



Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale - Umbria

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PERUGIA
SEZIONE TEMATICA ATMOSFERA**

Via XIV settembre, 75- 06126 Perugia - Tel. 075 5412624 (Dir.) - 075 5412635 (Segr.) - Fax 075 5412631/ 075 5412609)

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA

CITTA' DI SPOLETO

17 DICEMBRE 1999 - 30 MARZO 2000

A cura di:

Doot. Mario Segoni (Resp. Sez. Tematica Atmosfera)
Dott.ssa Eugenia Peirone
P.i. Sergio Salciarini
T.a. Marco Pompei
T.a. Mirco Areni
T.a. Irene Dominici o Di Domenico

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO

RELAZIONE

Nel periodo 15 Giugno – 23 Agosto 2000, è stata effettuata una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria nella città di Spoleto nel quadro delle attività programmate dall'ARPA per l'anno 2000 di Monitoraggio della Qualità dell'Aria nei centri abitati con popolazione superiore ai 10.000 abitanti.

Il monitoraggio è stato effettuato con il Mezzo Mobile in dotazione al Laboratorio collocato in Piazza Pianciani nei periodi 15.06 – 03.07.2000 e 19.07 – 23.08.2000, in P.zza della Vittoria nel periodo 05.07- 17-07.2000.

La prima postazione, caratterizzata da traffico medio basso, è situata nella parte alta del centro storico, mentre la seconda, caratterizzata da traffico medio alto, è situata nella parte bassa della città all'ingresso nord del centro storico.

I parametri di inquinamento rilevati sono stati: Biossido di Zolfo (SO₂), Ossidi di Azoto (NO e NO₂), Monossido di Carbonio (CO), Ozono (O₃), Idrocarburi Non Metanici (HCNM), Particolato Totale Sospeso (PTS), Frazione Respirabile del Particolato Sospeso (PM₁₀), Metalli Pesanti (Pb, Cr, Ni, Cu, Vn) e Benzene.

La strumentazione impiegata, che ha permesso il rilevamento in continuo ed in automatico dei parametri di inquinamento (escluso il benzene) è conforme a quanto richiesto dalla normativa nazionale e internazionale vigente per il rilevamento della qualità dell'aria.

I dati rilevati sono stati elaborati secondo quanto previsto dalla citata normativa in materia di controllo della qualità dell'aria e dai criteri forniti dall'Istituto Superiore di Sanità (ISTISAN 87/5 e 87/6).

Il benzene è stato rilevato nelle due postazioni, attraverso campionamento sequenziale giornaliero su supporto costituito da fiale di carbone attivo, e in altre 10 postazioni con campionamenti mediante l'utilizzo di campionatori passivi di tipo "Radiello".

I campionamenti passivi sono stati effettuati in tre periodi e precisamente:

- dal 30 giugno al 17 luglio 2000
- dal 17 luglio al 01 agosto 2000
- dal 01 agosto al 23 agosto 2000

con prelievi rispettivamente della durata di 17 – 15 – 22 giorni.

I campionatori passivi sono stati posizionati nelle seguenti 10 postazioni:

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Via Marconi | 6. P.zza Pianciani |
| 2. Viale Trento e Trieste | 7. P.zza della Libertà |
| 3. P.zza Vittoria | 8. Via Matteotti |
| 4. Via Flaminia vecchia | 9. P.zza Campello |
| 5. P.zza Collicola | 10. P.zza del Mercato |

Riferimenti Normativi

La legislazione nazionale relativa all'inquinamento atmosferico presenta una stratificazione temporale di numerosi provvedimenti che si sono succeduti nel tempo; è tuttoggi in evoluzione in quanto sono in continuo sviluppo sia le conoscenze che gli strumenti di intervento e controllo.

I decreti più importanti in materia di qualità dell'aria sono i seguenti:

DPCM 28/03/1983

Limiti Massimi di Accettabilità delle concentrazioni e Limiti Massimi di Esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.

DPR n.203 24/05/1988

Attuazione delle Direttive CEE n°60/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernente norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art.15 della legge 16/04/1987, n°183.

DM 12/07/1990

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.

DM 20/05/1991

Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria e criteri per l'elaborazione dei piani regionali di risanamento della qualità dell'aria.

DM 12/11/1992

Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria.

DM 15/04/1994

Norme tecniche in materia di livelli e stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane.

DM 25/11/1994

Aggiornamento delle tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al DM 15/04/1994.

DM 16/05/1996

Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono

DM 21/04/1999

Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i Sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione.

D.lgs 04/08/1999

Qualità dell'aria verso standard europei: nuovi valori per misurare l'inquinamento.

Standard di Qualità dell'Aria (SQA)

I limiti di concentrazione di inquinanti aerodispersi previsti dalla legislazione italiana sono espressi come Standard Igienico -Sanitari di qualità dell'aria (DPCM 28/03/1983 - DPR 203/1988 - DM 15/04/1994).

I valori limite sono stati definiti sulla base delle indicazioni della Organizzazione Mondiale della Sanità desunte, a loro volta, dallo stato attuale delle conoscenze in materia di causa-effetto sulla esposizione della popolazione ai singoli inquinanti.

Gli standard sono stabiliti su indici (medie aritmetiche, mediane e percentili) che sintetizzano la distribuzione delle concentrazioni medie orarie degli otto inquinanti ritenuti maggiormente pericolosi e precisamente: biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono, particelle sospese, piombo e idrocarburi non metanici; a questi con il DM 23/10/1998 più noto come decreto sul benzene, si sono aggiunti anche PM10, IPA e Benzene.

Il DPR 203/1988 fissa inoltre i valori guida di qualità dell'aria, ovvero limiti delle concentrazione e limiti di esposizione nell'ambiente esterno, destinati alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente ed a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria.

Il Rilevamento degli Inquinanti Aerodiffusi

Il controllo della qualità dell'aria viene effettuato mediante il rilevamento dei livelli di concentrazione degli inquinanti presenti nell'aria di una determinata area e la successiva valutazione dei risultati ottenuti per la verifica del rispetto degli Standard di Qualità dell'Aria.

Qualora venissero rilevati superamenti non occasionali dei limiti occorre impostare studi specificamente finalizzati per l'individuazione delle cause di deterioramento della qualità atmosferica.

Occorre inoltre valutare l'entità del superamento al fine di programmare interventi migliorativi per raggiungere situazioni ambientali di rispetto degli SQA.

L'individuazione degli inquinanti da misurare deve essere effettuata sulla base di un censimento delle emissioni atmosferiche di origine naturale, industriale e civile che possano determinare contaminazione nell'area in cui si intende procedere alla verifica del rispetto degli SQA.

Gli inquinanti da privilegiare sono quelli per i quali è stato definito lo SQA.

Le aree in cui è necessario effettuare il controllo devono essere identificate in base alla dislocazione ed alla intensità delle sorgenti di emissione, al trasporto degli inquinanti dalle zone di emissione, alla presenza e densità della popolazione.

Le aree prescelte devono essere possibilmente rappresentative di zone abbastanza estese e le rilevazioni in esse effettuate devono fornire informazioni utili per lo studio complessivo dell'intero agglomerato urbano.

Il DM 20 maggio 1991 definisce

- ✓ i criteri per la realizzazione dei sistemi di rilevamento
- ✓ indica gli obiettivi generali di un sistema di rilevamento della qualità dell'aria

Il DM 15 aprile 1994 definisce i Livelli di Attenzione e di Allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e stabilisce i criteri di individuazione degli Stati di Attenzione e di Allarme in base ai quali adottare provvedimenti per prevenire episodi acuti di inquinamento e per rientrare nei limiti della norma nel caso in cui i livelli di attenzione e di allarme siano superati, anche al fine di prevenire il superamento dei limiti massimi di accettabilità della concentrazione e di esposizione fissati dal DPCM 28/03/1983.

Il DM 20 maggio 1991 contiene inoltre indicazioni per la raccolta dei dati di inquinamento dell'aria.

Prendendo in considerazione due tipologie di aree (urbane e industriali) il DM 20/05/1991 prevede che per la rilevazione degli inquinanti (SO₂, HCNM, CO, COV, Pb, O₃, F, HCl) e di alcune variabili meteorologiche (peraltro non specificate), si utilizzino reti di rilevamento costituite da due o più stazioni di misura (fisse e permanenti) in cui vengono determinati uno o più inquinanti e/o parametri meteorologici, coordinate e gestite da un unico centro operativo in base a criteri omogenei per tutte le stazioni.

Il decreto indica anche il numero e la collocazione delle stazioni di monitoraggio, che vengono suddivise in 4 tipologie (A, B, C, D) con riferimento alle caratteristiche della zona monitorata.

Il DM 25/11/1994 prescrive inoltre il monitoraggio di tre nuovi inquinanti : Benzene, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Frazione Respirabile del Particolato atmosferico indicato con la sigla PM₁₀.

Per questi inquinanti vengono indicati degli Obiettivi di Qualità, privi però di una precisa definizione giuridica.

Infine il DM 21/04/1999, che fissa i criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano misure di limitazione della circolazione , fornisce il supporto giuridico necessario, modificando gli obiettivi di qualità in limiti di concentrazioni medie annuali da non superare.

INQUINANTI MONITORATI E LORO CARATTERISTICHE

Polveri Totali Sospese (PTS)

Le polveri totali sospese (particolato) sono costituite da un miscuglio di particelle carboniose, fibre, silice, metalli, particelle liquide le quali a loro volta possono essere costituite da inquinanti allo stato liquido o sciolti in acqua (NO_x, SO_x).

La presenza di particolato è in gran parte dovuta a processi di combustione incompleta di derivati del petrolio, sia di origine industriale che domestica che da traffico autoveicolare.

Il particolato sospeso in aria costituisce un aerosol di cui la frazione contenente particelle con diametro inferiore a 30 µm può raggiungere le prime vie respiratorie mentre quella contenente particelle di diametro inferiore a 2,5 - 3,0 µm è più propriamente detta respirabile, in quanto può raggiungere gli alveoli polmonari e qui causare danni più o meno importanti a seconda della natura del particolato.

La frazione infine che contiene particelle di diametro inferiore a 0,5 µm non si deposita ma viene riemessa durante la fase di espirazione.

La frazione di particolato che più facilmente può essere trattenuta nei polmoni, è quella costituita da particelle di diametro di circa 1 µm e la cui potenziale pericolosità per la salute è rappresentata dall'azione indiretta del particolato, che può fungere da veicolo per altri microinquinanti come nel caso di particelle carboniose, le quali possono contenere adsorbiti idrocarburi cancerogeni, che aggravano il rischio di patologie respiratorie.

Valori limite di qualità dell'aria

Media Aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

150 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

95° Percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

300 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

Livello di attenzione Media giornaliera: 150 µg/m³

Livello di allarme Media giornaliera: 300 µg/m³

Valori guida

Media Aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

da 40 a 60 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

Media giornaliera: da 100 a 150 µg/m³

Frazione Respirabile delle PTS (PM10)

Con la sigla PM10 si definisce il materiale particellare (particolato), costituito da polvere, fumo, microgocce di inquinanti liquidi, trasportati dal vento e di dimensioni minori di 10 μm , che può essere inalato e che può raggiungere il polmone profondo ed interferire con l'attività respiratoria dei bronchioli e degli alveoli polmonari.

Le fonti di emissione di questa frazione fine in aree urbane sono imputabili quasi esclusivamente al traffico.

La loro pericolosità per la salute è esaltata dal fatto che queste polveri fini spesso contengono adsorbiti numerosi microinquinanti molto nocivi per l'uomo, come ad esempio metalli pesanti in traccia ed idrocarburi policiclici aromatici, che possono causare infiammazioni, fibrosi e neoplasie. Inoltre possono comportare un'alterazione delle proprietà fisiche dell'atmosfera come ad esempio influire sulle caratteristiche di visibilità per diametri delle particelle maggiori di 1 μm , intercettando o disperdendo la luce in proporzione alla loro sezione.

Se invece il loro diametro è inferiore a 0.1 μm possono causare rifrazione della luce alla lunghezza d'onda del visibile.

Obiettivo di qualità

media mobile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:
40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Metalli Pesanti (Piombo, Cromo, Nichel, Rame, Vanadio)

L'unico metallo per cui nella normativa italiana esiste un limite di riferimento è il Piombo, di provenienza autoveicolare è emesso esclusivamente da motori a benzina in cui è contenuto sotto forma di piombo tetraetile e/o tetrametile con funzioni di antidetonante.

Alla benzina sono aggiunti composti alogenati che reagendo con l'antidetonante inibiscono la formazione di ossidi di piombo che potrebbero danneggiare il motore ; in tal modo nell'ambiente vengono introdotti un numero notevole di derivati del piombo (cloruri, bromuri, ossidi).

Negli agglomerati urbani tale sorgente rappresenta pressochè la totalità delle emissioni di piombo e la granulometria dell'aerosol che lo contiene si colloca quasi integralmente nella frazione respirabile.

La conoscenza dell'azione tossica del piombo e del saturnismo come fenomeno più grave ed evidente, ha portato ad una drastica riduzione delle possibili fonti di intossicazione, sia nel campo industriale che in quello civile.

L'esposizione al piombo presente nelle atmosfere urbane e di provenienza autoveicolare, essendo un fenomeno quotidiano e protratto per l'intero corso della vita, può determinare a causa del suo accumulo all'interno dell'organismo, effetti registrabili come forma patologica.

Il legislatore è intervenuto in questo campo abbassando il contenuto di piombo nelle benzine ad un valore di 0.15 g/l, con una conseguente riduzione del 63% delle emissioni di piombo per litro di benzina.

L'adozione generalizzata della benzina "verde" (0.013 g/l di Pb) potrebbe portare questa riduzione al 97% cosicché verrebbe praticamente eliminato il contributo della circolazione autoveicolare alla concentrazione in aria di questo metallo.

Per Piombo, Cromo VI, Nichel e Vanadio le linee guida dell'OMS fissano dei valori limite per le aree urbane.

Piombo valore limite di qualità dell'aria

media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno:
 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Linee Guida OMS

media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno:
 $0.5 - 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Cromo VI Linee Guida OMS

media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno:
 $1 \mu\text{g}$

Nichel Linee Guida OMS

media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno:
 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Vanadio Linee Guida OMS

media aritmetica delle concentrazioni giornaliere rilevate nell'arco dell'anno:
 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Biossido di Zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo si produce per combustione di ogni materiale contenente zolfo, in questo processo insieme al biossido o anidride solforosa (SO₂), si produce anche anidride solforica (SO₃). I due composti SO₂ ed SO₃ (indicati con il termine generale SO_x), sono i principali inquinanti atmosferici da ossidi di zolfo e le loro caratteristiche principali sono l'assenza di colore, l'odore pungente, la reattività con l'umidità dell'aria, che porta alla formazione di acido solforico presente nelle piogge acide.

Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie; l'esposizione prolungata a concentrazioni di alcuni mg/mc di SO₂ possono comportare incremento di faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensorio.

E' accertato un effetto irritativo sinergico in caso di esposizione combinata con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di veicolare l' SO₂ nelle zone respiratorie del polmone profondo interferendo con le funzioni dell'epitelio ciliare.

Le principali fonti di inquinamento sono costituite dai processi di combustione di combustibili in cui lo zolfo è presente come impurezza (carbone, olio combustibile, gasolio).

Valori limite di qualità dell'aria

Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

80 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

98° Percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

250 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno:

130 µg/m³ (1 ottobre - 31 marzo)

Livello di attenzione Media giornaliera: 125 µg/m³

Livello di allarme Media giornaliera: 250 µg/m³

Valori guida

Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:

da 40 a 60 µg/m³ (1 aprile - 31 marzo)

Valore medio delle 24 ore

da 100 a 150 µg/m³ (dalle 00 alle 24 di ciascun giorno)

Ossidi di Azoto (NOx)

Numerosi sono i rapporti di combinazione dell'azoto con l'ossigeno per formare una serie di ossidi che vengono classificati in funzione dello stato di ossidazione dell'azoto.

N_2O	Ossido di diazoto (Protossido di azoto).
NO	Ossido di azoto.
N_2O_3	Triossido di diazoto (Anidride nitrosa).
NO_2	Biossido di azoto.
N_2O_4	Tetrossido di diazoto (Ipoazotide).
N_2O_5	Pentossido di diazoto (Anidride nitrica).

Le specie chimiche presenti in aria come inquinanti naturali ed antropogenici e che destano maggiori preoccupazioni in termini di inquinamento atmosferico, sono essenzialmente ossido e biossido di azoto (NO ed NO_2).

Ossido di Azoto (NO)

L'ossido di azoto è un inquinante primario che si genera in parte direttamente nei processi di combustione per reazione diretta tra azoto ed ossigeno dell'aria che, a temperature maggiori di $1200^{\circ}C$, producono principalmente NO ed in misura ridotta NO_2 ; in parte da emissioni naturali come eruzioni vulcaniche, incendi, fulmini ed emissioni dal suolo dovute a processi biologici.

Le principali emissioni antropogeniche di NO sono dovute ad attività civili ed industriali che comportano processi di combustione come nei trasporti (veicoli con motore diesel, benzina, GPL, ecc.) e nella produzione di calore ed elettricità.

Biossido di Azoto (NO₂)

Il biossido di azoto si forma come prodotto secondario per reazione dell' NO con l'aria in presenza di ozono.

Il tempo di permanenza medio degli ossidi di azoto nell'atmosfera è breve, circa tre giorni per l'NO₂ e circa quattro giorni per l' NO.

La formazione di ossidi di azoto è strettamente correlata agli elevati valori di pressione e temperatura che si realizzano all'interno delle camere di combustione.

L'NO₂ è tra gli ossidi di azoto l'unico ad avere rilevanza tossicologica, è infatti un irritante delle vie respiratorie e degli occhi, tale gas è in grado di combinarsi con l'emoglobina modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche con formazione di metaemoglobina che non è più in grado di trasportare ossigeno ai tessuti.

In presenza di O₃ e idrocarburi, dà luogo a reazioni fotochimiche che portano alla formazione del così detto smog fotochimico con accentuazione degli effetti sulle funzioni respiratorie e la manifestazione di forme di allergie ed irritazioni.

Gli ossidi di azoto, in presenza di umidità, si trasformano in acido nitrico contribuendo così al manifestarsi del fenomeno delle piogge acide con conseguenze importanti sugli ecosistemi terrestri ed acquatici.

Valori limite di qualità dell'aria

98° Percentile delle concentrazioni medie di un'ora rilevate nell'arco di un anno:
200 µg/m³ (1 gennaio - 31 dicembre)

Livello di attenzione Media oraria: 200 µg/m³

Livello di allarme Media oraria: 400 µg/m³

Valori guida

50° Percentile (mediana) delle concentrazioni medie di un'ora rilevate nell'arco di un anno:
50 µg/m³ (1 gennaio - 31 dicembre)

98° Percentile delle concentrazioni medie di un'ora rilevate nell'arco di un anno:
135 µg/m³ (1 gennaio - 31 dicembre)

Ossido di Carbonio (CO)

L'ossido di carbonio è un gas inodore che deriva dalla combustione incompleta dei combustibili; è un potente veleno ad elevate concentrazioni, gli effetti sull'uomo sono legati alla caratteristica di interferenza sul trasporto di ossigeno (formazione di carbossiemoglobina) ai tessuti, in particolare al sistema nervoso centrale.

Non sono stati riscontrati effetti particolari nell'uomo per concentrazioni di carbossiemoglobina inferiori al 2% corrispondente ad un'esposizione per 90' a 47 mg/m^3 ; se l'esposizione sale ad 8 ore, concentrazioni di CO di 23 mg/m^3 non possono essere considerate ininfluenti per particolari popolazioni a rischio, quali soggetti con malattie cardiovascolari e donne in gravidanza.

E' raccomandabile quindi un valore limite non superiore a $10\text{-}11 \text{ mg/m}^3$ su 8 ore, a protezione della salute in una popolazione generale e di $7\text{-}8 \text{ mg/m}^3$ su 24 ore (CCTN, 1995).

Nelle aree urbane l'ossido di carbonio è emesso in prevalenza dal traffico autoveicolare, esso viene considerato come il tracciante di riferimento durante tutto il corso dell'anno, per questo tipo di inquinamento.

L'ossido di carbonio è un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo (circa quattro mesi) e con una bassa reattività chimica; pertanto le concentrazioni in aria di questo inquinante sono ben correlate all'intensità del traffico in vicinanza del punto di rilevamento.

Inoltre la concentrazione spaziale su piccola scala del CO risente in modo rilevante dell'interazione tra le condizioni micrometeorologiche e la struttura topografica delle strade.

L'intensità e la direzione del vento rispetto all'asse stradale e rispetto all'altezza degli edifici ai bordi della strada e la larghezza della stessa, possono influenzare in maniera determinante i valori di concentrazione dell'ossido di carbonio (effetto Canyon).

Valori limite di qualità dell'aria

Media di 8 ore: 10 mg/m^3

Media oraria: 40 mg/m^3

Livello di attenzione Media oraria: 15 mg/m^3

Livello di allarme Media oraria: 30 mg/m^3

Ozono (O₃)

L'ozono è un inquinante secondario che raramente viene emesso direttamente da fonti civili o industriali.

Esso si presenta in concentrazioni rilevanti nel periodo estivo a seguito di reazioni fotochimiche, favorite dalla presenza di precursori quali ossidi di azoto e idrocarburi, sotto l'azione di radiazioni UV con lunghezza d'onda minore di 420nm.

L'ozono è un gas incolore dal forte potere ossidante e di odore caratteristico percettibile già a concentrazioni di 100µg/m³.

E' un inquinante molto tossico per l'uomo, è un irritante per tutte le membrane mucose ed una esposizione critica e prolungata può causare tosse, mal di testa e perfino edema polmonare.

L'ozono è, fra gli inquinanti atmosferici, quello che svolge una marcata azione fitotossica nei confronti degli organismi vegetali, con effetti immediatamente visibili di necrosi fogliare ed effetti meno visibili come alterazioni enzimatiche e riduzione dell'attività di fotosintesi.

Gli inquinanti primari che contribuiscono alla formazione di ozono sono anche quelli che, attraverso una complessa catena di reazioni fotochimiche favorite da un elevato irraggiamento solare, ne possono provocare la rapida distruzione.

E' per questa ragione che l'ozono viene prevalentemente monitorato in zone suburbane e parchi ove, per la minore presenza di inquinamento, la sostanza è più stabile e la concentrazione raggiunge i valori più elevati.

Valore limite di qualità dell'aria

Concentrazione media di 1 ora da non raggiungere più di una volta al mese
200 µg/m³

Livello di attenzione Media oraria: 180 µg/m³

Livello di allarme Media oraria: 360 µg/m³

Soglia per la protezione della salute

Concentrazione media di 8 ore: 110 µg/mc

Soglia per la protezione della vegetazione

Concentrazione media di 1 ora 200 µg/m³
Concentrazione media di 24 ore 65 µg/m³

Idrocarburi non Metanici (NMHC)

Gli idrocarburi non metanici costituiscono un insieme di specie e di classi di natura organica caratterizzate da basse tensioni di vapore e quindi presenti in aria in fase gassosa a temperatura ambiente.

Il numero di sostanze organiche osservate in atmosfera è molto alto e comprende sia idrocarburi propriamente detti (contenenti solo carbonio e idrogeno), che sostanze ossigenate come aldeidi, chetoni acidi, alcoli ecc.

Le emissioni antropogeniche sono dovute a combustioni incomplete ed alla evaporazione di carburanti e solventi.

Le emissioni naturali, che a livello globale sono dello stesso ordine di grandezza delle emissioni antropogeniche, sono dovute alla degradazione di materiale organico (acidi organici) ed all'emissione diretta della vegetazione, come i monoterpeni e l'isoprene.

Questi composti hanno un ruolo molto importante nella produzione di specie ossidanti che in atmosfera conducono alla formazione di inquinanti secondari, responsabili dello smog fotochimico.

Benzene

Il benzene è un microinquinante organico, appartenente alla famiglia degli idrocarburi aromatici, presente nell'aria che respiriamo in concentrazioni molto basse, ma diffuso ovunque anche nelle zone cosiddette incontaminate.

E' presente nelle benzine in concentrazioni variabili fino a qualche punto percentuale; in Italia dal 1 luglio 1998, la concentrazione del benzene nei carburanti non può superare il valore dell' 1%.

La presenza del benzene in aria è dovuta quasi esclusivamente ad attività di origine umana; le emissioni antropogeniche di benzene dipendono dalle attività produttive legate al ciclo della benzina: raffinazione, distribuzione dei carburanti e soprattutto traffico autoveicolare, che rappresenta circa l'80-85%.

Il benzene viene rilasciato sia attraverso i gas di scarico (75-80%) sia tramite le evaporazioni della benzina dalle autovetture (20-25%), tuttavia la massima parte del benzene che viene emesso dagli autoveicoli deriva sia dalla combustione incompleta di questa sostanza nel motore sia dalla produzione della stessa per sintesi, a partire da altri composti organici costituenti la benzina, durante il processo di combustione.

La sola riduzione del tenore di benzene nelle benzine non è pertanto sufficiente a ridurre le emissioni, ma è necessario completare il processo di combustione delle frazioni incombuste prima dello scarico, attraverso l'uso di marmitte catalitiche in grado di abbattere le emissioni fino a 7 volte rispetto agli autoveicoli non catalizzati.

Nell'ambiente esterno il benzene viene prodotto dall'industria chimica, dal riscaldamento domestico, dall'uso di solventi.

Negli ambienti chiusi il contributo maggiore è attribuibile al fumo di tabacco.

L'esposizione acuta ad alte concentrazioni dà origine a fenomeni di depressione del sistema nervoso centrale, mentre l'esposizione prolungata a livelli tossici può provocare danni al midollo spinale.

A causa della accertata cancerogenicità di questo composto, lo IARC lo ha classificato nel gruppo 1 dei cancerogeni per l'uomo, inducendo lo sviluppo di tumori soprattutto a livello dell'apparato respiratorio e digerente e pertanto non è possibile raccomandare una soglia di sicurezza per la sua concentrazione in aria.

L'esposizione a questa sostanza deve essere ridotta al massimo possibile poiché da studi condotti dall' E.P.A. e dall' O.M.S., risulterebbero da 4 a 10 casi aggiuntivi di leucemia per milione di persone esposte alla concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tutta la vita.

Obiettivo di qualità

media mobile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno:
 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PARAMETRI METEOCLIMATICI

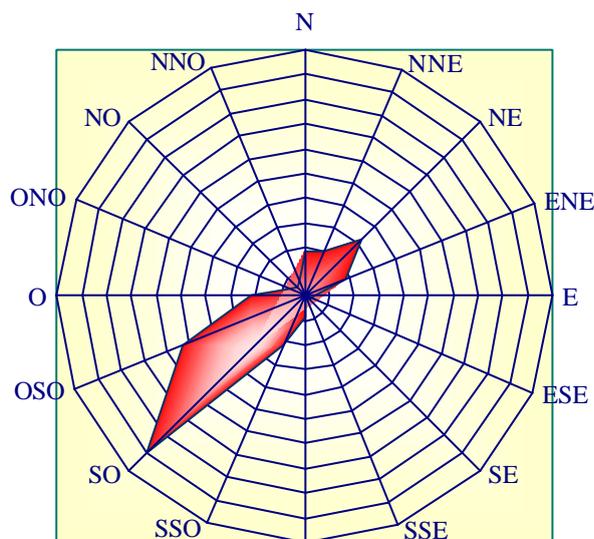
Nel periodo di monitoraggio sono stati rilevati i dati dei parametri meteorologici Direzione e Velocità del Vento (DV, VV), Umidità Relativa (UR), Temperatura (TA), Pressione Atmosferica (PA) nella postazione fissa sita nella zona industriale di S.Chiodo di Spoleto e le piogge nelle due postazioni oggetto del monitoraggio.

Di tali parametri si forniscono i risultati per una migliore comprensione della caratterizzazione meteorologica del periodo in esame.

Campo anemologico

Nel periodo monitorato il regime del vento si è caratterizzato per le direzioni preferenziali Nordest (10.4%), Sudovest (29.1%) e Ovest-sudovest (17.1%) (**Grafico 1**).

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO ROSA DEI VENTI



Numero di osservazioni: 1554

S

Periodo: 15 giugno - 23 agosto 2000

Grafico 1

Temperatura

La temperatura dell'aria influenza in diversi modi i fenomeni di inquinamento atmosferico e in modo determinante una serie di trasformazioni chimiche, quali il passaggio in soluzione acquosa degli inquinanti atmosferici e le velocità di numerose reazioni chimiche, che contribuiscono a modificare l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti presenti in atmosfera.

I valori di temperatura come valori minimi, massimi e medi giornalieri rilevati, sono riportati nel **Grafico 2**.

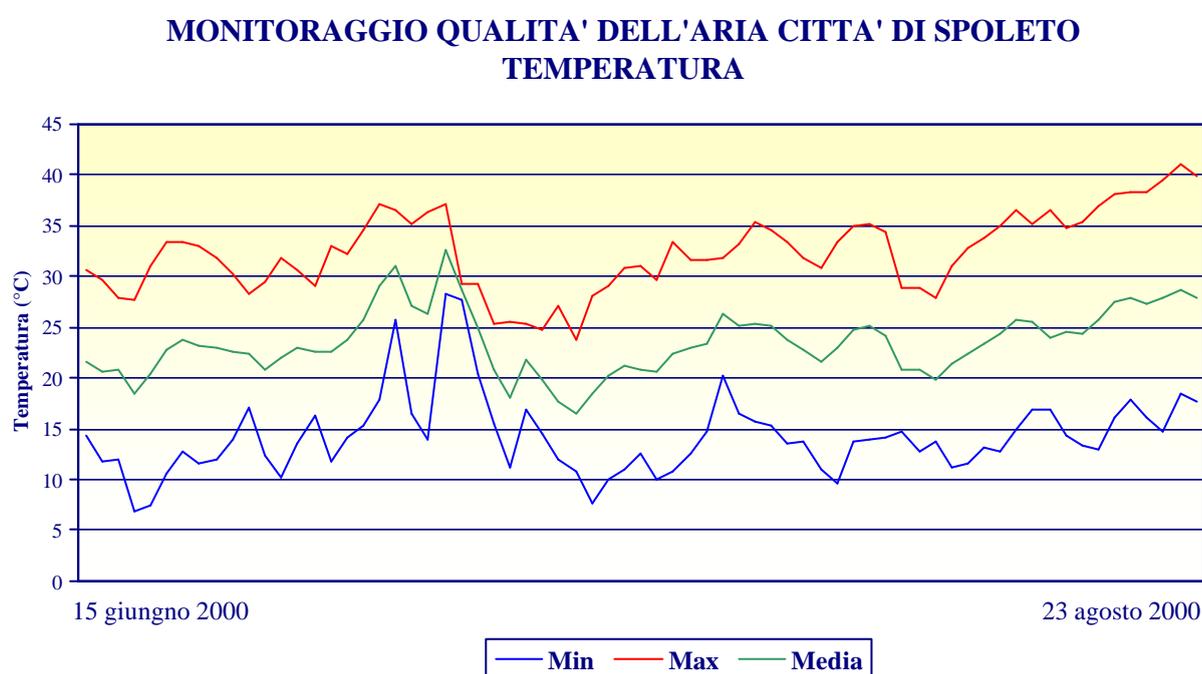


Grafico 2

I valori minimi e massimi riscontrati nel periodo sono rispettivamente:

Min	6.8	Max	41.1
	18.06.2000		21.08.2000

Pioggia

Nel periodo considerato si sono verificati n. 4 giorni di pioggia (11,12,15 luglio e 14 agosto) per un totale di 45 mm.

RISULTATI

I risultati del monitoraggio sono visualizzati nei grafici seguenti in cui è evidenziato l'andamento delle concentrazioni orarie massime e minime e concentrazioni medie giornaliere degli inquinanti rilevati nel periodo 16 giugno – 03 luglio e 19 luglio – 23 agosto 2000 nella postazione di P.zza Pianciani (**Grafici 3, 4, 5, 6**) e nel periodo 4 luglio – 17 luglio 2000 nella postazione di P.zza della Vittoria (**Grafici 7, 8, 9, 10**).

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO P.zza Pianciani - Andamento Valori Orari SO₂

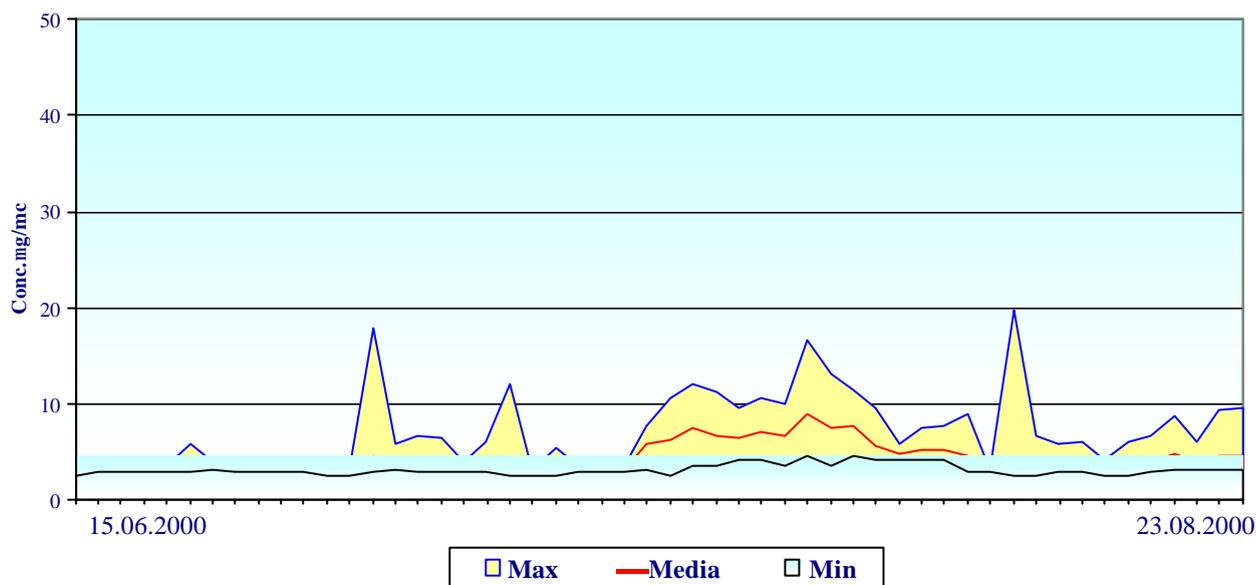


Grafico 3

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO P.zza Pianciani - Andamento Valori Orari CO

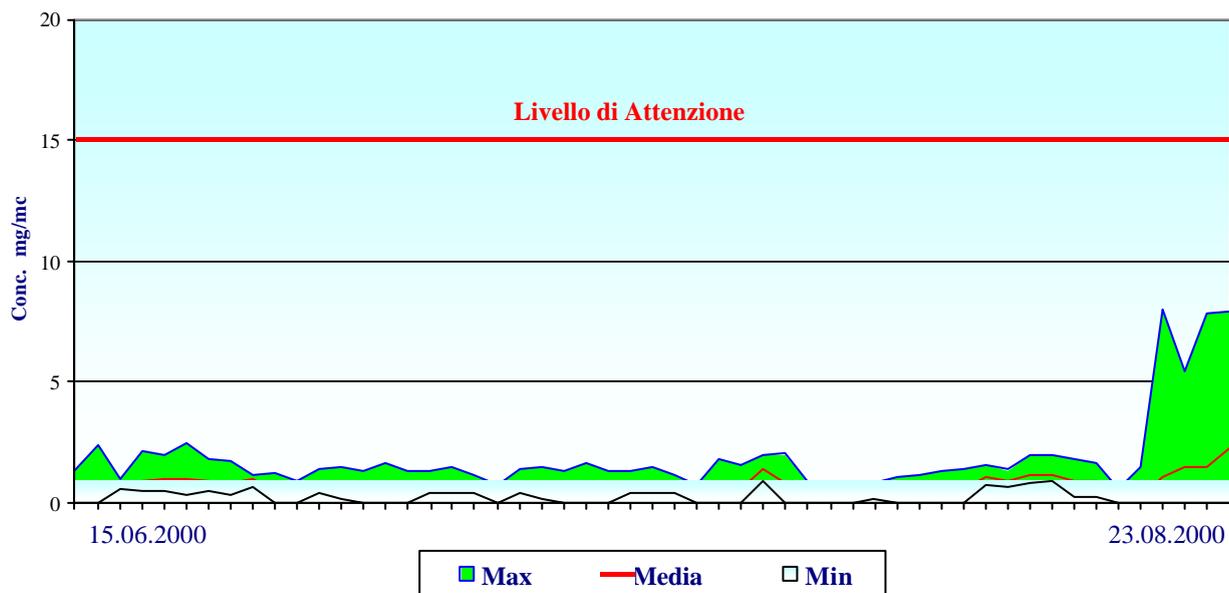


Grafico 4

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza Pianciani - Andamento Valori Orari NO₂

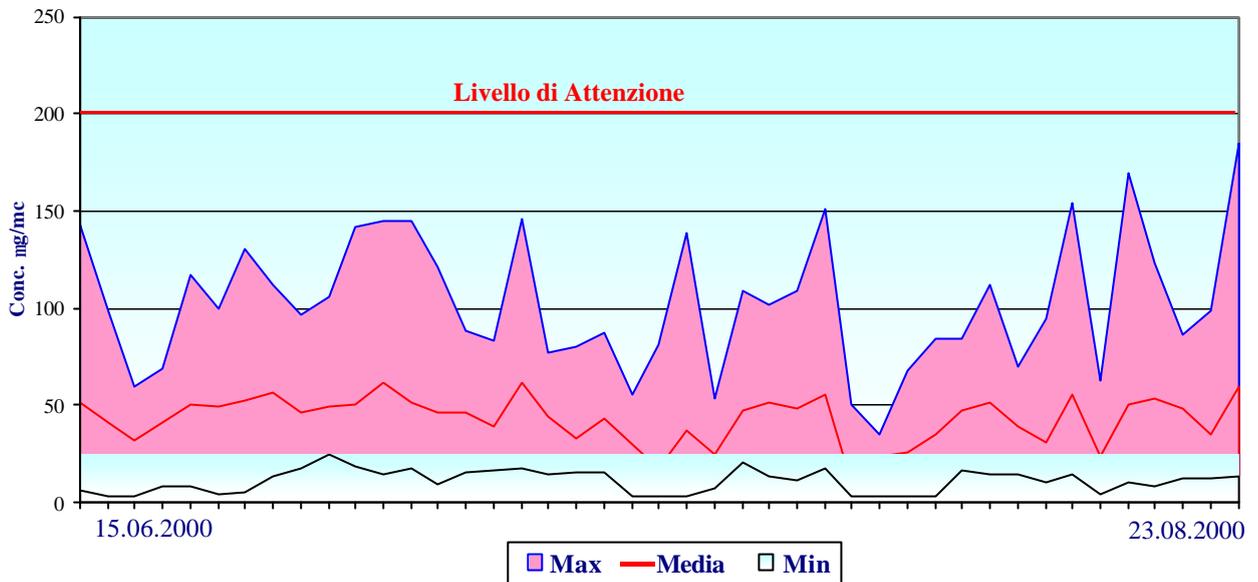


Grafico 5

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza Pianciani - Andamento Valori Orari O₃

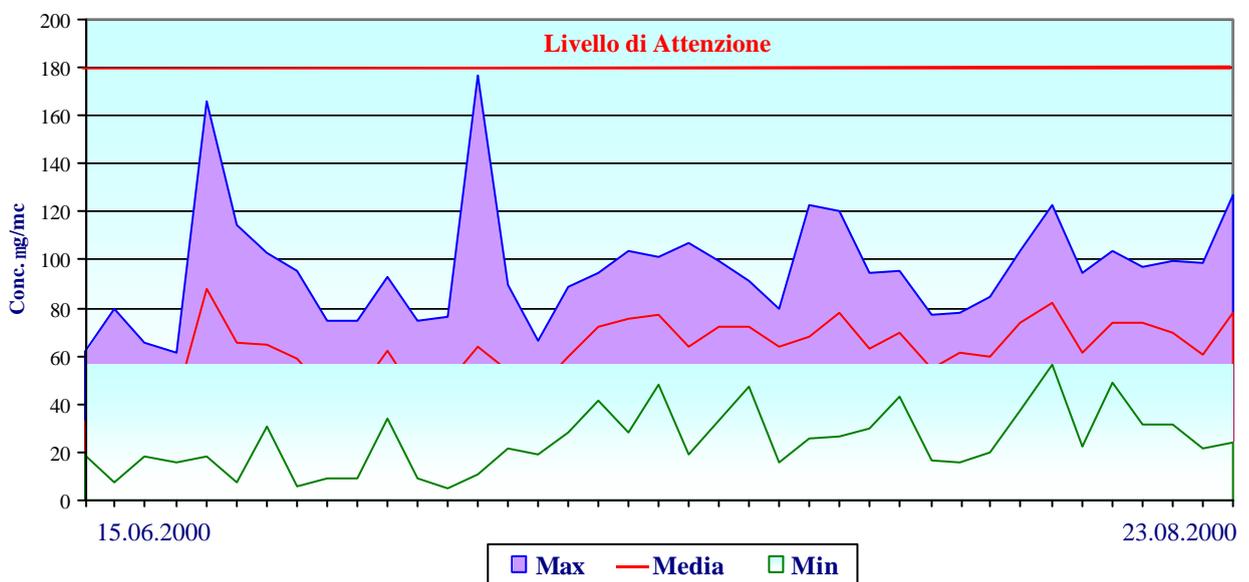


Grafico 6

MONITORAGGIO QUALITA' ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza della Vittoria - Andamento Valori Orari SO₂

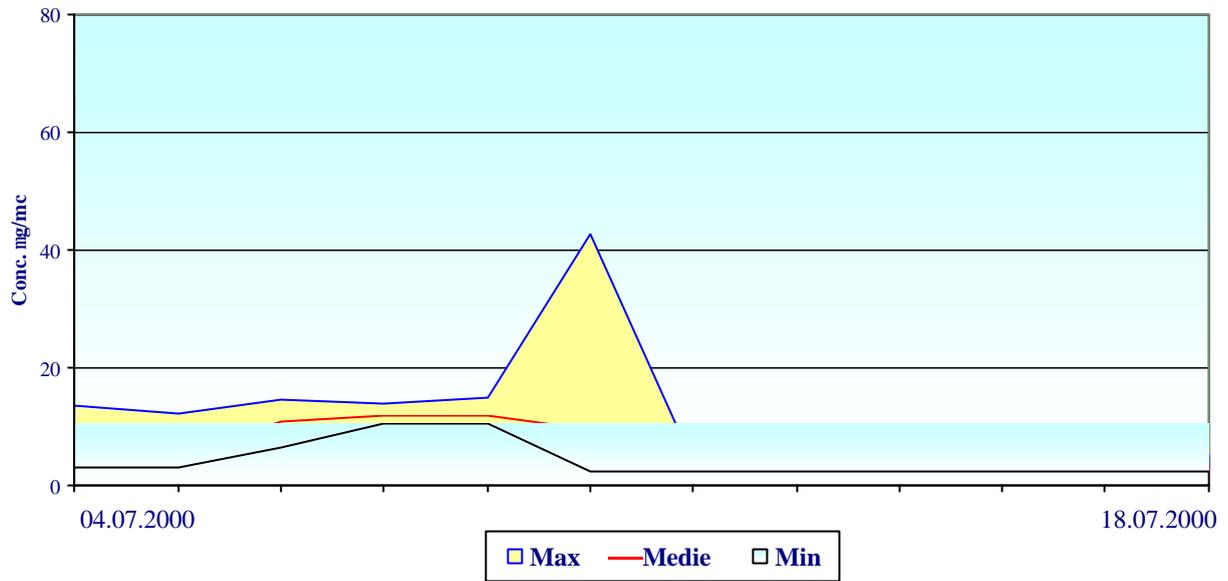


Grafico 7

MONITORAGGIO QUALITA' ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza della Vittoria - Andamento Valori Orari CO

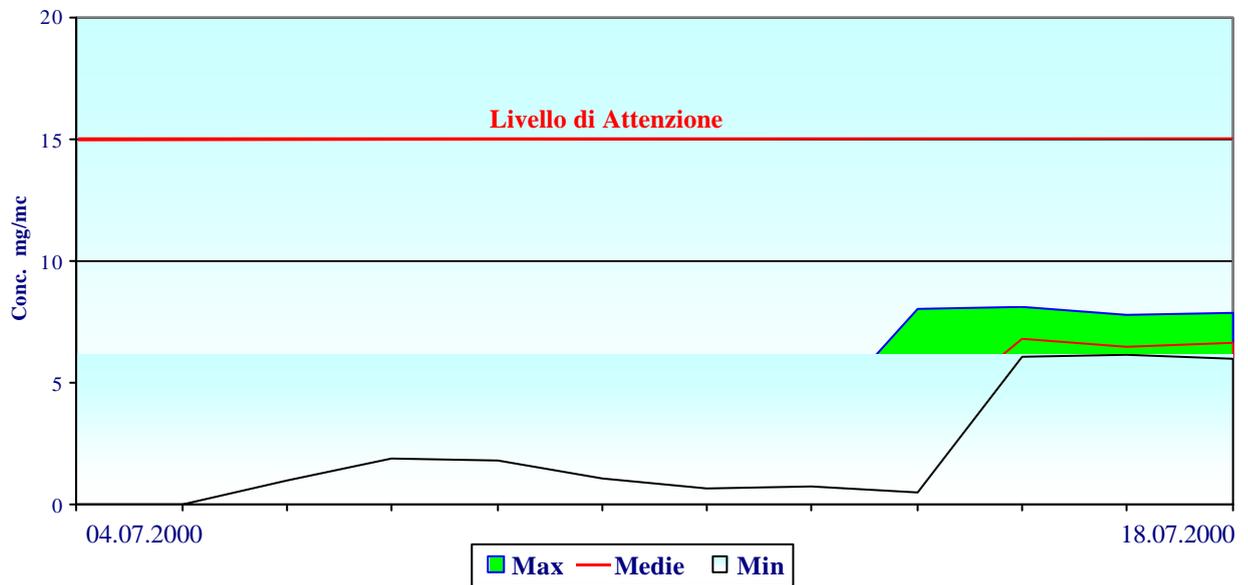


Grafico 8

MONITORAGGIO QUALITA' ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza della Vittoria - Andamento Valori Orari NO₂

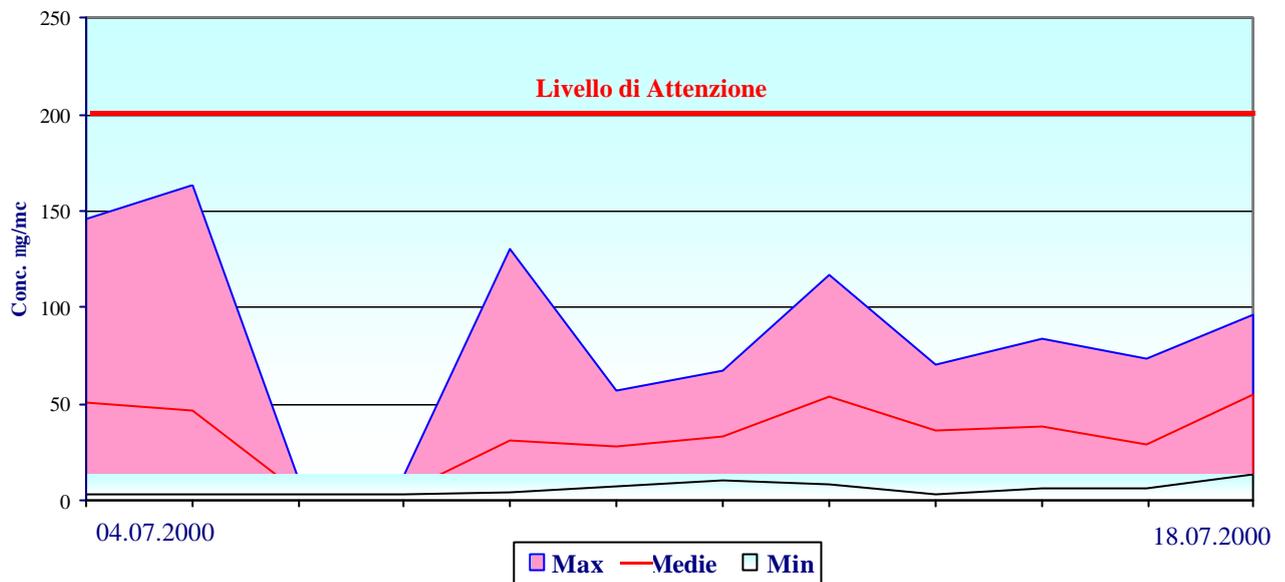


Grafico 9

MONITORAGGIO QUALITA' ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza della Vittoria - Andamento Valori Orari O₃

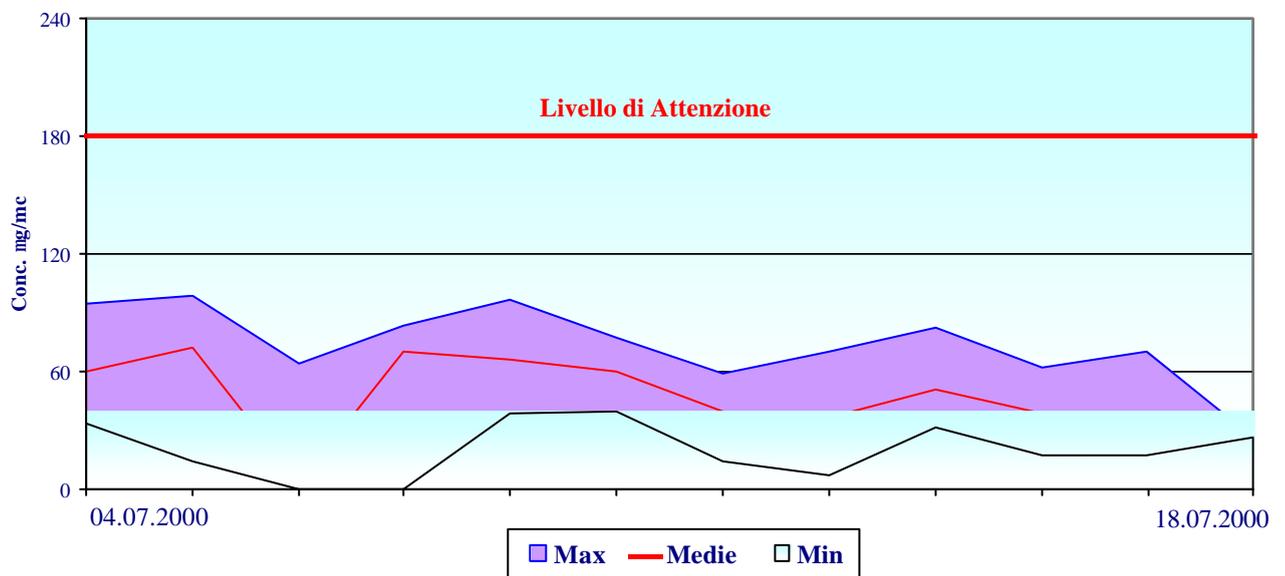


Grafico 10

Tali risultati mostrano valori dei parametri di inquinamento che si possono giudicare modesti e al di sotto dei valori definiti come Standard di Qualità dell'Aria dalla normativa vigente, come si vede nella tabella e grafici in cui sono raffrontati i valori riscontrati con gli SQA, Obiettivi di Qualità e Livelli di Attenzione definiti per questi parametri (**Tabella 1, Grafici 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18**):

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO

Confronto con gli Standard di Qualità dell'Aria, Obiettivi di Qualità e Livelli di Attenzione e di Allarme

Parametro	Valore Riscontrato		S.Q.A. Obiettivi di Qualità	Livelli	
	P.zza PIANCIANI	P.zza VITTORIA		di Attenzione	di Allarme
SO₂ mg/mc Conc. media 24 h	Mediana		Mediana Annuale		
	3	4	80		
	98° Percentile		98° Percentile		
	10	14	250	Media Giornaliera	Media Giornaliera
	Max Conc. Giornaliera			125	250
	14	14			
CO mg/mc Conc. media 1 h	Max Conc. Oraria		Max Conc. Oraria	Max Conc. Oraria	Max Conc. Oraria
	8.0	8.1	40	15	30
NO₂ mg/mc Conc. media 1 h	98° Percentile		98° Percentile		
	112	118	200		
	Max Conc. Oraria			Max Conc. Oraria	Max Conc. Oraria
	141	163		200	400
O₃ mg/mc Conc. media 1 h	Max Conc. Oraria		Max Conc. Oraria	Max Conc. Oraria	Max Conc. Oraria
	177	179	200	180	360
PTS mg/mc Conc. media 24 h	Media Aritmetica		Media Aritmetica	Media giornaliera	Media Giornaliera
	30	32	150	150	300
	95° Percentile		95° Percentile		
	50	51	300		
PM10 mg/mc Conc. media 24 h	Media mobile		Media mobile		
	15	16	40		
Benzene mg/mc Conc. media 24 h	Media Mobile		Media mobile		
	2.9	3.1	10		

Tabella 1

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro SO₂ - Confronto con SQA

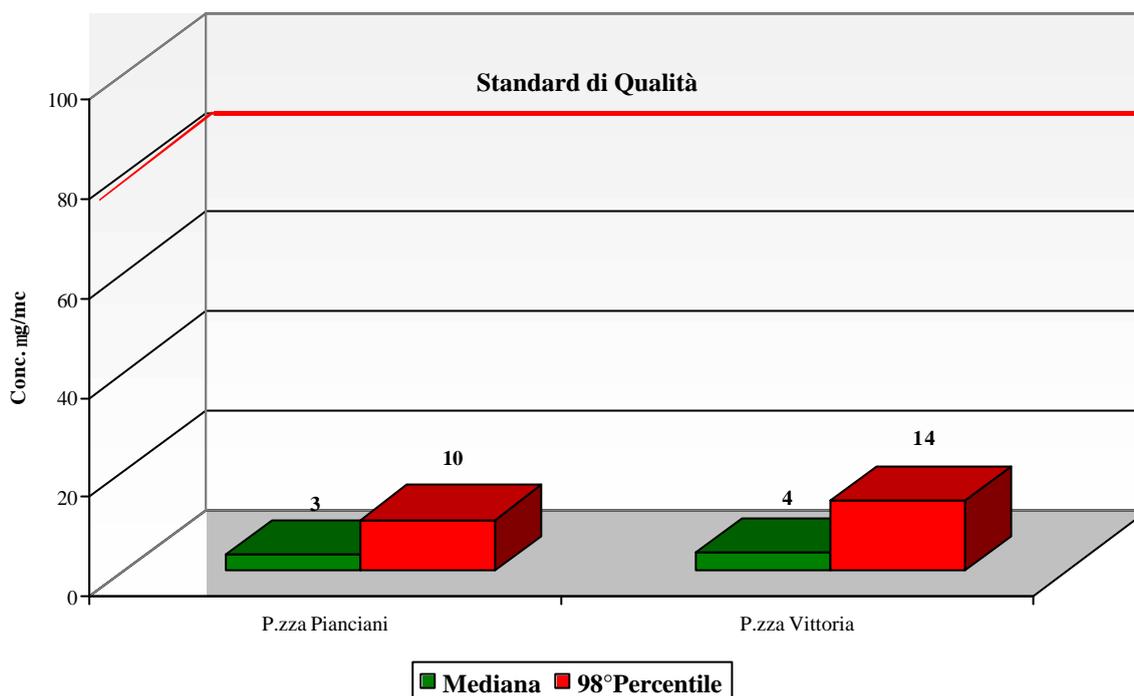


Grafico 11

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro CO - confronto con SQA e Livelli di Attenzione e di Allarme

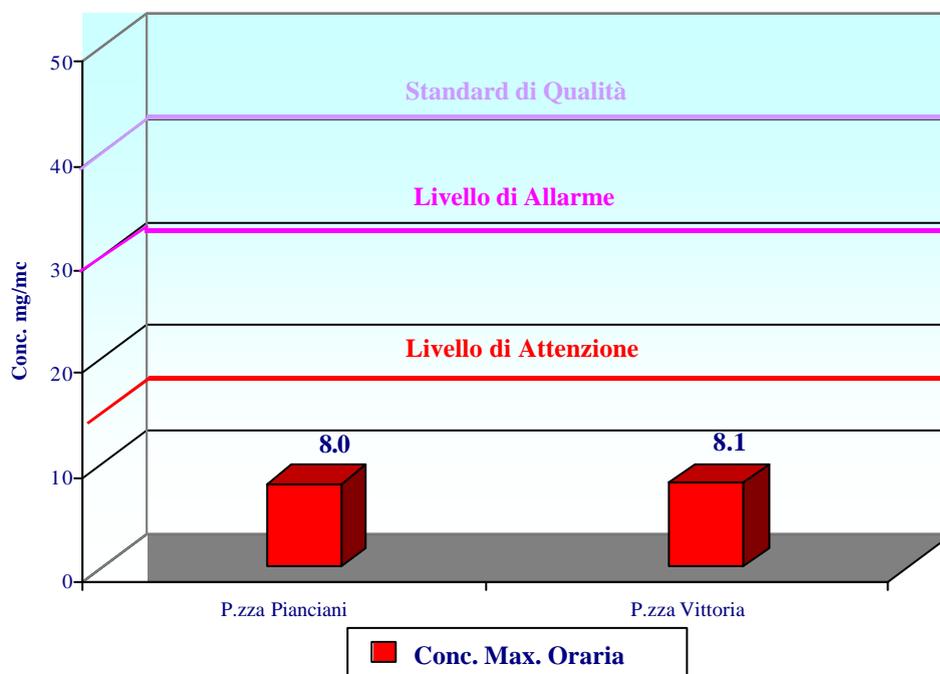


Grafico 12

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro NO₂ - confronto con SQA e Livelli di Attenzione e di Allarme

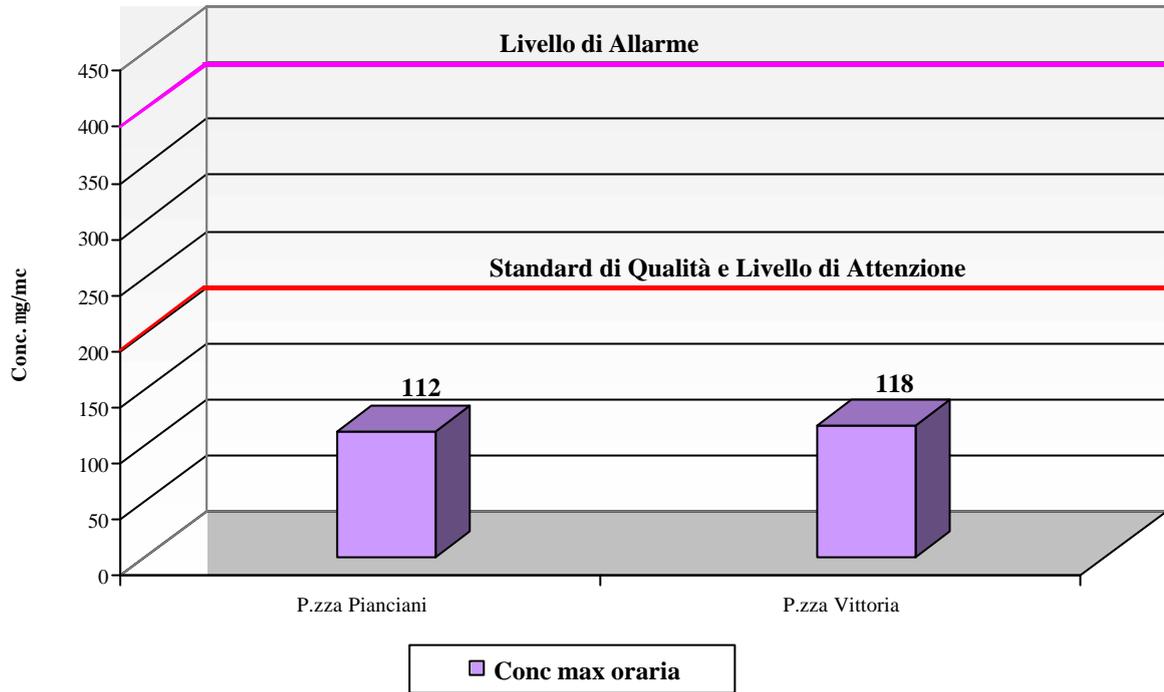


Grafico 13

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro O₃ - confronto con SQA e Livelli di Attenzione e di Allarme

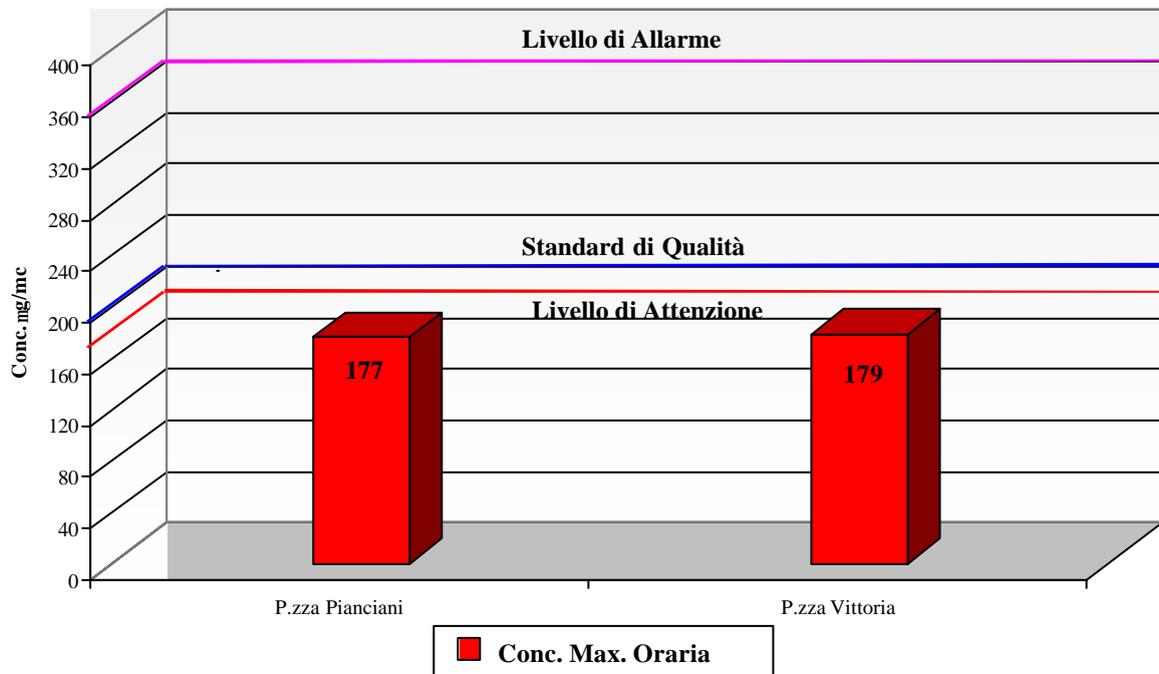


Grafico 14

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro PTS - confronto con SQA

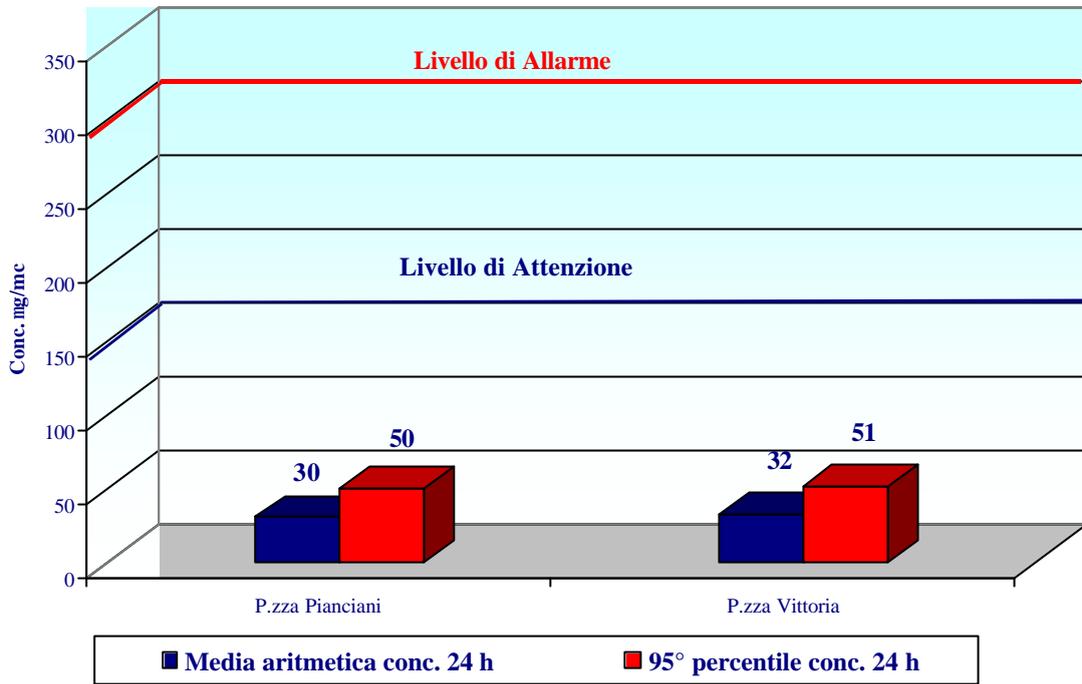


Grafico 15

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro PM10 - confronto con Obiettivo di qualità

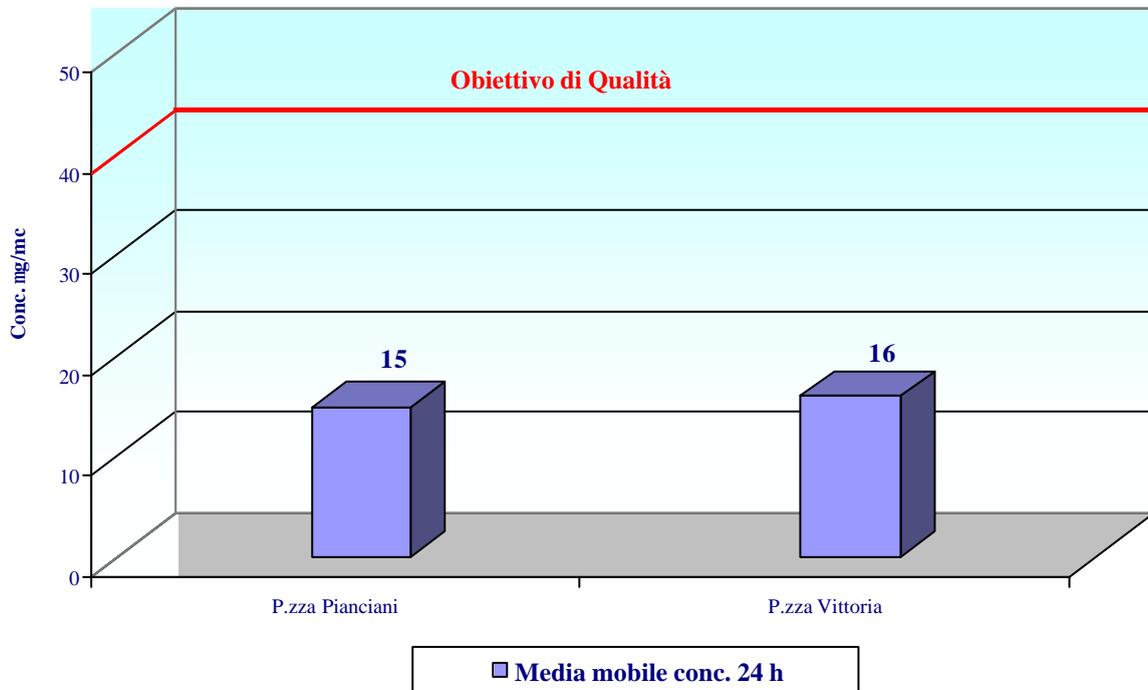


Grafico 16

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
Parametro Benzene - confronto con Obiettivi di Qualità

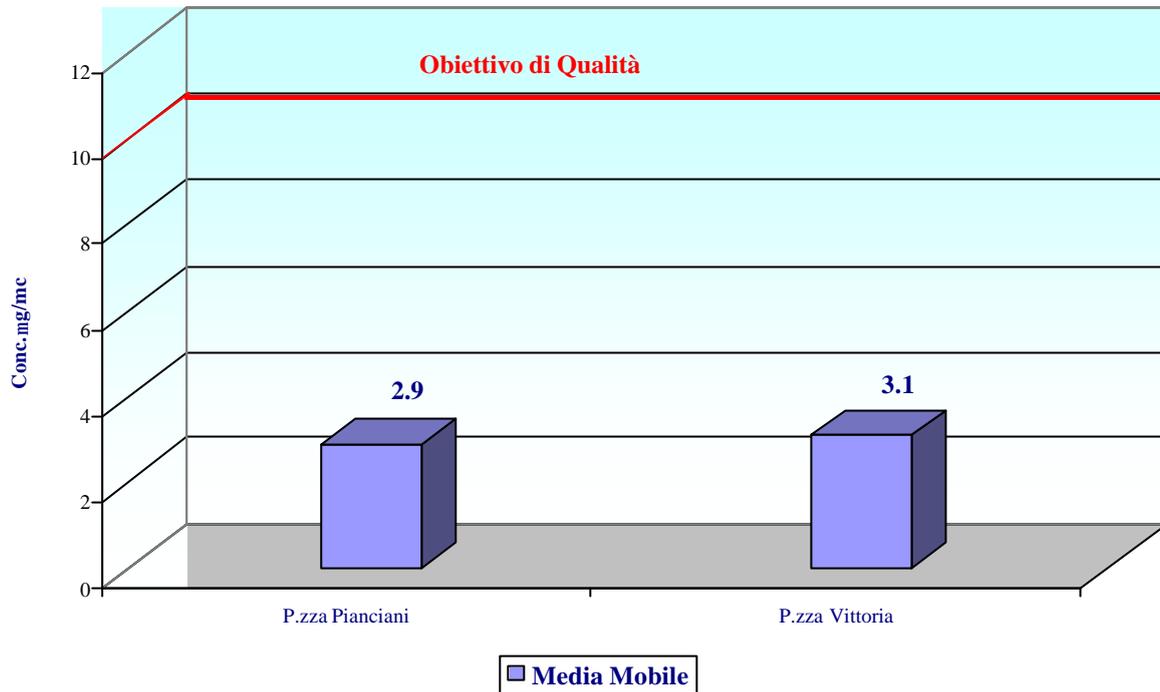


Grafico 17

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
BENZENE (campionamenti passivi)

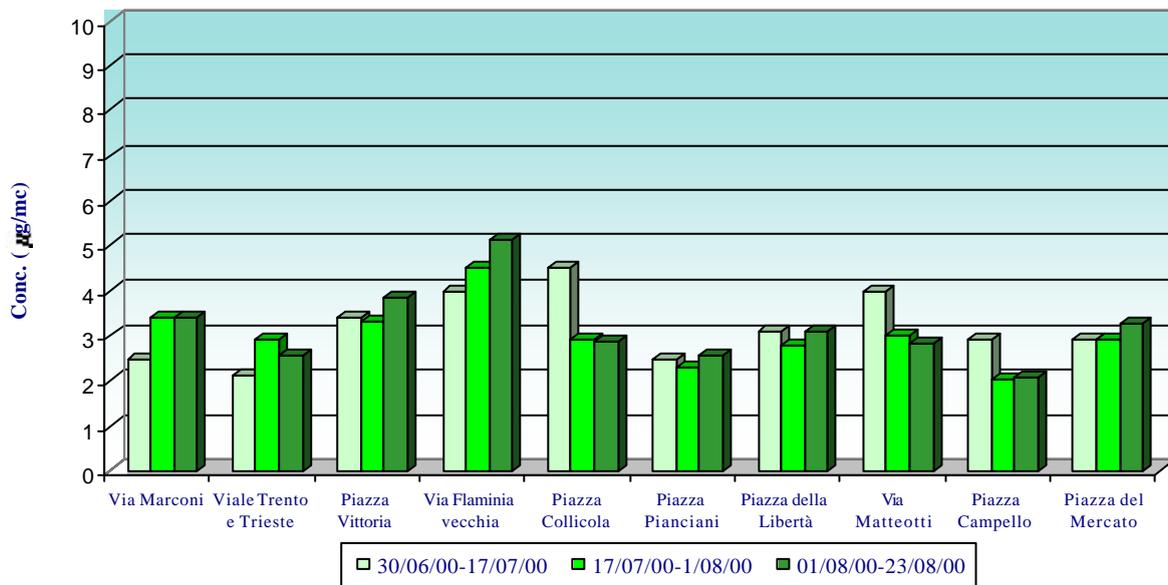


Grafico 18

In particolare per ogni singolo parametro la situazione riscontrata è la seguente:

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂): tutti i valori di riferimento della normativa sono ampiamente rispettati.

Un'ulteriore conferma positiva si ha dal confronto delle concentrazioni rilevate con il valore limite annuale di 20 ug/mc stabilito dalla recente direttiva 1999/30/CE per la protezione degli ecosistemi da rispettare a partire dal 19 luglio 2001, per cui tale limite sarebbe già da oggi rispettato.

L'esame del giorno tipo conferma una sostanziale scarsa incidenza di questo parametro al contributo dell'inquinamento urbano (**Grafico 19**).

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO P.zza Pianciani Parametro SO₂ - Giorno Tipo

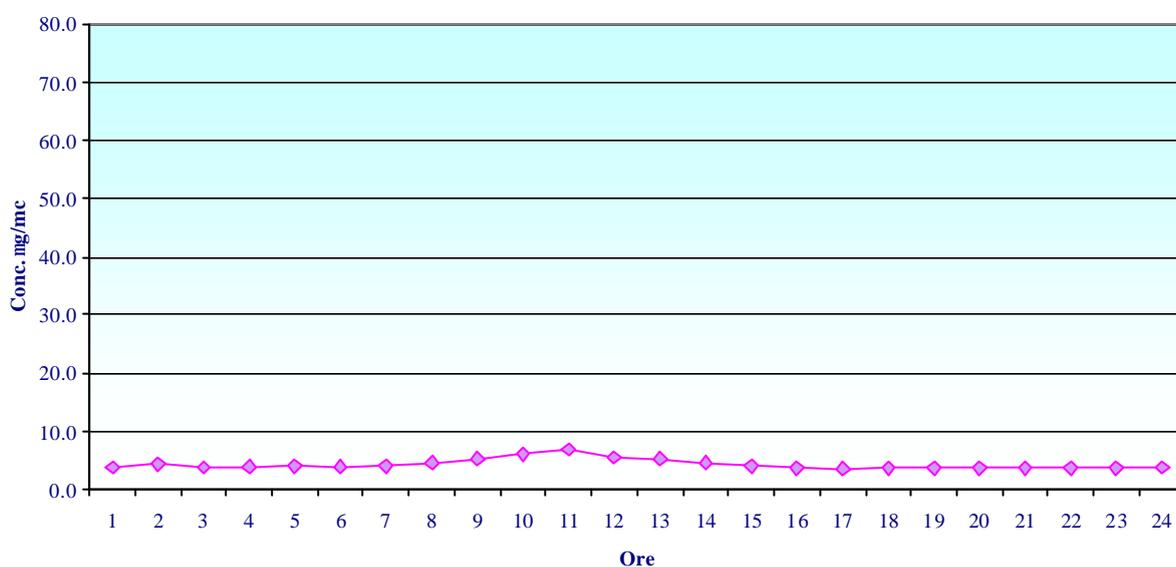


Grafico 19

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO): non si sono evidenziate situazioni di particolare rilievo, lievi incrementi di concentrazione di questo inquinante si sono registrate in concomitanza con l'incremento del traffico nelle ore di punta (il contributo del traffico autoveicolare per i motori a benzina è intorno all'80%).

Per completezza si riporta di seguito il grafico del giorno tipo (**Grafico 20**).

**MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza Pianciani Parametro CO - Giorno Tipo**

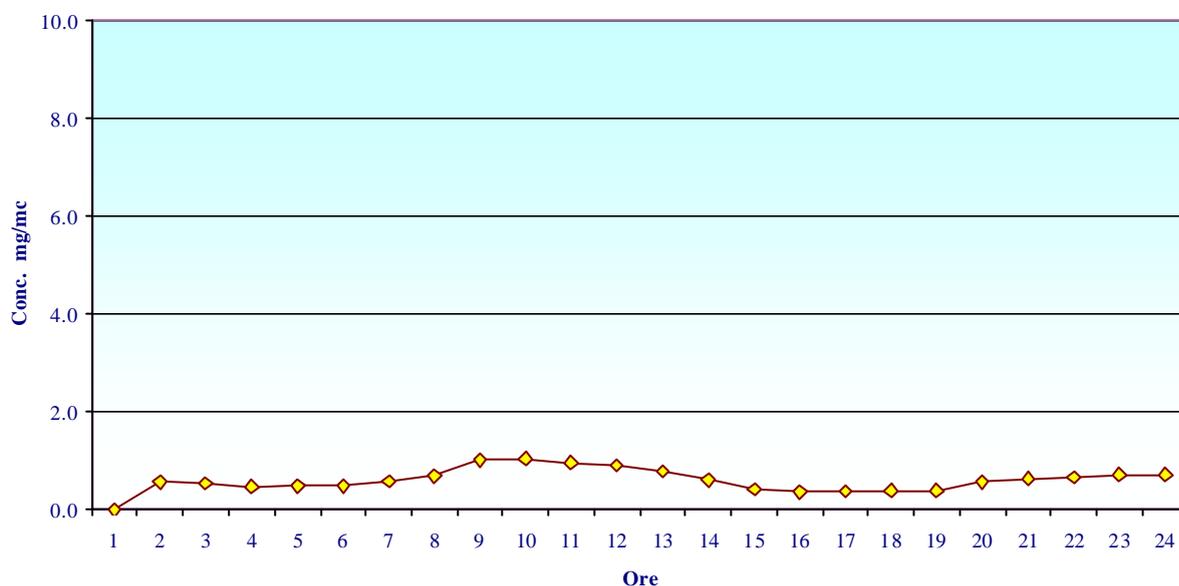


Grafico 20

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂): è stato rispettato lo standard di qualità dell'aria e non si è verificato nessun superamento dei livelli di attenzione e di allarme stabiliti per questo inquinante. L'esame del giorno tipo rileva un più marcato incremento delle concentrazioni nelle ore del mattino (**Grafico 21**).

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza Pianciani Parametro NO₂ - Giorno Tipo

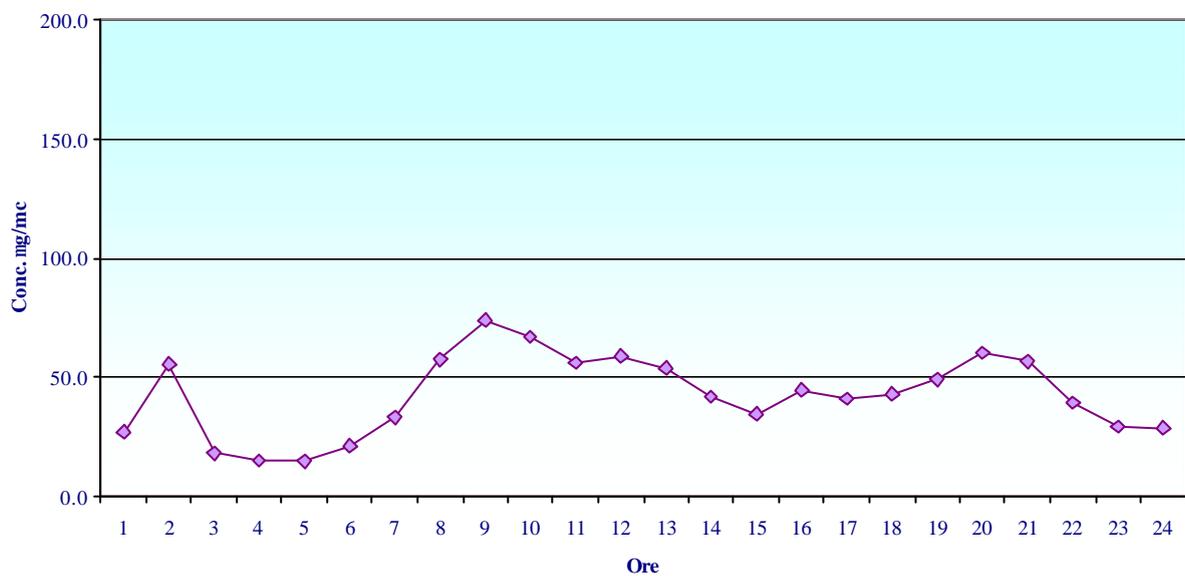


Grafico 21

OZONO (O₃): per questo inquinante sono stati rilevati livelli di concentrazione significativi, in particolare nella postazione di piazza della Vittoria, dove si è sfiorato il livello di attenzione. Quanto sopra va messo in relazione con i valori più elevati di irraggiamento solare misurati nel periodo in esame. Si riporta di seguito l'andamento del giorno tipo (**Grafico 22**).

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza PIANCIANI Parametro O₃ - Giorno Tipo

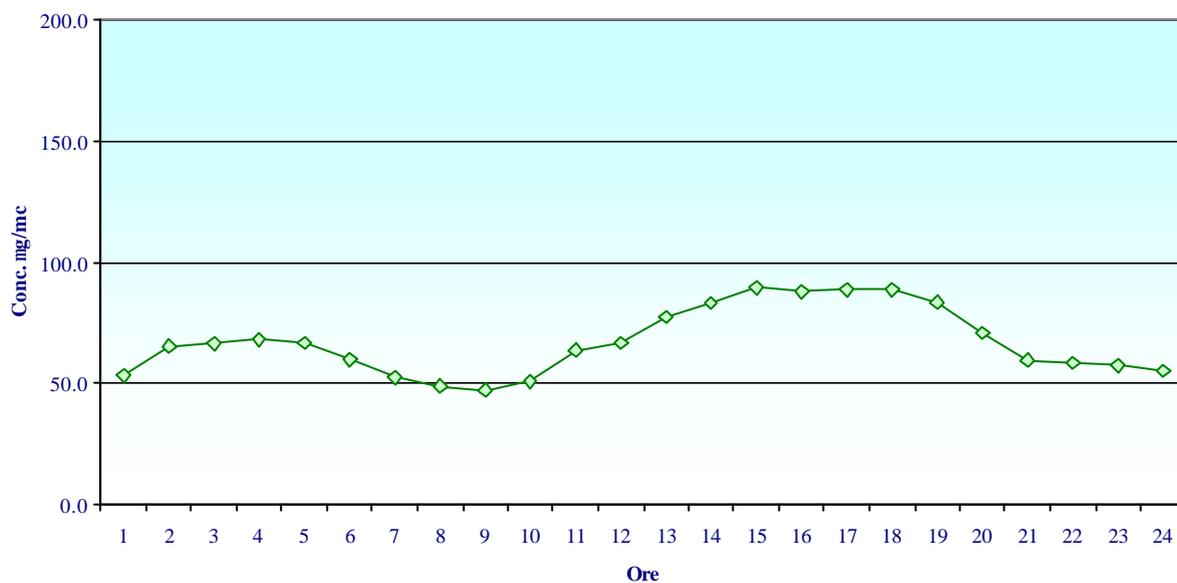


Grafico 22

PARTICOLATO TOTALE SOSPESO (PTS): i valori riscontrati in entrambe le postazioni sono risultati notevolmente inferiori agli standard di qualità dell'aria e ai livelli di attenzione e di allarme.

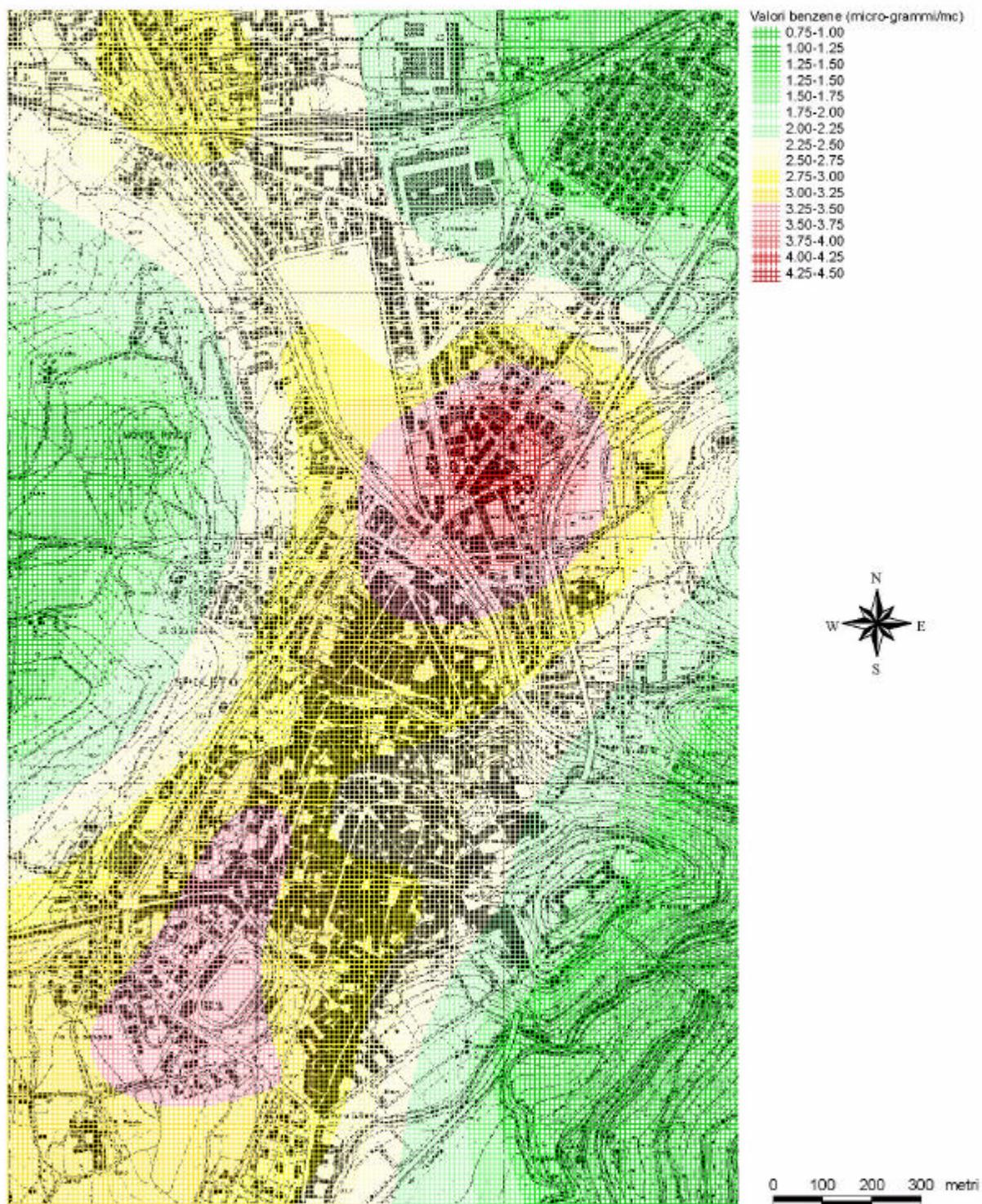
FRAZIONE RESPIRABILE DEL PTS (PM10): I valori ottenuti sono notevolmente più bassi del valore Obiettivo di qualità di 40 ug/mc, risulterebbe rispettato anche il valore di 20 µg/m³ previsto dalla direttiva CEE 1999/30 per il 2010.

BENZENE: si mette in evidenza che in tutte le postazioni i valori di concentrazione del benzene sono al di sotto del valore obiettivo di qualità di 10 ug/mc e dato ulteriormente confortante è che la media di tutti i valori rilevati rispetta anche il valore di 5 ug/mc che è un'ipotesi di nuovo valore limite più restrittivo a cui tendere per il futuro a causa degli accertati effetti cancerogeni di questo inquinante (classificato in classe 1A dallo IARC).

Di seguito si riporta la mappatura del Benzene della città di Spoleto eseguita per interpolazione lineare dei valori rilevati attraverso i campionamenti passivi nelle dieci postazioni e con l'utilizzo di altre dieci postazioni virtuali alle quali è stato attribuito il valore di concentrazione rilevato in postazioni equiparabili per conformazione e volumi di traffico:

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO

Mappatura Benzene



METALLI PESANTI: la tabella e i grafici (**Tabella 3, Grafici 23, 24**) seguenti mostrano livelli di metalli pesanti molto bassi, in particolare per quanto riguarda il Piombo, unico parametro per il quale è stato stabilito un valore limite dalla attuale normativa, i valori riscontrati rispettano largamente il limite imposto.

Non risultano confermati i più elevati valori di Nichel riscontrati nella campagna di monitoraggio effettuata nel periodo maggio-luglio 1996.

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO

Metalli Pesanti - Elaborazioni Medie Giornaliere

Postazione	Elaborazione	Cromo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nichel $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Piombo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Rame $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vanadio $\mu\text{g}/\text{m}^3$
P.zza Pianciani	Media	0.006	0.028	0.039	0.019	0.004
	Max	0.014	0.053	0.088	0.063	0.005
P.zza Vittoria	Media	0.008	0.028	0.042	0.041	0.003
	Max	0.014	0.035	0.066	0.085	0.004

Tabella 3

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO P.zza Pianciani -Metalli Pesanti

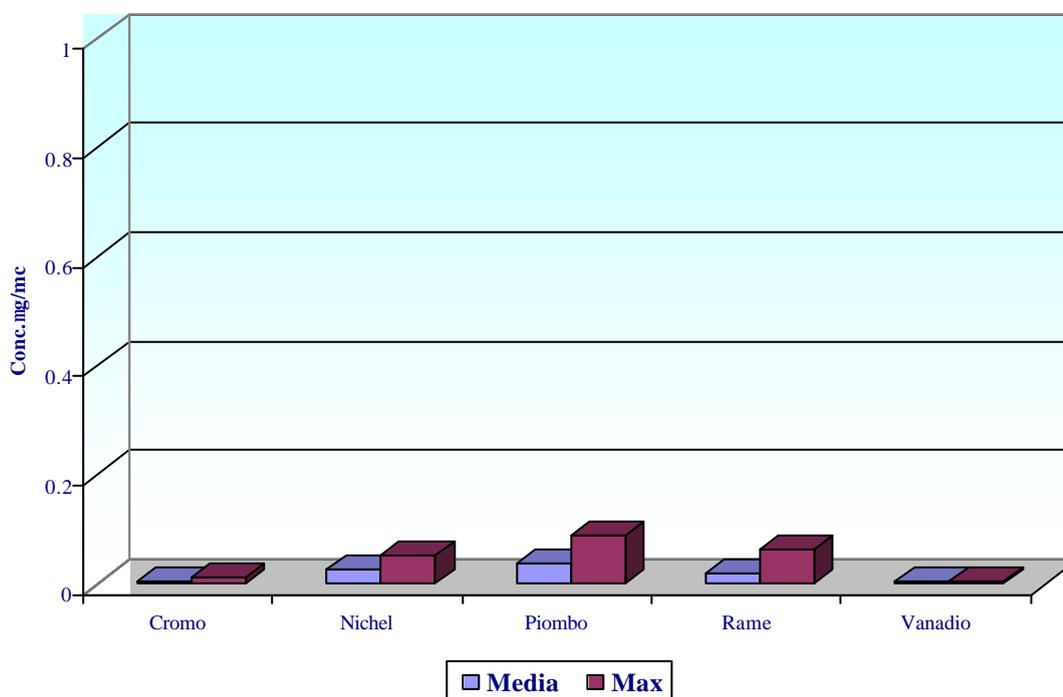


Grafico 23

MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA CITTA' DI SPOLETO
P.zza Vittoria -Metalli Pesanti

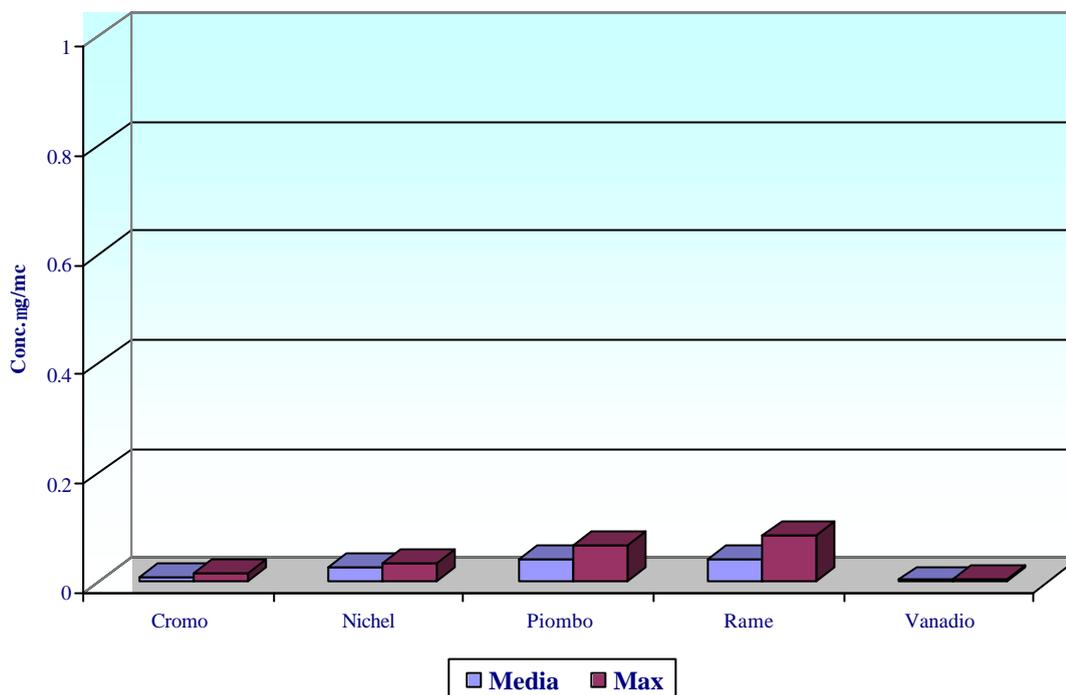


Grafico 24

CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti nel corso della campagna di monitoraggio è possibile fare delle considerazioni di carattere generale.

La principale è che la città non presenta particolari situazioni di criticità per quanto riguarda la qualità dell'aria; inoltre, i valori di concentrazione delle sostanze inquinanti monitorate non si discostano in maniera significativa da altre aree urbane paragonabili alla città di Spoleto.

Tutti i valori limite nonché i valori guida di qualità dell'aria vengono rispettati, in alcuni casi anche ampiamente come per il Particolato Totale Sospeso (PTS), Il Particolato Fine (PM10) ed i metalli pesanti.

Per quanto riguarda gli inquinanti Monossido di Carbonio e Biossido di Azoto (NO₂) inquinanti convenzionali originati prevalentemente da traffico veicolare, si osserva un andamento giornaliero (Giorno Tipo) che presenta i massimi di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore e più intenso traffico ed i valori riscontrati a P.zza Pianciani sono lievemente migliori rispetto a quelli rilevati in P.zza della Vittoria dove la pressione del traffico è costantemente più elevata nell'arco della giornata.

I risultati ottenuti sono migliori rispetto a quelli rilevati in precedenti campagne di monitoraggio; si precisa, altresì, che per un completo giudizio i dati ottenuti dovranno essere integrati con una ulteriore campagna di monitoraggio, da svolgere nel periodo invernale.