

**ARPAT**

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA**

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

# **QUALITA' DELL'ARIA NEL COMUNE DI VIAREGGIO**

## **ANNO 2001 E CONFRONTO CON GLI ANNI PRECEDENTI**

*Ing. Antonio Natale*

Il Responsabile  
U.O. Tutela della Qualità dell'Aria  
Dr. Luciano Scarselli



## Premessa

Il DM 16/04/99, n.163 fissa i criteri in base ai quali i Sindaci adottano, quando necessario, provvedimenti per garantire un miglioramento della qualità dell'aria urbana. I criteri ambientali e sanitari sui quali le autorità comunali fondano i propri provvedimenti si basano su una valutazione complessiva dell'ambiente atmosferico da aggiornarsi ogni anno.

Il presente rapporto è stato redatto pertanto con l'obiettivo di fornire un quadro complessivo dello stato della qualità dell'aria comunale nei limiti delle attuali conoscenze in materia.

Vengono pertanto descritti i risultati ottenuti dalle stazioni della rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico ubicate nel territorio del comune integrando tali dati con i dati ottenuti dalle più significative campagne di rilevamento effettuate con il laboratorio mobile nel periodo temporale 1995 – 2001. La scelta di non limitare l'esame dei dati disponibili al solo anno 2001 è dovuta essenzialmente all'opportunità di evidenziare i trends degli inquinanti nel tempo al fine di fornire ulteriori elementi utili per permettere una scelta degli interventi da applicarsi per migliorare la qualità dell'aria cittadina.

Per quanto riguarda invece la valutazione dell'impatto delle principali fonti di pressione (emissioni in atmosfera) si è reso necessario utilizzare stime di emissione che hanno come riferimento il 1998 e che fanno riferimento ad uno studio effettuato con riferimento a quella data. Pur essendovi una differenza temporale non indifferente rispetto al 2001 quale anno di riferimento, va preso atto che le elaborazioni necessarie sono molto complesse e richiedono la disponibilità di gran quantità di dati molto spesso reperibili solo molto tempo dopo l'anno di riferimento scelto. Questi sono i principali motivi per cui i catasti delle emissioni, oltre che essere realizzati in Italia da un numero ridotto di amministrazioni pubbliche, vengono stilati con ritardo rispetto all'anno di riferimento (quello cui fa riferimento questo lavoro è uno dei più recenti attualmente disponibili in Italia). Le elaborazioni disponibili possono permettere, con l'adozione delle opportune cautele, di ottenere un quadro significativo della situazione emissiva del territorio comunale relativamente all'anno 2001.

## **Valutazione delle principali fonti di emissione di inquinanti aeriformi cittadine**

### Note metodologiche

Le emissioni di inquinanti rilasciate in atmosfera sono ottenibili in via generale attraverso due tipologie di valutazione:

- Analisi diretta: mediante la misura delle emissioni
- Analisi indiretta: ottenibile dal prodotto di un fattore di emissione per un indicatore di sorgente opportunamente individuato per ciascuna fonte emissiva

Pertanto la raccolta delle informazioni di base necessarie per questa tipologia di valutazioni ha come oggetto essenzialmente o dati emissivi propriamente detti (ad esempio il monitoraggio in continuo di un camino industriale permette di valutare esattamente le quantità di inquinanti attraverso questo emessi) o parametri statistici che possano essere indicati come indicatori di sorgente. Data la carenza di dati sperimentali sufficienti, la via obbligatoriamente da seguire per la redazione di tali elaborazioni è quella di ricorrere, nella maggior parte dei casi, agli indicatori di sorgente.

Gli indicatori di sorgente sono grandezze caratteristiche delle attività fonte di emissioni di inquinanti che possono essere strettamente correlate alla quantità di inquinanti emessi in aria (ad esempio la quantità e tipologia di combustibile bruciato in un impianto termico). A tali indicatori vengono poi associati opportuni fattori di emissione che legano le quantità di inquinanti emessi con le attività che li hanno prodotti.

La determinazione quantitativa delle emissioni viene pertanto ricondotta, a partire da una opportuna scelta dei fattori di emissione, all'acquisizione di dati relativi alle attività fonte di inquinamento atmosferico presenti sul territorio e relazionati poi a tali fattori.

Le elaborazioni di questi dati sono pertanto effettuate partendo da una valutazione complessiva delle singole tipologie di emissioni sull'intero territorio provinciale (relativamente al quale sono in genere disponibili dati ben più precisi e numerosi che per le singole località) e disaggregando poi i dati ottenuti su base comunale utilizzando caso per caso i fattori di ripartizione ritenuti più adatti. Tutte le valutazioni sono state effettuate partendo dalle indicazioni emanate in materia dell'Agenzia Europea per l'Ambiente opportunamente adattate per renderle più aderenti alla realtà provinciale.

Dal catasto delle emissioni è emerso che le fonti principali maggiormente rilevanti per il territorio comunale di Viareggio sono le seguenti tipologie di attività:

- a) Traffico veicolare
- b) Processi di combustione per usi civili
- c) Processi di combustione nell'industria
- d) Emissioni dovute all'evaporazione di solventi (sia per usi civili che industriali ed artigianali)
- e) Emissioni del sistema distributivo di carburanti

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni per ciascuna delle tipologie di attività sopra elencate.

## **EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE**

Il traffico veicolare rappresenta una fonte di inquinamento delle aree urbane particolarmente rilevante.

Gli autoveicoli sono infatti causa di inquinamento sia di tipo chimico (emissione di gas di combustione) che fisico (rumore). Dalla polverizzazione dell'asfalto, dall'usura dei pneumatici e dei freni delle vetture, dai tubi di scappamento dei motori proviene una vasta gamma di sostanze dannose per la salute umana. Le entità di queste emissioni sono collegabili principalmente al numero dei veicoli in circolazione, alle loro caratteristiche (tipologia di combustibile usato, efficienza del motore, ecc.) ed alle modalità di impiego.

L'effetto globale sugli organismi viventi è strettamente correlabile, oltre che alle quantità di inquinanti emessi, alle condizioni meteorologiche. Condizioni sfavorevoli ad una rapida dispersione degli inquinanti nell'atmosfera circostante i punti di emissione, tipiche dei mesi invernali, possono infatti provocare un accumulo di sostanze tossiche acutizzando i loro effetti negativi sull'ambiente. Tali effetti tendono a ridursi quando, al contrario, le condizioni meteorologiche diventano più favorevoli e tali da facilitare l'allontanamento delle sostanze inquinanti dalle zone di emissione.

L'incidenza del traffico sull'inquinamento complessivo di un'area urbana ha assunto nel corso degli anni una rilevanza sempre maggiore. Se infatti da un lato nel corso degli anni si sono notevolmente ridotte le emissioni di inquinanti dovute agli impianti di riscaldamento, grazie alla diffusione del metano ed alla riduzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi ora in commercio, l'aumento continuo del parco auto circolante ha determinato parallelamente un continuo aumento delle quantità di inquinanti diffusi dai mezzi mobili che divengono nella maggior parte dei casi la fonte principale di inquinamento delle città.

Tali problemi sono in parte ovviabili con la progressiva sostituzione del parco auto con nuove automobili dotate di marmitta catalitica. I benefici ottenibili con il loro uso, pur consistenti, sono però parzialmente limitati dal fatto che l'efficacia di tale dispositivo è strettamente legata ad una corretta manutenzione dell'autoveicolo. Inoltre le marmitte catalitiche hanno scarsa efficienza nella marcia a bassa temperatura, ossia nei primi 2-3 km di marcia. Tale limite rischia di diventare pesante qualora il mezzo venga utilizzato in percorsi brevi e spezzettati quali quelli tipici di un ambiente urbano.

Anche i motori diesel, pur caratterizzati in condizioni di perfetta efficienza da basse emissioni, presentano emissioni di particelle solide di notevole entità. Le emissioni complessive aumentano poi vertiginosamente quando, come spesso accade, il motore non è tenuto in condizioni di perfetta efficienza.

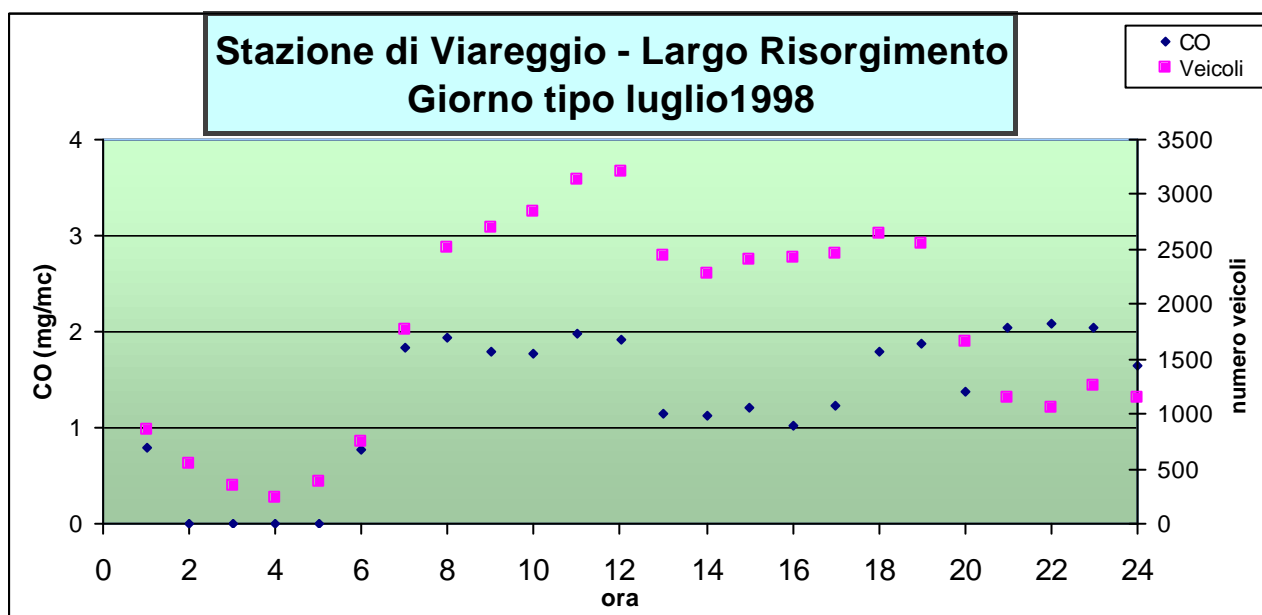
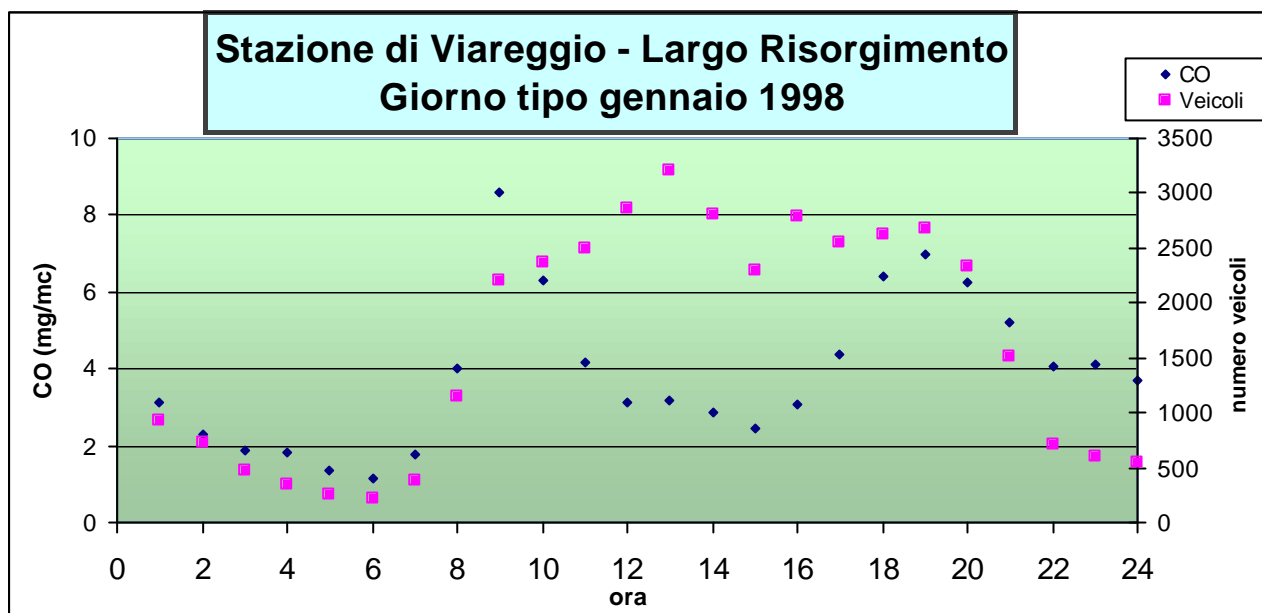
In generale le emissioni di inquinanti originati sono dipendenti ad una serie di parametri di cui i principali sono:

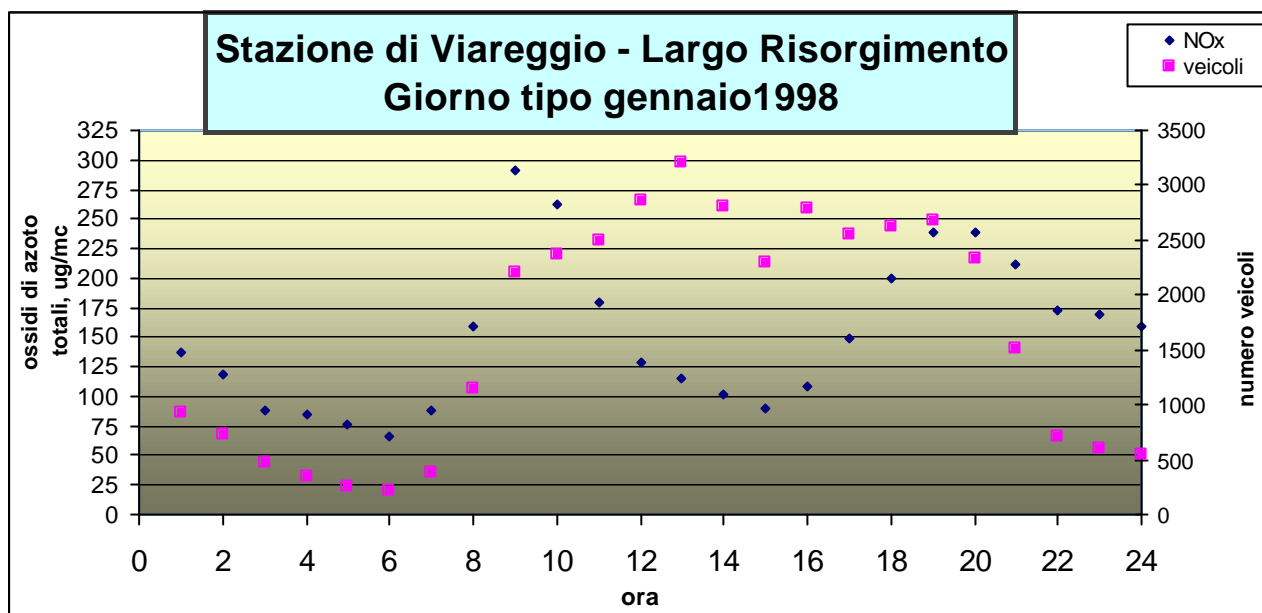
- a) il numero e l'età dei veicoli circolanti;
- b) le caratteristiche tecniche del parco mezzi circolante, quali ad esempio massa, resistenza aerodinamica e tipologia di carburante utilizzato;
- c) le caratteristiche dei propulsori utilizzati (rumorosità e quantità di inquinanti prodotti per unità di potenza sviluppata, presenza ed efficienza di dispositivi di controllo delle emissioni, tipologia ed efficienza dei motori, ecc.);
- d) le tipologie di percorso e le modalità di guida.

Molte delle stazioni della rete di monitoraggio sono ubicate in zone soggette ad elevati flussi veicolari cui può quindi essere quindi attribuita in larga misura la presenza di ossidi di azoto, monossido di carbonio ed idrocarburi non metanici. La presenza di ciascuna di queste sostanze è quantitativamente dipendente, oltre che dal numero di veicoli transitanti, dalla tipologia degli stessi, dalle modalità di scorrimento del traffico e dalle condizioni meteorologiche. Questo perché diverse le composizioni dei gas di scarico in funzione del tipo di veicolo e del regime di marcia e diversa è pure l'influenza dei parametri meteorologici sui meccanismi di rimozione delle varie tipologie di inquinante.

Strettamente correlati al traffico sono, nelle aree urbane, i valori delle concentrazioni di alcuni inquinanti tipicamente contenuti nei gas di scarico degli autoveicoli (in particolare ossidi di azoto, monossido di carbonio ed idrocarburi non metanici).

I grafici seguenti riportano, a titolo esemplificativo e sotto forma di giorno tipo valutato su base mensile (con riferimento ai mesi di gennaio e luglio 1998), gli andamenti delle concentrazioni di monossido di carbonio ed ossidi di azoto totali in funzione dei flussi veicolari registrati presso la stazione di Largo Risorgimento. Sono stati prescelti come riferimento i mesi di gennaio e luglio in quanto tipicamente rappresentativi di due situazioni meteorologiche profondamente differenti quali quella estiva e quella invernale. Nella lettura dei grafici si tenga presente che gli orari indicati fanno riferimento all'ora solare e non a quella legale.





Andamenti del tutto simili a quelli evidenziati dal monossido di carbonio si sono registrati anche per gli ossidi di azoto (totali) e, anche se meno strettamente, con gli idrocarburi non metanici.

#### Cenni sulla procedura di valutazione delle emissioni

Come già accennato le emissioni da traffico veicolare sono caratterizzate da una serie di parametri tra i quali particolare rilevanza assumono il tipo di carburante utilizzato, la tipologia ed età del veicolo (con particolare riferimento alle norme in vigore all'epoca dell'immatricolazione), la modalità di guida, le percorrenza annuali sulle differenti tipologie di strade (urbane, extraurbane ed autostradali).

Non essendo disponibili dati sufficienti per permettere la valutazione delle emissioni su base comunale la valutazione delle emissioni è stata effettuata, con parziale eccezione di alcune categorie di veicoli per cui erano disponibili dati più puntuali, su base provinciale. Sono state utilizzate allo scopo le procedure indicate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (progetto CORINAIR) e dall'ANPA opportunamente adattate sulla realtà locale.

Per la valutazione dei consumi specifici di carburante e delle percorrenze medie delle principali categorie di veicoli sono stati utilizzati come dati di partenza i valori suggeriti dal progetto CORINAIR. Per adattare tali valori il più possibile alla realtà locale, dai dati di consumo di ciascuna tipologia di combustibile (desunto dai dati di vendita locali) ed applicati al parco mezzi provinciale, è stato poi calcolato un fattore correttivo, specifico per provincia di Lucca, da applicare ai valori medi nazionali di percorrenza degli autoveicoli per ciascuna tipologia di

strada. Per le categorie mezzi pesanti e motocicli come base di elaborazione sono stati utilizzati i valori di percorrenza individuati dal Dipartimento Provinciale ARPAT di Firenze nel corso delle attività di valutazione della qualità dell'aria fiorentina del 1998.

Pertanto attraverso le seguenti relazioni applicate per ciascuna tipologia di combustibile alle varie tipologie autoveicolari così come individuate dal progetto CORINAIR:

$\langle C \rangle = (\sum_{j,k} h_j v_j d_{j,k} b_{j,k}) g$  in cui :

$\langle C \rangle$  è il consumo annuo di combustibile

$h_j$  è il numero di auto di tipo  $j$

$v_j$  è la percorrenza media annua delle auto di tipo  $j$  individuata come riferimento

$d_{j,k}$  è la frazione di  $v_j$  percorsa sulla strada di tipo  $k$

$b_{j,k}$  è il consumo medio specifico per km delle auto di tipo  $j$  sulle strade di tipo  $k$

è stato possibile calcolare un fattore di correzione  $g$  delle percorrenze che ha permesso di adattare i valori medi nazionali alla realtà provinciale.

Le velocità di riferimento per la stima dei consumi sono state quelle individuate dal progetto Corinair. Per quanto riguarda la valutazione delle percorrenze si è reso necessario stimare complessivamente le percorrenze delle auto catalizzate e non catalizzate. Essendo stata infatti in passato molto diffusa l'abitudine di utilizzare benzina verde anche per auto non catalizzate non è possibile differenziare i consumi reali per ciascuna delle due categorie veicolari.

Valutata la percorrenza delle singole tipologie di veicoli e la composizione del parco circolante secondo cilindrata, alimentazione, portata e normativa vigente al momento dell'immatricolazione, la valutazione delle emissioni è stata effettuata seguendo le procedure consigliate dall'Agenzia per l'Ambiente Europea ed utilizzando il software COPERT III. Le emissioni di origine autostradale e quelle relative alle emissioni da autobus (categorie per cui erano note in maniera più dettagliata le informazioni necessarie) sono state calcolate invece come voce a parte creando un applicativo software specifico.

Le emissioni così calcolate sono state poi ripartite su base comunale (calcolando pertanto le emissioni anche del Comune di Viareggio) utilizzando come fattori di ripartizione i dati di vendita di combustibile sul territorio comunale e la popolazione residente. Per tale ripartizione si è dovuto ovviamente partire dall'assunto (peraltro più che ragionevole ed adottata in tutte le elaborazioni di questo tipo disponibili in bibliografia) che la composizione del parco veicoli



medio circolante sul territorio comunale di Lucca non si discosti in maniera significativa da quello del parco veicoli circolante sul territorio provinciale.

Discorso a parte vale invece per le emissioni derivanti dai tratti autostradali per i quali sono noti i flussi veicolari medi e per i quali è stato quindi possibile calcolare direttamente le emissioni per singolo tratto.

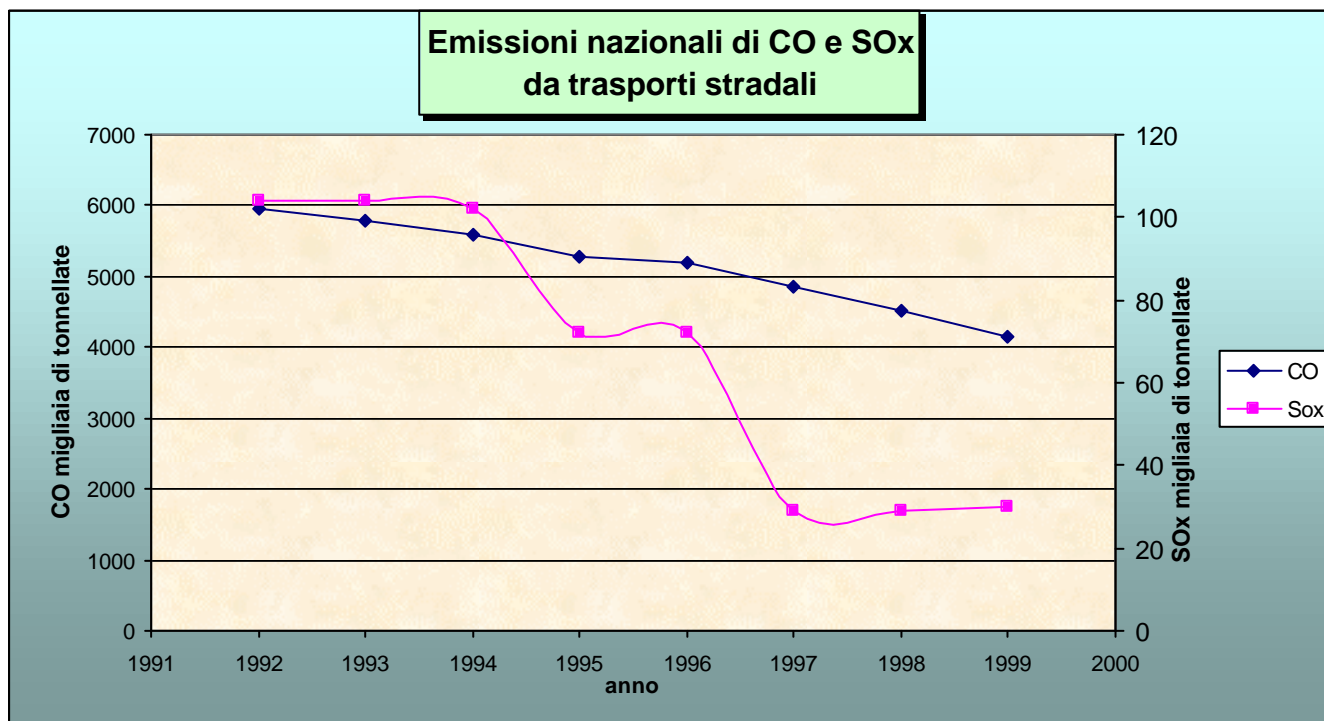
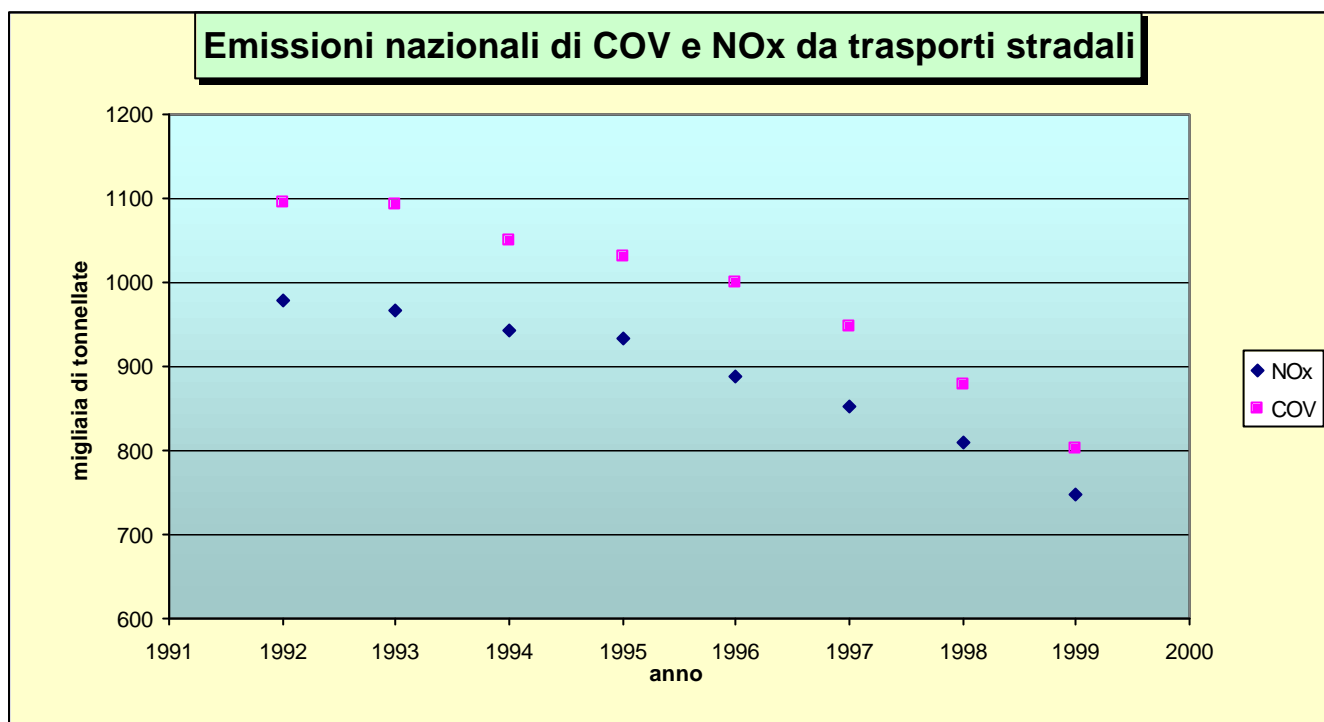
I risultati dell'elaborazione vengono riportati nella tabella seguente.

<b>Emissioni complessive da traffico veicolare (ton /anno)</b>				
<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>COV</b>	<b>PM10</b>	<b>SOx</b>
4124	853	969	38	80

Stante la progressiva evoluzione delle caratteristiche emissive medie del parco veicoli, il relativamente ridotto incremento di veicoli presenti sul territorio (come riportato dai dati ACI sul parco veicoli provinciale) ed il trend delle vendite di combustibili per autotrazione sul territorio provinciale, le emissioni di origine veicolare sul territorio possono considerarsi al 2001 rispetto ai dati relativi al 1998:

- a) ridotte in misura significativa per quanto attiene le emissioni di monossido di carbonio ed ossidi di azoto e, anche se in misura meno accentuata, relativamente ai composti organici volatili
- b) in riduzione anche per quanto riguarda le emissioni attribuibili ai gas di scarico relativamente al PM10. Di tale inquinante le stime fanno però riferimento solo alle emissioni dirette da motore. Non sono disponibili elaborazioni che quantifichino le emissioni indirette (dovute cioè agli altri meccanismi precedentemente citati quali usura dei pneumatici e dei freni o dalla polverizzazione dell'asfalto) e che incidono in modo rilevante sulle emissioni complessive. Per quanto il trend delle emissioni indirette è comunque ipotizzabile una situazione emissiva di relativa stazionarietà.
- c) Leggermente in aumento relativamente alle emissioni di SO<sub>2</sub>.

A conferma delle valutazioni di cui sopra possono essere presi i trend delle emissioni da traffico veicolare elaborati dall'ANPA per il territorio nazionale. Tali stime redatte per il periodo 1980 –1999 evidenziano un trend discendente in maniera piuttosto regolare a partire dal 1993 per i vari inquinanti così come evidenziato nelle tabelle seguenti. Tali andamenti, pur non potendosi considerare come esattamente rappresentativi della realtà viareggina (per la non completa corrispondenza della composizione del parco veicoli locale con quello nazionale), possono comunque essere considerati come una conferma alle valutazioni sopra esposte.



## **Emissioni civili diffuse da combustione**

Sono state classificate come tali le emissioni dovute agli impianti di combustione utilizzati nelle abitazioni civili, edifici pubblici ed attività turistico – commerciali.

Dai dati reperiti direttamente in sede locale sui consumi di combustibili fossili (essenzialmente metano e, in misura considerevolmente più ridotta, GPL e gasolio), sul numero delle abitazioni occupate, delle attività commerciali e sulla base di un bilancio energetico effettuato residenziale effettuato per il territorio comunale che tenesse conto della vocazione turistica del comune, sono stati stimati i consumi di gasolio, GPL e combustibili solidi (essenzialmente legna) consumati sul territorio. Va precisato a tale riguardo che i rivenditori locali di combustibili liquidi, pur essendo ovviamente in grado di fornire i quantitativi di combustibili venduti, non sempre sono stati in grado di specificare il venduto per area comunale limitandosi spesso a fornire solo l'elenco dei comuni serviti. Per quanto riguarda il consumo di legna, considerato che la gran parte di questa non viene reperita tramite canali ufficiali, non esistono dati di consumo attendibili.

Le emissioni sono quindi state valutate utilizzando i fattori di emissione suggeriti dall'Agenzia Europea dell'Ambiente con l'eccezione della valutazione delle emissioni di CO derivanti da combustione di metano, gasolio e GPL. Per tali elaborazioni è infatti stato possibile utilizzare dei fattori specifici per la realtà locale sulla base delle attività svolte dall'Amministrazione Provinciale in materia di controllo di impianti termici che ha permesso di avere a disposizione i dati rilevati su un campione di quasi 10.000 impianti distribuiti sul territorio provinciale.

**Emissioni da combustione per usi civili (ton/anno)**

CO	NOx	COV	PM10	SOx	CO2
114	47	15	3	2	69

Le emissioni appartenenti a questa fonte di emissioni derivano per la quasi totalità dall'utilizzo di combustibile per riscaldamento domestico. Pertanto sono concentrate essenzialmente nel periodo invernale. La variazione delle emissioni negli anni successivi è da correlarsi in particolare alle temperature invernali ed a variazioni delle tipologie di combustibili utilizzati. Dalla valutazione dei consumi di combustibili a livello provinciale (ragionevolmente considerabili come proporzionali a quelli comunali) e dall'evoluzione delle temperature medie degli ultimi inverni, è più che ragionevole stimare che le variazioni di emissioni rispetto all'anno 2001 siano relativamente contenute (ed inferiori alle approssimazioni intrinseche a questo tipo di valutazioni).

## Emissioni del sistema distributivo di combustibili fossili

Le emissioni derivanti dal sistema di distribuzione di combustibili fossili di rilevanza sanitaria presenti sul territorio cittadino sono essenzialmente quelli derivanti dalle attività legate ai distributori di carburanti per veicoli. L'altra fonte emissiva di una certa rilevanza è infatti quella della rete di distribuzione di metano per usi civili ed industriali (con emissioni di metano stimabili in circa **568 ton/anno**) costituite quasi esclusivamente da metano il cui impatto sanitario può essere valutato come non significativo. In questa trattazione verranno prese in considerazione pertanto solo le emissioni del sistema distributivo per veicoli.

I dati di base utilizzati per le elaborazioni sono quelli riguardanti il venduto di ogni singolo rivenditore di carburante presente sul territorio comunale.

Sul territorio non sono presenti impianti di stoccaggio di combustibili di dimensioni rilevanti e pertanto le relative emissioni non sono da considerarsi come significative.

Le emissioni derivanti da questi impianti sono esclusivamente composti organici volatili (COV). La composizione chimica delle miscele emesse si avvicina molto a quella della frazione più leggera delle benzine.

I quantitativi complessivi di combustibili venduti dai distributori ubicati sul territorio comunale sono riportati nella tabella seguente.

O.L. KG	SUPER litri	S.s.Pb litri	GASOLIO litri	G.P.L. litri
66.214	11.644.739	17.569.445	9.675.008	707.345

Il dato complessivo di emissione ammonta a **40 ton/anno**.

In considerazione dell'entrata in vigore dell'obbligo per i distributori di dotarsi di sistemi di recupero dei carburanti previsto dalla L. 4/11/97, n. 413, è ragionevole ipotizzare che le relative emissioni abbiano subito alla data attuale una significativa riduzione (teoricamente pari all'80% così come previsto dalle caratteristiche tecniche richieste ai sistemi di recupero vapori dal DMA 16 maggio 1996).

## Emissioni da solventi ad uso non industriale

Ricadono sotto questa voce le emissioni derivanti prevalentemente dall'utilizzo di sostanze volatili per usi domestici e similari (uso di prodotti per la pulizia domestica e l'igiene personale, di cosmetici, piccole attività di verniciatura domestiche, lavaggio auto, ecc.).

Le emissioni sono state calcolate utilizzando anche in questo caso gli specifici fattori di

emissione raccomandati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente utilizzando come variabile surrogato il numero di abitanti del territorio.

Per quanto attiene le emissioni legate alle attività di pulitura a secco, la quasi totalità delle ditte del settore utilizza sistemi di lavaggio a ciclo chiuso e quindi con ridotte emissioni di solventi. Le emissioni relative a tale tipologia di attività possono quindi essere considerate come non rilevanti.

Le emissioni complessive sono state stimate in **186 ton** di sostanze organiche volatili composte in prevalenza da alcoli, idrocarburi alifatici ed aromatici, eteri ed esteri di varia natura.

Le emissioni appartenenti a tale tipologia di fonti sono strettamente correlate ai prodotti comunemente utilizzati nella vita civile (alcol etilico, profumi, cosmetici, prodotti per la pulizia, ecc.) ed al numero di abitanti che ne fa uso.

Non essendo variati in maniera sensibili né il numero di abitanti della città né la composizione chimica dei prodotti utilizzati negli ultimi anni, le relative emissioni possono essere approssimativamente considerate come costanti anche per gli anni che vanno dal 1998 al 2001.

## **Emissioni da combustione industriale**

Sono considerate come tali le emissioni derivanti da processi di combustione all'interno di stabilimenti asserviti a cicli produttivi.

Le relative valutazioni sono state effettuate redigendo una valutazione specifica per ciascuna delle aziende presenti in provincia per cui fosse ipotizzabile una emissione, per almeno una tipologia di inquinante, superiore a cinque tonnellate. Le emissioni dovute alle altre aziende (definite come "emissioni industriali diffuse" in quanto troppo numerose perché possibile uno studio dettagliato per ciascuna) sono state stimate partendo dal dato, noto a livello provinciale ma non locale, dei consumi di combustibili per le principali tipologie di industriali ed utilizzando opportuni fattori di emissione per la stima delle emissioni complessive.

Mentre è possibile calcolare con un buon margine di precisione le emissioni complessive a livello provinciale, più approssimativa è necessariamente la stima a livello comunale. La difficoltà maggiore di tale valutazione deriva in particolare dalla mancanza di dati sufficientemente dettagliati sui consumi di combustibile delle varie tipologie di aziende cittadine di piccole dimensioni che non permette di quantificarli se non in maniera approssimativa.

In attesa che sia possibile effettuare studi specifici di settore che permettano una quantificazione precisa delle emissioni è comunque possibile effettuare una valutazione di

massima che permetta di disporre di una stima cautelativa (intesa come limite superiore delle emissioni ragionevolmente attendibili) sul territorio comunale. Va sottolineato che le emissioni industriali sono localizzate in prevalenza, anche se con significative eccezioni per quanto riguarda in particolare il settore cantieristico, in aree periferiche della città.

A titolo indicativo, ed in attesa di reperire informazioni sufficienti per una analisi più dettagliata, le emissioni derivanti da processi di combustione industriale possono essere ritenute inferiori ai valori riportati nella tabella seguente.

Valori massimi di emissione attribuibili a processi combustione per usi industriali (ton/anno)

CO	NO <sub>x</sub>	COV	PM10	SO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
19	63	7	6	15	23.000

Tale valutazione, intesa come elaborazione orientata esclusivamente a fornire un ordine di grandezza, può ritenersi utile per fornire una indicazione valida anche come riferimento per valutazioni che abbiano come riferimento l'anno 2001.

### **Emissioni da cicli produttivi industriali ed da utilizzo di solventi per usi industriali ed artigianali**

Sotto queste voci ricadono le emissioni di sostanze utilizzate nei cicli di produzione delle aziende e le emissioni dovute dall'uso di solventi nell'industria, artigianato ed edilizia (contenuti in colle, vernici, mastici, ecc.). Le emissioni relative, pur essendo in genere quantitativamente ridotte, sono costituite quasi esclusivamente da composti organici volatili (le emissioni di altre sostanze aventi origine da cicli produttivi sono del tutto trascurabili per i fini di questo studio) spesso di notevole tossicità.

Non sono disponibili attualmente dati sufficientemente attendibili per effettuare stime attendibili di queste tipologia di emissioni. Sulla base di indicazioni di tipo puramente statistico fornite dall'Agenzia Europea e di valutazioni derivanti dalla conoscenza del territorio è possibile solamente effettuare le seguenti considerazioni:

- a) le emissioni da ciclo produttivo, stante la tipologia e le dimensioni delle aziende presenti del territorio, possono essere nel complesso considerate nel complesso trascurabili sia quantitativamente che qualitativamente rispetto alle altre fonti di emissione locali (anche se questo non significa che non esistano problemi localizzati nelle immediate vicinanze di alcune specifiche aziende). Tale valutazione è confermata dalle elaborazioni, effettuate

dalla Regione Toscana nell'ambito delle attività svolte per la redazione del catasto delle emissioni regionali avente come riferimento l'anno 1995.

- b) le emissioni derivanti dall'uso di solventi, sia valutati in maniera approssimativa per mezzo di indicatori statistici che dai dati resi disponibili dalla Regione Toscana relativamente al 1995, sono presumibilmente di rilevanza non trascurabile e valutabili nell'ordine di alcune centinaia di tonnellate. Una considerevole fonte emissiva per questa tipologia di sostanze è presumibile sia costituita dall'industria cantieristica che a Viareggio è notevolmente sviluppata. Va precisato che tipicamente le emissioni di questo tipo hanno un impatto rilevante prevalentemente sulle aree limitrofe alle fonti (si tratta infatti nella maggior parte dei casi di emissioni di sostanze emesse a bassa temperatura e da camini di altezza ridotta o, molto spesso, derivanti da diffusione dei solventi direttamente dagli ambienti di lavoro in cui vengono utilizzati). Risulta necessario per una corretta valutazione dell'impatto ambientale di questa classe emissiva, che potrebbe essere rilevante in quanto a danno igienico-ambientale, prevedere per il futuro uno specifico studio di settore.

### Quadro complessivo

Le emissioni derivanti dalle principali fonti emissive presenti sul territorio comunale, espresse in tonnellate/anno e con riferimento all'anno 1998 e con esclusione delle emissioni di COV di origine industriale e delle emissioni di metano (di ridotto impatto igienico – ambientale), sono riassunte nelle tabelle seguenti .

Fonte emissiva Inquinante	Traffico veicolare	Emissioni civili da combustione	Distributori carburante	Solventi ad uso non industriale	Combustione industriale <sup>1</sup>
CO	4.194	114			20
NOx	855	47			63
COV	969	15	40	186	5
PM10	38	3			6
SOx	80	2			15

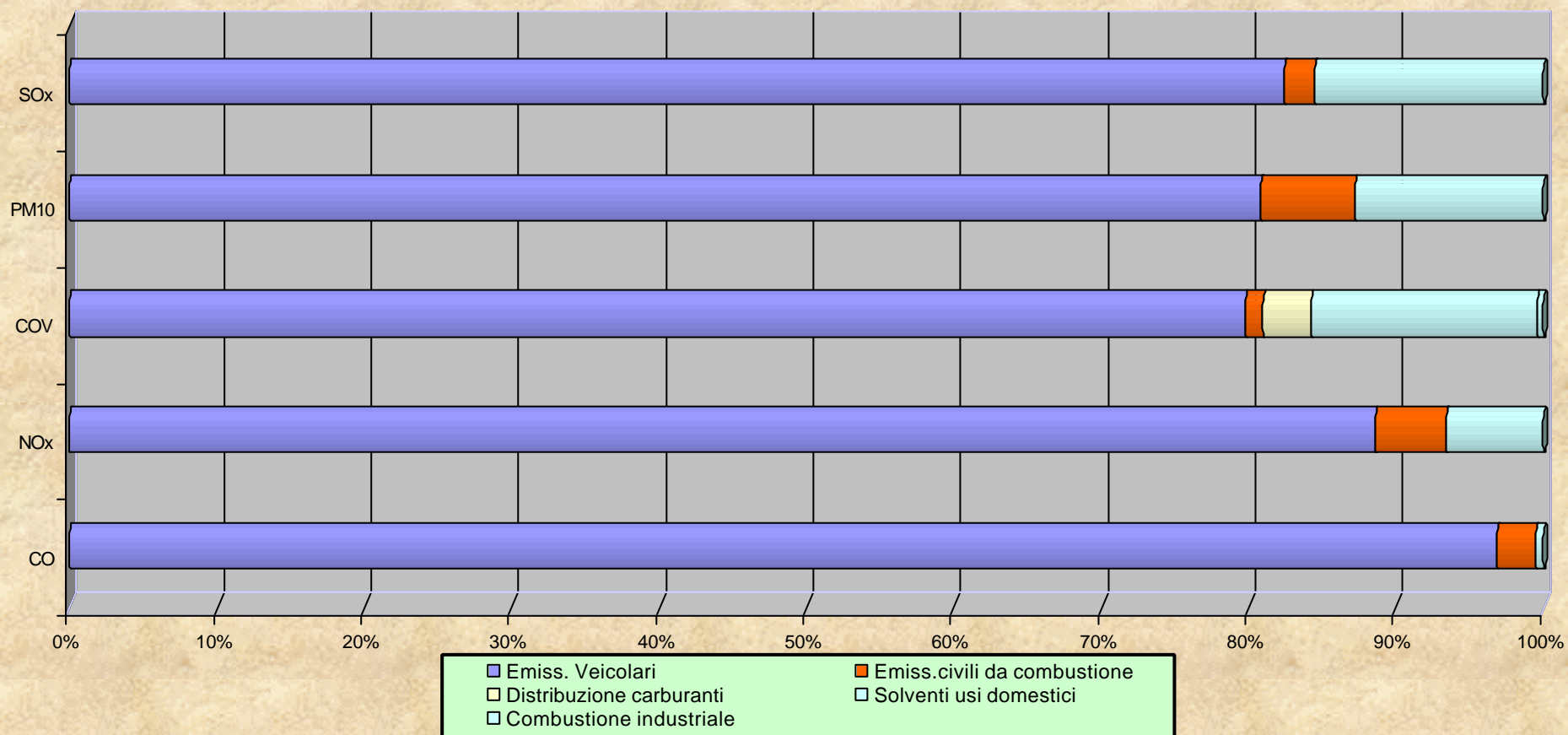
Anche se le stime effettuate hanno come riferimento l'anno 1998, esse possono essere ritenute come significative, con le opportune considerazioni precedentemente riportate, anche per l'anno 2001.

<sup>1</sup> Emissioni massime attendibili

Dal quadro emerge chiaramente la particolare rilevanza assunta dalle emissioni di origine veicolare nel quadro complessivo. Anche se sicuramente calate in misura significativa queste emissioni al 2001 restano di gran lunga le prevalenti.



**Comune di Viareggio, anno 1998**  
**Ripartizione delle emissioni tra le principali classi di inquinanti**



## La qualità dell'aria del Comune di Viareggio

Sul territorio comunale di Viareggio sono attualmente ubicate due stazioni di rilevamento dell'inquinamento atmosferico.

La prima di queste, attiva dal dicembre 1994 e dotata anche di una stazione meteorologica, è ubicata in L.rgo Risorgimento, area non residenziale sottoposta a flussi veicolari molto intensi, nei cui pressi sorge uno stabilimento industriale di una certa rilevanza e dove sono presenti tre distributori di carburante. Tale area è sicuramente tra quelle che possono ritenersi, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico, le più degradate della città.

La seconda stazione, attiva dalla seconda metà del 1998, è situata in via Maroncelli, area residenziale non direttamente interessata da flussi veicolari particolarmente significativi e nei cui pressi non vi sono fonti emmissive di specifica rilevanza.

I parametri chimici e meteorologici rilevati in tali stazioni, per i periodi specifici meglio dettagliati nella parte inerente l'esposizione dei risultati ottenuti, sono riportati nelle tabelle seguenti:

**Postazioni chimiche ed anemologiche  
e parametri monitorati**

Ubicazione	PTS	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	NMHC	DV	VV	ITR	VTR
Viareggio via Maroncelli (1)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Viareggio (2) Largo Risorgimento	X	X		X	X	X	X**	X	X			X	X

(1) Stazione entrata in servizio nel 1998

(2) Stazione in servizio dal dicembre 1994

**Tabella 1.2 - Postazione meteorologica  
Parametri monitorati**

Ubicazione	DV	VV	T	RH	P	RN	PG
Viareggio Largo Risorgimento	X	X	X	X	X	X	X

## **Normativa ambientale di riferimento relativamente all'anno 2001**

La normativa inerente l'inquinamento atmosferico in Italia è nata con la legge n.615 del 1966, oramai ampiamente superata. Molto più tardi, con il D.P.C.M. 28.03.1983 vengono introdotti i cosiddetti standards di qualità dell'aria, definiti come i limiti massimi accettabili di concentrazione ed esposizione relativamente ad una serie di inquinanti quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, Pb, F e particolato sospeso.

I criteri di riferimento della qualità dell'aria dovrebbero avere come obiettivo un livello di protezione della popolazione calcolato in termini di valore di probabilità prefissato per cui non si supera un dato standard. Ad esempio fissato come standard una certa concentrazione di inquinante con probabilità 0,999, ciò significa che non più dell'1‰ della popolazione dovrà risultare esposta a tassi di inquinanti superiori per il tempo di riferimento prescelto (periodo di osservazione). Tale criterio deriva dal fatto che all'interno di una popolazione vi sono gruppi che per la loro età, attività, abitudini di vita, ecc., sono diversamente esposti alle fonti di inquinamento e presentano tolleranze diverse ai vari agenti inquinanti. Risulta perciò improponibile ipotizzare tassi di inquinamento massimi tali da garantire una protezione totale ed assoluta di tutta la popolazione (anche perché un tasso di inquinamento nullo è fisicamente irraggiungibile). In quanto tale, un criterio probabilistico ammette un livello di rischio massimo tollerabile. Al fine di definire i criteri sanitari su cui basare il giudizio di qualità dell'aria si ricorre a valutazioni basate sulle conoscenze degli effetti tossicologici delle varie tipologie di inquinanti. In generale si tende a costruire uno spettro delle varie risposte biologiche di fronte ai fattori in esame definendo il carico corporeo delle eventuali sostanze chimiche, reperendo i livelli di esposizione ambientale intorno ai quali si verificano le reazioni di adattamento fino all'individuazione dei livelli oltre i quali si verificano condizioni anormali di funzionalità organica, metabolica o di comportamento.

La legislazione italiana sull'inquinamento atmosferico ha quindi fissato con il già citato D.P.C.M. del 28.03.83 i "limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria in ambiente esterno". Questi limiti o "*standards di qualità dell'aria*" definiscono il livello di accettabilità del rischio, associato all'inquinamento dell'aria

esterna, al quale la popolazione può rimanere esposta per un tempo indefinito. Tali limiti sono da applicarsi su tutto il territorio nazionale e costituiscono un insieme di valori di riferimento che, secondo le intenzioni dei legislatori, non dovrebbero essere superati in nessun caso ed in nessun motivo. Con tale decreto non viene però fissato alcuna sanzione nel caso questi limiti non vengano rispettati, si stabilisce soltanto che qualora si verifichi il superamento dei limiti imposti, le Regioni e le autorità locali interessate debbano predisporre dei piani di risanamento tali da consentire il rispetto dei limiti entro 10 anni dalla data di emanazione del decreto. Quali siano gli interventi obbligatori da effettuare e le relative responsabilità ora che i dieci anni sono stati ampiamente superati e tali limiti continuano a non essere rispettati in ampie zone della nazione, non è ben definito. Successivamente il D.P.R. 203 del 28.05.88 ha apportato alcune modifiche agli standards del biossido di zolfo, del biossido di azoto e delle particelle sospese. Ha inoltre introdotto il concetto di valori limite e valori guida intendendo come valori guida gli obiettivi di qualità dell'aria per il cui raggiungimento dovrebbero essere effettuati gli interventi nel settore sia come riferimento nell'ambito di piani di prevenzione e protezione di particolari aree del territorio che nella prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente.

Nelle tabelle riportate di seguito sono riportati i valori limite ed i valori guida di qualità dell'aria, fissati dalla normativa sopra citata. Per una corretta lettura dei limiti è necessario richiamare alcune definizioni:

- periodo di osservazione: intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio del primo prelievo e la fine dell'ultimo per una medesima postazione e per un medesimo inquinante;
- tempo di mediazione: intervallo di tempo stabilito per la mediazione dei dati;
- tempo di campionamento: intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio e la fine di un prelievo di un inquinante, il tempo di campionamento non deve essere superiore al tempo di mediazione.

Gli standards di qualità dell'aria sono indici di statistici (media aritmetica, percentile, mediane...) che descrivono la distribuzione delle concentrazioni medie orarie e/o giornaliere per i periodi di osservazione prefissati di otto inquinanti: monossido di carbonio (CO), biossido di solfo (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), particelle sospese (PTS), piombo (Pb), fluoro (F) e idrocarburi non metanici (NMHC). La verifica del rispetto dei valori limite viene realizzata mediante la misura delle concentrazioni degli inquinanti e la valutazione (in questo caso di tipo statistico) dei dati ottenuti.

Per le aree urbane dotate di una struttura di rilevamento ben definita il D.M.A. 20 maggio 1991 introduce una ulteriore serie di parametri, stavolta di tipo non statistico, individuando:

- a) La configurazione e la dotazione strumentale minima, in funzione del numero di abitanti, per cui sono applicabili i limiti prescritti;
- b) I limiti di concentrazione ammissibili (i cosiddetti livelli di “attenzione e di allarme”) per una serie di inquinanti, definiti anche in funzione del numero di postazioni in cui si verifica il superamento degli stessi. I limiti in questione non sono intesi come valori di tipo statistico, bensì come valori assoluti che, se superati, impongono (o dovrebbero imporre) immediati interventi volti a riportare lo stato dell’aria a “condizioni accettabili”. E’ opportuno notare che tali limiti non permettono considerazioni di carattere più generale sulla qualità dell’aria dei centri interessati: gli interventi debbono scattare quando si verifica una determinata situazione, e debbono essere finalizzati, nell’interpretazione più gretta e restrittiva, ad evitare solamente che il fenomeno registrato perduri nel tempo.

Nelle tabelle 3 e 4 sono descritte le configurazioni previste per le cosiddette “reti di allarme” in funzione della popolazione residente ed i limiti di “attenzione e di allarme” attualmente in vigore.

Nel novembre del 1991 le ordinanze “contingibili ed urgenti” emanate dal Ministro per l’Ambiente Ruffolo ridefiniscono gli standards degli inquinanti atmosferici in area urbana facendo propria l’impostazione della definizione di limiti di attenzione e prevedendo, come atto di indirizzo, una serie di disposizioni da adottarsi da parte dei sindaci delle città in cui tali limiti non fossero rispettati. Il D.M. emanato a riguardo venne annullato in seguito da una sentenza della Corte Costituzionale nel 1994. Esso ha però, nell’arco del suo periodo di validità, rafforzato l’impostazione normativa che prevede la coesistenza, almeno per le grandi città dotate di idonea rete di monitoraggio, di due tipologie di limiti differenti tra loro sia concettualmente sia a livello di obblighi di intervento da parte delle autorità competenti per la tutela della salute della popolazione (gli standards di qualità dell’aria e i limiti di attenzione e di allarme).

Con il D.M.A. 25.11.94 vengono ridefiniti nuovamente i livelli di attenzione e di allarme

dei gas inquinanti sotto forma oraria o giornaliera. Vengono inoltre individuati per la prima volta alcuni inquinanti “emergenti” da considerare di interesse prioritario quali nickel, formaldeide, benzene, idrocarburi policiclici aromatici.

Successivamente a quest’ultimo decreto la normativa riguardante gli inquinanti “classici” non ha subito sostanziali modifiche, anche se sono state emanate una serie di norme riguardanti in particolare l’inquinamento da benzene (prodotto in particolare dalla combustione delle cosiddette “benzine verdi”) e l’ozono. Obiettivi di queste norme sono principalmente, per quanto riguarda il benzene, la riduzione delle emissioni nei centri urbani e l’attivazione di un sistema di sorveglianza per le grandi aree urbane (vedi in particolare D.L. 24/9/96, n. 498 e L. 4/11/97, n. 413). Per quanto riguarda l’ozono le disposizioni riguardano gli adempimenti da adottarsi per creare una rete di monitoraggio nazionale di questa tipologia di inquinante e l’introduzione di ulteriori parametri per la valutazione dei tassi di inquinamento (vedere in particolare il D.M.A. 16/5/1996).

Altre normative in materia di particolare rilevanza sono :

- il D.M.A. 21/04/1999, n.163 “Regolamento recante norme per l’individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione”
- La deliberazione di Giunta Regionale 17 maggio 1999, n.553 “Individuazione di aree a rischio di inquinamento atmosferico” nella quale ,tra l’altro, viene individuato il comune di Lucca quale zona a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico ed i comuni di Lucca e Viareggio quali zone a rischio di inquinamento atmosferico derivante da benzene, I.P.A., PM10 ed ozono.
- La Deliberazione di Giunta Regionale n. 381 del 12/04/1999 con cui viene approvato il Piano Regionale di Rilevamento della qualità dell’aria.

Di recente è stato emanato il decreto n. 351/1999 del 4/8/99 di recepimento della direttiva 96/62/CE con la quale l’Unione Europea ha espresso le politiche generali in materia di valutazione e gestione della qualità dell’aria individuando le azioni che gli stati membri debbono attuare per definire e stabilire obiettivi di qualità dell’aria finalizzati a ridurre e

prevenire effetti nocivi sulla salute e sull'ambiente. in materia di qualità dell'aria. Questa Direttiva definisce i principi base per permettere una strategia sulla qualità dell'aria incentrata :

- sulla definizione e la fissazione di obiettivi per la qualità dell'aria e dell'ambiente
- la definizione di metodi di valutazione in base a criteri comuni
- il mantenimento e, ove necessario, il miglioramento della qualità dell'aria

La Direttiva quadro definisce il contesto generale, rinviando a specifiche direttive successive la disciplina degli aspetti tecnico-operativi relativi ai singoli inquinanti individuando un elenco di inquinanti sui quali intervenire prioritariamente (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, Pb, O<sub>3</sub>, CO, benzene, IPA, Hg, Cd, As, Ni

Anche se al momento non applicabile in quanto mancante dei necessari decreti attuativi, il d.Lgvo.351 è destinato a modificare radicalmente i valori di riferimento attualmente in vigore che del resto ha abrogato pur mantenendone, in via transitoria, la validità.

Per permettere una valutazione comparativa con quelli che presumibilmente i valori normativi da applicarsi in futuro, la valutazione della qualità dell'aria provinciale verrà effettuata anche comparando i valori rilevati con i valori definiti dalla direttiva quadro. Tale normativa prevede la suddivisione del territorio nazionale in cinque tipologie di aree graduate in funzione della qualità dell'aria esistente. Per tale ripartizione sono utilizzati quattro diversi valori di riferimento:

- 1) il valore limite da raggiungere ad una data prefissata,
- 2) il valore limite incrementato da una tolleranza intesa come percentuale decrescente nel tempo del valore limite ed introdotta per graduare nel tempo il raggiungimento del rispetto di tale valore,
- 3) la soglia di valutazione superiore consistente in un valore di concentrazione (inferiore al valore limite) che se non superata permette di sostituire parte dei rilevamenti con l'uso combinato di rilevazioni meno frequenti integrate dall'uso di modelli matematici
- 4) la soglia di valutazione inferiore intesa come un valore concentrazione cautelativo al disotto della quale le analisi sul campo possono essere sostituite da tecniche modellistiche.

Le cinque aree di riferimento sono pertanto così definite:

1. Zona A: i livelli di uno o più inquinanti superano il valore limite aumentato del argine di tolleranza così come concesso per l'anno di riferimento

2. Zona B: i valori di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite incrementato del margine di tolleranza
3. Zona C: i livelli degli inquinanti sono inferiori ai valori limite ma superiori alla soglia di valutazione superiore
4. Zona D: le concentrazioni di inquinanti sono compresi tra soglia di valutazione superiore ed inferiore
5. Zona E: le concentrazioni di tutti gli inquinanti sono inferiori alla soglia di valutazione inferiore

Per le zone A e B le Amministrazioni Regionali saranno tenute a prevedere piani di risanamento che permettano il raggiungimento di livelli di qualità dell'aria tali da garantire il rispetto dei valori limite entro i margini temporali indicati. Per le zone classificate come di fascia C le Regioni dovranno prevedere interventi tali da garantire che i valori limite non vengano superati. Per le aree classificate come di tipo D o E sono previsti piani di tutela ambientale che garantiscano almeno il mantenimento della qualità dell'aria esistente.

I primi valori limite di alcuni inquinanti considerati nel D. Lgs. 351/99 sono stati emanati dalla Comunità Europea con la Direttiva 1999/30 non ancora recepita dallo Stato Italiano. Per l'anno 2001 i limiti normativi cui far riferimento per la valutazione della qualità dell'aria rimangono pertanto ancora quelli previsti dalla legislazione precedentemente descritta anche se va tenuto ben presente che tali limiti sono destinati a subire sostanziali modifiche per gli anni successivi a questo.



### Valori limite di qualità dell'aria

INQUINANTE	DEFINIZIONE DEL LIMITE	VALORE LIMITE	PERIODO DI OSSERVAZIONE	TEMPO DI MEDIAZIONE
Biossido di zolfo	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	80 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	98° p.ctlle delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	250 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno	130 µg/mc	dal 1 Ottobre al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di azoto	98° p.ctlle delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate nell'arco di 1 anno	200 µg/mc	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	150 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Particelle sospese	95° p.ctlle di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	300 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Ozono	Concentrazione media di 1 ora da non superarsi più di una volta al mese	200 µg/mc	dal primo all'ultimo giorno di ciascun mese di calendario	1 ora
Monossido di Carbonio	Concentrazione media di 8 ore	10 mg/mc	8 ore	dalle 00 alle 08; dalle 08 alle 16; dalle 16 alle 24
Monossido di Carbonio	Concentrazione media di 1 ora	40 mg/mc	ora	1 ora
Piombo	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	2 µg/mc	1 Gennaio - 31 Dicembre	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Fluoro	Concentrazione media di 24 ore	20 µg/mc	giorno	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Fluoro	Media delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 mese	10 µg/mc	dal primo all'ultimo giorno di ciascun mese di calendario	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Idrocarburi totali (escluso il metano)	Concentrazione media di 3 ore consecutive in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti	200 µg/mc*	giorno	di norma dalle 06 alle 09 di ciascun giorno (3 ore)

(\*) Da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nel quale si siano verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono

### Valori guida di qualità dell'aria

INQUINANTE	DEFINIZIONE DEL LIMITE	VALORE GUIDA	PERIODO DI OSSERVAZIONE	PERIODO DI MEDIAZIONE
Biossido di zolfo	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	40 - 60 µg/mc	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di zolfo	Valore medio delle 24 ore	100 - 150 µg/mc	giorno	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Biossido di azoto	50° pctle delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate nell'arco di 1 anno	50 µg/	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Biossido di zolfo	98° pctle delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	135 µg/mc	1 Gennaio - 31 Dicembre	1 ora
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno	40 - 60 µg/mc fumo nero equivalente	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno
Particelle sospese	Valore medio delle 24 ore	100 - 150 µg/mc fumo nero equivalente	dal 1 Aprile al 31 Marzo	dalle 00 alle 24 di ciascun giorno

### Valori Limite di concentrazione di ozono fissati dal DM 16/05/96

Livello di protezione della salute: media trascinata di otto ore	110 ug/mc
Livello di protezione per la vegetazione: media oraria	200 ug/mc
media giornaliera	65 ug/mc
livello di attenzione: media oraria	180 ug/mc
Livello di allarme: media oraria	360 ug/mc

### Parametri meteoroclimatici.

Sulla presenza di inquinanti sul territorio una grossa influenza è esercitata dalle condizioni meteorologiche locali. Situazioni meteorologiche che facilitino la dispersione degli inquinanti prodotti comportano infatti tassi di inquinamento molto diverse (in senso favorevole) a condizioni tali da favorire il ristagno degli inquinanti sulle aree entro cui vengono prodotte.

Il territorio comunale di Viareggio presenta le tipiche condizioni delle città balneari: temperature mediamente più elevate d'inverno e minori nei periodi estivi rispetto all'entroterra, venti tipicamente influenzati dalla presenza del mare e di una certa intensità.

Tale situazione sembra esercitare in particolare una certa influenza sulla presenza di ozono sull'area urbana. La presenza di tale inquinante, sembra infatti fortemente influenzata

dalle locali condizioni climatiche secondo meccanismi non ancora del tutto ben chiari e comunque di notevole complessità che potrebbe rendere plausibile l'ipotesi che una quota significativa dell'ozono riscontrato sull'area siano in parte attribuibili a migrazioni di inquinanti precursori provenienti dal mare.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori medi mensili dell'umidità relativa, radiazione totale, pressione atmosferica, temperatura e velocità del vento registrati negli anni 1995 - 2001 presso la stazione meteorologica di Viareggio - L.rgo Risorgimento. Nelle stesse tabelle sono riportati anche i dati delle piovosità mensili totali. I dati disponibili sono piuttosto dettagliati fino al 1999. A causa della dismissione di diversi sensori guasti e di problematiche tecniche legate ad attività di ristrutturazione della rete non sono riportati i dati relativi al 2000 in quanto poco significativi.

**Tabella 1: parametri meteorologici. Stazione di Viareggio. Anno 1995.**

Umid= umidità relativa espressa in %. Rad= radiazione totale. Temp= temperatura in °C.

Piovosità= mm di pioggia totali. Vmed= velocità del vento in m/sec.

	Umid (%)	Rad (W/m2)	Pres (mb)	temp °C	Piovosità	Vmed
	media	media	media	media	Totale	media
gen-96	71,6	-1,3	1021,1	8,3	83,8	1,6
feb-96	87,2	26,0	1020,9	10,9	113,0	1,4
mar-96	70,7	65,8	1017,7	11,4	62,0	1,8
apr-96	80,8	80,0	1018,3	14,3	47,8	1,7
mag-96	80,0	111,2	1018,0	18,0	93,8	1,6
giu-96	77,9	146,6	1017,1	20,9	141,8	1,6
lug-96	73,4	148,4	1017,2	26,8	2,2	1,5
ago-96	66,5	113,2	1016,1	24,7	18,8	1,3
set-96	69,0	88,2	1016,2	20,4	87,4	1,7
ott-96	81,6	56,4	1025,8	18,1	26,4	0,9
nov-96	74,2	13,2	1020,2	12,7	106,4	1,6
dic-96	83,2	1,5	1017,7	10,4	154,4	1,5

**Tabella 2: parametri meteorologici. Stazione di Viareggio. Anno 1996.**

Umid= umidità relativa espressa in %. Rad= radiazione totale. Temp= temperatura in °C.

Piovosità= mm di pioggia totali. Vmed= velocità del vento in m/sec.

	Umid (%)	Rad (W/m2)	Pres (mb)	temp °C	Piovosità	Vmed
	media	media	media	media	Totale	media
gen-96	81,0	7,0	1017,8	10,9	96,2	1,7
feb-96	72,0	33,0	1015,0	8,5	103,2	1,9
mar-96	67,5	121,2	1017,1	11,2	13,8	1,6
apr-96	80,0	90,7	1017,6	15,4	114,2	1,5
mag-96	75,4	123,2	1016,2	19,1	72,6	1,8
giu-96	71,3	132,9	1020,8	23,6	36,2	1,7
lug-96	69,5	121,1	1019,1	25,0	21,2	1,6
ago-96	73,1	115,8	1017,4	24,8	61,2	1,4
set-96	77,3	76,3	1014,7	19,7	72,0	1,3
ott-96	82,0	32,7	1019,7	17,0	82,7	1,3

nov-96			1016,7	14,1	195,6	1,8
dic-96	79,5	-1,9	1016,1	10,1	151,0	1,5

**Tabella 3: parametri meteoclimatici. Stazione Viareggio. Anno 1997.**

Umid= umidità relativa espressa in %. Rad= radiazione totale. Temp= temperatura in °C.

Piovosità= mm di pioggia totali. Vmed= velocità del vento in m/sec.

	Umid (%)	Rad (W/m2)	Pres (mb)	temp °C	Piovosità	Vmed
	media	media	media	media	Qtot	media
gen-97	90,2	5,5	1023,7	9,9	167,6	1,1
feb-97	83,4	19,8	1028,2	11,4	51,4	1,2
mar-97	76,6	72,2	1024,8	13,3	9,4	nd
apr-97	71,5	94,2	1019,6	13,8	62,2	1,7
mag-97	75,3	14,3	1019,6	19,8	41,0	1,7
giu-97	79,0	nd	1015,0	22,9	108,6	1,8
lug-97	78,9	nd	1018,5	24,4	34,2	1,6
ago-97	76,5	nd	1019,1	25,8	14,6	1,5
set-97	79,8	nd	1022,0	22,7	0,0	1,2
ott-97	78,5	23,4	1018,4	18,3	30,8	1,5
nov-97	89,1	0,6	1015,1	13,8	96,8	1,4
dic-97	88,7	-6,7	1017,5	10,7	92,6	1,4

**Tabella 4: parametri meteoclimatici. Stazione di Viareggio. Anno 1998.**

Umid= umidità relativa espressa in %. Rad= radiazione totale. Temp= temperatura in °C.

Piovosità= mm di pioggia totali. Vmed= velocità del vento in m/sec.

	Umid (%)	Rad (W/m2)	Pres (mb)	temp °C	Piovosità	Vmed
	media	media	media	media	Totale	media
gen-98	84,8	-3,9	1022,8	10,0	71,0	1,3
feb-98	85,4	17,1	1028,7	10,5	27,2	1,0
mar-98	77,6	50,3	1024,8	11,6	27,0	1,5
apr-98	84,2	50,1	1013,3	14,9	68,6	2,2
mag-98	80,3	94,1	1017,3	20,0	28,4	1,5
giu-98	79,0	121,9	1019,9	23,3	121,5	1,6
lug-98	78,1	124,8	1016,1	25,8	4,0	1,5
ago-98	81,8	87,3	1017,2	26,0	34,1	1,4
set-98	81,6	40,1	1016,1	21,6	21,3	1,4
ott-98	92,0	7,3	1018,9	17,8	40,3	1,4
nov-98	84,6	nd	1019	11,3	61,2	1,3
dic-98	86,5	nd	1024	8,1	36,8	1,3

**Tabella 5: parametri meteoclimatici. Stazione Viareggio. Anno 1999.**

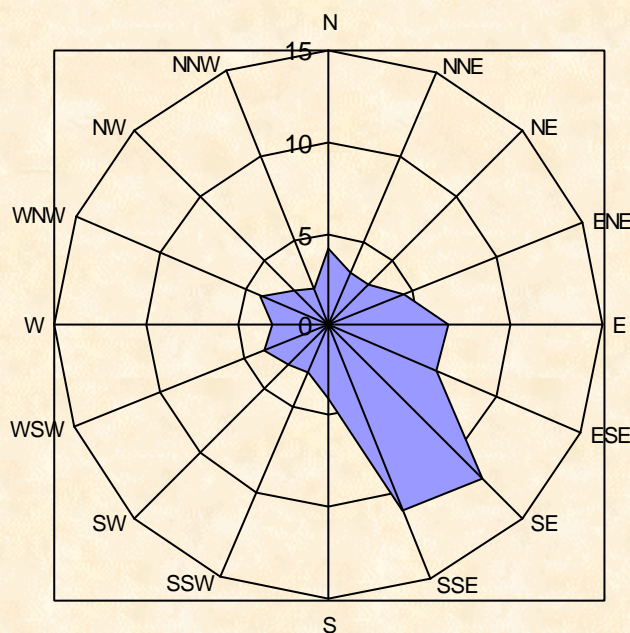
Umid= umidità relativa espressa in %. Rad= radiazione totale. Temp= temperatura in °C.

Piovosità= mm di pioggia totali. Vmed= velocità del vento in m/sec.

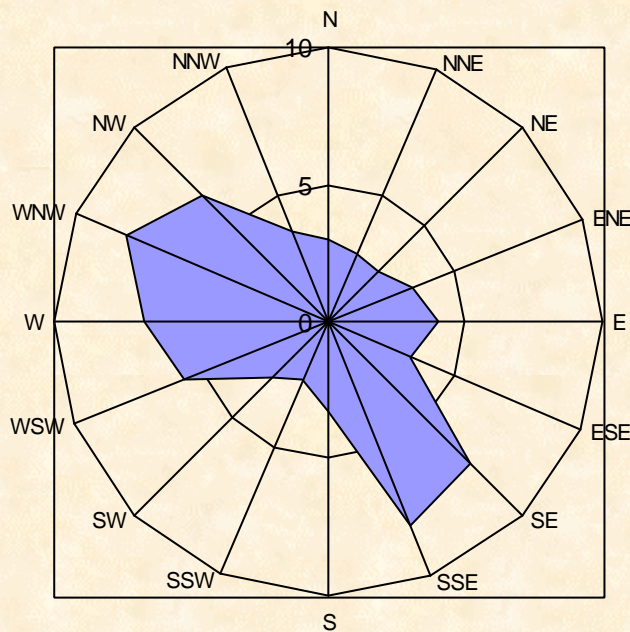
	Umid (%)	Rad (W/m2)	Pres (mb)	temp °C	Piovosità	Vmed
	media	media	media	media	Piovosità	media
gen-99	87,8	-5,2	1021,3	9,0	82,2	1,3
feb-99	74,8	8,6	1018,1	8,5	135,8	1,5
mar-99	81,2	35,8	1017,9	12,4	34,6	1,6
apr-99	88,8	49,0	1017,7	14,9	98,1	1,6
mag-99	85,8	77,2	1018,8	20,4	18,2	1,3
giu-99	76,4	104,6	1018,4	23,4	23,2	1,5
lug-99	71,2	107,8	1016,2	26,3	11,9	1,3
ago-99	83,2	29,3	1015,0	26,2	13,2	1,3



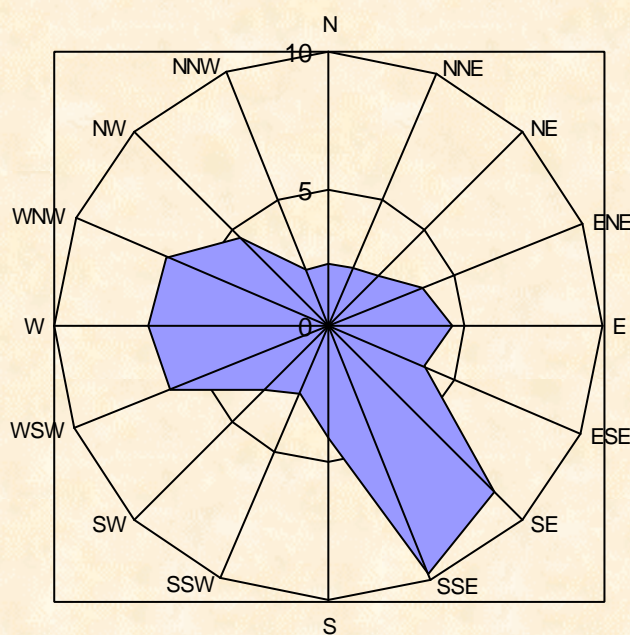
**Stazione di Viareggio Largo Risorgimento**  
**Direzione vento anno 1996**  
**Calme = 24%**



**Stazione di Viareggio Largo Risorgimento**  
**Direzione vento anno 1997**  
 Calme = 27%

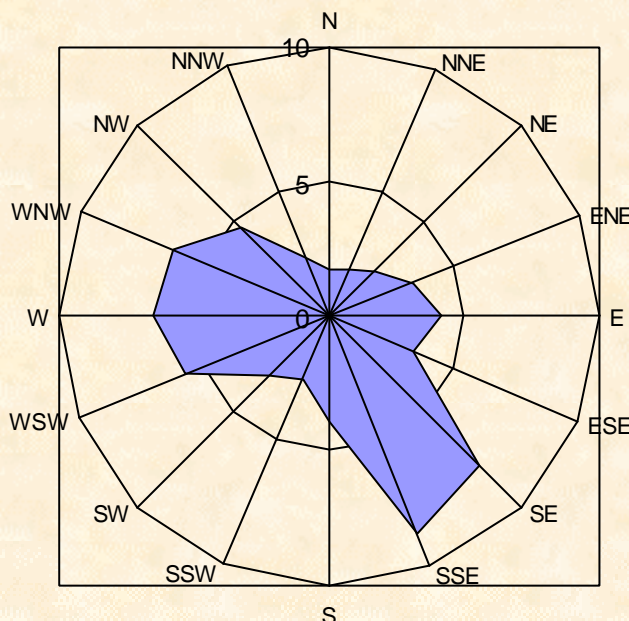


**Stazione di Viareggio Largo Risorgimento**  
**Direzione vento anno 1998**  
 Calme = 26%





**Stazione di Viareggio Largo Risorgimento**  
**Direzione vento anno 1999**  
 Calme = 31%

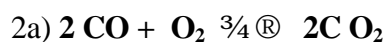
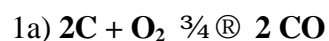


## RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NEL TERRITORIO COMUNALE

### MONOSSIDO DI CARBONIO

E' un prodotto di ossidazione derivante normalmente da una combustione incompleta: è inodore, incolore ed insapore, di densità leggermente inferiore a quella dell'aria. Normalmente presenta una reattività piuttosto scarsa con gli altri costituenti dell'atmosfera. I meccanismi che permettono la sua formazione sono essenzialmente tre:

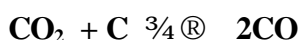
- a) **Combustione di composti organici in carenza di O<sub>2</sub>** che così non è presente in quantità sufficienti a garantire l'ossidazione completa del carbonio. In un processo di combustione di sostanze organiche la corrispondente ossidazione del carbonio presente avviene secondo le seguenti due reazioni consecutive:



La prima reazione è circa 10 volte più veloce della seconda: per questo motivo una eventuale carenza di ossigeno comporta la prevalenza della prima reazione rispetto alla seconda in modo tanto più accentuato quanto minore è la disponibilità dello stesso.



- b) **Reazioni ad elevate temperature tra CO e sostanze organiche** che avvengono tramite una serie di reazioni che schematicamente, ai fini di questa trattazione, possono essere condensate nella seguente :



La costante di equilibrio di questa reazione aumenta con la temperatura: a 450°C la percentuale di CO all'equilibrio è di circa il 2% mentre a 1000°C il tasso di CO si aggira intorno al 99%.

- c) **Fenomeni di dissociazione ad alta temperatura della CO<sub>2</sub> :**



Questa reazione, inversa della 2a), è endotermica. In miscele in cui sia presente un eccesso di ossigeno si verifica, a titolo di esempio, che a 1750°C la percentuale di CO all'equilibrio è di circa l'1% mentre a 2000°C, ossia a temperature e condizioni simili a quelle che si creano in un motore a scoppio, sale al 5%. E' bene ricordare che la velocità di una reazione decresce esponenzialmente con il diminuire della temperatura: un brusco raffreddamento di una miscela CO/CO<sub>2</sub> creata in un processo di combustione ad elevate temperature comporta lunghi tempi di permanenza per il CO prima che essa subisca la conversione a CO<sub>2</sub>. Si verifica così che le quantità di CO formatesi all'interno di un motore a scoppio o presenti nelle emissioni di una ciminiera, a causa del brusco raffreddamento subito dai gas di scarico al contatto con l'atmosfera esterna, permangono nell'atmosfera per lungo tempo prima di essere convertite a CO<sub>2</sub>.

### **I dati rilevati**

Tra gli inquinanti monitorati, questo è quello che in passato ha evidenziato i maggiori problemi per quanto riguarda il rispetto dei valori di riferimento della qualità dell'aria. Nel periodo di attività della rete di monitoraggio si sono verificati in più occasioni i superamenti dei limiti previsti nella stazione di Lrgo Risorgimento, situata in un'area soggetta ad elevatissimi flussi veicolari in quanto costituisce una delle principali vie d'accesso alla città.

Si riportano di seguito le distribuzioni dei valori registrati, per ciascun anno, nelle stazioni della rete ubicate sul territorio cittadino. Le frequenze indicate corrispondono alle percentuali dei dati che superano i valori di riferimento riportati. Tali distribuzioni ovviamente, per questo e per gli altri inquinanti di seguito esaminati, sono significative in misura proporzionale al numero ed alla distribuzione temporale per ciascun anno di riferimento dei dati.

### Stazione di L.rgo Risorgimento

ANNO	n° dati	Media annuale (mg/m <sup>3</sup> )	massimo annuale (mg/m <sup>3</sup> )	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m <sup>3</sup> )				
				2,5	5	7,5	10	15
1995	8115	3,0	28,8	51,5	13,8	5,7	2,37	0,5
1996	8164	2,7	29,1	43,8	11,3	4,38	1,81	0,29
1997	7366	2,9	23,8	46,5	13,4	5,6	2,4	0,3
1998	7774	2,6	28,4	39,3	11,4	4,4	1,7	0,4
1999	7248	2,2	18,3	32,0	7,4	2,6	1,0	0,1
2000	1438	ns	15,9	ns	ns	ns	ns	ns
2001	6943	1,7	11,5	18,1	2,5	0,5	0,0	0,0

### Stazione di via Maroncelli

ANNO	n° dati	Media annuale (mg/m <sup>3</sup> )	massimo annuale (mg/m <sup>3</sup> )	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m <sup>3</sup> )				
				2,5	5	7,5	10	15
1999 <sup>1</sup>	2032	ns	8,1	10,0	1,0	0,1	0	0
2000 <sup>2</sup>	5441	0,8	7,1	2,4	0,1	0	0	0
2001	7705	0,8	6,2	2,4	0,1	0	0	0

### Rilevamento del Laboratorio Mobile del periodo 9/2/98 - 28/2/98, via Pistoia c/o scuola elementare, inquinante CO

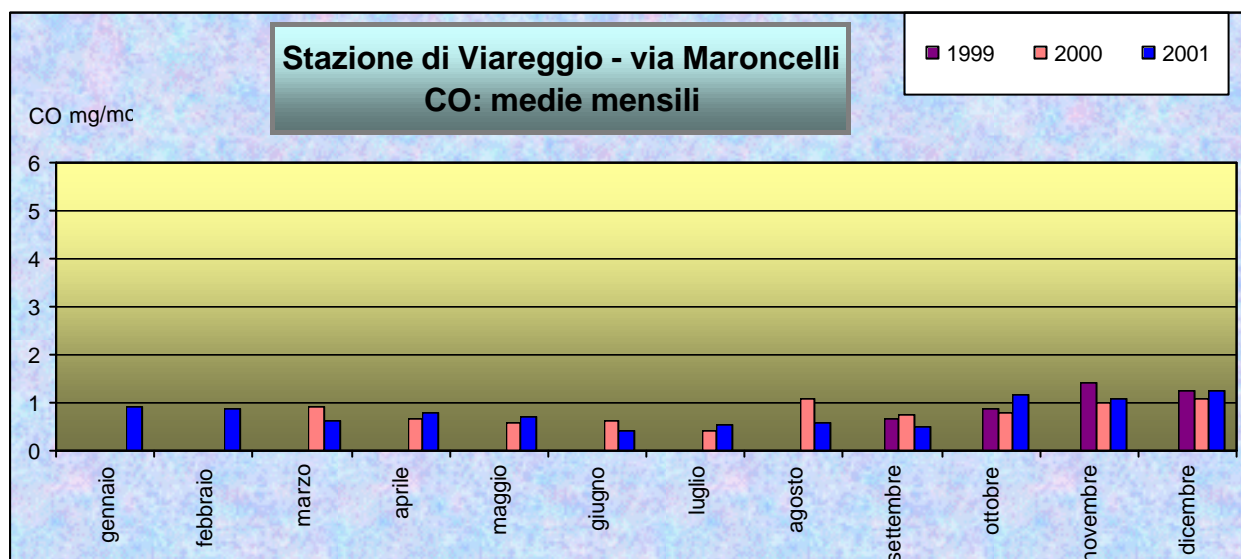
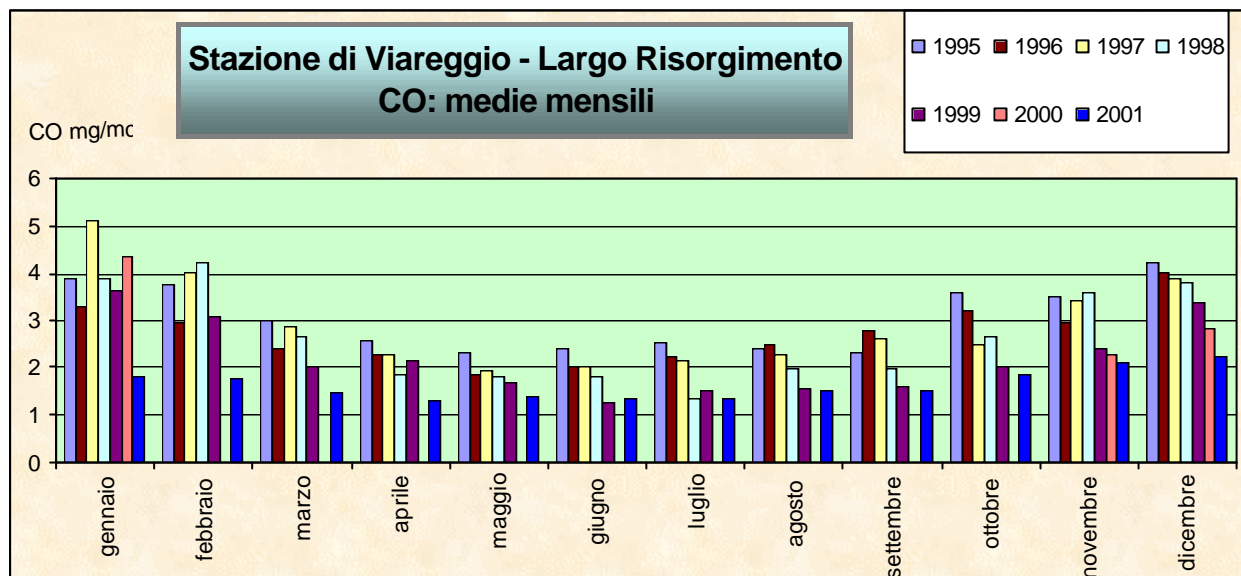
Giorno	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Media giornaliera	1,9	2,9	2,9	2,4	2,2	1,5	1,8	1,7	1,5	2,0	2,2	2,2	2,5	1,2	2,0	2,1	2,4	1,9	2,1
Max giornaliero	3,8	7,8	6,7	6,2	6,7	3,7	5,4	4,7	3,9	7,3	6,9	7,6	6,2	2,7	3,9	5,7	7,4	3,7	3,4

### Rilevamento presso la stazione di Largo Risorgimento del periodo 9/2/98 - 28/2/98 inquinante CO

Giorno	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Media giornaliera	4,6	nd	7,1	4,8	5,0	3,5	3,0	3,7	3,6	5,1	5,5	4,7	5,7	3,4	3,7	2,5	2,5	3,0	4,9
Max giornaliero	15,6	nd	20,8	10,9	14,2	6,9	7,0	7,2	10,2	20,2	15,2	10,0	10,6	6,0	10,2	8,0	8,7	7,7	14,5

<sup>1</sup> Periodo settembre - dicembre

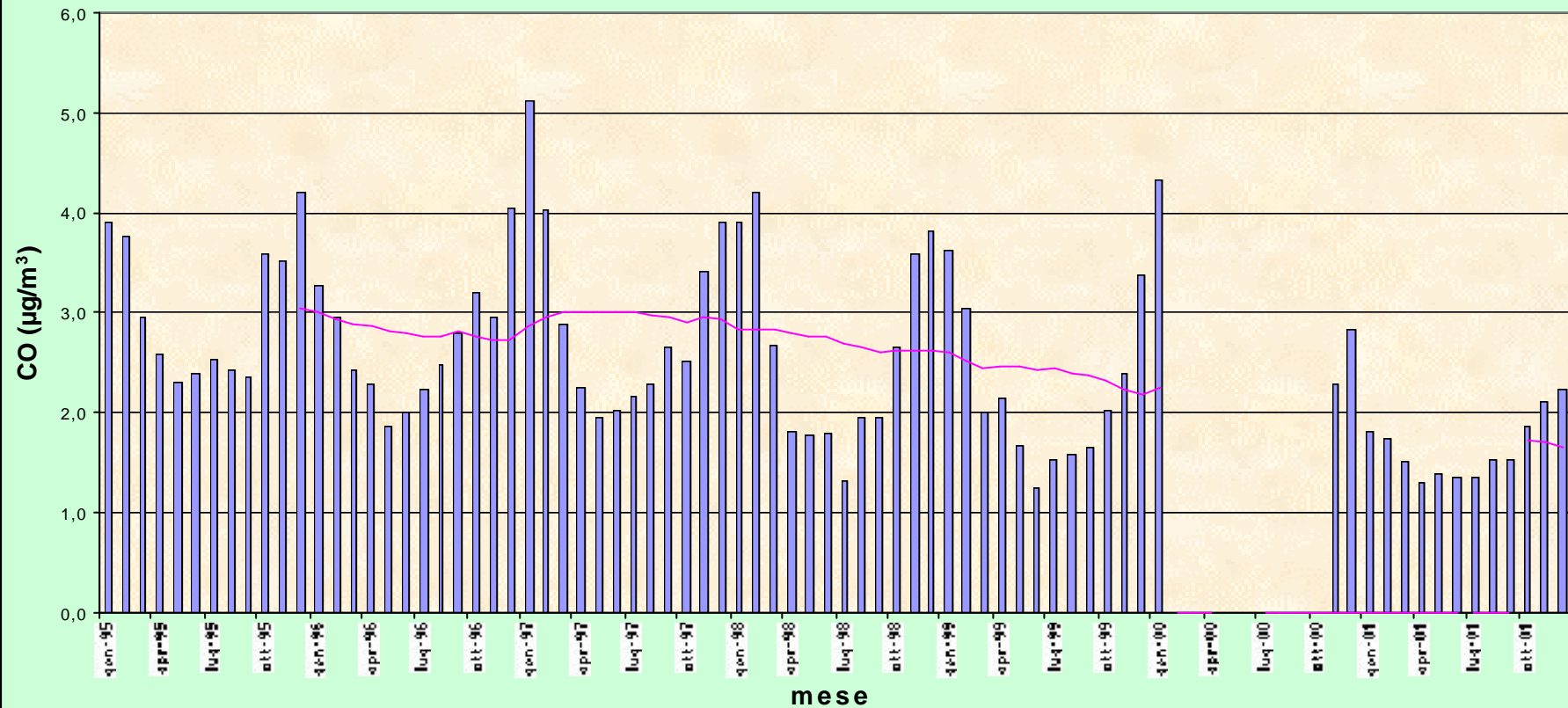
<sup>2</sup> Periodo marzo - dicembre





Stazione di Viareggio - Largo Risorgimento  
CO, medie mensili e linea di tendenza annuale

— Media 12 mesi trascinata



Gli andamenti registrati nel corso degli anni nella stazione di Largo Risorgimento, per cui esiste un ampio riferimento temporale, evidenziano una significativa riduzione nel tempo, al di là di eccezioni collegabili a particolari condizioni metereologiche, dei tassi di monossido di carbonio nell'area monitorata. Tale riduzione è attribuibile, non essendovi state nell'area significative variazioni dei flussi veicolari, alla progressiva sostituzione del parco veicolare circolante con mezzi a minor impatto ambientale.

I valori evidenziati dalla stazione di via Maroncelli, ubicata in zona residenziale interessata da flussi veicolari piuttosto ridotti e dalla campagna del laboratorio mobile effettuata nel 1998, pur non permettendo valutazioni sui trend temporali dell'inquinante a causa dei limitati periodi di osservazione, hanno evidenziato stati della qualità dell'aria ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa vigente.

## OSSIDI AZOTO

Gli ossidi di azoto costituiscono un gruppo di 7 composti di cui rivestono particolare interesse dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico il monossido ed il biossido (NO ed NO<sub>2</sub>).

Il monossido di azoto è un gas incolore, inodore e poco solubile in acqua. Si produce principalmente tramite la reazione :  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}$

Tale reazione alle basse temperature ha una costante di equilibrio talmente ridotta da non assumere alcun significato pratico, infatti pur essendo l'atmosfera composta essenzialmente di ossigeno ed azoto, le quantità di NO che si formano spontaneamente sono del tutto irrilevanti. Le quantità prodotte diventano invece sensibili a temperature superiori ai 1000°C : tale reazione assume quindi una certa rilevanza quando si viene a trattare con processi di combustione. In teoria, una volta espulsi i gas di scarico della combustione, il raffreddamento della miscela dovrebbe portare alla decomposizione del monossido in ossigeno ed azoto fino a ridurne la concentrazione a quella, trascurabile, di equilibrio alla temperatura ambiente. In realtà il brusco raffreddamento e la diluizione subita con l'aria rallentano la cinetica di decomposizione al punto da permetterne lunghi tempi di permanenza nell'atmosfera.

Il biossido di azoto ha invece colore rossastro ed odore pungente e soffocante e si forma principalmente per ossidazione di monossido di azoto secondo la reazione:  $2 \text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}_2$

La quantità di NO<sub>2</sub> che si può formare da questa reazione aumenta al diminuire della temperatura ma è, evidentemente, proporzionale alle concentrazioni di ossigeno e monossido disponibili. Così, mentre la sua formazione è ostacolata in camera di combustione dalle alte temperature e dalla relativa scarsità di ossigeno in essa presente, dopo l'espulsione dei gas di scarico in atmosfera essa viene ostacolata dal brusco

raffreddamento subito dalla miscela dei gas di scarico e dalla diluizione che questi subiscono una volta scaricati nell'atmosfera..

Il risultato di questi fattori è che, di norma, la quantità di NO<sub>2</sub> generata nei normali processi di combustione è di gran lunga inferiore a quella del monossido che parallelamente si produce. Tuttavia, a causa di processi fotochimici che si verificano in seguito, parte o gran parte del monossido di azoto che si produce si trasforma in biossido. Giocando in tale tipo di processi un ruolo determinante l'intensità dell'irraggiamento solare e la temperatura, i rapporti NO/ NO<sub>2</sub> sono pertanto molto più elevati nei periodi invernali piuttosto che nei periodi estivi, con notevoli escursioni anche tra le ore diurne e le ore notturne.

A livello di tossicità vi è da dire che quella del biossido di azoto è notevolmente superiore a quella del monossido ed è probabilmente per questo motivo la normativa vigente prevede dei limiti solo per questa tipologia di inquinante.

### **I dati rilevati**

Si riportano di seguito le distribuzioni dei dati valutata negli anni di riferimento. Pur non essendovi grandi disponibilità di dati, causa la dismissione di diversi analizzatori guastatisi nella rete di monitoraggio provinciale che hanno reso necessario ricorrere ad una rotazione di quelli disponibili tra alcune delle stazioni di monitoraggio, i dati raccolti sono comunque sufficienti per una caratterizzazione di questa categoria di inquinanti che comunque verrà approfondita nei prossimi anni. Per questa tipologia di inquinanti non si sono mai verificati casi di mancato rispetto dei limiti prescritti. Anche in questo caso, come per il monossido di carbonio, si può osservare un trend discendente presso la stazione di Largo Risorgimento nel periodo 1995 – gennaio 2000 monitorato. Tale trend sembra evidenziarsi (ma necessita di conferme) anche presso la stazione di via Maroncelli, dove è ridotta la serie storica di dati disponibili e dove comunque, stante le caratteristiche dell'area, le concentrazioni di inquinante rilevati sono relativamente contenuti. Anche in questo caso le motivazioni sono attribuibili alla progressiva sostituzione del parco veicoli circolante ed è quindi presumibile che tale trend possa proseguire nel tempo. Il monitoraggio degli ossidi di azoto è stato interrotto presso la stazione di Largo Risorgimento nel febbraio 2000 in quanto guastato in maniera irrimediabile il relativo analizzatore. I dati rilevati evidenziano comunque un significativo decremento della presenza di tale inquinante nel periodo 1997 - 1999 sia per quanto attiene i valori medi riscontrati che relativamente alla distribuzione degli stessi in classi di distribuzione. Pur essendo stato condotto il monitoraggio presso la stazione di via Maroncelli in maniera discontinua e per un periodo di tempo più limitato i tassi di inquinanti presenti sono tali da non evidenziare particolari problematiche legate alla presenza di questa classe di inquinanti.

**Stazione di L.rgo Risorgimento, inquinante NO<sub>2</sub>, tempo di mediazione: 1 ora**

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	98° pc (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
1995	7162	66	135	94.9	72.1	31.5	10.2	0.9
1996	7937	70	154.5	95.7	73.1	36.8	14.5	2.4
1997	7531	53	114.4	88.7	50.5	17.1	4.5	0.3
1998	6419	45	104.7	77.8	36.8	10.6	2.5	0.1
1999	5199	32	81.5	60.8	17.7	3	0.7	0.04
2000	880	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Stazione di via Maroncelli, inquinante NO<sub>2</sub>, tempo di mediazione : 1 ora**

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	98° pc (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				25	50	75	100	150
1998*	2323	ns	82.6	68.5	23.6	4.4	0.3	0.09
1999	5968	35.7	86.3	59.9	23.7	5.3	0.4	0
2000	4138	ns	85	58,4	26,1	4,8	0,4	0,0
2001	1983	ns	ns	43,8	9,0	0,1	0,0	0,0

- La distribuzione dei valori fa riferimento al periodo agosto-dicembre 1998

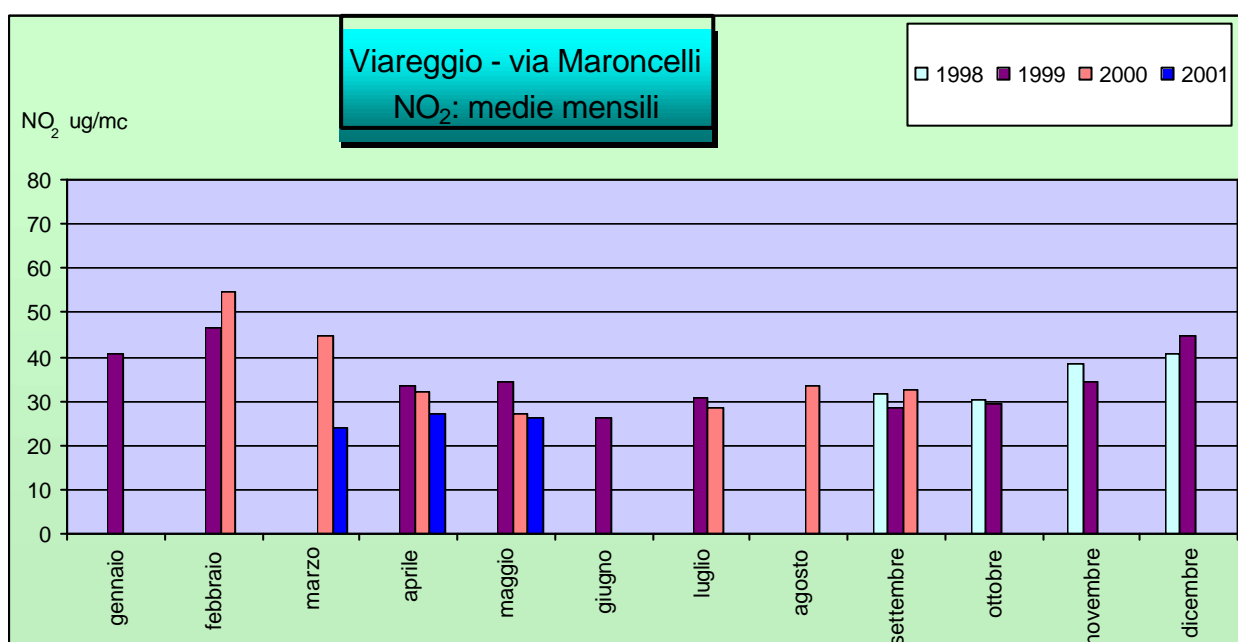
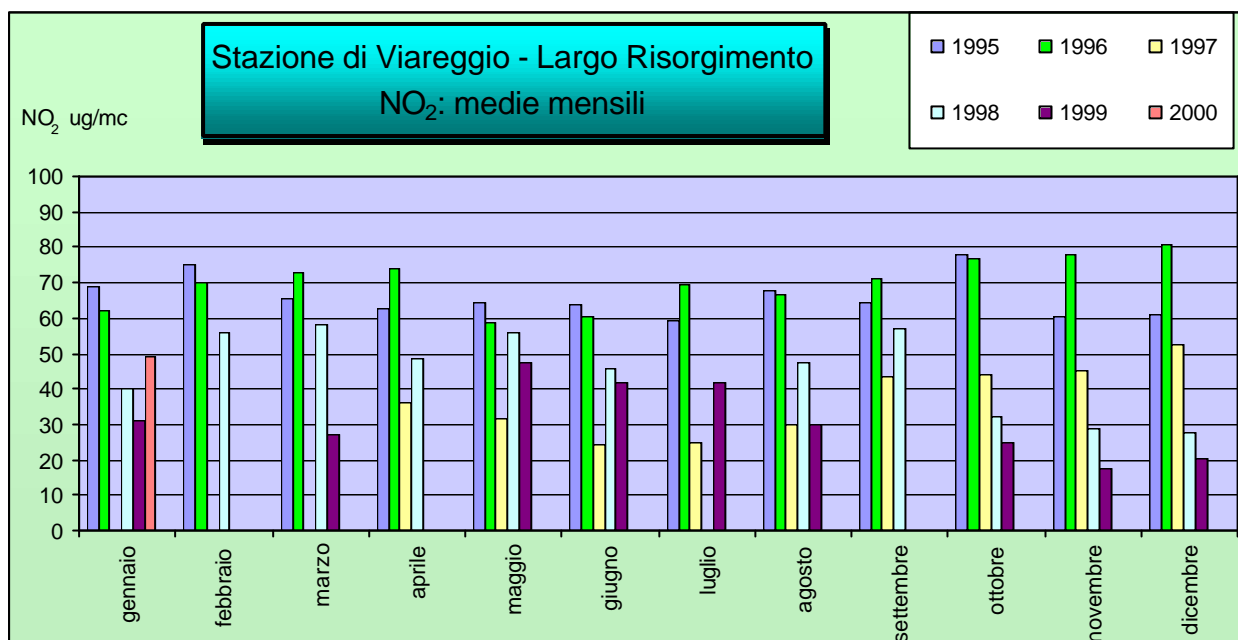
**Rilevamento del Laboratorio Mobile del periodo 9/2/98 - 28/2/98, via Pistoia c/o scuola elementare, inquinante NO<sub>2</sub>**

Giorno	9	10	11	12	13	14	13	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Media giorno	44	52	54	48	43	35	36	34	37	45	43	38	37	28	33	34	37	31	28	30
Max giorno	66	89	87	87	79	50	66	51	65	72	76	68	63	49	52	59	56	56	80	65

**Rilevamento presso la stazione di Largo Risorgimento del periodo 9/2/98 - 28/2/98 inquinante NO<sub>2</sub>**

Giorno	9	10	11	12	13	14	13	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Media giorno	68	ns	79	76	62	53	53	59	64	76	80	60	51	42	43	ns	54	45	ns	60
Max giorno	134	ns	144	133	95	76	110	84	124	127	127	108	79	77	70	ns	99	82	ns	89





## ANIDRIDE SOLFOROSA

L'anidride solforosa di origine antropogenica trova la sua origine principale nella combustione di combustibili contenenti zolfo. E' un gas incolore, più pesante dell'aria e di odore pungente e molto irritante. Fino a non molti anni fa le concentrazioni riscontrabili nelle aree urbanizzate (e nelle aree sede di grossi impianti di combustione) raggiungevano valori considerevoli in particolare nei periodi invernali, in coincidenza

con l'accensione degli impianti di riscaldamento. I tempi di permanenza di questo gas nell'atmosfera sono relativamente brevi essendo molte le reazioni chimiche in cui essa viene coinvolta. In particolare essa viene facilmente ossidata ad anidride solforica dando successivamente origine, a contatto con il vapor acqueo atmosferico, alla formazione di acido solforico, uno dei principali costituenti delle cosiddette "piogge acide". Essendo inoltre la sua presenza legata direttamente alle quantità di combustibile utilizzato (e quindi indice delle attività antropogeniche) è stata considerata per molti anni un significativo parametro di valutazione della qualità dell'aria.

Con l'avvento dei combustibili liquidi a bassi tassi di zolfo e la sempre maggiore diffusione del metano in parziale sostituzione di questi, i tassi di anidride solforica sono drasticamente calati. Non essendo in dotazione alla stazione di L.rgo Risorgimento un analizzatore di SO<sub>2</sub> i dati disponibili sono quelli reperiti dal 1998 presso la stazione di via Maroncelli e quelli facenti riferimento alla campagna del laboratorio mobile. Nel Comune di Viareggio, come del resto in tutta la Provincia, la presenza di tale inquinante è talmente ridotta da raggiungere spesso i limiti di rilevabilità strumentale. Esso pertanto, come sarà poi evidenziato nel capitolo dedicato alle emissioni di inquinanti aeriformi del comune, è presente in concentrazioni tali da non costituire sicuramente un problema di tipo sanitario per la popolazione residente.

Si riportano di seguito le elaborazioni effettuate per verificare il rispetto degli SQA relativamente ai dati acquisiti presso la stazione di via Maroncelli. I valori rilevati si sono attestati su valori molto ridotti, spesso al limite della sensibilità strumentale.

Inquinante : **Biossido di Zolfo** in µg/m<sup>3</sup>; Tempo di mediazione: 24 ore;

Periodo osservazione: anno; Periodo di rilevamento: da 01.04 a 31.03 di ciascun periodo;

Anno	Elaborazione su base annua					Semestre invernale			
	N. dati	Mediana	98° pc	Media	S	N. dati	Mediana	Media	S
1998 - 1999	73	0,6	10,6	2,8	1,8	36	0,3	1,4	2,4
1999 - 2000	245	0	12	1,5	2,9	109	0	2	3,7
2000 - 2001	305	1,6	9,0	2,4	2,5	153	2,5	3,1	2,4

**Rilevamento del Laboratorio Mobile del periodo 9/2/98 - 28/2/98, via Pistoia c/o scuola elementare, inquinante SO<sub>2</sub>**

Giorno	9	10	11	12	13	14	13	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Media giorno	11	14	15	11	9	8	5	9	5	11	11	8	7	7	3	5	10	6	4	14
Max giorno	15	44	31	24	19	15	14	18	11	29	31	33	14	18	9	13	27	11	13	24

## **PARTICOLATO SOSPESO**

Oltre agli inquinanti gassosi propriamente detti nell'atmosfera sono presenti anche microscopiche goccioline liquide o piccole particelle solide a cui viene dato complessivamente il nome di particolato atmosferico. Con questo termine vengono quindi indicate tutte le particelle solide o liquide disperse nell'atmosfera quali, ad esempio, polvere, ceneri e pollini. La provenienza di questi inquinanti è da attribuirsi principalmente a trasporti, centrali termoelettriche, industrie e, nei periodi invernali agli impianti termici civili. Negli ambienti urbani assume una grossa rilevanza, sia per gli aspetti quantitativi che per quelli sanitari, come fonte di emissione il traffico veicolare.

Le dimensioni di tali particelle sono molto variabili e vanno dal millesimo di micron a qualche millimetro, nelle aree urbane generalmente tali dimensioni spaziano tra gli 0,01 e i 100  $\mu\text{m}$  di diametro. Ovviamente le dimensioni influenzano notevolmente i tempi di permanenza nell'atmosfera delle particelle nel senso che le particelle di maggiori dimensioni tendono a ricadere al suolo più velocemente di quelle a dimensioni ridotte. I meccanismi di deposizione sono comunque molteplici e non riconducibili di norma a semplici considerazioni sulle dimensioni e su di essi influiscono in maniera rilevante una serie di parametri meteorologici quali la natura dei venti e la piovosità.

Il corpo umano ha una serie di difese, principalmente meccaniche, per impedire che queste sostanze penetrino nell'organismo: le particelle di dimensioni superiori ai 10  $\mu\text{m}$  vengono bloccate nel naso, dal muco che riveste l'apparato respiratorio e dalle ciglia che lo ricoprono. Solo le particelle di dimensioni più ridotte riescono a giungere fino agli alveoli polmonari, in particolare le particelle di dimensioni inferiori ai 2,5  $\mu\text{m}$ . Gli effetti sulla salute umana sono ovviamente fortemente legati alle caratteristiche chimico-fisiche della polvere inalata potendo questa agire sia direttamente (per effetto delle sostanze minerali che vengono ad accumularsi nei polmoni) sia fungendo da veicolo di sostanze aerodisperse in grado di associarsi alle particelle solide alle particelle con meccanismi di assorbimento e/o adsorbimento consentendone la concentrazione ed il successivo contatto con gli strati più profondi dell'apparato respiratorio. In particolare l'associazione tra polveri ed ossidi di zolfo può provocare l'insorgere di fenomeni morbosi provocati da un effetto sinergico esercitato dall'abbinamento di queste due tipologie di sostanze.

### **Strumentazione utilizzata**

Gli analizzatori utilizzati nelle stazioni del comune di Lucca sono del tipo ELECOS APM1. La valutazione della polverosità ambientale è basata sull'assorbimento di radiazioni  $\beta$ , emesse da una sorgente radioattiva costituita da un foglio di metil-metacrilato contenente in sospensione il radioisotopo  $\text{C}^{14}$ , un emettitore puro di radiazioni  $\beta$  che attraversano la membrana su cui si raccoglie la polvere filtrata durante il campionamento (di durata 24h). La parte di radiazioni trasmessa viene letta da un rilevatore geiger a finestra sottile. La differenza tra la lettura effettuata, all'inizio di ciascun ciclo di campionamento, sulla membrana (senza

ancora alcuna deposizione di particolato) e la lettura di fine ciclo è proporzionale alla quantità di polvere depositata.

La massa depositata sulla membrana viene calcolata come :

$$m = K_m \times \ln \frac{N_0}{N_1}$$

dove  $N_0$  è il numero di conteggi effettuato sul “bianco” ed  $N_1$  il numero di conteggi effettuato sul campione al termine del ciclo di monitoraggio.  $K_m$  è un valore che può essere considerato con buona approssimazione una costante essenzialmente indipendente dalla natura chimica del particolato ma funzione della superficie di deposito del campione. L’assorbimento di radiazioni  $\beta$  da parte della materia dipende infatti principalmente dal rapporto tra massa atomica e numero atomico; nella maggior parte dei casi, non si discosta molto dal valore 2.

### I dati rilevati

Nelle stazioni cittadine il particolato sospeso viene monitorato come PM10 (la frazione inalabile) in tutte le stazioni. Purtroppo negli ultimi due anni si sono verificate una serie di problematiche, non dipendenti dalla volontà dei gestori, in conseguenza delle quali l’efficienza del monitoraggio è risultata e tale da non permettere un monitoraggio significativo per il 2000. Il monitoraggio è ripreso in maniera sistematica nella seconda metà del 2001 nella stazione di Largo Risorgimento mentre, solo successivamente a seguito dell’installazione di un nuovo analizzatore, è ripreso agli inizi del 2002 nella stazione di via Maroncelli.

I dati raccolti, pur lasciando ipotizzare un trend moderatamente favorevole presso la stazione di Largo Risorgimento (per cui è disponibile una significativa base storica), mostrano in generale l’esistenza di una situazione di criticità (peraltro condivisa quasi tutte le aree urbane della Toscana) relativamente alla presenza di polveri che dovrà pertanto essere monitorato con particolare attenzione.

#### Stazione di L.rgo Risorgimento

ANNO	n° dati	Media annuale	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m <sup>3</sup> )
------	---------	---------------	--

ANNO	n° dati	Media annuale (mg/m <sup>3</sup> )	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m <sup>3</sup> )				
			25	50	75	100	150
1995	268	57	97.8	56.0	17.0	2.0	0.4
1996	273	47	96.3	35.7	6.2	0	0
1997	292	44	88.7	21.2	9.2	4.4	0.3
1998	174	50	97.7	33.9	8.0	2.9	0
1999	230	43	84.3	27.4	9.1	2.2	0
2000	25	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2001 <sup>3</sup>	130	ns	70.8	11.5	1.5	0	0

#### Stazione di via Maroncelli

ANNO	n° dati	Media annuale (mg/m <sup>3</sup> )	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m <sup>3</sup> )				
			25	50	75	100	150
1998 <sup>4</sup>	100	27	49.0	6.0	1.0	0	0
1999	203	41	81.3	28.1	0.5	0	0
2000 <sup>5</sup>	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Concentrazioni medie di 24 ore: superamenti del valore limite= 50 µg/m<sup>3</sup> da non superarsi più di 35 volte l'anno**

n° complessivo superamenti: stazione Viareggio-Lrgo Risorgimento			n° complessivo superamenti: stazione Viareggio-via Maroncelli		
Anno	1995	150	Anno	1995	//
	1996	97		1996	//
	1997	62		1997	//
	1998	58		1998	6
	1999	63		1999	57
	2000	ns		2000	Ns
	2001	15*		2001	Ns

\* periodo di monitoraggio: luglio - agosto

## IDROCARBURI

Si comprendono sotto questo nome tutti i composti formati da idrogeno e carbonio. I composti organici che si possono ritrovare nell'atmosfera sono estremamente numerosi e ad alcuni di questi possono essere attribuiti effetti dannosi per la salute umana diretti (ad esempio ai composti aromatici), gli effetti negativi di altri sono

<sup>3</sup> Periodo di riferimento: luglio – agosto 2001

<sup>4</sup> Periodo di riferimento agosto – dicembre 1998

<sup>5</sup> Analizzatore dimesso per guasto a gennaio 2000 e sostituito con un nuovo apparato nel febbraio 2002

invece da associarsi a possibili reazioni di tipo, principalmente di tipo fotochimico, a causa delle quali possono innescarsi meccanismi in grado di portare alla produzione di composti molto più tossici di quelli originali.

Poiché nel fondo atmosferico l'idrocarburo più abbondante, il metano, non è coinvolto in modo significativo in reazioni fotochimiche e non è considerato un agente inquinante pericoloso, nella pratica comune, gli analizzatori automatici utilizzati funzionano separando la componente metanica di questa classe di composti e valutando la concentrazione complessiva di tutti gli altri idrocarburi. La ricerca di specifici inquinanti è in genere lasciata a specifiche campagne di monitoraggio.

Il parametro analizzato non permette di per se stesso una valutazione igienico – ambientale, se non indicativa, in quanto permette solo la valutazione della presenza complessiva di una ampia gamma di composti organici di cui non è possibile determinare la composizione e che può variare a seconda della situazione locale monitorata. A causa pertanto delle limitate informazioni ottenibili da questa tipologia di analizzatori è stata compiuta la scelta, a livello provinciale, di non impegnare risorse per la sostituzione degli apparati che dovessero guastarsi in maniera grave per destinarle invece per strumenti che forniscano dati più utili per la valutazione della situazione ambientale delle aree monitorate (quali ad esempio il PM10).

I rilevamenti di tale classi di inquinante hanno evidenziato concentrazioni superiori a quelle medie provinciali presso la stazione di Largo Risorgimento. Valori ben inferiori e del tutto analoghi a quelli individuati in altre aree della provincia di caratteristiche simili sono invece stati rilevati presso la stazione di via Maroncelli. I rilevamenti di idrocarburi non metanici sono stati sospesi in entrambe le stazioni a verso la fine del 1999 in quanto guastatosi in maniera irreparabile l'analizzatore di Largo Risorgimento e ridislocato presso il laboratorio mobile della qualità dell'aria quello di via Passaglia.

Oltre ai rilevamenti di idrocarburi non metanici effettuati presso le stazioni di monitoraggio e con il laboratorio mobile sono disponibili i risultati di alcune brevi campagne di rilevamento di benzene, toluene e xilene eseguite presso le stazioni stesse effettuando campagne di rilevamento specifico condotte o tramite l'uso di fiale o di campionatori passivi. Pur trattandosi di campagne di durata, i cui risultati non possono quindi considerarsi come sufficientemente rappresentativi, i dati raccolti evidenziano valori che, anche se in miglioramento, si attestano su condizioni ai limiti dell'accettabilità presso la stazione di largo Risorgimento. Non appaiono di particolare rilievo invece i valori invece riscontrati nella zona residenziale di via Maroncelli.

I valori comunque riscontrati suggeriscono che su tali inquinanti vengano effettuate specifiche campagne di monitoraggio mirate a definire la distribuzione spaziale di tali sostanze nell'area urbana, con particolare attenzione, ovviamente, a quelle sottoposte a flussi veicolari più significativi.

## **I dati raccolti**

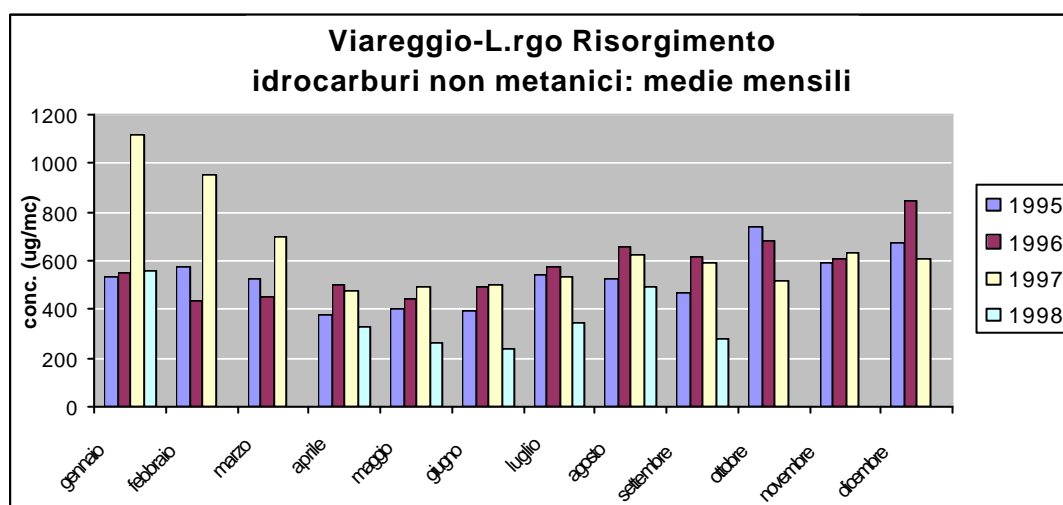
**Stazione di L.rgo Risorgimento, inquinante idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora**

Stazione	n° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	98° pc (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
1995	6155	554	1604	75	31	13.8	6.9	3.3
1996	7821	573	1694	79.6	34.8	13.9	6.9	3.4
1997	7294	645	2108	84.1	40.2	19	10.1	5.8
1998	3339	355	979	54.0	8.3	2.3	1.2	0.5
1999	232	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns

Stazione di via Maroncelli, inquinante idrocarburi non metanici, tempo di mediazione: 1 ora

Stazione	N° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	98° pc (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
				300	600	900	1200	1500
1998*	3394	257	735	27,6	4,2	0,7	0,2	0
1999	5550	192	554	14,0	1,3	0,2	0,0	0,0

- La distribuzione dei valori fa riferimento al periodo agosto-dicembre 1998



Non essendo disponibili analizzatori automatici per il rilevamento di benzene sono stati effettuati occasionalmente dei rilevamenti di tale inquinante utilizzando altre metodologie. Di seguito si riportano i risultati ottenuti utilizzando campionatori passivi per i rilievi di questo tipo tra il 1999 ed 2001. Data l'esiguità dei dati disponibili non è ovviamente possibile avere indicazioni sufficientemente attendibili sulla presenza di benzene nell'area comunale anche se dal confronto tra i dati di seguito riportati ed i risultati di altri rilievi effettuati in precedenza si potrebbero ricavare indicazioni riguardo ad una possibile tendenza alla riduzione nel tempo. Stante i limiti previsti alla presenza di tale sostanza dalle Direttive Comunitarie (valore obiettivo da raggiungere entro i prossimi anni di 5 ug/m<sup>3</sup> come media annua) si renderà necessaria

l'attivazione di campagne di monitoraggio su scala sufficientemente ampia per permettere la corretta valutazione di una situazione potenzialmente problematica.

**BTX – Stazione di Viareggio Largo Risorgimento (ug/m<sup>3</sup>)**

Periodo	5 luglio 99 13 agosto 99	13 agosto 99 25 ottobre 99	25 ottobre 99 29 dicembre 99
<b>Benzene</b>	<b>11.7</b>	<b>13.8</b>	<b>8.2</b>
<b>Toluene</b>	<b>66.5</b>	<b>67.4</b>	<b>41.8</b>
<b>Xilene</b>	<b>49.8</b>	<b>38.7</b>	<b>24.9</b>

**BTX : stazione di via Maroncelli e campagna di via Coppino**

Inquinante	Stazione di via Maroncelli 25 ottobre 99 29 dicembre 99	Rilevamento di via Coppino 11 settembre 2000 3 ottobre 2000
<b>Benzene</b>	<b>3.8</b>	<b>4.3</b>
<b>Toluene</b>	<b>10.5</b>	<b>31.6</b>
<b>Xilene</b>	<b>5.1</b>	<b>17.2</b>

## OZONO

L'ozono, di formula chimica O<sub>3</sub>, è un gas di colore azzurrino presente in elevate concentrazioni nella stratosfera, in particolar modo ad altezze comprese tra i 15 ed i 40 Km. Qui si forma principalmente da reazioni che prendono il via dalla dissociazione dell'ossigeno atmosferico, causata dalle radiazioni ultraviolette solari. La presenza di ozono a queste quote è essenziale per la vita sulla terra in quanto le molecole di questa sostanza sono in grado di assorbire le radiazioni ultraviolette a maggior energia dello spettro solare. Tali radiazioni avrebbero, se non assorbite, gravissimi effetti mutageni sui tessuti viventi di piante ed animali; basti ricordare che aumenti anche limitati della quantità di raggi UV che giungano sulla superficie del pianeta possono causare aumenti abnormi dei casi di cancro alla pelle. E' interessante notare che l'ordine di grandezza della concentrazione di ozono alla quota di 20 Km è di 400 µg/m<sup>3</sup>, che corrisponde alla concentrazione che viene definita di allarme nei centri urbani (ma l'ozono a basse quote viene inspirato e viene a contatto con gli alveoli polmonari, quello stratosferico evidentemente no...). Nella stratosfera quindi la presenza di ozono, lungi dall'essere dannosa, è invece indispensabile per la vita umana, al punto che uno dei maggiori problemi ecologici attuali è legato all'immissione nell'atmosfera di sostanze (le più note sono i cosiddetti CFC) il cui effetto è quello di interagire con l'ozono stratosferico, distruggendolo e determinando un graduale assottigliamento della fascia protettiva di cui viene di conseguenza ridotto il potere filtrante. Questo



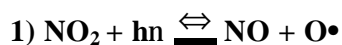
fenomeno non si manifesta in modo uniforme in tutta la stratosfera, ma si presenta in modo particolare in determinate aree, soprattutto sopra la regione antartica.

L'ozono ha effetti tossici sugli organismi viventi. Introdotto nel tratto respiratorio può infatti danneggiare i tessuti polmonari. La quantificazione dei danni causati sugli esseri umani non è ancora ben definita, è certo comunque che bambini, soggetti asmatici e persone sottoposte a sforzi fisici intensi possono soffrire di problemi respiratori in presenza di elevate concentrazioni di tali inquinante. Effetti negativi vengono esercitati pure sulla vegetazione, questa sostanza viene infatti assorbita dalle piante a livello fogliare, esercitando una azione dannosa sul loro metabolismo: secondo alcune stime la riduzione della produzione agricola europea dovuta alla presenza di ozono si aggira su valori prossimi al 10%. Effetti dannosi si esplicano pure su una ampia gamma di materiali, la cui durata viene sensibilmente ridotta dall'esposizione prolungata ad elevati tassi di questo inquinante.

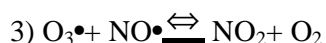
La sua presenza nella troposfera è attribuibile a due meccanismi distinti ed indipendenti tra loro:

- a) Trasporto verso il basso di aria stratosferica ricca di ozono che si verifica in particolari situazioni meteorologiche.
- b) Produzione diretta per reazioni chimiche di altri composti, detti precursori, catalizzate generalmente dalle radiazioni solari.

Sul primo di questi fenomeni non hanno evidentemente influenza le attività umane, che influenzano invece notevolmente il secondo. La produzione chimica di ozono, che già avviene per cause naturale, può essere infatti incrementata in larga misura dall'immissione in atmosfera di inquinanti antropici. Il meccanismo di produzione principale è costituito da una serie di reazioni in cui giocano un ruolo fondamentale gli ossidi di azoto. Gran parte della produzione di ozono ha infatti inizio in genere dalla fotolisi del biossido di azoto secondo il ciclo di reazioni:



dove con il termine M si intende la presenza di una terza specie chimica, la cui unica funzione è quella di assorbire l'eccesso di energia che si libera quando il radicale  $\text{O}\bullet$  reagisce con la molecola di ossigeno.



Il ciclo descritto è di per sé un ciclo chiuso che tenderebbe a stabilizzarsi portando nel complesso ad una concentrazione di equilibrio di ozono relativamente bassa, in quanto questa verrebbe limitata dalla reazione 3). Si è verificato infatti che, in assenza di sostanze interferenti col ciclo descritto, si raggiunge uno stato stazionario nel quale la concentrazione di equilibrio di ozono è determinata dal rapporto tra processi di produzione e di rimozione secondo l'equazione :

$$\underline{[O_3] = K \times \frac{[NO_2]}{[NO]}}$$

In realtà tale equilibrio può essere alterato dalla presenza di idrocarburi o di altre specie chimiche quali ad esempio il radicale OH•, che è in grado di interagire con il monossido di azoto, inibendone così il ruolo di moderatore nei confronti dell'ozono.

L'ozono prodotto nel corso di questi processi può essere rimosso, almeno parzialmente, grazie ad una serie abbastanza ampia di meccanismi che vanno da processi di deposizione al suolo, a processi di rimozione chimica, a meccanismi di trasporto verso gli strati alti dell'atmosfera. Di particolare importanza, essendo l'ozono una sostanza fortemente ossidante e quindi in grado di interagire con un gran numero di composti presenti nell'aria e nel suolo, sono i processi di rimozione chimica. A questo riguardo un ruolo notevole può essere giocato dalla vegetazione nelle aree più verdi. La vegetazione gioca infatti un duplice ruolo sul bilancio di ozono, può infatti sia contribuire alla sua formazione in quanto sorgente di idrocarburi (derivanti dai processi di decomposizione organica), sia fungere da elemento limitante mediante processi di ossidazione al suolo, derivanti dal contatto tra questo inquinante ed i tessuti vegetali.

L'insieme dei processi di produzione e di rimozione è quindi estremamente variegato e complesso e per di più influenzato in modo determinante dalle variabili meteorologiche quali l'irraggiamento solare, la temperatura dell'aria, la direzione e velocità del vento, le condizioni di stabilità atmosferica e l'altezza dello strato di rimescolamento. In modo particolare, l'energia necessaria per attivare i processi fotochimici è fornita dall'irraggiamento solare mentre la cinetica delle reazioni sopra descritte è strettamente correlata alla temperatura ambientale: per questi motivi l'inquinamento da ozono è un fenomeno che raggiunge i suoi apici nel periodo estivo.

I tempi di formazione dell'ozono oscillano in un intervallo variabile da poche ore ad alcuni giorni. In questo periodo i precursori vengono trasportati dalle correnti d'aria e si rimescolano con le masse d'aria (e quindi anche con i precursori in esse contenute) circostanti. Questi fenomeni di trasporto fanno sì che i precursori originati da sorgenti diverse possano rimescolarsi anche a grandi distanze dai loro punti di emissione, provocando la formazione di ozono in aree che, al limite, potrebbero non aver nulla a che fare con la loro formazione. Questo meccanismo spiega il motivo per cui spesso i picchi in concentrazione di ozono non si verificano nei pressi delle sorgenti di precursori, ma a distanze che possono giungere a decine, se non a centinaia, di chilometri. Inoltre si deve tener conto che l'ozono che si forma nelle adiacenze dei punti di emissione dei precursori è in parte abbattuto, grazie alla presenza del monossido di azoto prodotto dai processi di combustione che generalmente si accompagnano alla loro formazione. Si è verificato a questo proposito che in vicinanza di estese sorgenti di NO, quali ad esempio strade trafficate, le differenze di

concentrazioni di NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> misurate sottovento e sopravvento sono all'incirca uguali come valore, ma opposte in segno, indicando che una parte dell'ozono trasportato oltre la strada dal vento viene rimosso grazie alla presenza di NO.

Questo insieme di fenomeni fa sì che molto spesso i casi di inquinamento acuto da ozono non si verifichino in generale nelle zone produttrici di inquinanti precursori ma a distanze, anche notevoli, poste sottovento delle stesse. Tale stato di fatto rende molto difficoltoso predisporre dei piani che possano ridurre questa tipologia di inquinamento, in quanto non è sufficiente predisporre interventi su scala cittadina o provinciale, ma è necessario intervenire prendendo come riferimento aree più ampie, la cui estensione è dipendente dall'orografia del territorio in esame. Una parte non irrilevante di tali fenomeni, inoltre, è sicuramente rapportabile ad una scala transfrontaliera e per incidere su di essi risultano pertanto necessari interventi coordinati tra governi diversi.

Gli unici provvedimenti che possono essere suggeriti a livello di autorità locale devono quindi doversi orientare verso la tutela sanitaria della popolazione coinvolta raccomandando l'adozione degli accorgimenti necessari per ridurre al minimo l'esposizione delle persone maggiormente a rischio, tra i quali ad esempio la permanenza in ambienti chiusi nelle ore più calde della giornata (dove la concentrazione di ozono è di solito sensibilmente più bassa di quella esterna).

### **Strumentazione utilizzata**

Gli analizzatori utilizzati sono MONITOR LABS mod. 9811. L'analizzatore rileva le concentrazioni di ozono misurando l'assorbimento di una radiazione ultravioletta a 254 nm. Ogni 10 secondi l'analizzatore effettua un ciclo analitico facendo fluire attraverso la camera di misura prima l'aria campione e successivamente aria esente da ozono (l'aria di "zero" viene ottenuta tramite l'uso di uno scrubber al biossido di manganese in grado di distruggere tutto l'ozono presente nel campione atmosferico). Un fotometro misura alternativamente l'assorbimento UV del campione atmosferico e quello dell'aria di zero, il microprocessore dell'analizzatore elabora poi i dati e, risolvendo l'equazione di Lambert-Beer, calcola il valore di concentrazione del campione. La taratura dello strumento viene effettuata normalmente utilizzando un generatore interno di ozono che fornisce un campione a concentrazione controllata.

### **I dati rilevati**

Il monitoraggio di questo inquinante è stato effettuato presso la stazione di largo Risorgimento fino al 1998, nel 1999 l'analizzatore di questo inquinante è stato trasferito presso la stazione di via Maroncelli per gli anni 1999 e 2001.

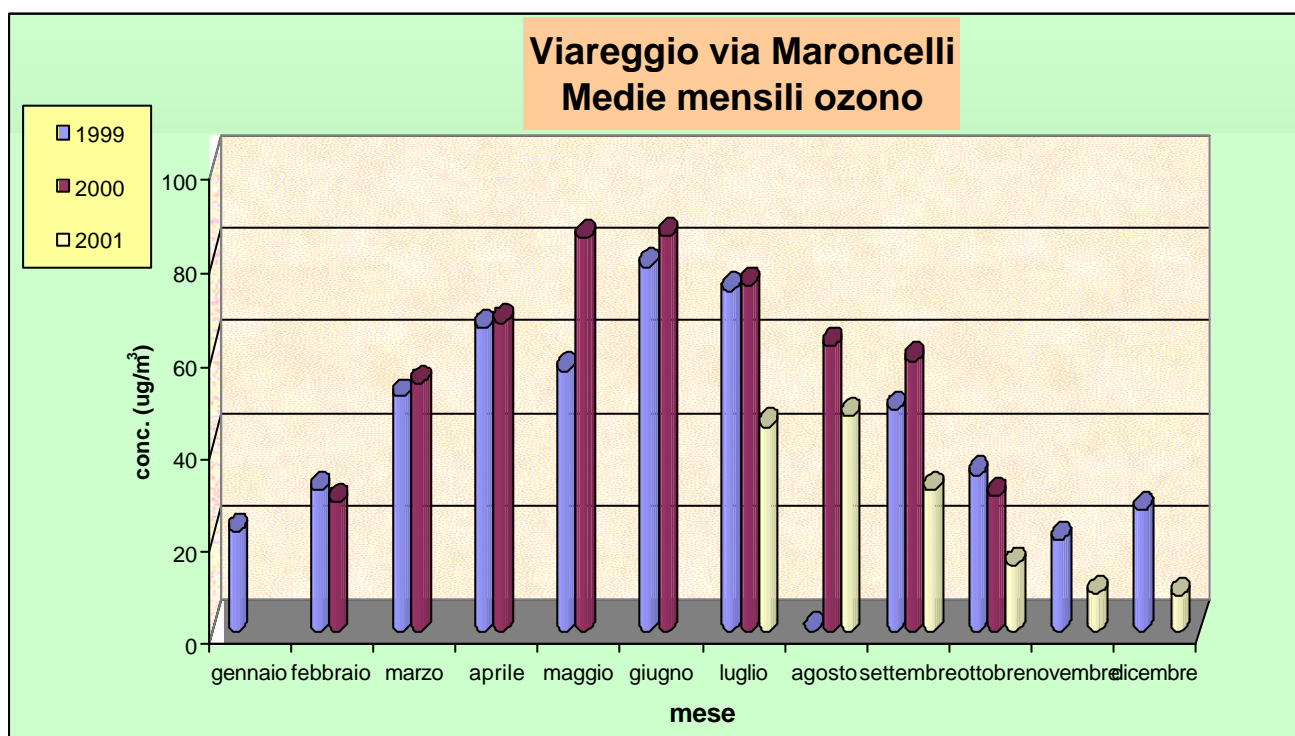
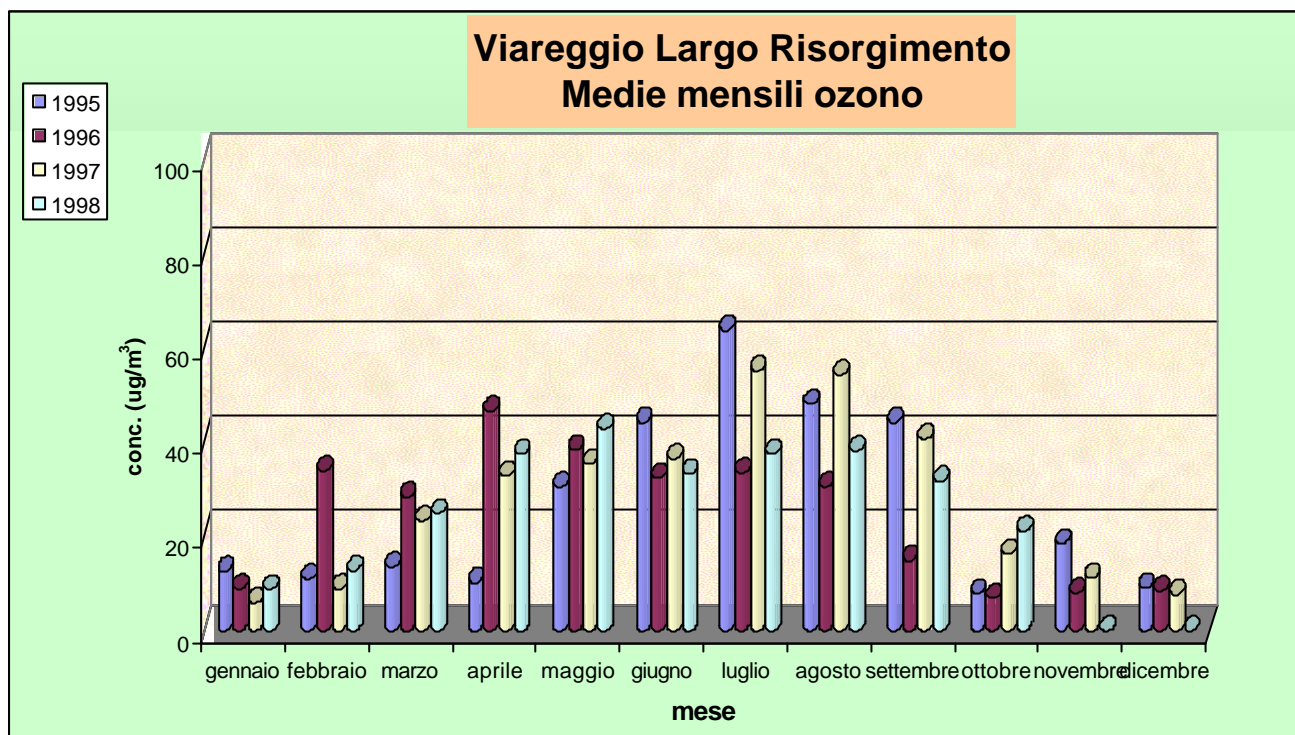
I valori rilevati, pur inferiori a quelli rilevati in altre aree provinciali, hanno evidenziato significative presenze di questo inquinante nei periodi estivi che in taluni casi sono stati superiori ai limiti dettati dagli standards di qualità dell'aria. E' da sottolineare che, per quanto riguarda i valori di punta, si sono registrate significative differenze da un anno all'altro. A tale proposito va specificato che non sono ancora completamente chiariti i meccanismi che portano alla formazione di questo inquinante per cui risulta difficile individuare una spiegazione sufficientemente dettagliata delle motivazioni che hanno portato a tale comportamento che comunque è stato, sotto questo profilo, del tutto analogo a quello registrato nelle altre aree della Toscana. Numerosi sono stati inoltre i superamenti dei limiti di protezione della umana previsti dal D.M.16 maggio 1996 (110 ug/m<sup>3</sup> valutati come media di 8 ore). Tale situazione richiederà pertanto in futuro, pur essendo questa una problematica diffusa in Italia e su cui risulta estremamente difficile intervenire efficacemente, un attento monitoraggio nel futuro che permetta almeno di individuare tempestivamente situazioni di inquinamento acuto.

**Stazione di Viareggio – Largo Risorgimento inquinante Ozono  
tempo di mediazione : 1 ora**

Anno	n° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
1995	5903	26.7	19.1	3.0	0.5	0.3	0.1
1996	7332	24.2	16.3	2.1	0.1	0.01	0
1997	7196	27.3	21.3	4.3	0.5	0	0
1998	6474	30.3	22	1.4	0.1	0	0

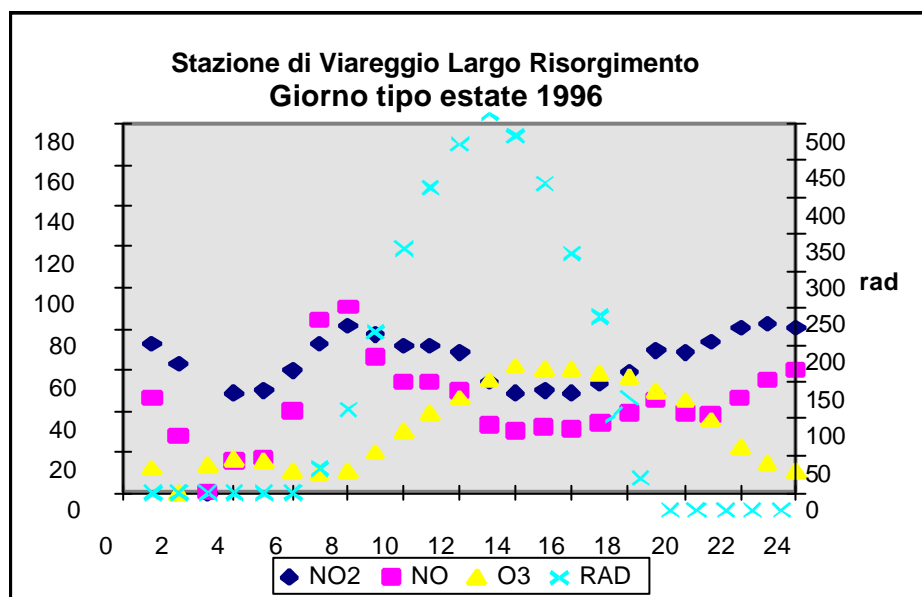
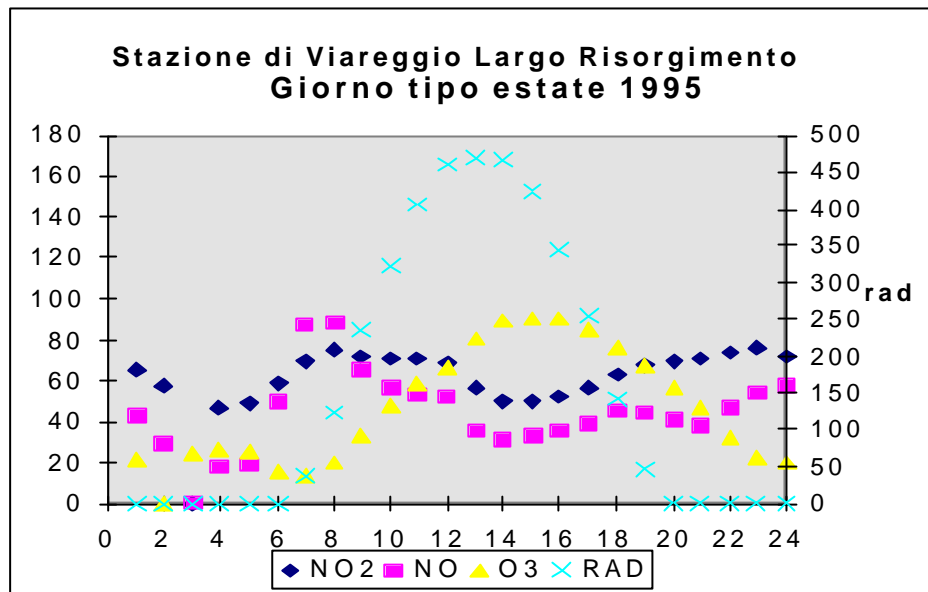
**Stazione di Viareggio – via Maroncelli inquinante Ozono  
tempo di mediazione : 1 ora**

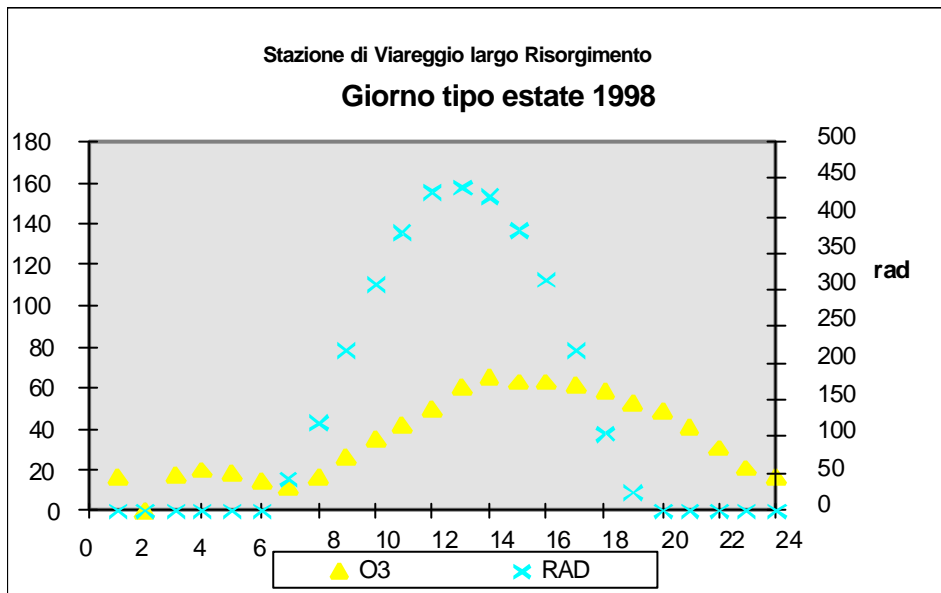
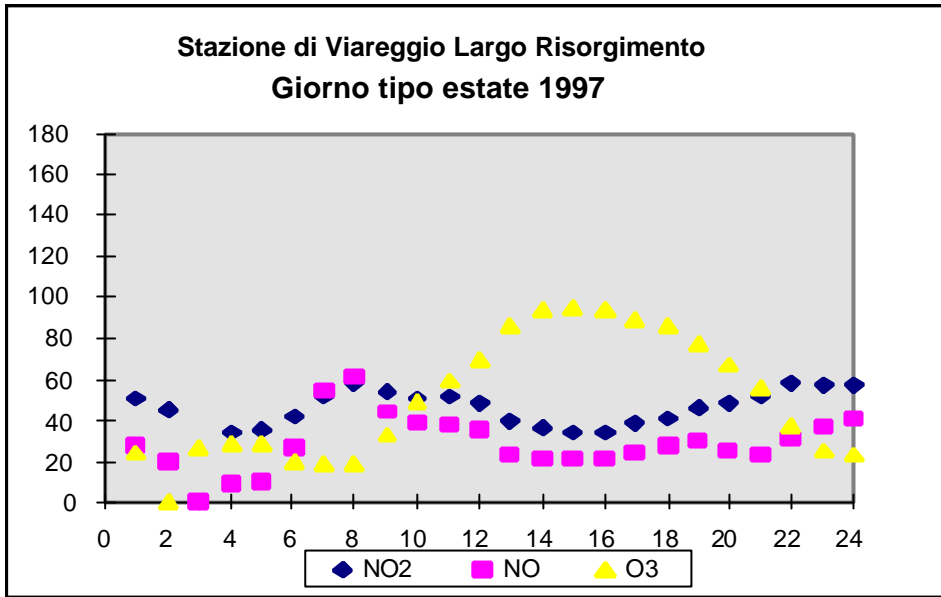
Anno	n° dati	Media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	Frequenza percentuale di superamento dei valori di riferimento				
			50	100	150	180	200
1999	7182	46.4	42.2	13.2	1.3	0.2	0.06
2000	4956	54	55.4	24.2	3.0	0.7	0.001
2001	3547	ns	12.8	1.6	0	0	0



Gli andamenti delle concentrazioni di questo inquinante si sono dimostrati, a conferma di quanto riportato in letteratura, strettamente correlati all'irraggiamento solare. Anche i rapporti NO/NO<sub>2</sub> (significativamente più ridotti in estate rispetto ai periodi invernali) risentono inoltre della presenza di questo inquinante e delle

condizioni legate all'irraggiamento solare per motivi già dettagliati in precedenza . Tali correlazioni sono ben visibili nei grafici seguenti in cui vengono riportati i giorni tipo estivi elaborati per i periodi estivi che vanno dal 1995 al 1998 presso la stazione di Largo Risorgimento.





## Conclusioni

Dalle valutazioni inerenti le fonti emissive ed i risultati ottenuti dal monitoraggio della qualità dell'aria è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- a) i tassi di anidride solforosa presenti sono a livelli tali da far ritenere come non significative problematiche di ordine sanitario legata a questo inquinante
- b) le concentrazioni di ossidi di azoto e monossido di carbonio evidenziano un trend discendente nel corso degli anni (accentuato per il CO, meno evidente e non definitivamente consolidato per gli ossidi di azoto). Tale andamento è attribuibile principalmente alla progressiva sostituzione del parco veicoli circolante con mezzi a minor impatto ambientale. In considerazione del fatto che il rinnovo del parco circolante proseguirà anche nel corso dei prossimi anni è prevedibile che il trend discendente, fatti salvi episodi legati a situazioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, prosegua nel corso dei prossimi anni. Tali inquinanti hanno inoltre evidenziato tra loro una correlazione molto stretta, in particolare per quanto attiene ai mesi invernali.
- c) le valutazioni sulla presenza di ozono evidenziano la necessità di condurre studi mirati volti a chiarire i meccanismi che influenzano la presenza di tale sostanza sull'intero territorio provinciale. Pur essendosi verificati raramente episodi acuti di inquinamento i tassi mediamente registrati nei periodi estivi, con eccezione parziale relativamente all'anno 2000, si sono mantenuti su valori piuttosto elevati.
- d) per quanto attiene la presenza di PM10 sul territorio, i tassi rilevati si sono rilevati piuttosto elevati e non del tutto compatibili con quanto previsto dalle norme comunitarie di futura applicazione. Per tale inquinante, la cui presenza è certamente influenzata in maniera significativa il traffico veicolare ma su cui influiscono pure altre fonti emissive (non ultime quelle di origine naturale), sarebbe opportuno effettuare studi approfonditi per permettere una caratterizzazione relativamente alla provenienza al fine di programmare i possibili interventi volti a limitarne la presenza.
- e) non essendo disponibili dati significativi per la caratterizzazione territoriale del benzene è raccomandabile per il futuro prevedere la realizzazione di adeguate campagne di monitoraggio volte a valutare con la necessaria accuratezza la presenza di benzene nell'area cittadina.

Senza voler paragonare i tassi di inquinamento della città di Viareggio a quelli presenti in città di maggiori dimensioni e che presentano problematiche maggiormente rilevanti, è necessario seguire con attenzione l'evoluzione della qualità dell'aria cittadina valutando l'opportunità di adottare provvedimenti che permettano un generale miglioramento della qualità dell'aria e permettano almeno di ricondurre la presenza degli inquinanti sulla città a valori tali da garantire la progressiva



riduzione dei tassi di inquinamento nei termini previsti dalle direttive europee.

A questo proposito, mentre per quanto attiene la presenza di ozono eventuali interventi correttivi di una qualche efficacia, stante i meccanismi di formazione di questa sostanza, non sono realizzabili a livello di Amministrazione Comunale, possono invece essere previsti interventi che favoriscano la riduzione dei tassi degli inquinanti originati prevalentemente da processi di combustione. Particolare attenzione dovrebbe essere posta agli interventi volti a limitare la presenza del PM10 che presenta, come precedentemente evidenziato, la situazione di maggior criticità.

Sia dai dati relativi alle fonti di emissione che dai dati di qualità dell'aria rilevati è possibile dedurre che le fonti emissive su cui risulta particolarmente necessario porre l'attenzione sono principalmente il traffico veicolare e, in secondo luogo, gli impianti di riscaldamento domestico.

Le aree pertanto che presentano le maggiori criticità in materia di qualità dell'aria sono individuabili presso le arterie viarie soggette ai maggiori flussi veicolari che attraversano le zone a maggior urbanizzazione. In tali aree, infatti, agli effetti del traffico si sommano le emissioni dovute al riscaldamento domestico (concentrate nel periodo invernale, il più critico sotto il profilo dell'inquinamento atmosferico) e sono spesso presenti condizioni orografiche che accentuano le problematiche di inquinamento a causa in particolare della presenza di edifici sui lati delle strade interessate che rallentano la diffusione degli inquinanti emessi.

Fermo restando che interventi veramente incisivi sul traffico veicolare devono passare attraverso la creazione di vie di comunicazione che permettano di deviare il traffico di attraversamento della città lontano dal centro abitato e che interventi di questo tipo non sono realizzabili in tempi brevi, vanno nel frattempo individuate modalità alternative di intervento che permettano comunque concreti miglioramenti della qualità dell'aria.