di riferimento (media annuale e numero di superamenti giornalieri) sono fissati "per la protezione della salute umana".

<sup>9</sup> Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 (G.U.C.E. L 23/3 del 26.1.2005).





In tabella 7a si riportano i valori di ambedue gli indicatori calcolati per le stazioni in cui l'efficienza dell'analizzatore è risultata superiore al 90%. In tabella 7b si riportano i valori della media annuale e fra parentesi la relativa deviazione standard, stimate con il procedimento statistico di cui al punto 1.1. nonché il numero di giorni effettivi in cui è stato superato il valore di riferimento e il numero stimato.

Quest'ultima stima è stata effettuata sulla base della proporzione dei giorni di effettivo campionamento ed è confermata dalla correlazione di cui al punto 1.1. e alla figura 2<sup>10</sup>. Per la stazione Rosselli non è possibile applicare la formula di regressione in quanto la media annuale si colloca all'esterno dal campo di definizione di questa.

Si osservi che il valore limite dello standard espresso come media annuale viene uguagliato o superato nelle stazioni "traffico" Firenze-Rosselli e Firenze-Mosse, nonché nelle stazioni "fondo" Calenzano-Boccaccio e Signa-Roma. La ricorrenza di eccedenze rispetto allo standard giornaliero supera il limite consentito in tutte le stazioni.

In ottemperanza alle indicazioni della normativa (DM 60/02), nelle stazioni di Firenze-Boboli, Firenze-Bassi, Firenze-Gramsci, Firenze-Rosselli e Firenze-Mosse si è attivato il monitoraggio della frazione di polveri con granulometria inferiore a 2.5 micron (PM<sub>2.5</sub>), in alternanza con quella di PM<sub>10</sub>. Per questo parametro non sono stabiliti valori limite di riferimento a livello europeo mentre l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) ha indicato il valore della media annuale pari a 15 µg/m<sup>3</sup>

In tabella 8 si riporta il valore della media annuale calcolato con i dati giornalieri disponibili e stimato (con relativa deviazione standard) mediante il procedimento statistico di cui al punto 1.1. Per la stazione Firenze-Rosselli, poiché non è rappresentato il periodo invernale, sia il valore calcolato che quello stimato sono mostrati solo per completezza di informazione, ma sono da considerarsi non validi:

Tabella 8 = PM<sub>2.5</sub>

|   | Limite di rif | Firenze Boboli     | Firenze Bassi      | Firenze Gramsci    | Firenze Rosselli   | Firenze Mosse      |
|---|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| dati validi n°                                    |               | 178 <sup>(1)</sup> | 148 <sup>(1)</sup> | 170 <sup>(1)</sup> | 117 <sup>(1)</sup> | 150 <sup>(1)</sup> |
| Media annuale calcolata µg/m <sup>3</sup>         | 15            | <b>17</b>          | <b>15</b>          | <b>24</b>          | 47 (*)             | <b>29</b>          |
| Media annuale (dev. St) stimata µg/m <sup>3</sup> |               | <b>17 (1)</b>      | <b>15 (1)</b>      | <b>23 (1)</b>      | 51 (3) (*)         | <b>30 (1)</b>      |

(\*) non valido

<sup>(1)</sup> in alternanza con la misura di PM<sub>10</sub> (15 gg/mese)

Si osservi che questo inquinante uguaglia o supera il valore di riferimento indicato da US-EPA in tutte le stazioni.

<sup>10</sup> Il range del numero di superamenti stimato in base alla correlazione con la media annuale (per un intervallo di confidenza del 95%) è:

Boboli e Bassi 11 ± 33; Gramsci 55 ± 33; Mosse 102 ± 33.





## 2.3 Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

Tabella 9 = SO<sub>2</sub>

|   | Limite di rif. (2005) | Firenze Boboli | Firenze Bassi | Firenze V.Scandicci | Firenze Mosse | Scandicci Buoizzi | Sesto F.no Gramsci <sup>(1)</sup> |
|---|-----------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|
| dati orari validi n°                                |                       | 7345           | 8127          | 6148                | 8329          | 7117              | 6950                              |
| medie orarie >350 µg/m <sup>3</sup> n°              | 24                    | 0              | 0             | 0                   | 0             | 0                 | 0                                 |
| dati giornalieri validi n°                          |                       | 315            | 352           | 277                 | 361           | 302               | 309                               |
| medie giornaliere >125 µg/m <sup>3</sup> n°         | 3                     | 0              | 0             | 0                   | 0             | 0                 | 0                                 |
| media annuale µg/m <sup>3</sup>                     | 20                    | 2              | 3             | 1 (*)               | 3             | 2                 | 4                                 |
| media invernale (1/10/02-31/3/03) µg/m <sup>3</sup> | 20                    | 2              | 3             | 1                   | 2             | 2                 | 5                                 |

<sup>(1)</sup> stazione privata

(\*) valore calcolato e confermato dalla stima secondo la procedura di cui al punto 1.1.

I limiti stabiliti in termini di numero di superamenti 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.

## 2.4 Monossido di carbonio (CO).

Tabella 10 = CO

|   | Limite di rif. (2005) | Firenze Boboli | Firenze Bassi | Firenze V.Scandicci | Firenze Novoli | Firenze Gramsci | Firenze Rosselli | Firenze Mosse | Scandicci Buoizzi | Sesto F.No Gramsci <sup>(1)</sup> |
|---|-----------------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|
| dati validi n°                                    |                       | 7856           | 7998          | 6775                | 8179           | 8113            | 6999             | 8340          | 7055              | 7148                              |
| Media annuale misurata mg/m <sup>3</sup>          |                       | 0.5            | 0.7           |                     | 0.7            | 1.4             |                  | 1.2           | 0.6               | 0.8                               |
| Media annuale stimata (dev st.) mg/m <sup>3</sup> |                       |                |               | 0.7 (<0.1)          |                |                 | 2.2 (0.1)        |               |                   |                                   |
| Medie mobili di 8 h >10 mg/m <sup>3</sup> n°      | 0                     | 0              | 0             | 0                   | 0              | 0               | 0                | 0             | 0                 | 0                                 |
| Max media mobile di 8 h mg/m <sup>3</sup>         |                       | 4.2            | 3,3           | 2.7                 | 3.4            | 4,6             | 8,5              | 4,2           | 3.0               | 3,5                               |

<sup>(1)</sup> stazione privata





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 rispettato in tutte le stazioni.

Per evidenziare le differenze dei livelli di inquinamento nei vari siti, si sono esplicitati i valori massimi raggiunti dalla media di 8 ore che risultano inferiori al limite con ampio margine.

Nel caso delle stazioni Firenze - Via di Scandicci e Firenze - Rosselli, a rigore non si raggiunge la quota di efficienza di campionamento del 90% ed è possibile applicare il criterio di stima di cui al punto 1.1. solo per il valore della media annuale. Per quanto riguarda la ricorrenza di eventuali superamenti del valore  $10 \text{ mg/m}^3$  per la media mobile di 8 ore, possiamo ipotizzare che non si sia verificato il caso né per la stazione Via di Scandicci, in cui storicamente non è mai stato riscontrato (stazione tipo residenziale), né per Rosselli in quanto già priva di superamenti da alcuni anni. Peraltro, in quest'ultima stazione, i valori rilevati sono relativi ai periodi più critici (ovvero i mesi di dicembre gennaio e febbraio) e il valore massimo registrato ( $8,5 \text{ mg/m}^3$ ) appare inferiore alla soglia di riferimento ( $10 \text{ mg/m}^3$ ).

## 2.5 Biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) e ossidi di azoto totali ( $\text{NO}_x$ )

Tabella 11a =  $\text{NO}_2$  : indicatori calcolati per analizzatori con efficienza >90%.

|                                     | Limite di rif. (2010) | Firenze Boboli | Firenze Bassi | Firenze Gramsci | Firenze Settignano | Scandicci Buoizzi | Calenzano Giovanni XXIII | Sesto F.no Gramsci <sup>(3)</sup> |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| dati validi n°                      |                       | 8206           | 8333          | 8145            | 7217               | 7961              | 8118                     | 7072                              |
| media annuale $\mu\text{g/m}^3$     | 40                    | 27             | <b>42</b>     | <b>73</b>       | 18                 | 39                | 32                       | <b>45</b>                         |
| Val.orari >200 $\mu\text{g/m}^3$ n° | 18                    | 0              | 0             | 4               | 0                  | 0                 | 0                        |                                   |

<sup>(1)</sup> stazione privata

Tabella 11b =  $\text{NO}_2$  : indicatori calcolati per analizzatori compresa fra 15% e 90%.

|  | Limite di rif. (2010) | Firenze V.Scandicci | Firenze Novoli | Firenze Rosselli | Firenze Mosse | Signa Roma <sup>(1)</sup> |
|--|-----------------------|---------------------|----------------|------------------|---------------|---------------------------|
| dati validi n°                                   |                       | 5894                | 6717           | 7118             | 4573          | 6249                      |
| media annuale misurata $\mu\text{g/m}^3$         | 40                    | <b>46</b>           | <b>46</b>      | <b>102</b>       | 81 (*)        | 38                        |
| media annuale stimata (dev.st) $\mu\text{g/m}^3$ |                       | <b>46 (1)</b>       | <b>45 (2)</b>  | <b>102 (2)</b>   |               |                           |
| Val.orari >200 $\mu\text{g/m}^3$ effettivi n°    | 18                    | 0                   | 0              | <b>120</b>       | <b>21</b>     | 0                         |
| Val.orari >200 $\mu\text{g/m}^3$ stimati n°      | 18                    | 0                   | 0              | <b>148</b>       | 40 (*)        | 0                         |

(1) da 19 marzo 2004

(\*) non valido





Ambedue i limiti riferiti a NO<sub>2</sub> sono fissati "per la protezione della salute umana".

In tabella 11a si riportano i valori di ambedue gli indicatori calcolati per le stazioni in cui l'efficienza dell'analizzatore è risultata superiore al 90%. Nella tabella è compreso anche il dato relativo a Firenze Settignano che mostra un'efficienza leggermente inferiore a 90% ma la serie di valori orari rispetta il test di rappresentatività fissato a livello regionale<sup>11</sup>.

In tabella 11b si riportano i valori della media annuale e fra parentesi la relativa deviazione standard, stimata con il procedimento statistico di cui al punto 1.1., nonché il numero di giorni effettivi in cui è stato superato il valore di riferimento e il numero stimato.

Quest'ultima stima è stata effettuata sulla base della proporzione dei giorni di effettivo campionamento ed è confermata dalla correlazione storica fra media annuale e numero di superamenti.

Per la stazione Firenze-Mosse, poiché non è sufficientemente rappresentato il semestre estivo, sia il valore calcolato che quello stimato sono mostrati solo per completezza di informazione, ma sono da considerarsi non validi:

Si osservi che l'indicatore "media annuale" è superato nelle stazioni di Firenze Bassi, Via di Scandicci, Novoli, Gramsci, Rosselli e di Sesto F.no. L'indicatore "n° superamenti soglia oraria" risulta superato solo nella stazione Firenze Rosselli e nella stazione Firenze Mosse<sup>12</sup>.

Tabella 12a = NO<sub>x</sub> : indicatori calcolati per analizzatori con efficienza >90%.

|   | Limite di rif. (2001) | Firenze Boboli | Firenze Bassi | Firenze Gramsci | Firenze Settignano | Scandicci Buozzi | Calenzano Giovanni XXIII | Sesto F.no Gramsci (3) |
|---|-----------------------|----------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| dati validi n°  |                       | 8206           | 8333          | 8145            | 7217               | 7961             | 8118                     | 7072                   |
| media annuale µg/m <sup>3</sup> (come NO <sub>2</sub> ) | 30                    | <b>48</b>      | <b>80</b>     | <b>193</b>      | 23                 | <b>81</b>        | <b>75</b>                | <b>85</b>              |

Tabella 12b = NO<sub>x</sub> : indicatori calcolati per analizzatori compresa fra 15% e 90%.

|   | Limite di rif. (2001) | Firenze V.Scandicci | Firenze Novoli | Firenze Rosselli | Firenze Mosse | Signa Roma (1) |
|---|-----------------------|---------------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| dati validi n°  |                       | 5894                | 6717           | 7118             | 4573          | 6249           |
| media annuale misurata µg/m <sup>3</sup> (come NO <sub>2</sub> )          | 30                    | <b>122</b>          | <b>93</b>      | <b>298</b>       | 215 (*)       | <b>75</b>      |
| media annuale (dev. St) stimata µg/m <sup>3</sup> (come NO <sub>2</sub> ) |                       | <b>112 (7)</b>      | <b>92 (6)</b>  | <b>295 (9)</b>   |               |                |

(\*) dato non valido

<sup>11</sup> Il test consiste nella verifica della quantità di dati validi consecutivi all'interno di un periodo mobile di osservazione di 30 giorni. In funzione di tale quantità, la serie di dati è utilizzata direttamente per il calcolo degli indicatori oppure si procede al "bootstrap".

<sup>12</sup> I superamenti effettivamente rilevati sono in numero di 21 e quindi il valore di riferimento è certamente superato (18) indipendentemente dalla completezza del periodo di monitoraggio.





Il limite riferito a NO<sub>x</sub> è fissato "per la protezione della vegetazione".

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

## 2.6 Ozono (O<sub>3</sub>).

Tabella 13 = O<sub>3</sub>

|  | Limite di rif. | Firenze Boboli | Firenze Novoli | Firenze Settignano | Scandicci Buozzi | Calenzano Giovanni XXII | Calenzano Boccaccio |
|--|----------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| dati validi n°   |                | 8169           | 7785           | 7671               | 8095             | 8252                    | 8257                |
| giorni con media mobile 8 h > 120 µg/m <sup>3</sup> n° | 25             | 11             | 1              | <b>55</b>          | 4                | <b>36</b>               | <b>34</b>           |
| AOT40: dati validi n°                                  |                | 1100           | 1078           | 1067               | 1103             | 1042                    | 1088                |
| AOT40 (µg/m <sup>3</sup> )*h (*)                       | 18000          | 13878          | 6606           | <b>24968</b>       | 8704             | <b>25457</b>            | <b>23434</b>        |

(\*) valori corretti secondo le indicazioni di cui al DLgs 183/04 (allegato III, punto II)

I limiti sono definiti come "valore bersaglio" dal DLgs 183/04. Il limite, espresso come quantità di giorni in cui si supera la soglia della media mobile di 8 ore pari a 120 µg/m<sup>3</sup>, è fissato "per la protezione della salute umana". Quello in termini di AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m<sup>3</sup>, 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 nella stazione Firenze Settignano e nelle stazioni di Calenzano.

## 2.7 Benzene.

Tabella 14 = BENZENE

| Stazioni                                     | Media annuale µg/m <sup>3</sup> |
|--|---------------------------------|
| Limite di riferimento ( <b>2005 / 2010</b> ) | <b>10,0 / 5,0</b>               |
| Firenze-S.Salvi                              | 2,0                             |
| Firenze-Boboli                               | 2,5 (*)                         |
| Firenze-V.le U. Bassi                        | 3,5 (*) (**)                    |
| Firenze-V. di Scandicci                      | 3,5 (*)                         |
| Firenze-V. di Novoli                         | 3,5 (*)                         |
| Firenze-V.le Gramsci                         | 7,0 (*)                         |
| Firenze-V.le Rosselli                        | <b>11,5</b>                     |
| Firenze-V. Ponte alle Mosse                  | 6,0 (*)                         |
| Scandicci- V. Buozzi                         | 3,0 (*)                         |

(\*) stimato per correlazione con CO secondo l'equazione  $C_{\text{benz}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = F * C_{\text{co}} (\text{mg}/\text{m}^3)$  dove  $F = 5$

(\*\*) 4,1 µg/m<sup>3</sup>, misurato nei mesi novembre e dicembre





I valori delle stazioni Firenze S. Salvi e Firenze Rosselli sono stati acquisiti mediante effettiva determinazione analitica. I valori attribuiti alle altre stazioni sono stimati in base alla correlazione con CO.

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

Si osservi che si riscontrano superamenti della soglia di riferimento per l'anno 2005 solo nel sito Firenze Rosselli.

## 2.8 Benzo(a)pirene (BaP).

Il D.M. Ambiente n° 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. Detto limite è riconfermato dalla Direttiva 2004/107/CE in corso di recepimento.

Tabella 15 = BENZO(a)PIRENE.

| Stazioni  | BaP ng/m <sup>3</sup> |
|---|-----------------------|
| Limite di riferimento (DM 24.11.1994 e Direttiva 2004/107/CE) | 1                     |
| Firenze-S.Salvi   | 0,24                  |
| Firenze-V.le U. Bassi   | 0,30                  |
| Firenze-V. Ponte alle Mosse                                   | 0,68                  |

Si osservi che il limite appare rispettato in tutti i siti di rilevamento.

## 2.9 Episodi acuti

La nuova normativa più volte citata, oltre ai valori standard di riferimento già indicati, fissa 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 <sub>2</sub> | Concentrazione oraria > 500 µg/m <sup>3</sup> per 3 h consecutive. | Nessuno       |
| NO <sub>2</sub> | Concentrazione oraria > 400 µg/m <sup>3</sup> per 3 h consecutive. | Nessuno       |
| O <sub>3</sub>  | Concentrazione oraria > 240 µg/m <sup>3</sup>                      | Nessuno       |

Per l'ozono è stata fissata anche una soglia "di informazione" al valore della media oraria pari a 180 µg/m<sup>3</sup>. Il dettaglio dei superamenti riscontrati è mostrato in tabella 17.

Tabella 17 = Ozono: superamenti della soglia di informazione pari a 180 µg/m<sup>3</sup> (DLgs 183/04)

|  | Firenze Boboli | Firenze Novoli | Firenze Settignano | Scandicci Buoizzi | Calenzano Giovanni XXIII | Calenzano Boccaccio |
|--|----------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| val orari >180 µg/m <sup>3</sup><br>n° | 0              | 0              | 1                  | 0                 | 2                        | 8 (*)               |

(\*) sono stati rilevati altri 3 valori compresi fra 180 e 180,5





Nella tabella 18 si evidenziano i giorni in cui si sono verificati gli stati di ATTENZIONE per NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> ai sensi del D.M. Ambiente 25.11.1994.

Pur essendo tale norma abrogata dal DM 60/02, nell'Ordinanza del Sindaco di Firenze n° 10211 del 15 gennaio 2003 è stato introdotto uno stato di PREAVVISO, relativamente all'inquinante NO<sub>2</sub>, che mantiene i medesimi criteri di valutazione e valori soglia.

Riguardo all'inquinante O<sub>3</sub>, il DLgs 183/04 introduce una "soglia di INFORMAZIONE" che mantiene lo stesso valore limite definito dal D.M. abrogato per la "soglia di ATTENZIONE".

Tabella 18 = O<sub>3</sub>, stati di ATTENZIONE (DM 25.11.1994) o di INFORMAZIONE (DLgs 183/04).

| inquinante     | giorni<br>n° | Data      | stazione                 | Valore<br>orario max<br>µg/m <sup>3</sup> | ore >180<br>µg/m <sup>3</sup><br>n° |
|----------------|--------------|-----------|--------------------------|---|-------------------------------------|
| O <sub>3</sub> | 4            | 9 giugno  | Firenze Settignano       | 186                                       | 1                                   |
|                |              | 29 giugno | Calenzano Giovanni XXIII | 189                                       | 2                                   |
|                |              |           | Calenzano Boccaccio      | 198                                       | 3                                   |
|                |              | 30 luglio | Calenzano Boccaccio      | 185                                       | 3                                   |
|                |              | 31 luglio | Calenzano Boccaccio      | 187                                       | 2                                   |

### 3 Gli andamenti temporali degli inquinanti atmosferici.

Nel presente paragrafo si sintetizza l'andamento degli inquinanti atmosferici sull'intera area e si confrontano 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 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 prossimi alle 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, o comunque affidabile in quanto determinato mediante procedure statistiche applicate a misure quantitativamente consistenti e omogeneamente distribuite nell'arco dell'anno solare. L'indicatore definito come quantità di superamenti di soglia viene mostrato in termini di incidenza percentuale sul numero di dati disponibili e tale dato è confermato in base all'applicazione di procedure statistiche.

#### 3.1 Polveri (PM<sub>10</sub>).

Nella figura 4 si mostrano le concentrazioni medie annuali di PM<sub>10</sub> 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 di ciascun anno.





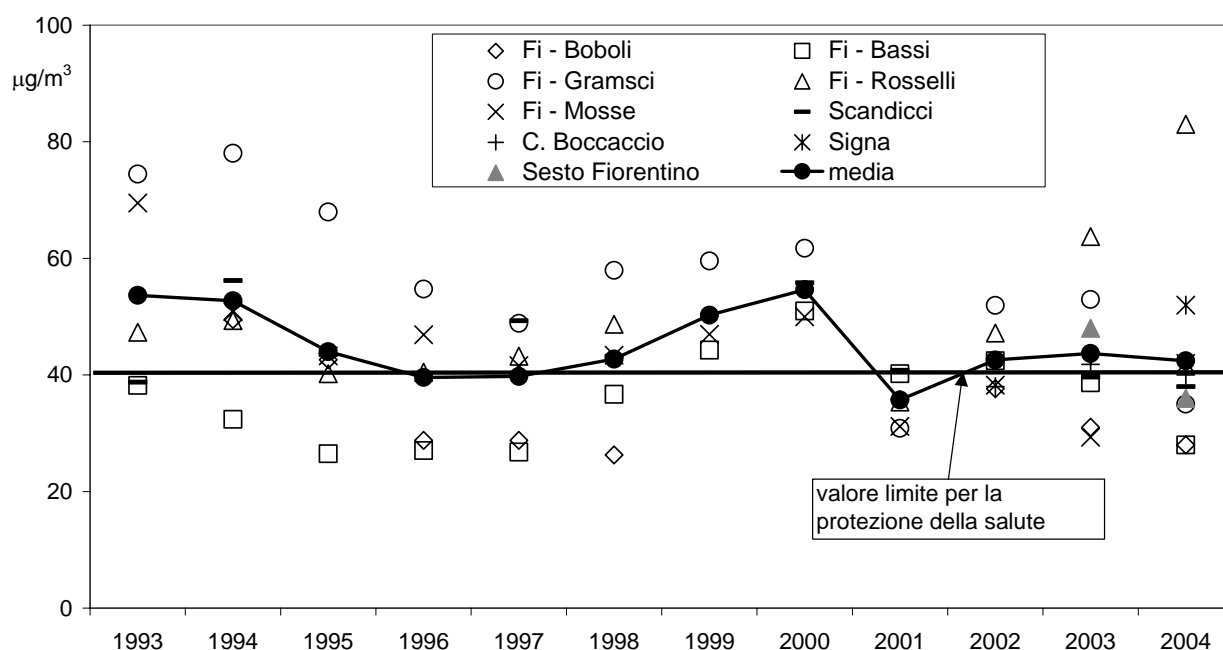
Si osserva la progressiva diminuzione registrata fra il 1993 e il 1996 a cui ha fatto seguito un incremento che, nell'anno 2000, ha riportato i livelli medi di  $PM_{10}$  ai valori degli anni 1993-1994 anche se con sostanziale riduzione delle differenze fra siti. Nel 2001 si è verificata una riduzione generalizzata dei livelli di  $PM_{10}$  in parte spiegabile con l'andamento meteorologico, come illustrato nella relazione relativa a quell'anno.

Nel 2002, in presenza di un quadro meteorologico più vicino alle medie storiche, i valori di  $PM_{10}$  sono tornati mediamente oltre la soglia fissata dalla normativa.

Nel 2003 la media complessiva è rimasta praticamente analoga a quella dell'anno precedente ma si nota l'incremento nelle stazioni ubicate in siti prossimi al traffico (Rosselli, Gramsci) mentre si osservano decrementi nel parco urbano (Boboli), nelle aree residenziali (Bassi, Scandicci) e nel sito a traffico non molto elevato (Mosse). Un lieve incremento è stato registrato anche nella stazione di Calenzano Boccaccio (zona industriale). La situazione rilevata nel 2004 mostra notevoli variazioni nei valori delle singole stazioni rispetto all'anno precedente. Si rileva il consistente incremento a Rosselli (30%) e a Mosse (45%). Consistenti decrementi sono registrati a Bassi (28%), a Gramsci (34%) e nella stazione di Sesto F.no (25%). Variazioni inferiori al 10% sono state rilevate negli altri siti (Firenze Boboli, Scandicci, Calenzano e Signa).

La media generale risulta analoga all'anno precedente ( $42 \mu g/m^3$ ) in quanto fortemente condizionata dall'elevato valore di Rosselli: Escludendo il valore relativo a Rosselli, la media complessiva risulta  $37 (\mu g/m^3)$

Figura 4 = trend delle concentrazioni medie annuali di  $PM_{10}$ .

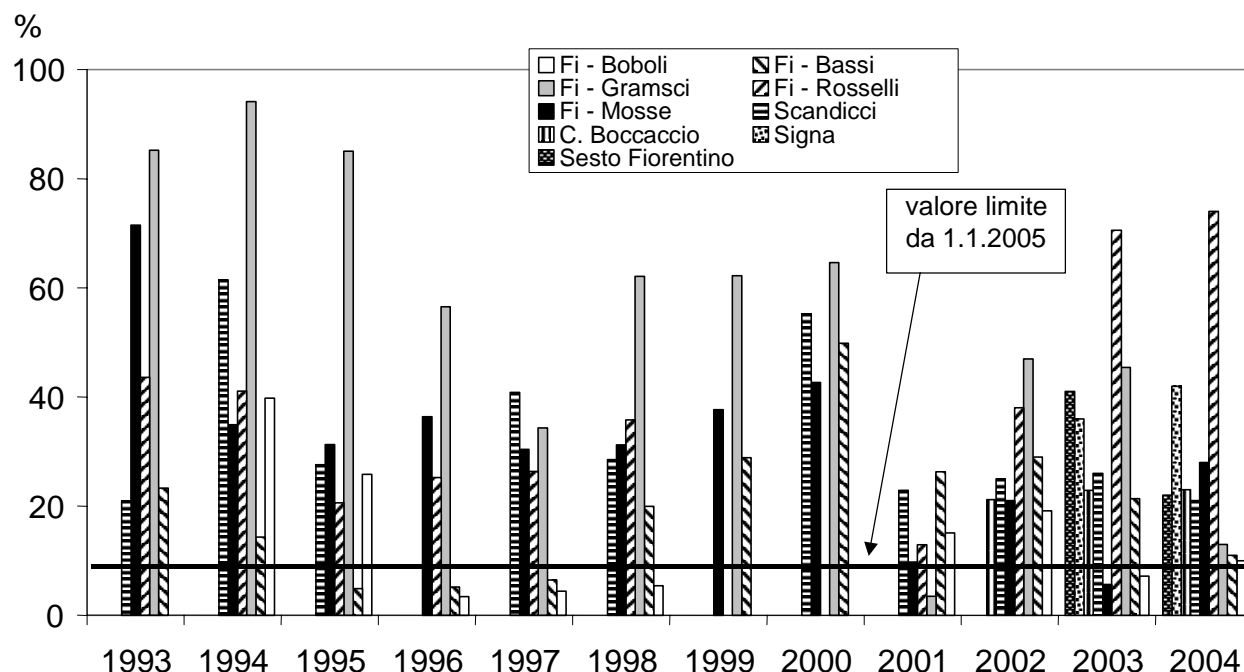


Nella figura 5 si mostra l'incidenza percentuale dei giorni con valore medio superiore  $50 \mu g/m^3$  il cui limite di riferimento è pari a 10% (35 superamenti ammessi su 365 giorni). L'andamento storico mostra una sostanziale analogia con quello delle medie annuali. Indipendentemente da variazioni occasionali, negli ultimi 2-3 anni la situazione appare pressoché stazionaria con percentuali di superi più elevate, talvolta notevolmente, rispetto alle indicazioni della norma.





Figura 5 = trend della percentuale di numero di giorni all'anno con concentrazione di PM<sub>10</sub> superiore a 50 µg/m<sup>3</sup>.



### 3.2 Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

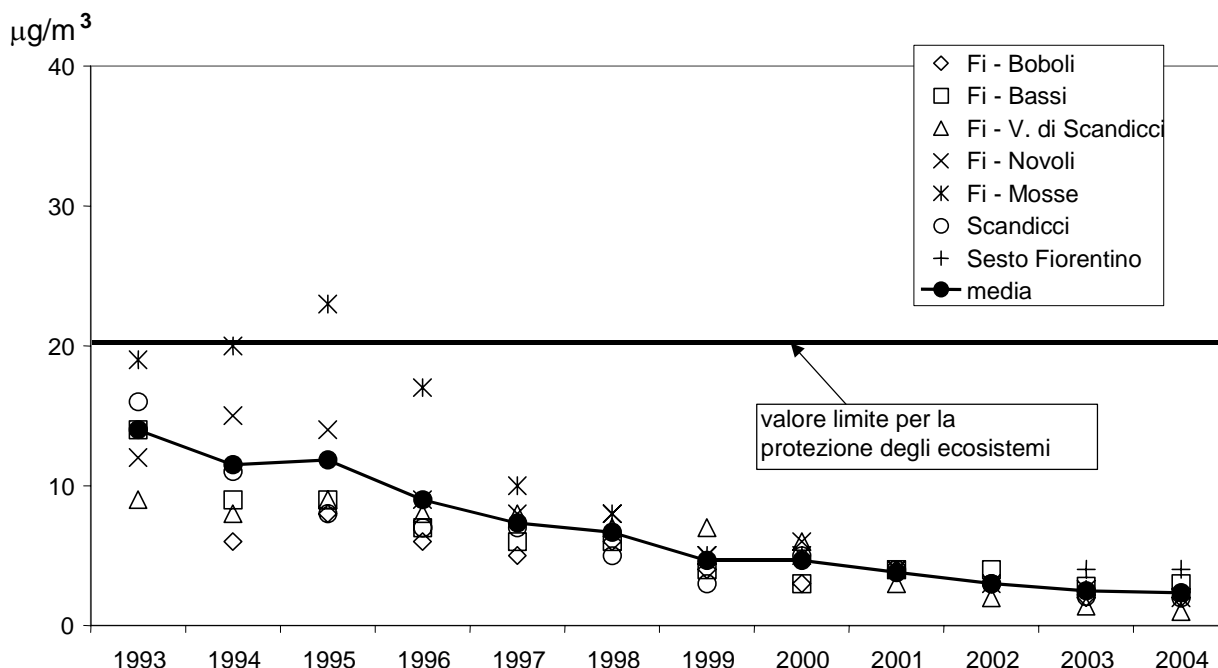
Nella figura 6 si mostrano le concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub> rilevate dal 1993 nelle stazioni della rete. Considerato che questo inquinante presenta una distribuzione relativamente omogenea indipendentemente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti e alla tipologia di sito, si mostra anche il valore medio delle medie annuali 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 per la protezione degli ecosistemi, che appare rispettato almeno negli ultimi anni. Per tale motivo non si mostrano gli andamenti degli indicatori meno restrittivi (quelli per la protezione della salute) che, a maggior ragione, risultano ampiamente rispettati.





Figura 6 = trend delle concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub>.



### 3.3 Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

Nella figura 7 si mostrano le concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> rilevate dal 1994 nelle stazioni 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, i valori delle medie annuali per ciascun anno, vengono mostrati raggruppati e distinti per le stazioni collocate a distanza dai flussi veicolari (tipo A e B - fondo urbano) e per le stazioni in prossimità dei flussi veicolari (tipo C - traffico). 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 di tipo C (siti prossimi al traffico) mostra una diminuzione piuttosto regolare fino all'anno 1999. Segue un periodo di stabilità, ma nell'anno 2003 si è verificato un incremento significativo ben confermato nell'anno 2004.

La media rilevata nelle stazioni di tipo A e B (parco e residenziali) segue un andamento pressoché analogo ma, diversamente, si conferma una sostanziale stazionarietà dal 2000 in poi. Stabile appare il livello medio riscontrato nella stazione di Settignano.

Rispetto al valore di riferimento fissato dalla norma si osservano valori costantemente molto elevati nelle stazioni tipo C (circa il doppio ed oltre), mediamente intorno 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 a 200 µg/m<sup>3</sup>, il cui limite di riferimento è pari a 0,2% (18 superamenti orari ammessi su 8760 ore). L'andamento storico mostra una certa similitudine con quello delle medie annuali. La ricorrenza di superamenti del valore medio orario risulta praticamente azzerata nelle stazioni residenziali mentre è stazionaria o in crescita nelle stazioni traffico.





Figura 7 = trend delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub>.

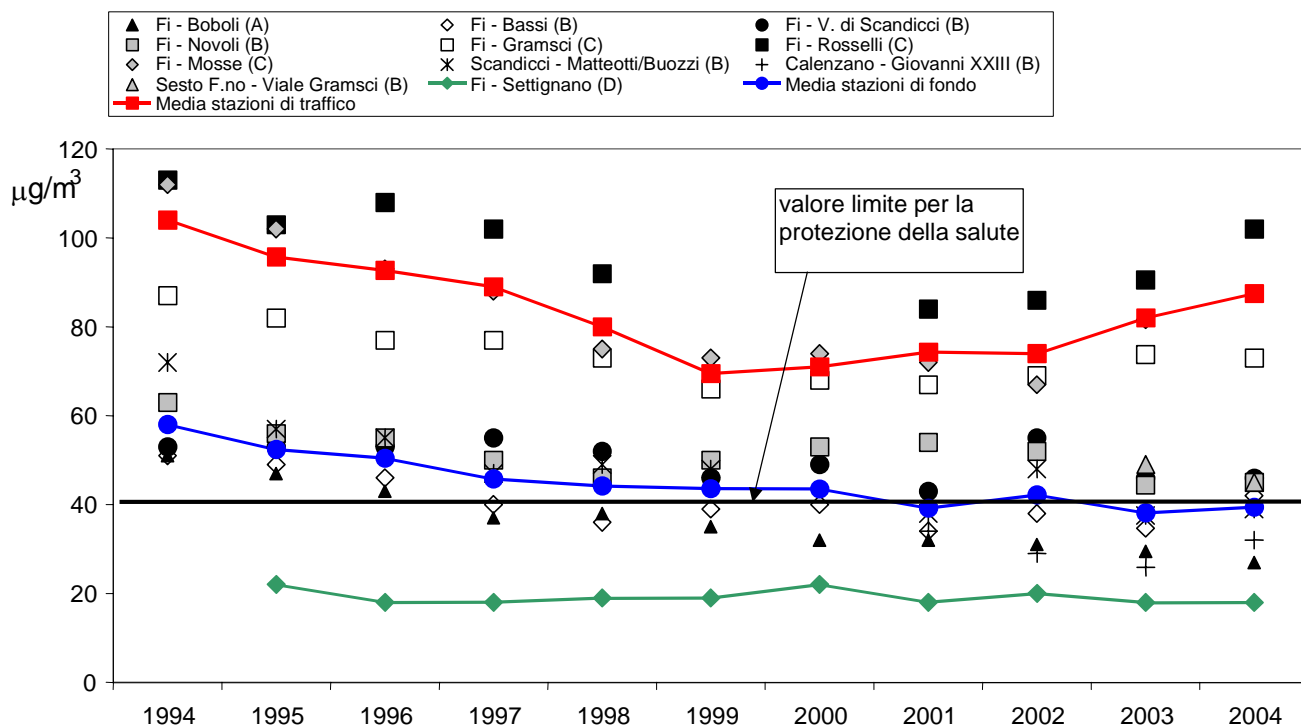


Figura 8 = trend della percentuale di numero di ore all'anno con concentrazione di NO<sub>2</sub> superiore a 200 µg/m<sup>3</sup> rilevata nelle stazioni di tipo A e B (parco urbano e aree residenziali).

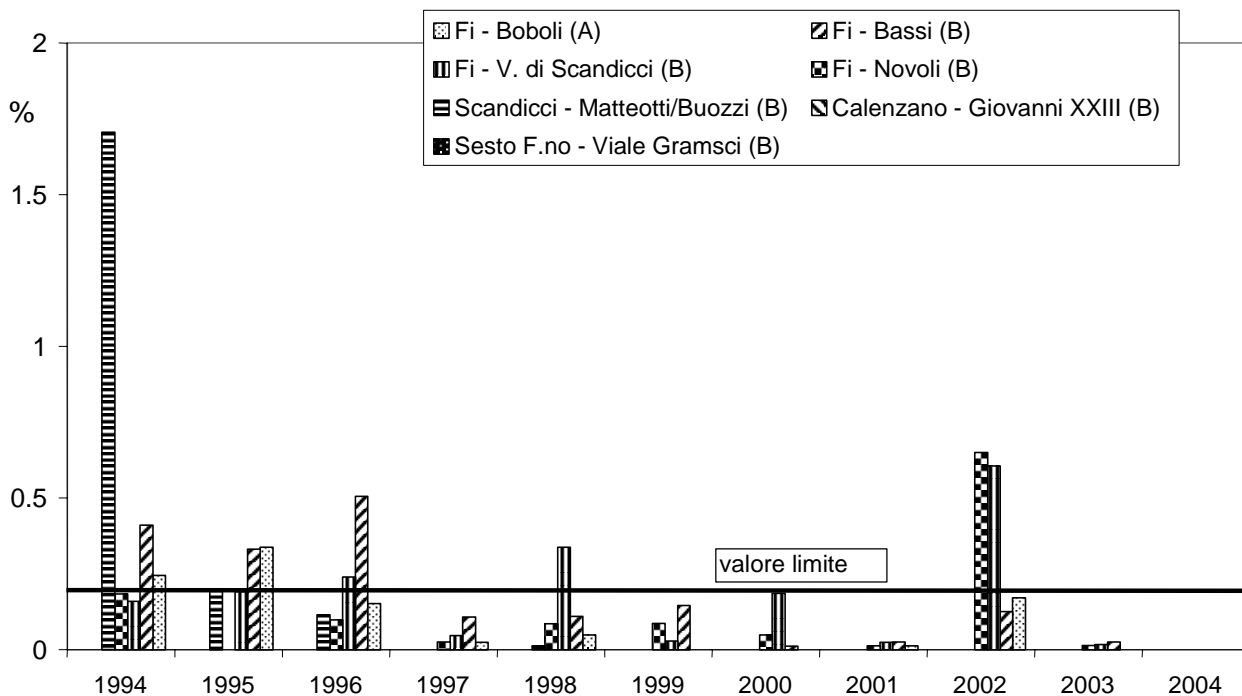
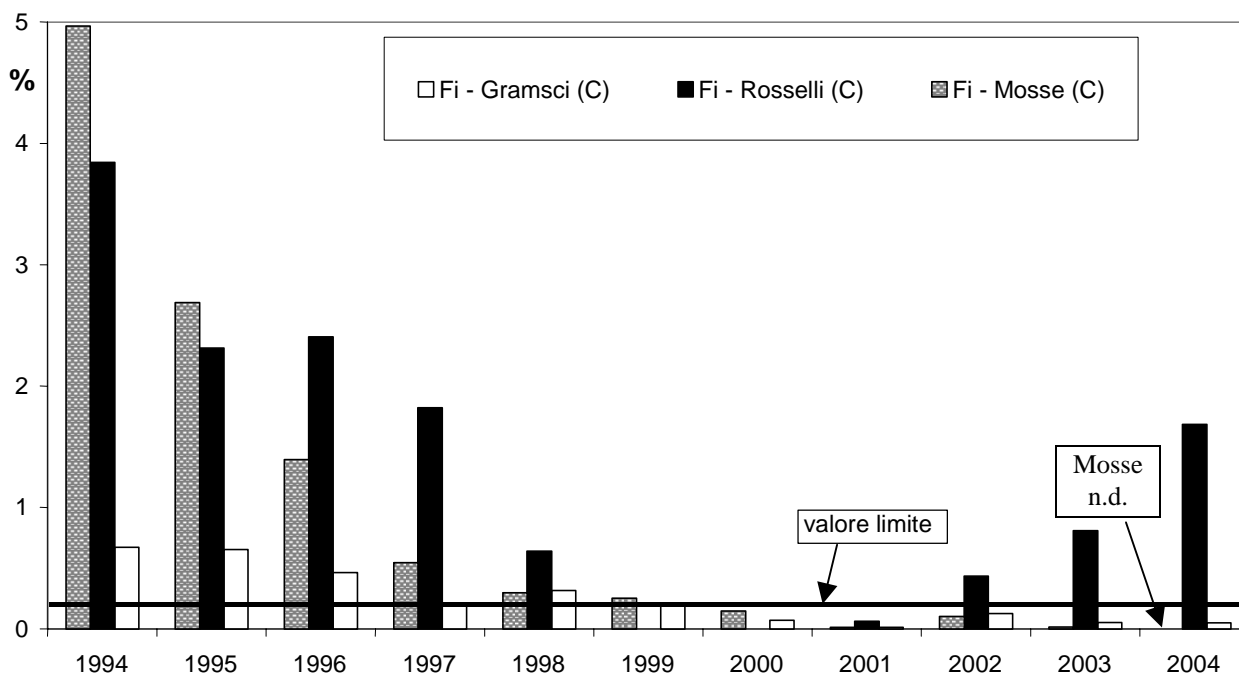




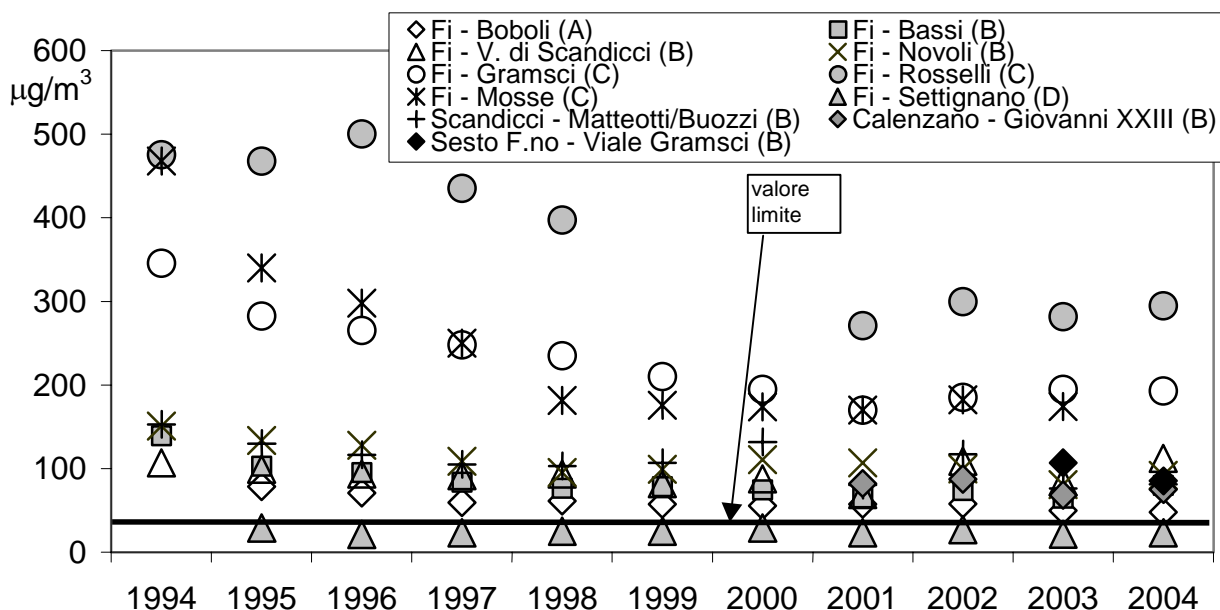
Figura 9 = trend della percentuale di numero di ore all'anno con concentrazione di  $\text{NO}_2$  superiore a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevata nelle stazioni di tipo C (siti ad alto traffico).



### 3.4 Ossidi di azoto totali ( $\text{NO}_x$ ).

Nella figura 10 si mostrano le concentrazioni medie annuali di  $\text{NO}_x$  (esprese come  $\text{NO}_2$ ) rilevate dal 1994 nelle stazioni della rete e si confrontano con il valore limite di riferimento fissato per la protezione della vegetazione (pari a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Figura 10 = trend delle concentrazioni medie annuali di  $\text{NO}_x$  (valori espressi come  $\text{NO}_2$ ).



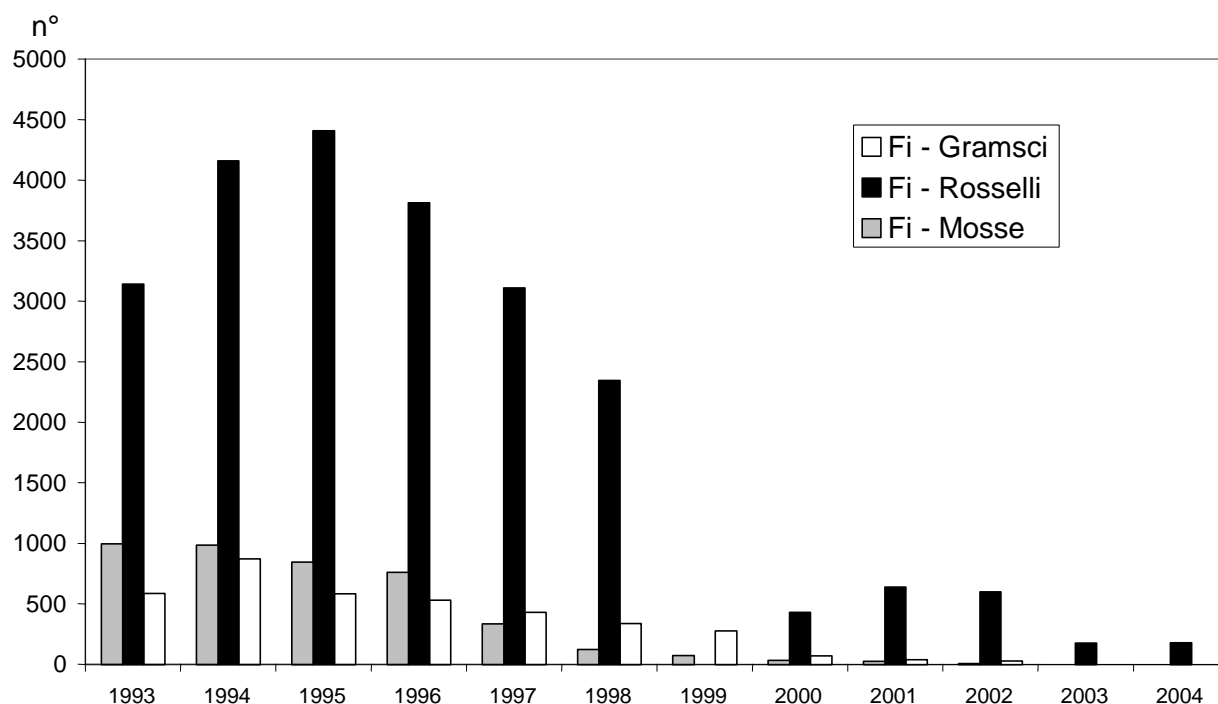


Si osservi che vi sono importanti differenze fra le varie tipologie di sito ma, salvo Settignano, in tutte le stazioni si verifica il superamento del limite. Le concentrazioni medie nelle aree residenziali e nel parco urbano risultano 2÷3 volte più elevate del valore di riferimento, mentre risultano 6÷10 volte più elevate nei siti in prossimità di flussi di traffico.

### 3.5 Monossido di carbonio (CO).

Poiché da alcuni anni i superamenti della media di 8 ore sono molto ridotti o nulli (negli anni 2003 e 2004 in particolare, non si sono verificati casi di superamento), per visualizzare il trend di lungo periodo nella figura 11 si mostrano le frequenze di superamento del 50% del limite fissato per la media di 8 ore consecutive, ovvero del valore di  $5 \text{ mg/m}^3$  anziché del valore di  $10 \text{ mg/m}^3$ . 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; perciò 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.

Figura 11 = CO: trend del numero di medie mobili di 8 ore superiori al valore  $5 \text{ mg/m}^3$  rilevate in ciascun anno nelle stazioni di tipo C (siti ad alto traffico).



### 3.6 Ozono (O<sub>3</sub>).

Nelle figure 12 e 13 si mostrano le frequenze di superamento dei limiti fissati per la media oraria  $180 \mu\text{g/m}^3$ , definita "soglia di informazione", e  $240 \mu\text{g/m}^3$ , definita "soglia di allarme".





Si osservi che non è possibile riconoscere un trend univoco e consolidato anche se, negli ultimi 6 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  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il cui valore è da confrontare con il valore di riferimento pari a 25 giorni all'anno. L'andamento storico mostra una sostanziale apparente stabilità nel corso degli anni, con superamenti diffusi nelle stazioni di misura collocate nel parco urbano (Boboli), nell'area collinare (Settignano) e alla periferia dell'area urbanizzata (Scandicci, Calenzano). Nella stazione collocata all'interno dell'area urbanizzata (Novoli) l'entità dei superamenti è notevolmente ridotta, come atteso per siti di monitoraggio dove si riscontrano livelli elevati degli inquinanti primari (monossido di carbonio, monossido di azoto, idrocarburi).

Nella figura 15 si mostra l'andamento del parametro AOT40, che è calcolato sommando le eccedenze orarie di  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevate nella fascia oraria 8-20 del periodo dal 1° maggio al 31 luglio. Per questo parametro è stato definito il valore bersaglio per la protezione della vegetazione, pari a  $18000 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{h}$ , e sostanzialmente rappresenta l'esposizione massima accettabile. Anche per questo indicatore si riscontra una situazione nettamente superiore al limite o prossima ad esso nella maggior parte delle stazioni di rilevamento e nella maggior parte degli anni.

Figura 12 =  $\text{O}_3$ : trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di informazione, pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rilevate in ciascun anno.

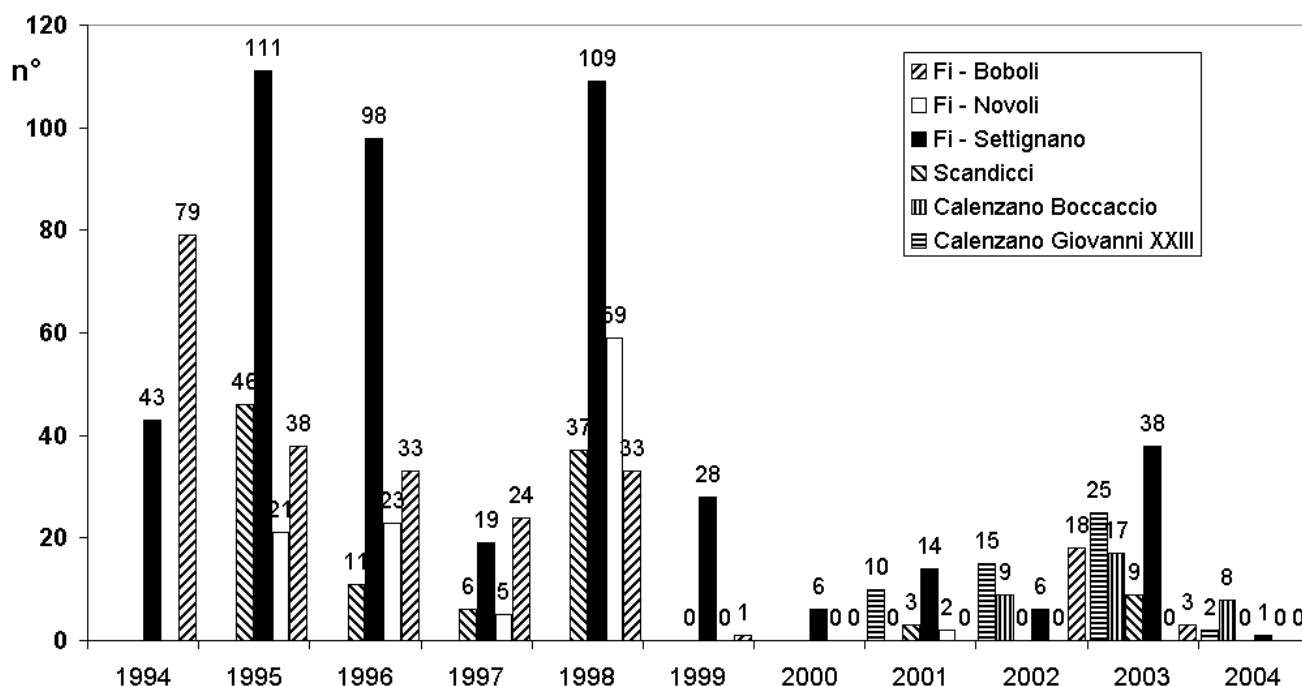




Figura 13 = O<sub>3</sub>: trend del numero di medie orarie superiori alla soglia di allarme, pari a 240 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in ciascun anno.

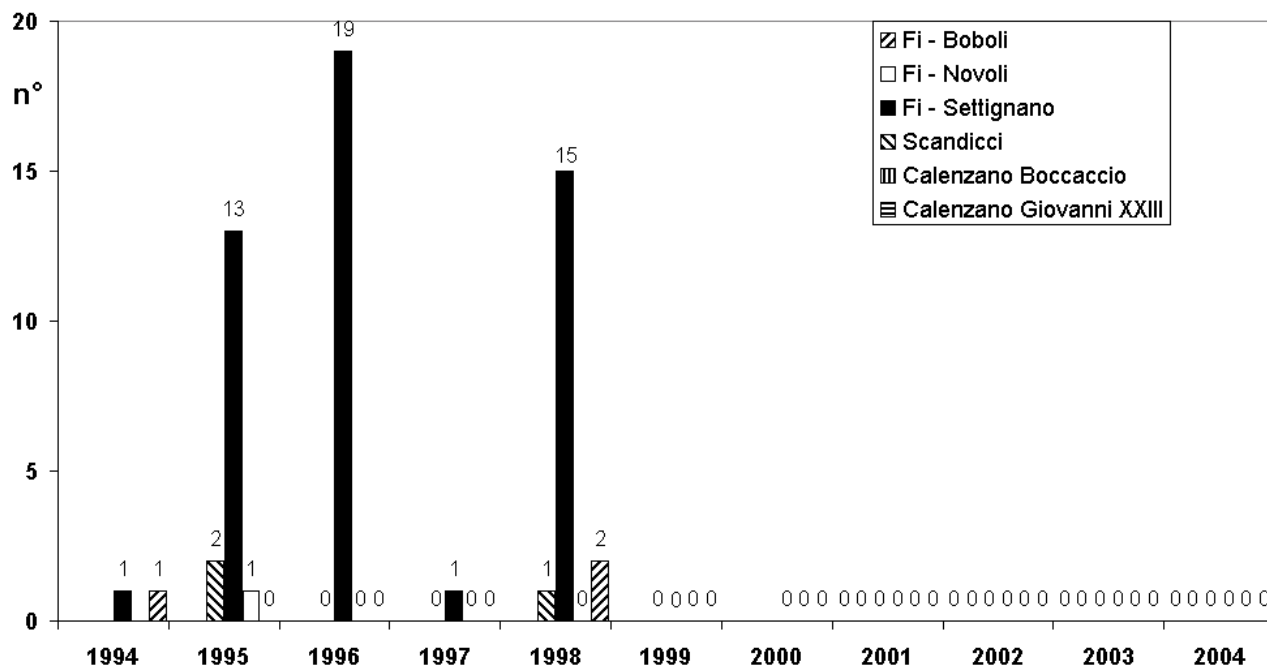


Figura 14 = O<sub>3</sub>: trend del numero di giorni con media mobile di 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in ciascun anno.

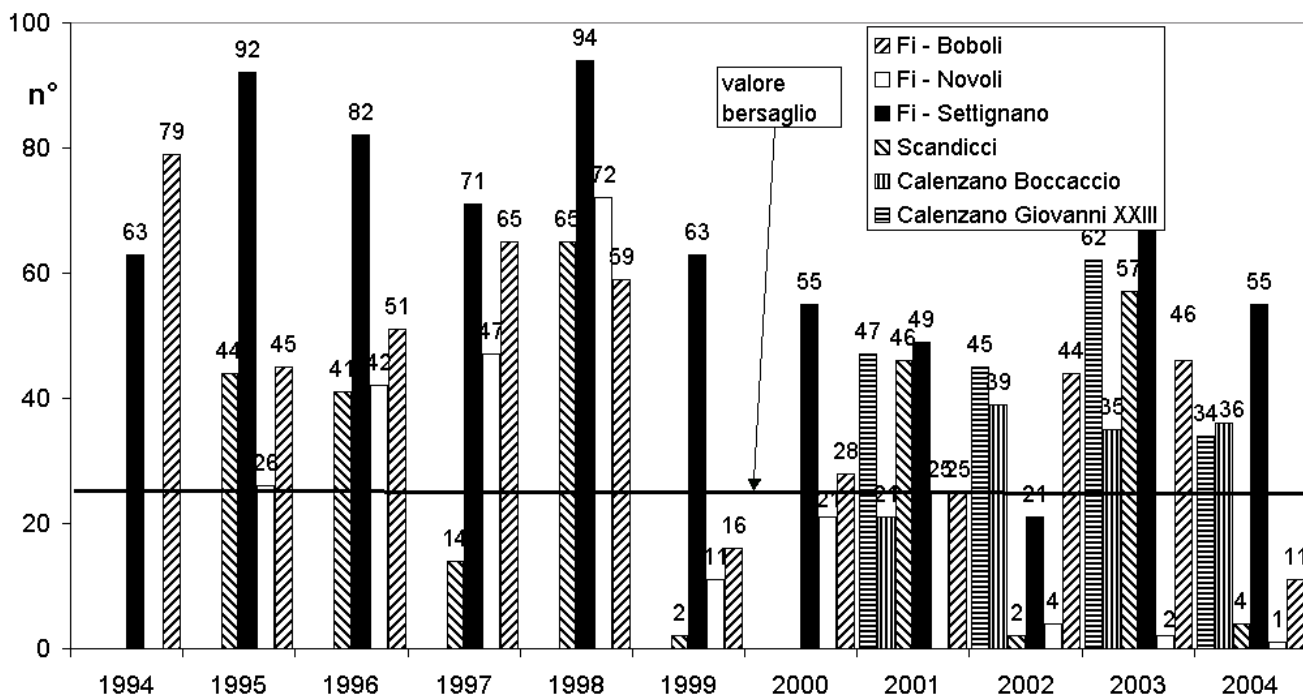
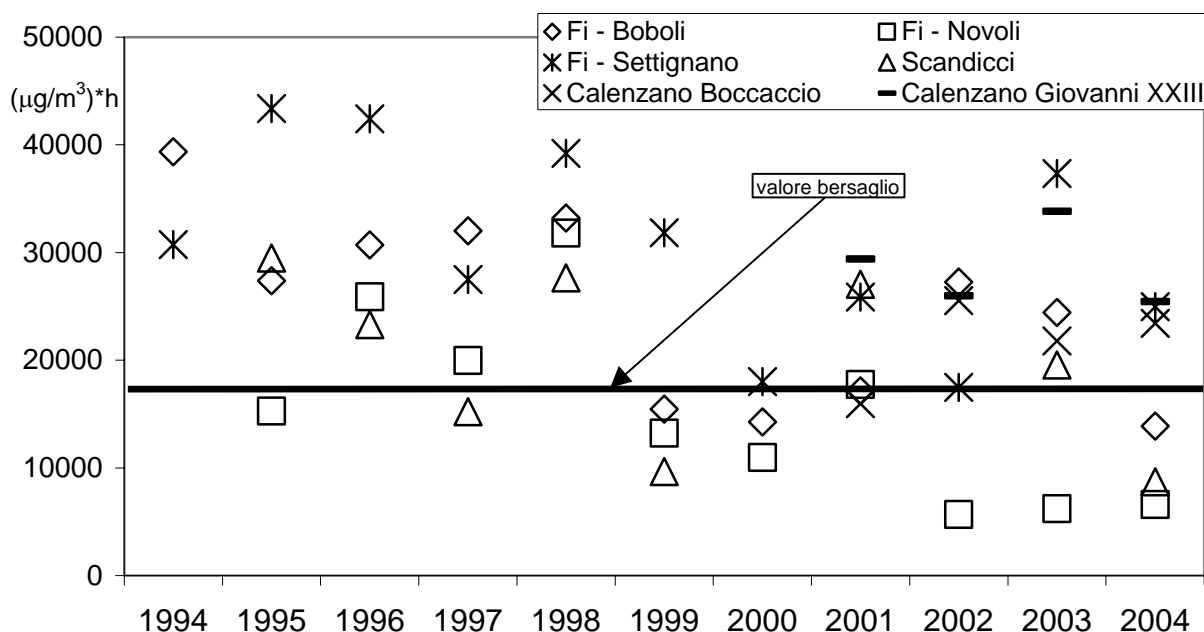




Figura 15 = O<sub>3</sub>: parametro AOT40 (sommatoria delle eccedenze orarie di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in ciascun anno).



A causa della sua natura di inquinante "secondario", i livelli di O<sub>3</sub> sono pesantemente influenzati dalle caratteristiche meteorologiche. La formazione di tale inquinante è favorita, oltre che dal livello di concentrazione dei precursori (NO<sub>x</sub> e idrocarburi reattivi), anche dall'intensità della radiazione solare, dalla temperatura e dal regime dei venti. I massimi livelli si riscontrano, di norma, in periodo estivo nelle ore centrali giornata.

Per tale motivo si osserva una considerevole riduzione dei livelli di ozono nel 2004 rispetto al 2003, anno in cui si è verificata una anomala persistenza di elevate temperature che rende conto delle alte concentrazioni rilevate nel 2003 rispetto al 2002 e al 2004.

### 3.7 Benzene.

Considerato che questo inquinante, come il 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 mostra l'andamento delle 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 mostra quello relativo alle 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 cogente dal 2010. 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).

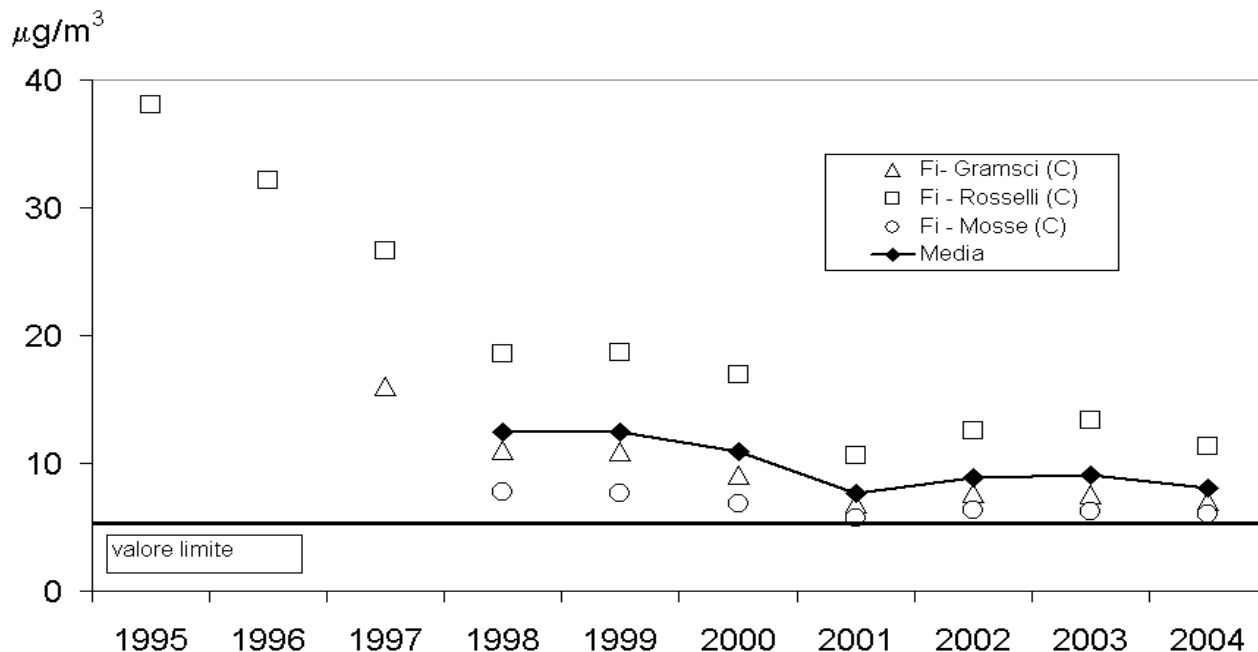
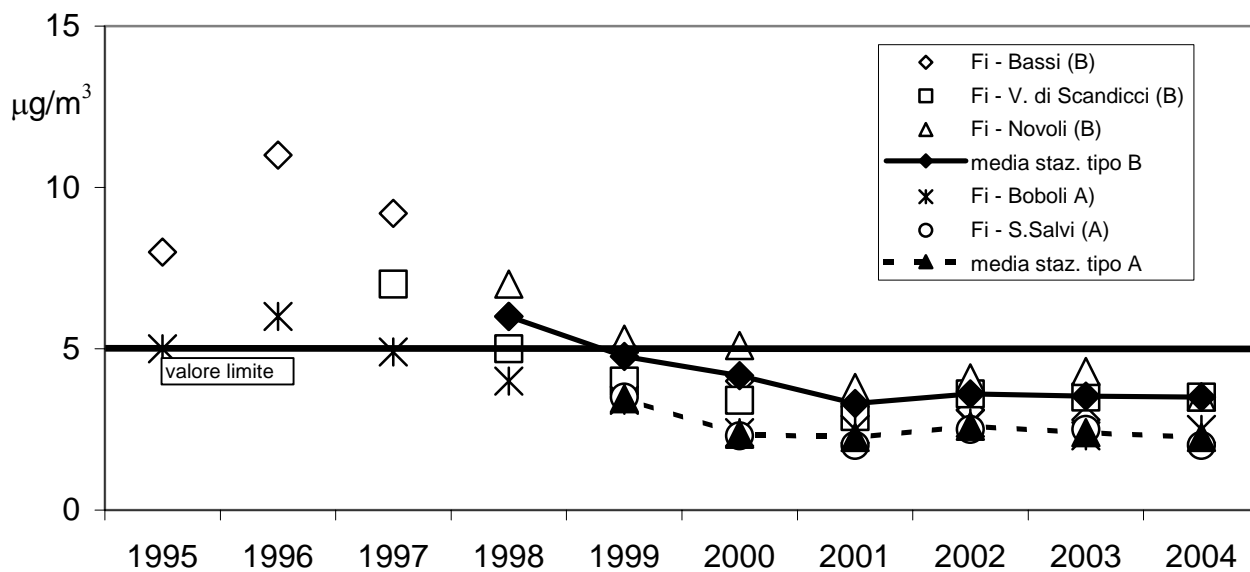


Figura 17 = trend delle concentrazioni medie annuali di benzene rilevate nelle stazioni di tipo A e B (parco urbano e aree residenziali).





La tendenza alla stabilità o modesto incremento riscontrata negli anni 2002 e 2003, nonostante prosegua il rinnovo del parco circolante e quindi si riducano i livelli di emissione, può essere messa in relazione all'aumento del tenore di benzene e di idrocarburi aromatici nella benzina in commercio da quando è stato eliminato il tipo "super". I dati del 2004 confermano una situazione di stabilità dei livelli di inquinamento.

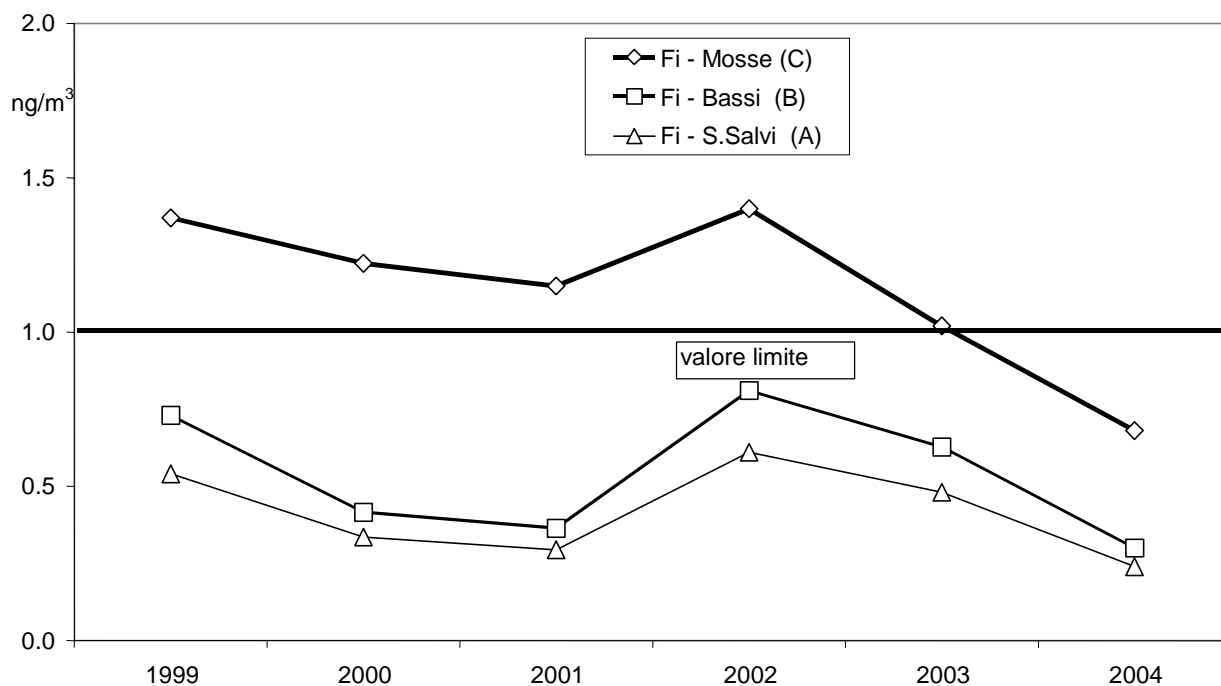
### 3.8 Benzo(a)pirene.

La determinazione di benzo(a)pirene, inquinante tipicamente presente nelle polveri aerodisperse, è possibile solo mediante sistemi di campionamento non completamente automatizzati e impegnative analisi di laboratorio. Per tale motivo il numero di siti di misura e le serie storiche disponibili sono limitate rispetto agli altri parametri rilevati tramite la rete di analizzatori automatici collocati nelle 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 fino all'anno 2001 anche se nel sito di tipo C (in prossimità di flussi di traffico) permane il superamento del valore di riferimento.

I valori relativi al 2002 evidenziano un netto incremento che, in larga misura, potrebbe dipendere dal fatto che si tratta della media del primo semestre, durante il quale si verificarono periodi particolarmente critici nei mesi di gennaio e febbraio (come descritto nel Rapporto dell'anno 2002). I valori rilevati nel 2003, poiché lievemente sovrastimati a causa del mancato rilevamento nel trimestre estivo, mostrano una sostanziale stabilità nei siti tipo A e B e confermano la tendenza alla riduzione nel sito tipo C. Nell'anno 2004 appare evidente la significativa riduzione dei livelli ambientali in tutte le tipologie di sito.

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 2004, il trend storico e l'origine degli inquinanti, in tabella 21 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, quali PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>, non è trascurabile l'origine naturale, ancorché di incerta quantificazione soprattutto per il PM<sub>10</sub>. 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 anticipo rispetto alla data di vigenza indicata nelle Direttive comunitarie.

Per valutare le priorità d'intervento nell'ambito delle azioni di risanamento, è senz'altro utile e necessario rivisitare i dati presentati in tabella 21, confrontati e proiettati rispetto ai valori limite "finali" ed a quelli maggiorati dei rispettivi margini di tolleranza previsti per l'anno 2004. Per questi, e per i soli inquinanti i cui valori risultano superiori ai valori limite "finali", il raffronto è riportato nelle tabelle successive (le eccedenze rispetto al valore limite + margine di tolleranza relativo al 2004 sono riportate in grassetto).

PM<sub>10</sub>: medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

| Tipo Stazione | Valore limite (2005) | Valore limite + margine di tolleranza (2004) | Valori medi rilevati |
|---------------|----------------------|--|----------------------|
| fondo urbano  | 40                   | 41.6   | 28 - <b>52</b>       |
| traffico      |                      |  | 35 - <b>83</b>       |
| Industriale   |                      |  | <b>40</b>            |

PM<sub>10</sub>: medie giornaliere, valori limite per la protezione della salute umana.

| Tipo Stazione | Valore limite (2005) | Valore limite + margine di tolleranza (2004) | N° superamenti ammessi | Valori rilevati (*)       |  |
|---------------|----------------------|--|------------------------|---------------------------|--|
|               |                      |  |                        | N° giorni > valore limite | N° giorni > valore limite + margine di tolleranza (2004) |
| fondo urbano  | 50                   | 55   | 35                     | <b>39 - 143</b>           | <b>25 - 120</b>  |
| traffico      |                      |  |                        | <b>48 - 272</b>           | <b>35 - 230</b>  |
| Industriale   |                      |  |                        | <b>82</b>                 | <b>72</b>  |

(\*) Stimati nel caso di rendimento >90%.

NO<sub>2</sub>: medie annuali, valori limite per la protezione della salute umana.

| Tipo stazione | Valore limite (2010) | Valore limite + margine di tolleranza (2004) | Valori medi rilevati |
|---------------|----------------------|--|----------------------|
| fondo urbano  | 40                   | 52   | 27 - 46              |
| traffico      |                      |  | <b>73 - 102</b>      |





**NO<sub>2</sub>: medie orarie, valori limite per la protezione della salute umana.**

| Tipo Stazione | Valore limite (2010) | Valore limite + margine di tolleranza (2004) | N° superamenti ammessi | N° ore > valore limite | N° ore > valore limite + margine di tolleranza (2004) |
|---------------|----------------------|--|------------------------|------------------------|---|
| Fondo urbano  | 200                  | 260  | 18                     | 0                      | 0   |
| traffico      |                      |  |                        | 4 - <b>148</b>         | 0 - 6   |

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

| Tipologia stazione | Valore limite (2010) | Valore limite + margine di tolleranza (2004) | Valore limite + margine di tolleranza (2005) | Valori medi rilevati |
|--------------------|----------------------|--|--|----------------------|
| Fondo urbano       | 5                    | 10   | 10   | 2,0 - 3,5            |
| traffico           |                      |  |  | 6,0 - <b>11,5</b>    |

Con l'incremento dei valori di riferimento determinato dall'aggiunta del margine di tolleranza, si ottiene, ovviamente, la riduzione del numero di siti in cui formalmente si superano le soglie o delle eccedenze. Tuttavia si riscontrano difformità residue nei siti prossimi a flussi di traffico per gli inquinanti PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> e anche per benzene in quelli esposti alle emissioni più dirette e rilevanti. In taluni siti di fondo residenziale le difformità si manifestano per PM<sub>10</sub> ed NO<sub>2</sub>.

Ciò conferma che il traffico costituisce ancora la principale sorgente di inquinamento atmosferico nell'area urbana e che il miglioramento della qualità dell'aria, necessario a conseguire il rispetto degli standard definiti dalle norme, passa attraverso l'adozione di misure strutturali, aggiuntive rispetto a quelle in essere su scala europea e nazionale. E' ampiamente documentato che almeno il 40-50% del particolato PM<sub>10</sub>, il 70-80% di NO<sub>2</sub> (mediamente nell'arco dell'anno) e oltre il 95% di benzene hanno origine diretta o indiretta dalle emissioni dovute alla circolazione dei veicoli a motore.

Nel dettaglio dei singoli inquinanti e in riferimento alla tabella 21, in cui si presenta il confronto con i valori standard validi a partire dall'anno 2005 e con quelli "finali" (ove diversi), possiamo sintetizzare la situazione corrente come segue.

Non desta preoccupazione il biossido di zolfo SO<sub>2</sub>.

Il monossido di carbonio (CO) appare rientrare nei limiti anche nella stazione a più elevata esposizione alle emissioni da veicoli a motore (Firenze-Rosselli).

Si segnalano situazioni di difformità per il benzene in siti particolarmente esposti ad intense e ravvicinate emissioni da veicoli a motore (entro alcuni metri dalle corsie di scorrimento). La difformità si estende alla generalità dei siti "traffico" se si assume a riferimento lo standard fissato all'anno 2010 e se si considera il trend di sostanziale stazionarietà da vari anni.

Il benzo(a)pirene (BaP) appare inferiore al limite nelle aree residenziali e, almeno nell'anno 2004, anche in prossimità di una strada, Via Ponte alle Mosse; attualmente con traffico non particolarmente elevato. Il proseguimento del monitoraggio nei prossimi anni consentirà di verificare se la riduzione dei livelli ambientali è consolidata o solo occasionale.

Più critica appare la situazione per il PM<sub>10</sub> che evidenzia superamenti dello standard relativo al 2005 estesi a gran parte dell'area metropolitana, sia su base annuale sia, soprattutto, come frequenza di





eccedenze giornaliere. Ancora più grave appare la situazione di difformità riguardo al valore standard fissato per l'anno 2010. Il trend sembra mostrare solo deboli segnali di riduzione, limitati ai soli siti residenziali.

In considerazione della varietà di sorgenti di particolato e della diversità di composizione chimica e di dimensione granulometrica del medesimo in relazione al tipo di sorgente, possiamo arricchire il commento con alcune considerazioni.

- Il valore di riferimento espresso in termini di superamenti del valore di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è più rigoroso e non coerente con rispetto a quello espresso in termini di media annuale. Infatti, al valore della media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  corrisponde, in base alla nota distribuzione delle concentrazioni giornaliere rilevate in un anno (log normale), un numero di superamenti nell'intorno di 80 - 90 giorni all'anno. Viceversa, ad un numero di giorni con concentrazione superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pari a 35, corrisponde una media annuale nell'intorno di  $30\text{-}33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (si veda la fig. 2).
- In prima approssimazione, la quota di particolato di origine antropica in area urbana è soprattutto quella generata dalla combustione (come ad esempio l'emissione allo scarico dei veicoli diesel) ed è caratterizzata da dimensione granulometrica inferiore a 1 micron ( $\text{PM}_{10}$ ). Questa frazione è quella certamente più dannosa sia perché in grado di penetrare fino agli alveoli polmonari sia per il contenuto in sostanze pericolose come gli IPA. La frazione di particolato più grossolana, ovvero con granulometria compresa fra 1 e 10 micron, comprende soprattutto polveri di natura "crostale" e quelle dovute al trasporto dalle zone aride, la cui composizione chimica è principalmente inorganica (sali e composti contenuti nei suoli e nei terreni). Ulteriori importanti contributi al livello atmosferico di polveri sono costituiti dalla frazione di particolato "secondario", composto da sali come solfato e nitrato di ammonio, che si formano in talune condizioni di stabilità atmosferica, e dalla risospensione dovuta al transito di veicoli sulla strada. Infine, contributi relativamente modesti sono dati dall'usura di freni, frizioni, pneumatici ed asfalto. La risospensione e l'usura sono direttamente riconducibili alla sorgente generica "traffico" e sono caratterizzati da granulometria superiore ad 1 micron mentre il particolato di natura secondaria ha dimensioni tipicamente inferiori al micron.
- In termini di massa di particolato per unità di volume di aria, è evidente che le particelle grossolane apportano contributi maggiori rispetto a quelle più fini che "pesano" meno anche perché, nella maggior parte dei casi, hanno peso specifico inferiore. La conseguenza è che la misura di  $\text{PM}_{10}$  appare un indicatore piuttosto grossolano rispetto a quanto sarebbe più utile misurare (solo la frazione più fine che è direttamente rappresentativa delle emissioni più inquinanti).
- Una migliore approssimazione dell'effettivo inquinamento da polveri con maggiore rilevanza sanitaria è costituita dal parametro  $\text{PM}_{2.5}$  (particolato inferiore a 2.5 micron) che comprende ancora contributi dovuti al trasporto e all'erosione dei suoli, ma molto più limitati.
- Grazie alle misure ormai quantitativamente piuttosto robuste di  $\text{PM}_{2.5}$  effettuate in alcune stazioni dell'area di Firenze (Boboli, Bassi, Gramsci, Rosselli e Mosse), possiamo valutare i range di valori di media annuale attribuibili al fondo urbano e ai siti esposti alle emissioni dirette da traffico:

|               |                          | $\text{PM}_{10}$ | $\text{PM}_{2.5}$ |
|---------------|--------------------------|------------------|-------------------|
| Fondo urbano  | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 25 - 35          | 15 - 20           |
| Siti traffico | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 35 - 80          | 25 - 50           |





La quota di  $PM_{2.5}$  contenuta nel  $PM_{10}$  appare nel range 50 - 70%, in accordo con i valori riportati in letteratura.

Anche l'inquinante  $NO_2$  evidenzia una situazione critica, soprattutto a livello di media annuale e soprattutto in siti di monitoraggio prossimi a flussi di traffico. Il trend relativo agli ultimi anni mostra la sostanziale stazionarietà nei siti residenziali e un deciso incremento nei siti traffico.

Per quanto riguarda l' $O_3$ , tipico inquinante di area vasta, si rilevano eccedenze nella ricorrenza di giorni con superamento nei siti di monitoraggio sub urbani, tipicamente soggetti ai più elevati livelli di questo inquinante. Nonostante la forte dipendenza dal quadro meteorologico, il trend sembrerebbe mostrare una riduzione dei livelli ambientali.

Nella tabella 22 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 in base ai limiti fissati per la tutela della salute, con difformità relative ai livelli di  $NO_x$  e di  $O_3$ .





**Tabella 21 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2004 nelle diverse tipologie di sito e principali sorgenti. Raffronto con indicatori per la protezione della salute umana.**

| Inquinante<br>(u.m.)                                   | Valore limite o<br>di riferimento<br>(1)  | Tipo<br>sito<br>(2) | Media<br>o<br>range | Stati di<br>Informazione<br>(3) | Stati di<br>Allarme<br>(4) | Sorgenti antropiche principali   |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|--|
| <b>PM<sub>10</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | <b>40</b> come media<br>annuale<br>[dal 2005]   | <b>FU</b>           | <b>28 - 52</b>      | <b>Non<br/>Previsto</b>         | <b>Non<br/>Previsto</b>    | Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), traffico (usura freni, frizioni, pneumatici, asfalto; risospensione), emissioni industriali, impianti termici a combustibili liquidi, combustione legna, attività antropica generica (quota aggiuntiva di origine secondaria, precursori NO <sub>x</sub> e SO <sub>2</sub> ) |
|  |   | <b>T</b>            | <b>35 - 83</b>      |                                 |                            |  |
|  | <b>20</b> come media<br>annuale<br>[dal 2010]   | <b>Ind</b>          | <b>40</b>           |                                 |                            |  |
|  |   | <b>FU</b>           | <b>39 - 143 gg</b>  |                                 |                            |  |
|  | 50 come media<br>di 24 ore<br>[max <b>35</b> gg dal<br>2005, max <b>7</b> gg<br>dal 2010]     | <b>T</b>            | <b>48 - 272 gg</b>  |                                 |                            |  |
|  |   | <b>Ind</b>          | <b>82 gg</b>        |                                 |                            |  |
| <b>SO<sub>2</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  | 350 come<br>media oraria<br>[max 24 ore dal<br>2005]  | <b>FU</b>           | <b>0 ore</b>        | <b>Non<br/>Previsto</b>         | <b>0</b>                   | Impianti termici industriali e domestici alimentati con combustibili solidi e liquidi (carbone, olio e gasolio).   |
|  |   | <b>T</b>            | <b>0 ore</b>        |                                 |                            |  |
|  | 125 come<br>media 24 ore<br>[max 3 gg dal<br>2005]  | <b>FU</b>           | <b>0 gg</b>         |                                 |                            |  |
|  |   | <b>T</b>            | <b>0 gg</b>         |                                 |                            |  |
| <b>CO</b><br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ )                | 10 come media<br>di 8 ore da non<br>superare<br>[dal 2005]                                    | <b>FU</b>           | <b>0 sup</b>        | <b>Non<br/>Previsto</b>         | <b>Non<br/>Previsto</b>    | Auto pre Direttiva 91/441 CEE (a benzina e a gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 e 4 tempi).   |
|  |   | <b>T</b>            | <b>0 sup</b>        |                                 |                            |  |
| <b>NO<sub>2</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  | 200 come<br>media oraria<br>[max <b>18</b> ore dal<br>2010]                                   | <b>FU</b>           | <b>0 ore</b>        | <b>0</b>                        | <b>0</b>                   | Veicoli diesel (medi e pesanti), auto pre Direttiva 91/441 CEE (diesel, a benzina e a gas non catalizzate), impianti termici industriali e domestici (prevalente origine secondaria, precursore NO)  |
|  |   | <b>T</b>            | <b>4 - 148 ore</b>  |                                 |                            |  |
|  | <b>40</b> come media<br>annuale<br>[dal 2010]   | <b>FU</b>           | <b>27-46</b>        |                                 |                            |  |
|  |   | <b>T</b>            | <b>73-102</b>       |                                 |                            |  |
| <b>O<sub>3</sub></b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )   | 120 come<br>media di 8 ore<br>[max <b>25</b> gg dal<br>2010]                                  | <b>FU</b>           | <b>1-36 gg</b>      | <b>4</b>                        | <b>0</b>                   | Auto pre Direttiva 91/441 CEE (a benzina e a gas non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi), veicoli diesel, lavorazioni industriali e artigianali con emissione di solventi e altre sostanze organiche volatili (origine secondaria, precursori NO <sub>x</sub> , HC, altre sostanze organiche)                       |
|  |   | <b>FSU</b>          | <b>55 gg</b>        |                                 |                            |  |
|  |   | <b>Ind</b>          | <b>34 gg</b>        |                                 |                            |  |
| <b>Benzene</b><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )         | <b>10</b> come media<br>annuale<br>[dal 2005]<br><b>5</b> come media<br>annuale<br>[dal 2010] | <b>FU</b>           | <b>2,0-3,5</b>      | <b>Non<br/>Previsto</b>         | <b>Non<br/>previsto</b>    | Auto pre Direttiva 91/441 CEE (benzina non catalizzate), ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi).   |
|  |   | <b>T</b>            | <b>6,0-11,5</b>     |                                 |                            |  |
| <b>BaP</b><br>( $\text{ng}/\text{m}^3$ )               | <b>1</b> come media<br>annuale  | <b>FU</b>           | <b>0,24 - 0,30</b>  | <b>Non<br/>Previsto</b>         | <b>Non<br/>previsto</b>    | Veicoli diesel, ciclomotori e motocicli (motori 2 tempi)   |
|  |   | <b>T</b>            | <b>0,68</b>         |                                 |                            |  |

(1) DM 60/02 per PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, benzene; DLgs 183/04 per O<sub>3</sub>; DM 25.11.1994 e Direttiva 2004/107/CE per BaP.

(2) FU = fondo urbano; T = traffico; Ind = area industriale; FSU = fondo suburbano.

(3) DLgs 183/04 per O<sub>3</sub>, O.S. di Firenze 10211/03 per NO<sub>2</sub>

(4) DM 60/02 per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, DLgs 183/04 per O<sub>3</sub>,





Tabella 22 = Livelli di inquinamento rilevati nell'anno solare 2004 nelle diverse tipologie di sito. Raffronto con indicatori per la protezione dell'ecosistema e della vegetazione.

| Inquinante<br>(u.m.)                                       | Valore limite o<br>di riferimento<br>(1)           | Tipo<br>sito<br>(2) | Media o range         |
|--|--|---------------------|-----------------------|
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )                    | 20<br>come media annuale e invernale<br>[dal 2001] | FU                  | 1 - 4                 |
|  |  | T                   | 3                     |
| NO <sub>x</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> di NO <sub>2</sub> ) | 30<br>come media annuale<br>[dal 2001]             | <b>FU</b>           | <b>40 - 112</b>       |
|  |  | <b>T</b>            | <b>193 - 295</b>      |
|  |  | FSU                 | 23                    |
| O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> *h)                   | 18.000<br>come AOT40<br>[dal 2010]                 | <b>FU</b>           | 6.606 - <b>25.457</b> |
|  |  | <b>FSU</b>          | <b>24.968</b>         |
|  |  | <b>Ind</b>          | <b>23.434</b>         |

(1) DM 60/02 per SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>; DLgs 183/04 per O<sub>3</sub>

(2) FU = fondo urbano; T = traffico; Ind = area industriale; FSU = fondo suburbano





## 5 Le condizioni meteorologiche.

Nelle figure successive (da 18 a 20) sono riportati gli andamenti delle principali variabili meteorologiche rilevati presso la stazione urbana di Firenze-Ximeniano durante l'anno 2004.

Sono inoltre presentati i dati statistici mensili ed annuali con il raffronto rispetto al periodo 1994-2003 (tabelle da 23 a 28 e figure da 21 a 24).

### 5.1 Andamento meteorologico nell'anno 2004

Per quanto riguarda l'andamento termico, generalmente regolare durante l'anno, si segnala come il mese di maggio sia invece risultato "freddo", con sia la media dei valori minimi giornalieri, che quella dei massimi e delle medie giornaliere inferiori al valore minimo registrato dalla stazione nei 10 anni precedenti (Figure 19, 21, 22, 23; tabelle 24, 25, 26). Altre variazioni, relativamente meno importanti, sono risultate nel mese di ottobre, con la media delle minime superiore ai valori degli anni precedenti, la media delle massime del mese di marzo e la media delle medie giornaliere di gennaio, inferiori ai dati degli anni precedenti.

I valori delle temperature minime giornaliere inferiori a 0 °C sono concentrati nel mese di gennaio, non sono presenti in febbraio e l'ultimo di questi episodi (nell'inverno 2003-2004) è relativo ai primi giorni di marzo. Nell'autunno ricompare un valore inferiore a 0° C alla fine di novembre ed un analogo episodio a dicembre. I valori di temperature massime superiori a 30 °C si registrano a partire da metà giugno e fino alla prima metà di settembre.

Per quanto riguarda le precipitazioni totali e mensili, anche queste rientrano generalmente negli intervalli di variabilità degli anni precedenti, sia come intensità che come numero di giorni di precipitazione (tabella 27), sia come distribuzione di intensità (tabella 28); si distacca solamente il mese di ottobre in cui si è registrato un valore cumulato superiore agli anni precedenti. Il dato giornaliero più elevato dell'anno è risultato dell'ordine dei 50 mm (a fine di ottobre).

Anche per quanto riguarda la distribuzione in frequenza delle direzioni del vento (parametro DVP, tabella 29, figura 24), tenuto conto che i dati orari del 2004 sono incompleti per la mancanza dei valori da metà novembre alla fine dell'anno, le variazioni riscontrate rispetto ai dati del periodo 1994-2003 non sembrano significative; si segnala comunque una frequenza ridotta nel settore SE (1.8% rispetto al 4.2%).

La presenza di venti di brezza è tipicamente indicata dalle direzioni ESE (presente di notte lungo tutto l'arco dell'anno, 24.6% dei dati orari del periodo 1994-2003) ed WSW (diurna, presente quasi esclusivamente nel periodo primaverile ed estivo, con frequenza complessiva 1994-2003 del 10.1%). In quest'ultimo settore i valori dell'anno 2004 in eccesso rispetto alle frequenze percentuali del periodo potrebbero essere effettivamente dovuti alla parzialità dei dati considerati (assenza dei dati dell'ultimo periodo dell'anno in cui il vento proveniente dai quadranti occidentali è più raro).

L'altro settore con frequenze rilevanti è quello di NNE legato ai tipici episodi di avvezione di correnti fredde settentrionali (frequenze 1994-2003 dell'11.4 %), anche in questo caso le differenze dei dati relativi al 2004 potrebbero essere dovute a quanto detto sopra e comunque non appaiono così rilevanti. Le condizioni di variabilità (assenza di direzione prevalente) hanno avuto nel 2004 frequenza dell'ordine del 10% delle ore, non troppo dissimile dal dato di lungo periodo (11%). Per la localizzazione della stazione e dei sensori anemometrici ad un'altezza rilevante, sopra il livello dei tetti della città, le condizioni di calma di vento (ovvero velocità media inferiore a 0.3 m/s) risultano estremamente rare, sia nell'anno 2004 che sul lungo periodo.





## **5.2 Influenza sull'inquinamento atmosferico dell'area**

Gli effetti delle condizioni meteorologiche sull'andamento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici sono in genere di difficile valutazione; in particolare quando si prendono in considerazione lunghi periodi temporali, all'interno dei quali la variabilità associata ai parametri meteorologici è estremamente elevata, risulta difficile valutare le differenze di influenza. Sull'intero anno viene infatti a crearsi una successione di condizioni meteorologiche tali da produrre l'alternanza "casuale" di situazioni favorevoli all'accumulo o alla formazione degli inquinanti con situazioni invece favorevoli alla loro dispersione, e l'effetto è in molti casi specifico a seconda della sostanza inquinante considerata. In generale si può dire che i valori medi annuali dei parametri meteorologici non mostrano quasi mai differenze che possano essere considerate significative dell'influenza sui fenomeni di inquinamento atmosferico; analogamente anche l'esame delle distribuzioni di frequenza dei parametri difficilmente rivela qualche differenza tra i diversi anni. Ed in ogni caso una volta osservate differenze ritenute significative sarebbe necessario quantificare il loro effetto in termini di concentrazioni degli inquinanti, questione assai complessa e ancora aperta. Le osservazioni che seguono hanno quindi preminente carattere qualitativo.

In termini generali (e per questo molto approssimativi) l'estate del 2004 può essere considerata caratterizzata da condizioni meteorologiche tipiche, con lunghi periodi di stabilità interrotti da brevi episodi di instabilità. Per quanto riguarda l'inquinamento fotochimico ovvero l'ozono, presente su livelli significativi soltanto nel periodo estivo, le condizioni che si sono presentate durante la stagione dovrebbero essere considerate favorevoli alla sua formazione. Appare però evidente che rispetto all'estate dell'anno precedente, caratterizzata dalla fortissima "heat wave", quella del 2004 risulta decisamente più "normale". Questo appare in accordo con i risultati delle misure delle stazioni di monitoraggio, in netta diminuzione su tutti i parametri (medie di 8 ore, medie orarie massime giornaliere, AOT) rispetto al 2003.

Meno evidente risulta la valutazione seppur qualitativa degli andamenti registrati nel periodo invernale. Infatti anche se nei mesi autunnali ed invernali sono individuabili brevi periodi di stabilità (dell'ordine della settimana o decina di giorni), e quindi favorevoli all'accumulo delle sostanze inquinanti (prima parte di gennaio, inizio di febbraio, forse la seconda settimana di dicembre e la penultima di ottobre), i periodi di instabilità (ben individuabili in figura 18 dalle cadute della pressione e dalle barre delle precipitazioni) appaiono distribuiti pressoché uniformemente su tutto il periodo. Ciò ha senz'altro comportato una mitigazione delle concentrazioni medie degli inquinanti più tipicamente invernali (particolato e biossido di azoto).

In effetti considerando il numero di giorni di precipitazione (confrontato ad esempio con l'analogo del 2003, tabelle 27 e 28) si osserva come i mesi invernali siano stati caratterizzati tutti da numerosi giorni di pioggia. Il dato complessivo indica un incremento di ben 28 giorni rispetto al 2003. Poiché in tanta incertezza di effetti, quello delle precipitazioni è invece un elemento sicuro (in media), si può ritenere sotto questo aspetto che nei mesi invernali del 2004 le condizioni di piovosità abbiano favorito una mitigazione delle concentrazioni anche rispetto ai dati del 2003.

La distribuzione statistica delle classi di stabilità atmosferica (secondo Pasquill) conferma qualitativamente le precedenti osservazioni: si osserva il lieve incremento della classe D (neutra) corrispondente tra l'altro alle situazioni diurne di cielo coperto (e precipitazioni), del 2004 rispetto al 2003, a scapito da una parte delle condizioni di maggiore instabilità (classe A) e dall'altra a quelle stabili (classi E ed F). Di analogo segno le informazioni ottenibili analizzando i dati delle differenze di temperatura con la stazione di Monte Morello (Collina, Sesto F.no). In passato il valore di questa differenza è stato ampiamente utilizzato ed è risultato estremamente significativo come indicatore dell'inquinamento atmosferico, essendo un buon descrittore delle condizioni di inversione termica. Seppur relativo a dati parziali (nel 2003 solo circa il 73% delle ore, nel 2004 circa l'87%) il numero di ore di presunta inversione termica (fissata qui indicativamente come una differenza superiore ad





1 °C tra la stazione in quota, Monte Morello e quella in città, Ximeniano) è risultato di circa un punto percentuale superiore nel 2003 rispetto al 2004 (tabella 30).

Appaiono invece di segno contraddittorio le variazioni nelle distribuzioni di intensità del vento tra i due anni (tabella 31): infatti il 2003 appare caratterizzato da frequenze lievemente superiori nelle classi di maggiore velocità, ma anche in quella di velocità minime. Corrispondentemente il 2004 ha frequenze superiori nelle classi intermedie tra 1 e 4 m/s di velocità media oraria.





Figura 18 = pressione atmosferica media e precipitazioni totali giornaliere

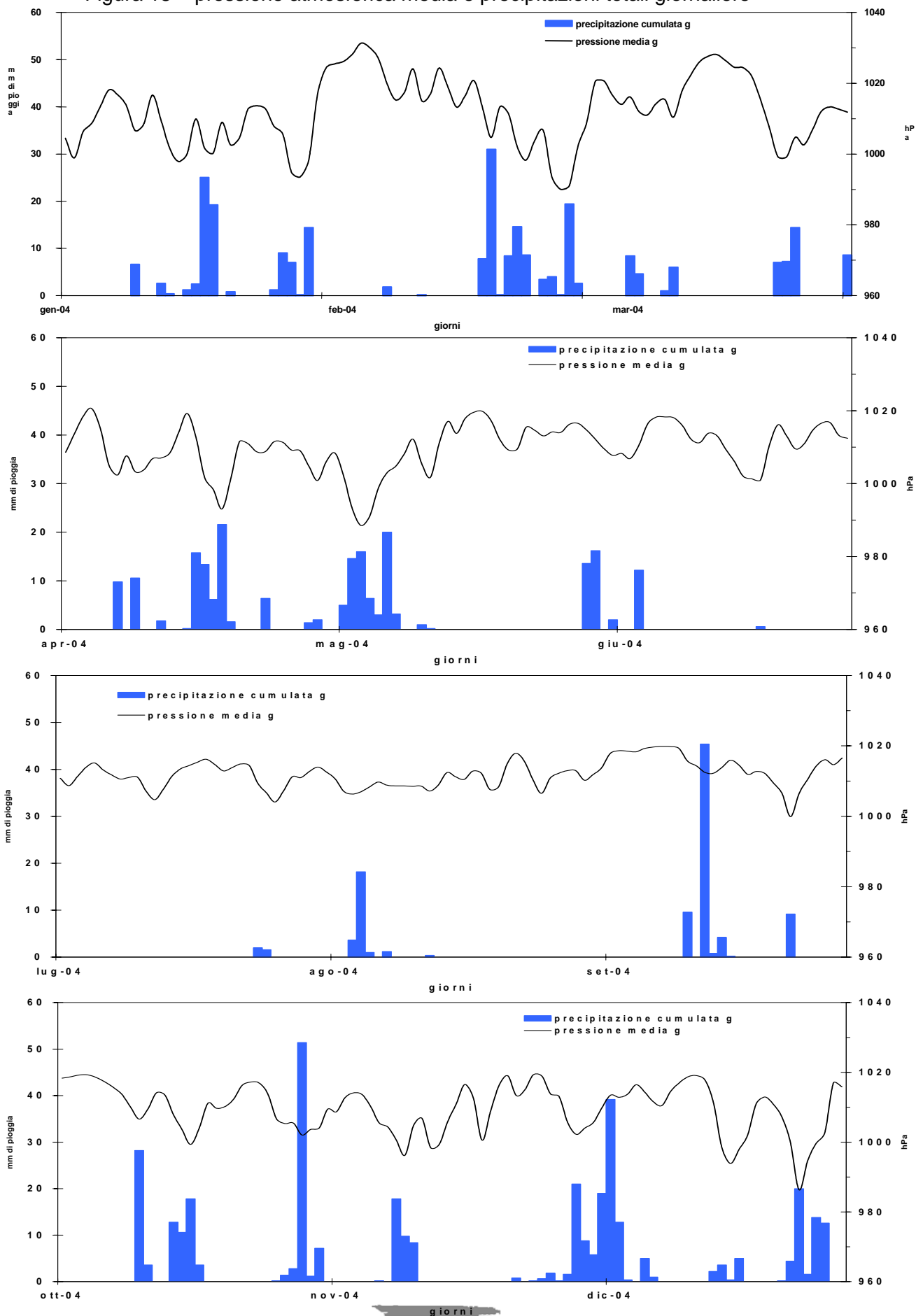




Figura 19 = temperature medie, minime e massime giornaliere (medie orarie)

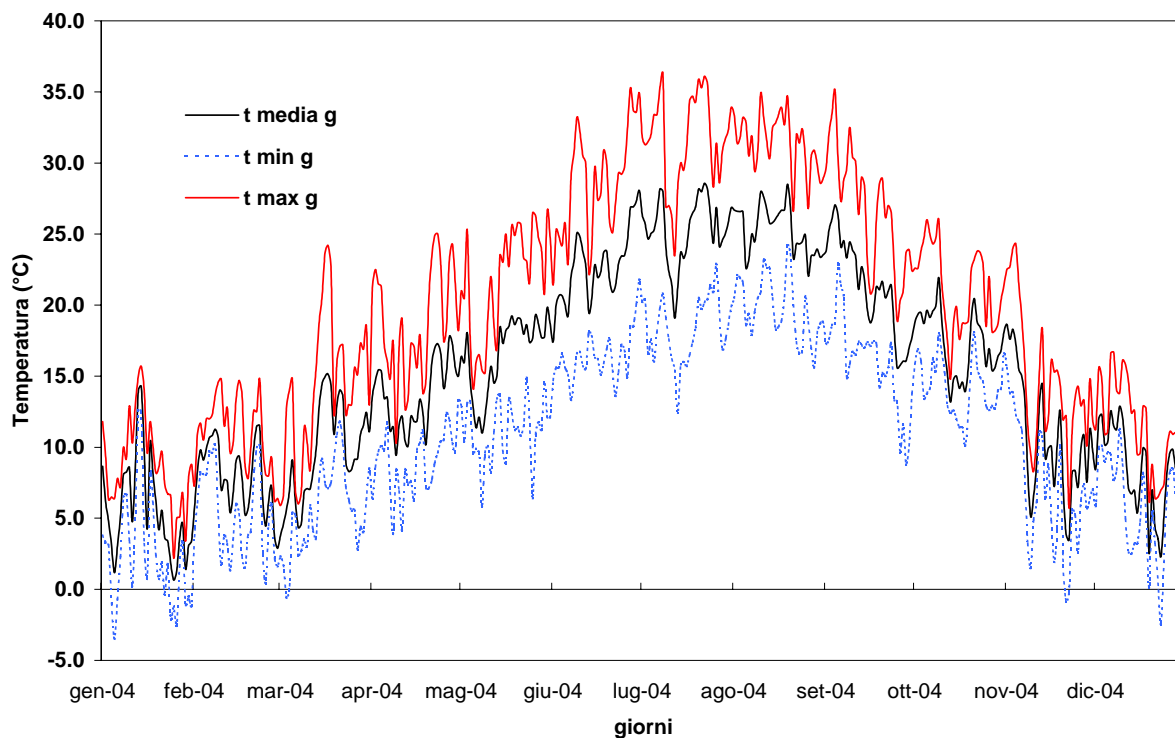


Figura 20 = velocità del vento medie e massime giornaliere (medie orarie)

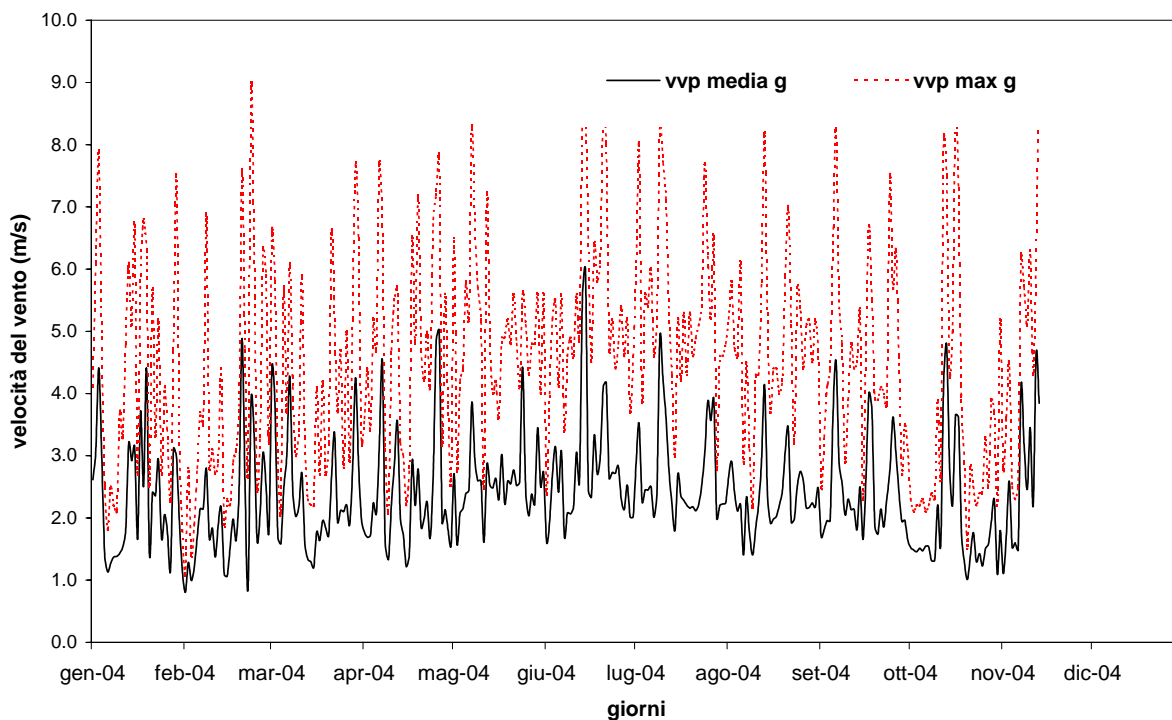




Figura 21 = medie mensili delle temperature minime giornaliere (confronto con il periodo 1994-2003)

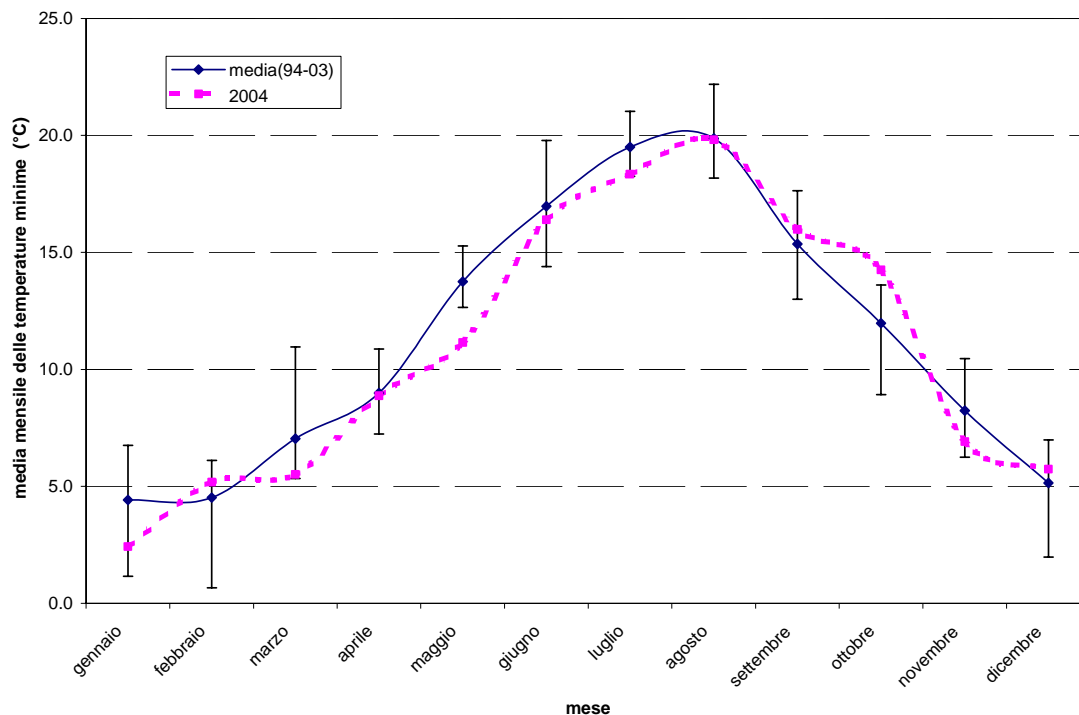


Figura 22 = medie mensili delle temperature massime giornaliere (confronto con il periodo 1994-2003)

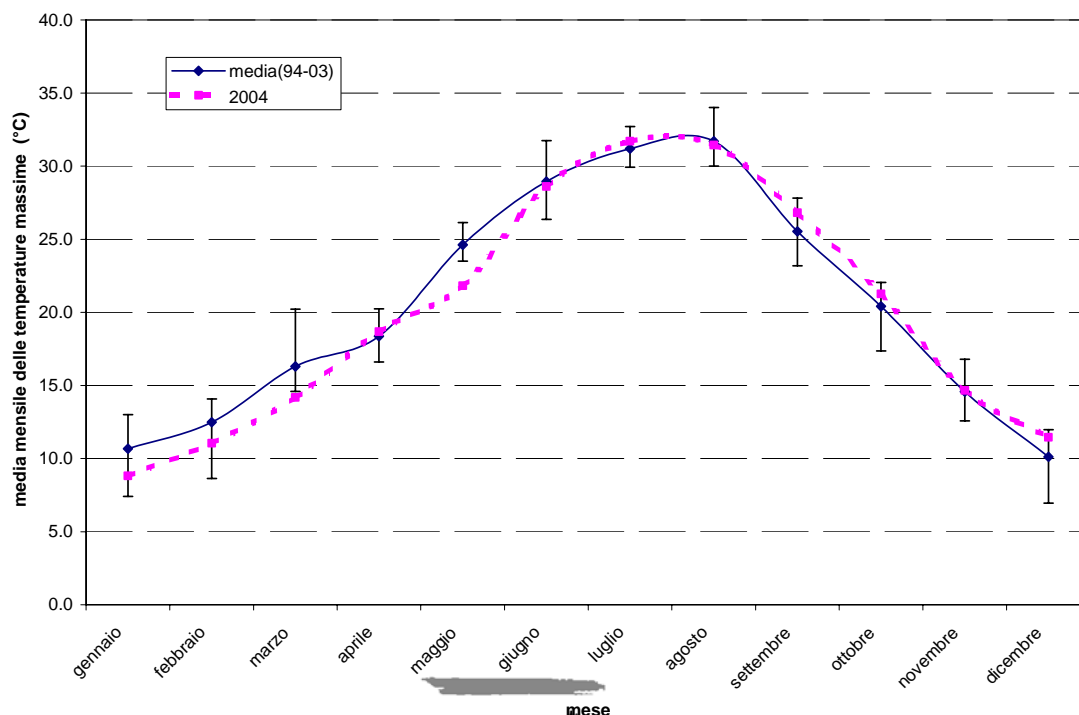




Figura 23 = medie mensili delle temperature medie giornaliere (confronto con il periodo 1994-2003)

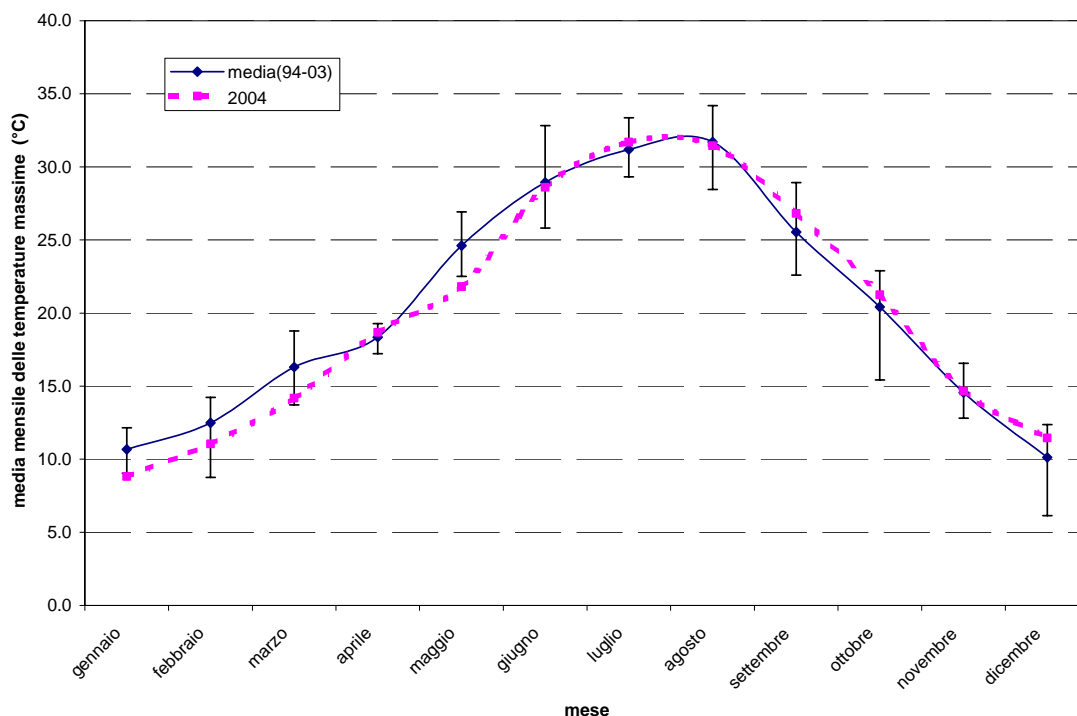


Tabella 23 = medie mensili delle temperature medie giornaliere Firenze – Ximeniano (°C)

| mese\anno | 2003 | <b>2004</b>      | Minimo [94-03] | Media [94-03] | Massimo [94-03] |
|-----------|------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| gennaio   | 6.5  | <b>5.6</b>       | 4.8            | 7.3           | 9.1             |
| febbraio  | 4.5  | <b>7.9</b>       | 4.5            | 8.2           | 9.7             |
| marzo     | 10.9 | <b>9.6</b>       | 9.5            | 11.4          | 13.9            |
| aprile    | 13.3 | <b>13.6</b>      | 12.3           | 13.4          | 14.7            |
| maggio    | 20.7 | <b>16.6 &lt;</b> | 17.4           | 19.1          | 21.0            |
| giugno    | 26.2 | <b>22.7</b>      | 20.2           | 22.9          | 26.2            |
| luglio    | 26.9 | <b>25.3</b>      | 24.0           | 25.3          | 27.0            |
| agosto    | 27.7 | <b>25.3</b>      | 23.1           | 25.6          | 27.7            |
| settembre | 20.2 | <b>21.3</b>      | 17.4           | 20.1          | 22.4            |
| ottobre   | 11.9 | <b>17.4</b>      | 11.9           | 15.8          | 17.7            |
| novembre  | 10.7 | <b>10.6</b>      | 9.7            | 11.1          | 13.3            |
| dicembre  | 5.9  | <b>8.4</b>       | 4.9            | 7.5           | 9.5             |





**Tabella 24 = medie mensili delle temperature minime giornaliere Firenze – Ximeniano (°C)**

| mele\anno | 2003     | 2004             | Minimo<br>[94-03] | Media<br>[94-03] | Massimo<br>[94-03] |
|-----------|----------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| gennaio   | 3.9      | <b>2.4</b>       | 1.2               | 4.4              | 6.7                |
| febbraio  | 0.7      | <b>5.2</b>       | 0.7               | 4.5              | 6.1                |
| marzo     | 6.1      | <b>5.5</b>       | 5.3               | 7.0              | 11.0               |
| aprile    | 9.0      | <b>8.9</b>       | 7.2               | 9.0              | 10.9               |
| maggio    | 14.5     | <b>11.1 &lt;</b> | 12.6              | 13.7             | 15.3               |
| giugno    | 19.8     | <b>16.4</b>      | 14.4              | 17.0             | 19.8               |
| luglio    | 21.0     | <b>18.3</b>      | 18.3              | 19.5             | 21.0               |
| agosto    | 22.6     | <b>19.8</b>      | 18.2              | 19.9             | 22.2               |
| settembre | 15.7     | <b>16.0</b>      | 13.0              | 15.4             | 17.6               |
| ottobre   | 10.2 (*) | <b>14.3 &gt;</b> | 8.9               | 12.0             | 13.6               |
| novembre  | 9.4      | <b>6.9</b>       | 6.2               | 8.2              | 10.5               |
| dicembre  | 4.7      | <b>5.7</b>       | 2.0               | 5.1              | 7.0                |

(\*) dati parziali

**Tabella 25 = medie mensili delle temperature massime giornaliere Firenze–Ximeniano (°C)**

| mele\anno | 2003     | 2004             | Minimo<br>[94-03] | Media<br>[94-03] | Massimo<br>[94-03] |
|-----------|----------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| gennaio   | 9.4      | <b>8.8 &lt;</b>  | 9.0               | 10.7             | 12.1               |
| febbraio  | 8.8      | <b>11.0</b>      | 8.8               | 12.5             | 14.2               |
| marzo     | 16.1     | <b>14.2</b>      | 13.7              | 16.3             | 18.8               |
| aprile    | 18.1     | <b>18.7</b>      | 17.2              | 18.4             | 19.3               |
| maggio    | 26.9     | <b>21.8 &lt;</b> | 22.5              | 24.6             | 26.9               |
| giugno    | 32.8     | <b>28.6</b>      | 25.8              | 28.9             | 32.8               |
| luglio    | 32.7     | <b>31.7</b>      | 29.3              | 31.2             | 33.4               |
| agosto    | 34.6     | <b>31.4</b>      | 28.5              | 31.7             | 34.2               |
| settembre | 26.3     | <b>26.8</b>      | 22.6              | 25.5             | 28.9               |
| ottobre   | 17.6 (*) | <b>21.3</b>      | 15.4              | 20.4             | 22.9               |
| novembre  | 15.4     | <b>14.7</b>      | 12.8              | 14.6             | 16.6               |
| dicembre  | 10.8     | <b>11.5</b>      | 6.1               | 10.1             | 12.4               |

(\*) dati parziali

**Tabella 26 = intensità delle precipitazioni mensili, Firenze – Ximeniano (mm)**

| mele\anno        | 2003         | periodo<br>[1994-2003] | 2004              | n° giorni<br>di pioggia 2004 | n° giorni di<br>pioggia 2003 |
|------------------|--------------|------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| gennaio          | 59.4         | 19.0 – 112.8           | <b>90.0</b>       | <b>13</b>                    | 14                           |
| febbraio         | 53.4         | 12.6 – 144.4           | <b>102.2</b>      | <b>13</b>                    | 3                            |
| marzo            | 36.2         | 0.8 – 116.6            | <b>57.2</b>       | <b>8</b>                     | 4                            |
| aprile           | 114.2        | 45.6 – 164.2           | <b>90.8</b>       | <b>12</b>                    | 8                            |
| maggio           | 26.2         | 10.4 – 98.2            | <b>83.0</b>       | <b>10</b>                    | 5                            |
| giugno           | 37.0         | 19.6 – 101.2           | <b>31.0</b>       | <b>4</b>                     | 3                            |
| luglio           | 3.0          | 3.0 – 76.2             | <b>3.6</b>        | <b>2</b>                     | 2                            |
| agosto           | 4.6          | 3.8 – 147.2            | <b>24.4</b>       | <b>5</b>                     | 4                            |
| settembre        | 28.6         | 28.6 – 213.2           | <b>69.4</b>       | <b>6</b>                     | 7                            |
| ottobre          | 103.4        | 12.8 – 123.0           | <b>140.8 &gt;</b> | <b>12</b>                    | 11                           |
| novembre         | 213.2        | 47.4 – 331.2           | <b>62.4</b>       | <b>11</b>                    | 14                           |
| dicembre         | 65.8         | 20.0 – 166.6           | <b>155.8</b>      | <b>18</b>                    | 11                           |
| <b>totali</b>    | <b>745.0</b> | <b>603.2 – 1238.4</b>  | <b>910.6</b>      |                              |                              |
| <b>n° giorni</b> |              | <b>86 - 129</b>        |                   | <b>114</b>                   | <b>86</b>                    |





Tabella 27 = frequenze delle precipitazioni cumulate giornaliere per classi di intensità

| intervallo (mm)      | 2003      | periodo [1994-2003] | <b>2004</b>       |
|----------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Tra 0.2 e 1          | 24        | 22-40               | <b>25</b>         |
| Tra 1 e 10           | 35        | 35-61               | <b>57</b>         |
| Tra 10 e 30          | 23        | 16-30               | <b>28</b>         |
| >30                  | 4         | 3-13                | <b>4</b>          |
| <i>totale giorni</i> | <i>86</i> | <i>86-129</i>       | <i><b>114</b></i> |

Tabella 28 = frequenze delle classi di stabilità atmosferica (Pasquill)<sup>13</sup>

| classe | 2003  |      | <b>2004</b>  |             |
|--------|-------|------|--------------|-------------|
| A      | 6.8%  | 593  | <b>5.6%</b>  | <b>494</b>  |
| B      | 11.4% | 999  | <b>11.9%</b> | <b>1042</b> |
| C      | 11.1% | 970  | <b>11.1%</b> | <b>977</b>  |
| D      | 31.5% | 2761 | <b>36.9%</b> | <b>3238</b> |
| E      | 9.5%  | 831  | <b>7.5%</b>  | <b>657</b>  |
| F      | 26.8% | 2352 | <b>26.2%</b> | <b>2299</b> |
| ND     | 2.9%  | 254  | <b>0.9%</b>  | <b>77</b>   |

Tabella 29 = frequenze delle ore di presunta inversione termica  
(DT= T<sub>montemorello</sub> – T<sub>ximeniano</sub>)

| N° ore con DT ≥ 1.0 °C |            | N° di dati validi |              |
|------------------------|------------|-------------------|--------------|
| 2003                   | 2004       | 2003              | 2004         |
| 613 (9.6%)             | 662 (8.7%) | 6400 (73.1%)      | 7613 (86.7%) |

Tabella 30 = frequenze della intensità del vento<sup>14</sup>

| intervallo di velocità (m/s) | 2003  |      | <b>2004</b>  |             |
|------------------------------|-------|------|--------------|-------------|
| Tra 0 e 1                    | 10.4% | 910  | <b>9.9%</b>  | <b>872</b>  |
| Tra 1 e 2                    | 36.3% | 3183 | <b>38.9%</b> | <b>3416</b> |
| Tra 2 e 4                    | 32.2% | 2819 | <b>36.6%</b> | <b>3215</b> |
| Tra 4 e 8                    | 17.5% | 1532 | <b>13.9%</b> | <b>1219</b> |
| >8                           | 0.7%  | 64   | <b>0.3%</b>  | <b>25</b>   |
| ND                           | 2.9%  | 252  | <b>0.4%</b>  | <b>37</b>   |

<sup>13</sup> Per il calcolo è necessaria la velocità del vento; a causa dei problemi tecnici all'anemometro meccanico (i cui dati sono mostrati in figura xiii) in questo caso sono stati utilizzati quelli dell'anemometro sonico presente presso la stazione.

<sup>14</sup> Anche in questo caso sono stati utilizzati i dati dell'anemometro sonico presente presso la stazione Ximeniano.

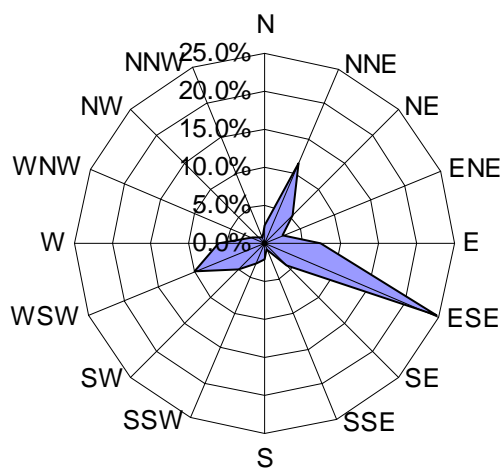




Tabella 31 = frequenze della direzione di provenienza del vento

| Settore di<br>provenienza del<br>vento | N° di ore |      | % sui dati validi |                   |
|--|-----------|------|-------------------|-------------------|
|  | 2003      | 2004 | 2004              | Periodo 1994-2003 |
| N                                      | 316       | 255  | 3.4%              | 2.3%              |
| NNE                                    | 1387      | 795  | 10.5%             | 11.4%             |
| NE                                     | 424       | 290  | 3.8%              | 5.2%              |
| ENE                                    | 218       | 212  | 2.8%              | 2.7%              |
| E                                      | 642       | 628  | 8.3%              | 7.4%              |
| ESE                                    | 2027      | 1827 | 24.0%             | 24.6%             |
| SE                                     | 147       | 136  | 1.8%              | 4.2%              |
| SSE                                    | 56        | 59   | 0.8%              | 0.9%              |
| S                                      | 163       | 184  | 2.4%              | 2.0%              |
| SSW                                    | 240       | 248  | 3.3%              | 3.0%              |
| SW                                     | 481       | 517  | 6.8%              | 5.1%              |
| WSW                                    | 909       | 938  | 12.3%             | 10.1%             |
| W                                      | 372       | 436  | 5.7%              | 6.1%              |
| WNW                                    | 139       | 147  | 1.9%              | 1.9%              |
| NW                                     | 77        | 85   | 1.1%              | 1.1%              |
| NNW                                    | 92        | 61   | 0.8%              | 0.8%              |
| VARIABILE                              | 816       | 780  | 10.3%             | 11.0%             |
| CALMA                                  | 1         | 8    | 0.1%              | 0.2%              |
| ND                                     | 253       | 1178 | 13.4%             | 1.3%              |
| Validi                                 | 8507      | 7606 | 86.6%             | 98.7%             |
| totali                                 | 8760      | 8784 | 100.0%            | 100.0%            |

DVP Ximeniano (1994-2003)



DVP Ximeniano (2004)

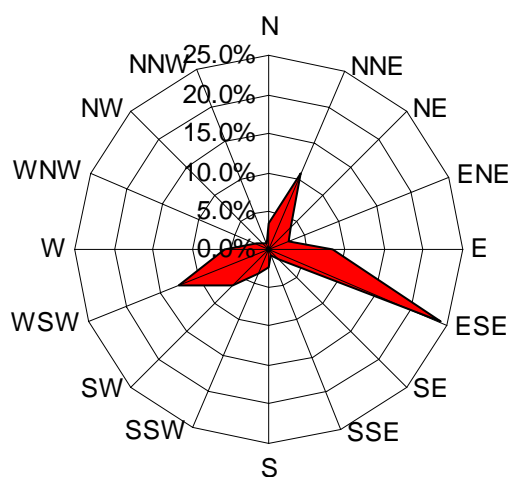


Figura 24 = Frequenze per la direzione prevalente del vento nell'anno 2004 e confronto con i dati dell'intero periodo 1994-2003.





## 6 Considerazioni riassuntive e finali.

L'analisi dei dati rilevati nell'anno 2004, relativi sia agli inquinanti che ai parametri meteorologici, e del trend storico evidenzia una situazione nella quale si riconoscono aspetti positivi ma anche qualche aspetto negativo.

Gli aspetti positivi riguardano la conferma della buona qualità dell'aria conseguita da molto tempo, o più recentemente in taluni casi, per gli inquinanti biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), ossido di carbonio (CO) e piombo (Pb)<sup>15</sup>. L'inquinante benzo(a)pirene si conferma nella norma nelle aree residenziali e, per la prima volta, è risultato entro lo standard di riferimento anche nel sito traffico.

Gli inquinanti più critici e di cui, invece, non è raggiunto e consolidato il rispetto dei valori di riferimento fissati dalla normativa, si confermano:

- il particolato  $\text{PM}_{10}$ ,
- il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ),
- il benzene.

Questa situazione emerge dalle misure relative non solo ai siti "traffico" ma anche, sia pure in maniera meno rilevante e ad esclusione del benzene, dalle misure relative alle aree residenziali, nelle quali si evidenzia anche il superamento degli standard relativi all'ozono ( $\text{O}_3$ ). Si tenga conto che i dati rilevati nelle aree residenziali meglio rappresentano l'esposizione media della popolazione anche se vi possono essere diffuse situazioni di esposizione di livello intermedio fra i due casi.

Lo stato della qualità dell'aria rilevato nel 2004, peraltro, non ha risentito di anomalie particolari sul piano delle caratteristiche meteorologiche che, anzi, sono risultate meno critiche riguardo alla persistenza di periodi sia di stabilità atmosferica (soprattutto in inverno) che di elevate temperature (in estate).

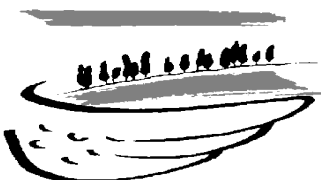
Nonostante il proseguimento del rinnovo del parco circolante (a 2 e a 4 ruote), la principale causa che determina lo stato di difformità è ancora riconducibile alle emissioni direttamente o indirettamente dovute al traffico, alla quale, in talune circostanze, possono sovrapporsi altre cause occasionali o temporanee.

Fra le circostanze sfavorevoli al miglioramento della qualità dell'aria e che hanno prodotto effetti negativi soprattutto nei siti esposti alle emissioni ravvicinate causate da elevati flussi di traffico, occorre evidenziare la tendenza alla diffusione dei veicoli con motore diesel. Questo fatto è da ritenersi peggiorativo in quanto tali veicoli, anche se di recente produzione (omologazione EURO III compresa), sono caratterizzati da elevate emissioni di particolato (con granulometria inferiore ad 1 micron) e di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ). E' ragionevole imputare a questa causa la crescita dei livelli di inquinamento per  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{NO}_2$  rilevata nei siti di traffico.

Anche in considerazione di questo aspetto, appare di grande difficoltà conseguire il rientro stabile e generalizzato nello standard fissato al 2005 per  $\text{PM}_{10}$  che, indipendentemente da circostanze occasionali, risulta superiore al limite o poco sotto di esso anche nelle zone residenziali dell'area omogenea di Firenze. Né si vede un trend di riduzione tale da consentire di ipotizzare i tempi del rientro nello standard.

---

<sup>15</sup> Dati relativi all'anno 2002, rilevati tramite uno studio condotto dal Prof. F. Lucarelli (INFN di Firenze), già indicavano livelli ambientali ampiamente inferiori allo standard di riferimento (media annuale  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) anche nei siti traffico (media annuale  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).





Una considerazione analoga vale per l'inquinante NO<sub>2</sub>, pur essendo posta al 2010 la scadenza temporale fissata per il rispetto dello standard.

Per il benzene, se possiamo ritenere conseguito il rispetto dello standard fissato al 2005, ben meno certo è il conseguimento dell'obiettivo posto al 2010, almeno nei siti traffico.

Riguardo all'ozono, nonostante l'indubbio trend di miglioramento, permangono ricorrenze di giorni critici in cui vengono superate le soglie fissate dalla normativa. Sui livelli di questo inquinante, di natura secondaria, incidono fortemente i fenomeni di trasporto e di diffusione su vasta scala a cui, però, si somma il contributo locale conseguente all'emissione di precursori derivanti, principalmente ma non solo, dalle emissioni da traffico (NO<sub>x</sub> e idrocarburi).

Tutto ciò considerato, i principali obiettivi dei provvedimenti locali dovrebbero consistere in via prioritaria:

1. nel proseguimento del rinnovo accelerato del parco veicolare circolante mediante la definitiva eliminazione di auto a benzina (e a gas) non catalizzate, di veicoli diesel leggeri e pesanti non conformi alle rispettive Direttive EURO 1 e successive, di veicoli a 2 ruote equipaggiati con motore a 2 tempi tradizionale (anche se dotati di post combustore catalitico);
2. nel contenimento della diffusione dei veicoli diesel, soprattutto commerciali e pesanti, favorendo il passaggio a motorizzazioni caratterizzate da ridotte emissioni di ossidi di azoto e di particolato;
3. nell'incentivazione della diffusione di filtri autorigeneranti per il particolato emesso allo scarico di veicoli diesel non EURO IV (previa conferma dell'efficacia dei dispositivi retrofit, individuazione della tipologia di veicoli su cui intervenire e valutazione dell'effettivo beneficio ottenibile);
4. nella riduzione complessiva dei volumi di traffico.

Contributi positivi non trascurabili potrebbero essere ottenuti da misure riguardanti altre importanti sorgenti di inquinamento quali gli impianti termici, attraverso:

5. la conversione a gas di centrali termiche alimentate a combustibili liquidi (gasolio e, soprattutto, olio combustibile)<sup>16</sup>;
6. l'incentivazione alla sostituzione di centrali termiche a basso rendimento (previa analisi delle informazioni derivanti dai controlli e dagli autocontrolli effettuati in attuazione della L. 10/91 e valutazione dell'effettivo beneficio ottenibile);
7. l'incentivazione all'uso di bruciatori di gas naturale a bassa emissione di ossidi di azoto.

Inoltre, dovrebbe essere considerato anche il settore delle attività produttive per perseguire il contenimento delle emissioni di sostanze organiche volatili da cicli di lavorazione che fanno uso di solventi. La riduzione complessiva su scala locale delle emissioni di ossidi di azoto e di sostanze organiche volatili (idrocarburi, solventi) potrebbe avere positive ricadute anche per quanto riguarda la riduzione dei livelli di O<sub>3</sub>.

---

<sup>16</sup> In realtà si tratta di anticipare le scadenze già fissate dal DPCM 8 marzo 2002 che vieta l'uso di olio combustibile per impianti civili dal 1 settembre 2005.





In linea generale dovrebbe essere tenuto conto della necessità di adottare quei provvedimenti che contestualmente determinano anche la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> o quantomeno non ne provocano aumenti significativi.

Si sottolinea, infine, che una particolare attenzione andrebbe posta a non peggiorare la qualità dell'aria ove questa sia nei limiti. Si tratta di una precisa disposizione contenuta nella normativa che, a ben guardare, costituisce un obiettivo non meno rilevante e impegnativo per tutte quelle aree nelle quali si prevede il consistente sviluppo infrastrutturale, residenziale e di attività produttive.

*Alla redazione del presente rapporto hanno contribuito:*

- *Dott. Franco Giovannini*
- *Dott. Ing. Andrea Lupi*
- *Dott.ssa Valeria Tricarico*

*L'attività di monitoraggio è svolta dai tecnici:*

- *Vincenzo D'Aleo*
- *Marco Degl'Innocenti*
- *Paolo Miola*
- *Giampaolo Poggiali*

Il Responsabile della Articolazione Funzionale  
Modellistica Previsionale  
(*Dott. Antongiulio Barbaro*)

Il Responsabile del procedimento  
(*Dott. Daniele Grechi*)

