Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

A.R.P.A.V.
Dipartimento Provinciale di Belluno
Servizio Sistemi Ambientali

"INDAGINE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA CITTÀ DI BELLUNO"

ANNO 2012 (DATI 2011)

ARPAV
Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

Dipartimento Provinciale di Belluno
Servizio Sistemi Ambientali
Ufficio Reti di Monitoraggio

Via Tomea 5
32100 BELLUNO BL

Tel. +39-0437-935511
Fax.+39-0437-30340
E-mail: dapbl@arpa.veneto.it

Belluno, aprile 2011

Indice

Introduzione 4

Premessa 4

Localizzazione 4

Parametri monitorati 5
Tecniche analitiche 5

Caratteristiche degli inquinanti monitorati 6
- Polveri (PM10 e PM2,5) 6
- Monossido di Carbonio (CO) 7
- Biossido di Azoto (NO_2) 7
- Ossidi di Zolfo (SOx) 8
- Ozono (O_3) 8
- Benzene 9
- Benzo(a)pirene 10
- Metalli 10
  - Piombo 10
  - Arsenico 11
  - Cadmio 11
  - Nichel 11

Il Quadro normativo 12

Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2011: confronto con i limiti di legge 16

Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago 19

Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati 22

Valutazione stagionale, mensile, settimanale, giornaliera dei parametri monitorati 22

Composizione chimica delle polveri sottili 35

Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale 35
Ione Solfato 35
Ione Nitrato 35
Ione Ammonio 35
Ione Cloruro 35
Ione Sodio 35
Gli altri cationi 36
Frazione non estraibile 36
Commento ai dati 36

Valutazioni con campionatori passivi 39
Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento negli ultimi anni (2004-2011) 39

Scheda sintetica di valutazione 42

Considerazioni finali 43

Appendice 44

Introduzione

Il presente documento è redatto a seguito della convenzione biennale stipulata in data 5 agosto 2010 e si integra con quanto già trasmessa lo scorso anno.
ARPAV esegue da diversi anni un programma di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Belluno con una stazione di monitoraggio situata presso il parco comunale "Città di Bologna". Tale centralina risulta rappresentativa di gran parte del territorio comunale.
Il presente studio ha consentito la valutazione dei dati raccolti nel corso del 2011, i quali sono stati comparati con l'andamento temporale dei parametri sia nell'ambito dell'anno indagato che, per confronto, con gli anni precedenti e con gli altri centri provinciali nei quali esiste una stazione di monitoraggio.
Si sono inoltre confrontati i valori permettendo di valutare l'evoluzione della situazione mettendola in relazione ad aree limitrofe.
Gli inquinanti sono stati indagati con strumenti in automatico e attraverso analisi di laboratorio. Le indagini online si sono incentrate sul monitoraggio delle Polveri sottili (PM10), dell'Ozono (O_3), del Biossido di Azoto (NO_2), dell'Anidride Solforosa (SO_2), del Monossido di Carbonio (CO), degli Idrocarburi (HC), mentre le analisi di laboratorio hanno consentito di indagare la composizione delle Polveri sottili. Sono stati infatti misurati i livelli di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) con particolare attenzione al Benzo(a)pirene (BaP), alcuni metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo) e i principali ioni (Ammonio, Cloruro, Nitrato, Sodio, Solfato). Si è inoltre incrementata la serie storica di dati stimati con campionatori passivi.

Premessa

Il dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno effettua il controllo della qualità dell'aria nel Comune di Belluno attraverso una centralina di monitoraggio posizionata all'interno del parco "Città di Bologna", sul lato di via F. Ostilio. La stazione fissa di Belluno è una stazione classificata di tipo "urbano" ed è collocata in un parco cittadino che risente di una viabilità interna non molto sostenuta.
La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio annuale eseguito nella stazione di Belluno (parco città di Bologna) e negli altri siti di campionamento nell'anno 2011 in riferimento ai limiti di legge vigenti e offre una lettura dei dati definendone il trend nel corso degli ultimi anni e l'andamento stagionale tipico di ognuno di essi.
Tale monitoraggio è stato integrato mediante la convenzione biennale stipulata con il Comune di Belluno con ulteriori attività analitiche e modellistiche in parte già costituenti la relazione dello scorso anno.

Localizzazione

Le coordinate geografiche GBO della stazione sono: 1748534; 5114874

I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati.

Parametri monitorati

I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati:

- Polveri (PM10)
- Polveri (PM2,5)
- Monossido di carbonio (CO)
- Ossidi d'azoto, in particolare biossido d'azoto (NO_2)
- Biossido di zolfo (SO_2)
- Ozono (O_3)
- Benzene (C_6H_6)
- Benzo(a)Pirene ($C_{20}H_{12}$)
- Metalli pesanti (piombo Pb, arsenico As, cadmio Cd, nichel Ni)

Tecniche analitiche

Per gli inquinanti monitorati le tecniche di misura corrispondono alle specifiche dettate dalla normativa italiana, recepimento di quella europea.
Tali sistemi analitici si riconducono a:

- Polveri PM10 metodo automatico: determinazione per assorbimento β delle polveri su nastro in fibra di vetro previo frazionamento;
- Polveri PM10 metodo manuale: determinazione gravimetrica su filtri in fibra di quarzo da 47 mm previo frazionamento;
- Polveri PM2,5 metodo manuale: determinazione gravimetrica su filtri in fibra di quarzo da 47 mm previo frazionamento;
- Monossido di carbonio: determinazione per assorbimento I.R;
- Ossidi d'azoto, in particolare del biossido d'azoto: determinazione per emissione a chemiluminescenza;
- Biossido di zolfo: determinazione per emissione a fluorescenza;
- Ozono: determinazione per assorbimento U.V;
- Benzene metodo manuale: campionamento di 24 ore su fiale di carbone attivo, successivo desorbimento termico e analisi gascromatografica;

- Benzo(a)Pirene: estrazione ad ultrasuoni dai filtri del PM10 con solvente e analisi HPLC in cromatografia inversa e rivelatore spettrofluorimetrico;
- Metalli pesanti: estrazione dai filtri del PM10 in microonde e analisi in fornetto a grafite (GFAAS) e/o ICP – OTTICO.

Caratteristiche degli inquinanti monitorati

Polveri (PM10 e PM2,5)

Materiale particolato (PM) è il termine usato per indicare presenze solide o di aerosol in atmosfera, generalmente formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, derivanti sia da fonti antropiche che naturali. Le differenti classi dimensionali conferiscono alle particelle caratteristiche fisiche e geometriche assai varie.
Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 µm, mentre le PM2,5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 µm.
Vengono dette polveri inalabili quelle in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio dal naso alla laringe.
Parte delle particelle che costituiscono le polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed antropiche (particelle primarie); parte invece deriva da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).
L'abbattimento e/o l'allontanamento delle polveri è legato in gran parte alla meteorologia. Pioggia e neve abbattono le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le allontanano.
Le più importanti sorgenti naturali sono così individuate:

- incendi boschivi;
- polveri al suolo risollevate e trasportate dal vento;
- aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- emissioni vulcaniche;
- aerosol marino.

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono:

- processi di combustione di legno, derivati del petrolio, residui agricoli;
- emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale);
- processi industriali;
- emissioni prodotte da altri macchinari e veicoli (mezzi di cantiere e agricoli, aeroplani, treni, ecc.).

Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro sottile, ad esempio 1 µm, possono rimanere in circolazione per circa un mese. La frazione fine delle polveri nei centri urbani è prodotta principalmente da fenomeni di combustione derivanti dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento.
Il particolato emesso dai camini di altezza elevata può essere trasportato dagli agenti atmosferici anche a grandi distanze. Per questo motivo parte dell'inquinamento di fondo riscontrato in una determinata città può provenire da una fonte situata anche lontana dal centro urbano. Nei centri urbani l'inquinamento da polveri fini, che sono le più pericolose per la salute, è essenzialmente dovuto al traffico veicolare ed al

riscaldamento domestico.
Le dimensioni delle particelle in sospensione rappresentano il parametro principale che caratterizza il comportamento di un aerosol. Dato che l'apparato respiratorio è come un canale che si ramifica dal punto di inalazione naso o bocca, sino agli alveoli con diametro sempre decrescente, si può immaginare che le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute nei primi stadi, mentre quelle sottili penetrano sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.
La deposizione si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Questo significa che procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. Il CO emesso dai veicoli subisce nell'atmosfera poche reazioni, essendo notevolmente stabile ed avendo un tempo di permanenza di quattro mesi circa. La sua concentrazione decresce progressivamente all'aumentare della distanza dalle sorgenti di emissione, cioè principalmente dalle strade adibite a circolazione autoveicolare.
Le fonti più importanti di CO sono il traffico motorizzato, gli insediamenti produttivi e le abitazioni. La sua produzione varia in relazione al tipo di veicolo, essendo maggiore nei motori a benzina rispetto ai diesel che funzionano con una maggiore quantità di aria, realizzando così una combustione più completa. La produzione di questo gas dipende inoltre dal regime del motore, risultando maggiore in avviamento, in decelerazione ed al minimo, mentre è minore a velocità di crociera. Nel traffico urbano quindi la quantità di CO prodotta dai veicoli è relativamente elevata a causa delle frequenti decelerazioni ed accelerazioni, nonché dalle soste con il motore al minimo. La concentrazione di CO nei gas di scarico è inoltre influenzata dal sistema di alimentazione del motore adottato, dalla sua regolazione e dalla presenza o meno dei dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare ed i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, ad una riduzione delle emissioni.

Biossido d'azoto (NO_2)

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi d'azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al monossido d'azoto (NO), al biossido (NO_2) ed alla loro somma pesata.
La principale fonte antropogenica di ossidi d'azoto è la combustione ad alta temperatura, come quella dei motori dei veicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido d'azoto.
La quantità prodotta cresce con la temperatura di combustione e con la velocità di raffreddamento dei gas prodotti che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno.
Le miscele "ricche", cioè con poca aria, danno luogo ad emissioni con limitate concentrazioni di monossido d'azoto a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione, ma originano elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto della combustione incompleta. Miscele "povere", cioè con elevata quantità di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano una buona resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la

camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di biossido d'azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno. Altre importanti fonti di ossidi d'azoto sono gli insediamenti produttivi, gli impianti domestici e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati a causa dei processi ossidativi dell'ammoniaca.

Ossidi di Zolfo (SO_X)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono le anidridi solforosa (SO_2) e solforica (SO_3) con predominanza della prima; questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x. L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificare nelle zone più basse.
Il biossido di zolfo si forma nel processo di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili fossili quali carbone, olio combustibile e gasolio. Le fonti di emissione principali sono legate alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali ed al traffico. L'anidride solforosa è il principale responsabile delle "piogge acide" perché tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote di emissioni elevate può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze.

Ozono (O_3)

L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O_2) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo

$$O_3 \rightarrow O_2 + O$$

Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.
L'ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli ossidi d'azoto ed i composti organici volatili (COV).
La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido d'azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare, $h\nu$, con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in monossido d'azoto ed ossigeno atomico:

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O \quad (1)$$

seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:

$$O + O_2 \rightarrow O_3 \quad (2)$$

Una volta prodotto l'ozono può a sua volta reagire con il monossido d'azoto formatosi dalla reazione (1) per riformare il biossido d'azoto di partenza:

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2 \quad (3)$$

L'ozono viene quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

In troposfera sono però presenti specie molto reattive chiamate “radicali perossialchilici”, convenzionalmente indicati come RO_2, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi ed altri composti organici volatili. Il monossido d’azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:

$NO + RO_2 \rightarrow NO_2 + RO$ (4)

In presenza di radicali perossialchilici la reazione (4) risulta competitiva rispetto alla reazione (3) la quale non ha modo di avvenire, essendo uno dei reagenti, il monossido d’azoto, rimosso dalla reazione (4); l’ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può quindi accumularsi in atmosfera.
I precursori coinvolti nel ciclo dell’ozono possono essere di origine antropogenica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.
Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti NO_X e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il toluene, l’etene, il propene e l’isoprene. Dopo l’emissione i precursori si disperdono nell’ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l’azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può variare da poche ore a giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di O_3 in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona considerata. Inoltre, visto il tempo occorrente per la formazione di ozono, le masse d’aria contenenti O_3, COV ed NO_X possono percorrere notevoli distanze, anche centinaia di chilometri, determinando effetti in aree diverse da quelle di produzione. Da ciò deriva che il problema dell’inquinamento da ozono non può essere valutato strettamente su base locale, ma deve essere considerato su ampia scala.
Le concentrazioni di ozono dipendono quindi notevolmente dalle condizioni atmosferiche; le reazioni che portano alla sua formazione sono reazioni fotochimiche e quindi le concentrazioni dell’inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare, mentre diminuiscono con l’aumentare della nuvolosità. La conseguenza è che i valori massimi di concentrazione di ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.

Benzene (C_6H_6)

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da sei atomi di carbonio e sei atomi di idrogeno. Anche conosciuto come benzolo, rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici.
Il benzene a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all’aria molto velocemente. E’ una sostanza altamente infiammabile.
La sua presenza nell’ambiente deriva sia da processi naturali sia da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropogeniche e sono dovute essenzialmente agli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell’aria è invece un sottoprodotto delle attività umane.
Le principali cause d’esposizione al benzene sono le combustioni incomplete.
Per quanto riguarda l’apporto dovuto al traffico, predominano le emissioni dei mezzi a benzina rispetto ai diesel. Per i veicoli a benzina, circa il 95% dell’inquinante deriva dai gas di scarico, mentre il restante 5% dall’evaporazione del carburante dal serbatoio e dal carburatore durante le soste e i rifornimenti.

Benzo(a)Pirene ($C_{20}H_{12}$)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e pertanto derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti ad incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche.
Il principale IPA è il Benzo(a)Pirene (BaP), unico tra questi composti soggetto alla normativa dell'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.
Le principali sorgenti di derivazione antropica di questi composti sono il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e i processi di combustione industriale.
Nelle zone urbane le emissioni di IPA dovute al traffico veicolare, in particolare dai processi di combustione dei motori diesel, risultano rilevanti. Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni. Nei processi combustivi si possono inoltre verificare reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.
Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. La quantità e la qualità delle emissioni è naturalmente funzione sia della tipologia di combustibile utilizzata sia della struttura tecnica dell'impianto di riscaldamento. Ad esempio, è noto che il contenuto di IPA nel particolato derivante dalla combustione di legname è maggiore rispetto a quello del gasolio. È importante sottolineare come gli impianti di riscaldamento alimentati a metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla, risultando i più "puliti" per questo inquinante.
Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che utilizzano oli combustibili a basso tenore di zolfo (BTZ) o gasoli.
In genere gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole. Quelli di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso, andando successivamente a depositarsi al suolo. Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle polveri possono essere trasportati anche a grandi distanze dalle zone di produzione.

Metalli

Piombo (Pb)

Il piombo è l'elemento chimico di numero atomico 82. È un metallo tenero, pesante, malleabile. Di colore bianco azzurrognolo appena tagliato, esposto all'aria si colora di grigio scuro.
Il piombo viene usato nella produzione di batterie per autotrazione e di proiettili per armi da fuoco. Questo metallo è un componente del peltro e di altre leghe usate per la saldatura. In natura è abbondantemente diffuso sotto forma di solfuro, nel minerale chiamato galena e in minerali di secondaria importanza, come la cerussite e l'anglesite.
Negli anni recenti un'importante sorgente di assorbimento per la popolazione è stato il piombo aerodisperso proveniente dal traffico veicolare a benzina, in cui era presente come antidetonante, fino all'abolizione a partire dal 2002. Piccole quantità di piombo possono provenire da attività industriali o essere presenti in frammenti di vernici.

Arsenico (As)

È l'elemento chimico di numero atomico 33. È un noto veleno ed un metalloide che si presenta in tre forme allotropiche diverse: gialla, nera e grigia.
Dal punto di vista chimico, l'arsenico è molto simile al suo omologo, il fosforo, al punto che lo sostituisce parzialmente in alcune reazioni biochimiche. Scaldato, si ossida rapidamente ad ossido arsenioso, dal tipico odore agliaceo. L'arsenico ed alcuni suoi composti sublimano, passando direttamente dalla fase solida a quella gassosa.
L'arseniato di piombo è stato usato fino al XX secolo come pesticida sugli alberi da frutto, con gravi danni neurologici per i lavoratori che lo spargevano sulle colture, mentre l'arseniato di rame è stato usato come colorante per dolciumi nel XIX secolo.
Più recentemente l'arsenocromato di rame ha trovato utilizzo negli interventi conservativi del legname contro la marcescenza e gli attacchi degli insetti. Questa pratica in molti paesi è stata proibita dopo la comparsa di studi che hanno dimostrato il lento rilascio di arsenico per dilavamento e combustione da parte del legno trattato.
Altri usi:

- produzione di leghe;
- produzione di insetticidi;
- produzione di circuiti integrati a base di arseniuro di gallio;
- trattamenti per curare forme leucemiche con triossido d'arsenico;
- produzione di fuochi d'artificio.

Cadmio (Cd)

Il cadmio è l'elemento chimico di numero atomico 48. È un metallo di transizione relativamente raro, tenero, bianco-argenteo con riflessi azzurrognoli. Si trova nei minerali dello zinco.
Il cadmio è un metallo bivalente, malleabile, duttile e tenero, al punto che può essere tagliato con un normale coltello. Sotto molti aspetti assomiglia allo zinco, ma tende a formare composti più complessi di quest'ultimo.
Circa tre quarti della quantità di cadmio prodotta trova utilizzo nelle pile al nichel-cadmio, mentre la restante quota è principalmente usata per produrre pigmenti, rivestimenti e stabilizzanti per materie plastiche.
Tra gli altri usi del cadmio e dei suoi composti si segnalano:

- la produzione di leghe metalliche bassofondenti e per saldatura;
- la produzione di leghe metalliche ad alta resistenza all'usura;
- i trattamenti di cadmiatura, ovvero il rivestimento di materiali;
- la produzione di pigmenti gialli a base di solfuro di cadmio;
- la produzione di semiconduttori e pile;
- la produzione di stabilizzanti per il PVC.

Nichel (Ni)

Il nichel è l'elemento chimico di numero atomico 28. È un metallo bianco argenteo, che può essere lucidato con grande facilità. Appartiene al gruppo del ferro, è duro, malleabile e duttile. Si trova combinato con lo zolfo nella millerite e con l'arsenico nella niccolite.
Per la sua ottima resistenza all'ossidazione e la stabilità chimica esposto all'aria, si usa per coniare le monete di minor valore, per rivestire materiali ad esempio in ferro e ottone, in alcune attrezzature chimiche ed in certe leghe, come per esempio l'argento tedesco. È ferromagnetico e si accompagna molto spesso con il cobalto.

Il principale impiego del nichel è la produzione di acciaio inox austenitico; tuttavia, grazie alle sue particolari caratteristiche, trova una vasta gamma di utilizzi, i principali dei quali sono legati alla produzione di:

- acciaio e leghe (alnico, monel, nitinol);
- batterie ricaricabili al nichel idruro metallico e al nichel-cadmio;
- sostanze chimiche (catalizzatori e sali per elettrodeposizione);
- materiale da laboratorio (crogiuoli).

Il quadro normativo

L'esigenza di salvaguardare la salute e l'ambiente dai fenomeni di inquinamento atmosferico ha ispirato un corpo normativo volto alla definizione di:

- valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Nel corso degli anni si sono succeduti numerosi atti legislativi recepimenti di normative europee.
La direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio ha abrogato la legislazione precedente costituendo un testo unico sulla qualità dell'aria ambiente. Il suo recepimento da parte dello Stato Italiano è avvenuto con il D.Lgs. 155/2010.
Il quadro riassuntivo dei riferimenti è riportato nelle tabelle seguenti, nelle quali sono presi in considerazione i singoli inquinanti, la tipologia d'esposizione (acuta o cronica) e l'oggetto della tutela, ovvero la protezione della salute umana o della vegetazione.

Tabella 1: valori limite per l'esposizione acuta D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE
PM10	Valore limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m^3
O_3	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m^3
O_3	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m^3
NO_2	Soglia di allarme **	400 µg/m^3
NO_2	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m^3
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m^3
SO_2	Soglia di allarme **	500 µg/m^3
SO_2	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m^3
SO_2	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m^3

* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive

** misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km^2 oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

Tabella 2: valori limite per l'esposizione cronica D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
PM10	Valore limite Media su anno civile	40 µg/m^3	
PM2.5	Valore limite Media su anno civile	25 µg/m^3	Margine tolleranza 20 % l'11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1°gennaio 2015
O_3	Valore obiettivo per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8 h da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni *	120 µg/m^3	
O_3	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8 h nell'arco dell'anno civile	120 µg/m^3	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita
NO_2	Valore limite Anno civile	40 µg/m^3	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0,5 µg/m^3	
C_6H_6	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m^3	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m^3	Da raggiungere entro il 31/12/2012
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m^3	Da raggiungere entro il 31/12/2012
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m^3	Da raggiungere entro il 31/12/2012
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m^3	Da raggiungere entro il 31/12/2012

Tabella 3: valori limite per la vegetazione D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
SO_2	Livello critico per la vegetazione Anno civile	20 µg/m^3	
SO_2	Livello critico per la vegetazione (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m^3	
NO_X	Limite critico per la vegetazione Anno civile	30 µg/m^3	
O_3	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	18000 µg/m^3 h come media su 5 anni	
O_3	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio	6000 µg/m^3 h come media su 5 anni	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita

* il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010 - 2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014, per la protezione della vegetazione.

Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2011: confronto con i riferimenti di legge

Nelle tabelle che seguono vengono esposti i raffronti tra i limiti di legge e i valori misurati nel 2011 dei diversi inquinanti per quanto riguarda le soglie di esposizione acuta e cronica, secondo quanto stabilito dalla normativa.
Il quadro analitico attualmente risulta incompleto.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA RAFFRONTO DEI DATI CON I RIFERIMENTI DI LEGGE - ANNO 2011			
Esposizione acuta			
Inquinante	**Tipologia**	**Valore limite**	**Risultati**
SO_2	Soglia di allarme*	**500** µg/m^3	**0 superamenti**
SO_2	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	**350** µg/m^3	**0 superamenti**
SO_2	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	**125** µg/m^3	**0 superamenti**
NO_2	Soglia di allarme*	**400** µg/m^3	**0 superamenti**
NO_2	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	**200** µg/m^3	**0 superamenti**
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	**50** µg/m^3	**19 superamenti**
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	**10** mg/m^3	**0 superamenti**
O_3	Soglia di informazione Media 1 h	**180** µg/m^3	**0 superamenti**
O_3	Soglia di allarme Media 1 h	**240** µg/m^3	**0 superamenti**
* misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km^2, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.			

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA RAFFRONTO DEI DATI CON I RIFERIMENTI DI LEGGE - ANNO 2011				
Esposizione cronica				
Inquinante	**Tipologia**	**Valore limite**	**Note**	**Risultati**
O_3	Valore bersaglio per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni Media su 8 h massima giornaliera	**120** µg/m^3	In vigore dal **2010**. Prima verifica nel 2013.	**40 superamenti**
O_3	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	**120** µg/m^3		**40 superamenti**
PM10	Valore limite annuale. Anno civile	**40** µg/m^3		**23 µg/m^3**
PM2,5	Valore limite annuale. Anno civile	**25** µg/m^3		**17 µg/m^3**
NO_2	Valore limite Anno civile	**40** µg/m^3		**24 µg/m^3**
C_6H_6	Valore limite annuale per la protezione della salute umana. Anno civile	**5** µg/m^3		**1,9 µg/m^3**
B(a)P	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	**1** ng/m^3		**1,3 ng/m^3**
Pb	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	**0,5** µg/m^3		**0,004 µg/m^3**
As	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	**6** ng/m^3		**0,5 ng/m^3**
Cd	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	**5** ng/m^3		**0,1 ng/m^3**
Ni	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	**20** ng/m^3		**1,6 ng/m^3**

Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Le basse concentrazioni trovano spiegazione nel fatto che questo inquinante viene misurato in maniera significativa solo in presenza di talune emissioni di tipo industriale che utilizzano soprattutto gasoli. Il valore massimo orario rilevato è stato di 55 µg/m^3 da confrontarsi col limite di 350 µg/m^3.

Monossido di carbonio: le concentrazioni rilevate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. La media mobile di otto ore massima rilevata nel 2010 è stata di 1,7 mg/m^3, a fronte di un limite massimo giornaliero di 10 mg/m^3.

Biossido d'azoto: le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 121 µg/m^3 a fronte di un limite orario di 200 µg/m^3 da non superare più di 18 volte all'anno. La media annuale pari a 24 µg/m^3 ha rispettato il limite di legge.

Ozono: per questo inquinante nel 2011 non si sono registrati superamenti della soglia di informazione alla popolazione e della soglia d'allarme, il dato massimo orario è stato di 174 µg/m^3.

Polveri PM10: per questo inquinante sono stati rispettati sia lo standard di qualità dell'aria acuto con 19 superamenti giornalieri (su 35 consentiti) che quello cronico con una media annuale di 23 µg/m^3, rispetto ad valore limite di 40 µg/m^3.

Polveri PM2,5: la media annuale di questo inquinante è risultata pari a 17 µg/m^3, rispetto ad valore limite annuale di 25 µg/m^3 da raggiungere entro il 2015.

Benzene: la concentrazione media annua è stata di 1,9 µg/m^3, ampiamente inferiore al limite di legge pari a 5 µg/m^3.

Benzo(a)pirene: la concentrazione media annua è risultata di 1,3 ng/m^3, superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana fissato in 1 ng/m^3 e in vigore dal 31/12/2012.

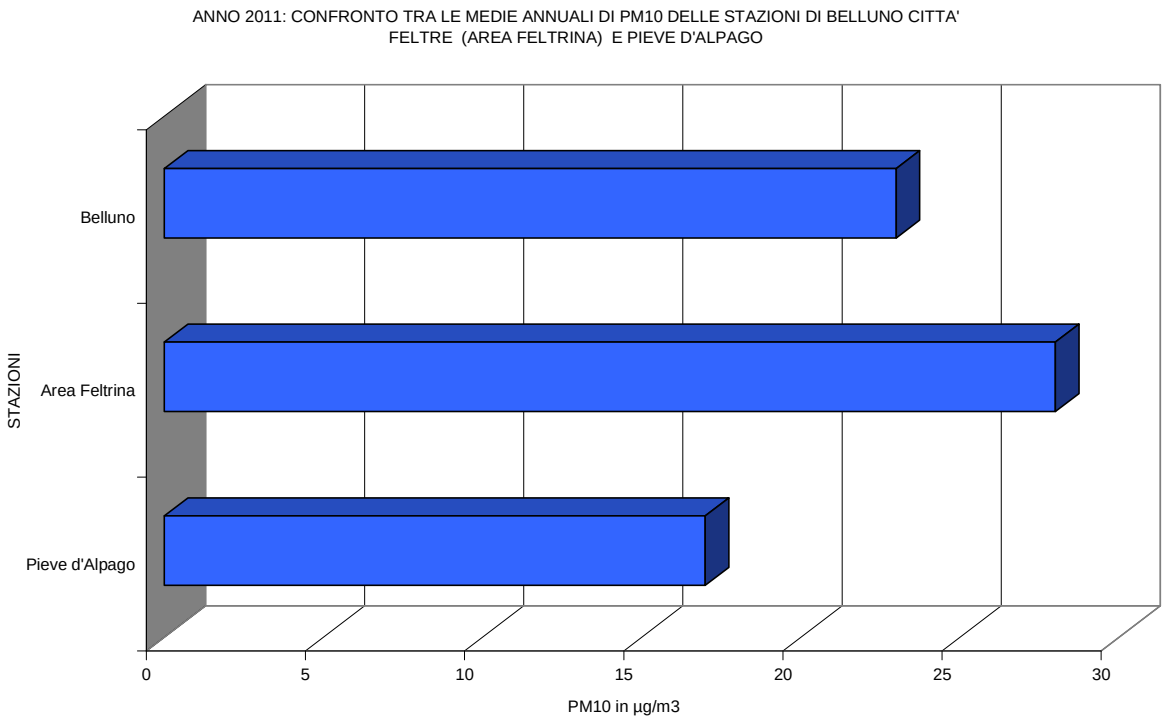
Piombo: La concentrazione media annuale si è attestata a 0,004 µg/m^3, ben al di sotto del valore obiettivo per la protezione della salute umana fissato in 0,5 µg/ e in vigore dal 31/12/2012.

Cadmio: la concentrazione media annuale di questo inquinante è risultata di 0,1 ng/m^3, inferiore al limite di rilevabilità strumentale e quindi ben al di sotto del valore obiettivo di 5 ng/m^3 in vigore dal 31/12/2012.

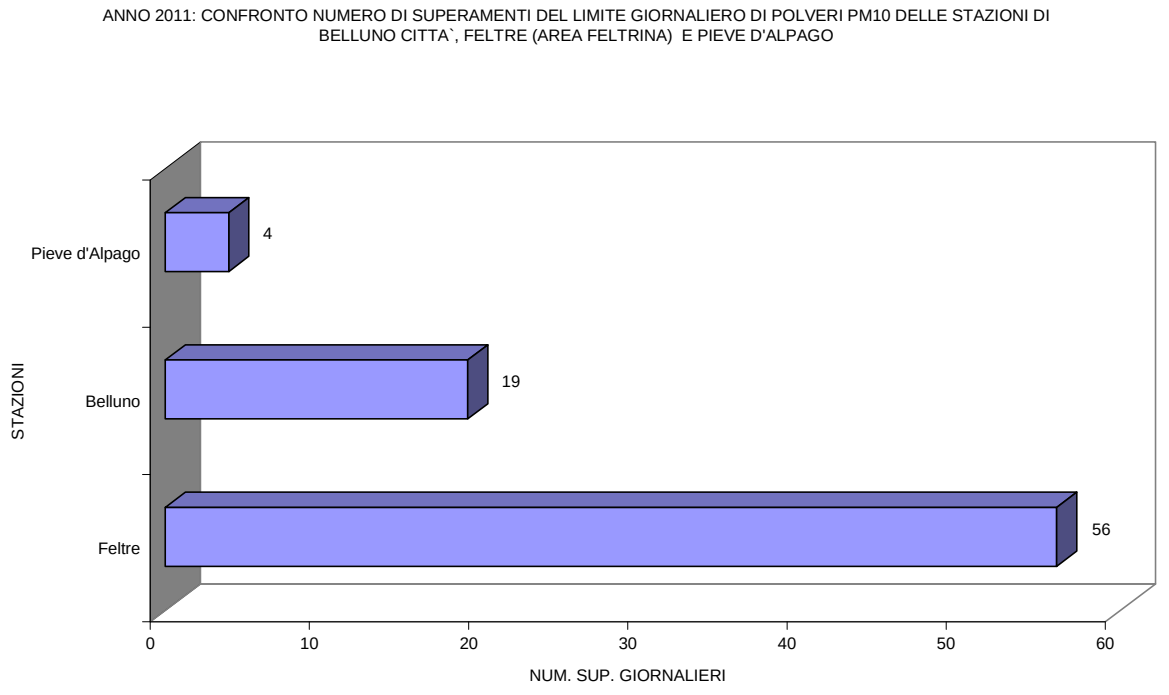
Nichel: la media dei valori rilevati è stata di 1,6 ng/m^3, ben al di sotto del valore obiettivo di 20 ng/m^3 in vigore dal 31/12/2012 .

Arsenico: la concentrazione di questo inquinante si è attestata quasi sempre su livelli inferiori al limite di rilevabilità strumentale di 1 ng/m^3

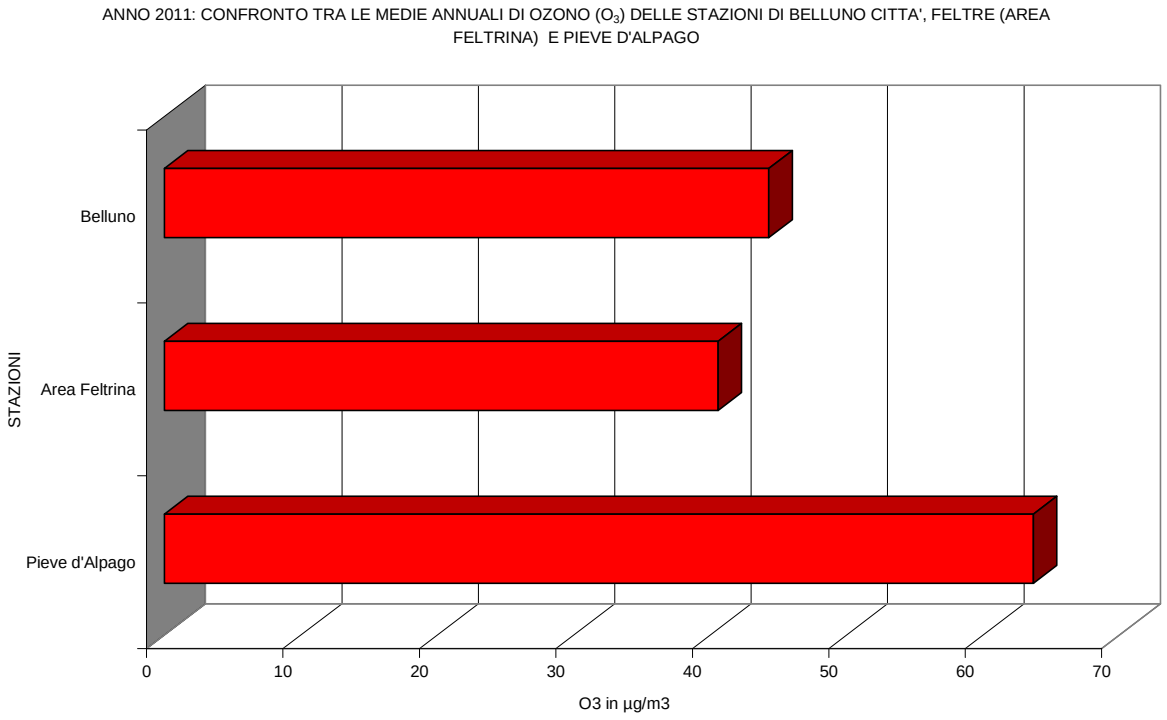
Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago.



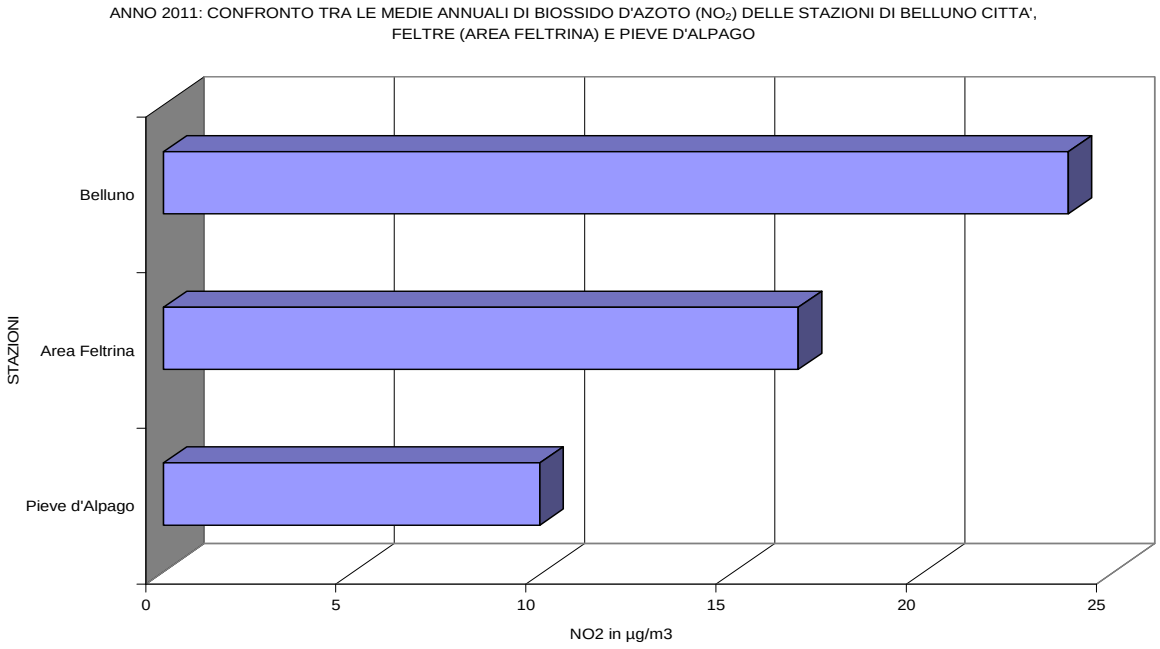
Il grafico di confronto delle medie annuali di PM10 delle stazioni fisse evidenzia il rispetto del limite per l'esposizione cronica (40 µg/m^3 come media annuale) in tutte le stazioni anche se Feltre si conferma la stazione con il più elevato livello annuale di polveri.



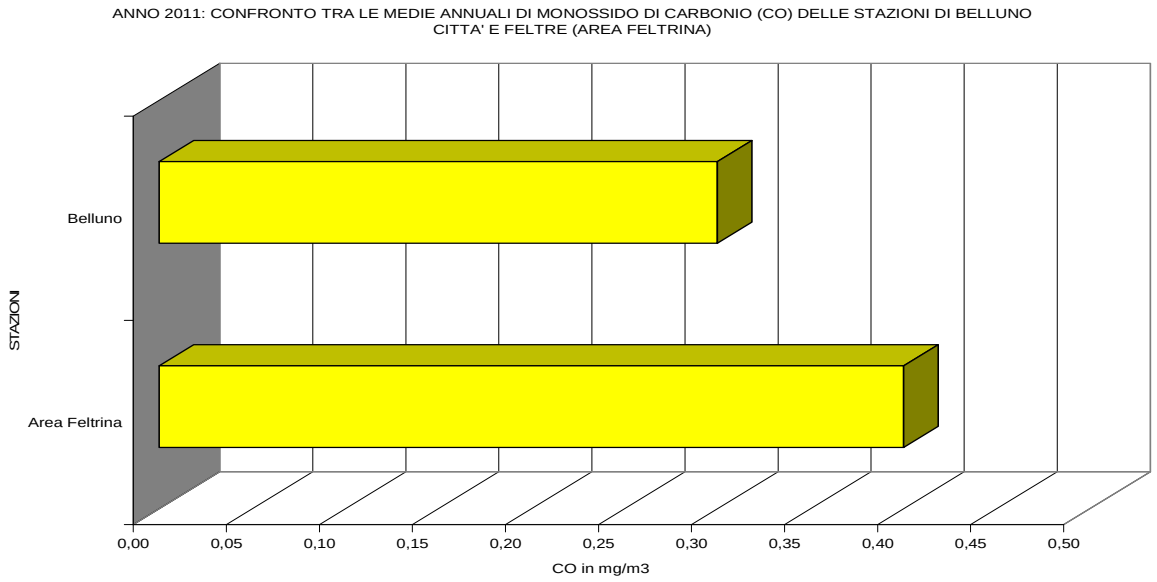
Il grafico di confronto dei superamenti del limite acuto delle polveri PM10 evidenzia che solo la stazione di Feltre (area Feltrina) con 56 sforamenti ha superato tale limite di tipo acuto.



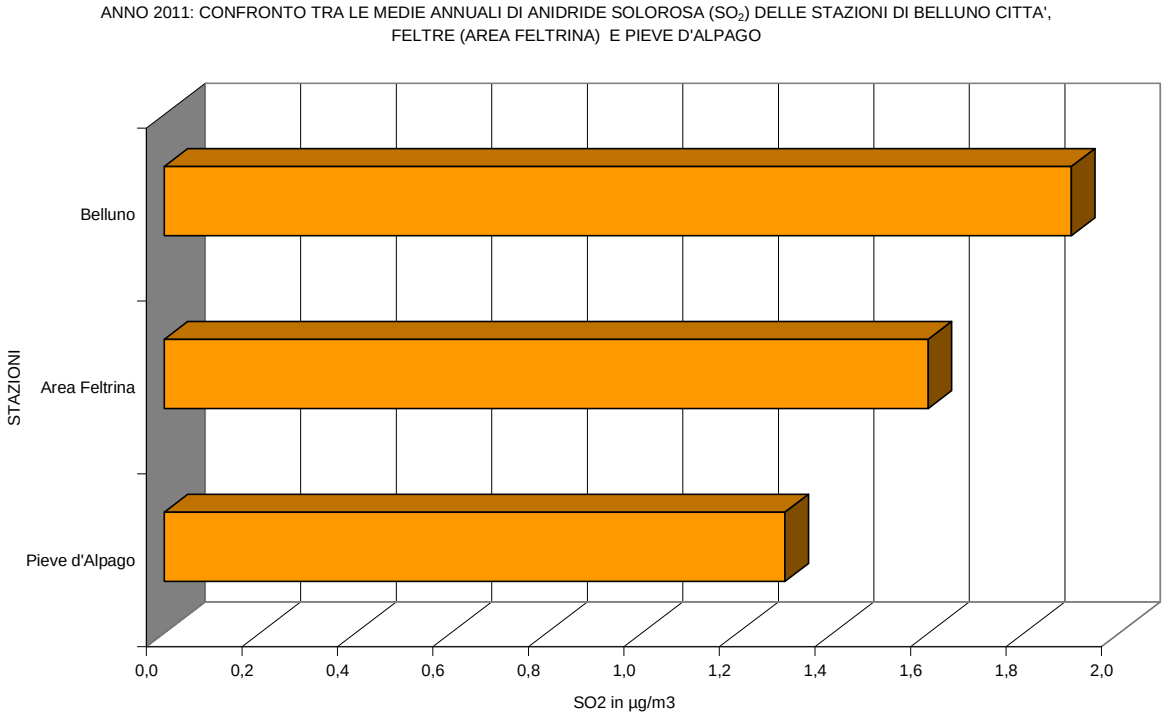
Nel caso dell'ozono invece la stazione di Pieve d'Alpago, sita in zona pedemontana (loc. Villa), conferma come per il 2010, il valore medio più elevato per le caratteristiche di ruralità della localizzazione, con modesta presenza di inquinanti primari (NO, NO_2 e NO_x) che degradano l'ozono. Per quanto riguarda i superamenti della soglia di informazione alla popolazione (180 µg/m^3) e della soglia di allarme (240 µg/m^3), tutte le stazioni hanno fatto registrare concentrazioni inferiori a tali riferimenti di legge.



Il grafico del biossido d'azoto conferma la scarsa presenza di ossidi d'azoto nella stazione di Pieve d'Alpago mentre per la stazione di Belluno, di tipo urbano, le concentrazioni sono relativamente più elevate per la maggior vicinanza a strade trafficate.



Per quanto riguarda il monossido di carbonio, inquinante primario legato alle combustioni incomplete, la stazione di Feltre presenta valori medi annuali leggermente più elevati.



Per quanto riguarda l'anidride solforosa, inquinante primario legato alla presenza di zolfo dei combustibili, la stazione di Belluno presenta valori medi annuali leggermente più elevati.

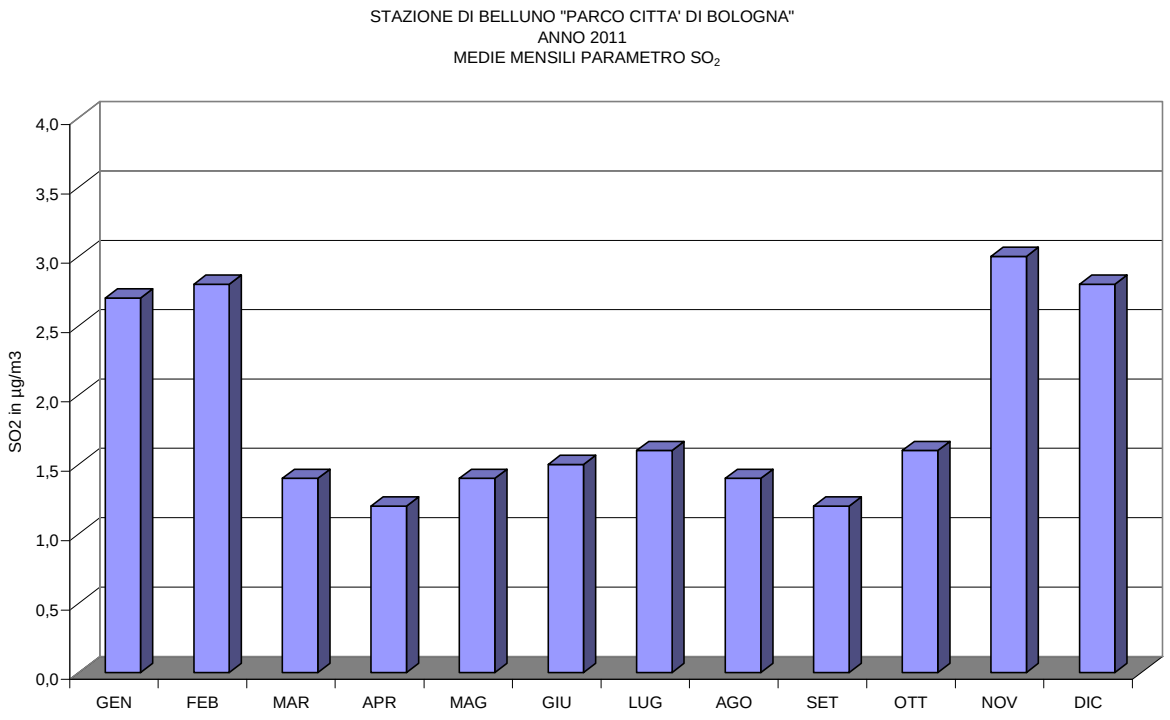
Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA: TREND							
PARAMETRO	SO_2	NO_2	O_3	CO	PM10	Benzene	Benzo(a)Pirene
Unità di misura	µg/m³	µg/m³	µg/m³	mg/m³	µg/m³	µg/m³	ng/m³
anno	media	media	media	media	media	media	media
2004	2	24	44	0.4	30	***	***
2005	2	27	49	0.3	27	3.1	0.9
2006	2	28	48	0.4	26	2.5	1.0
2007	3	24	37	0.4	23	1.2	1.2
2008	2	23	41	0.3	23	1.1	1.1
2009	2	26	41	0.4	24	0.9	1.1
2010	1	26	47	0.3	21	0.9	1.2
2011	2	24	44	0.3	23	1.9	1.3

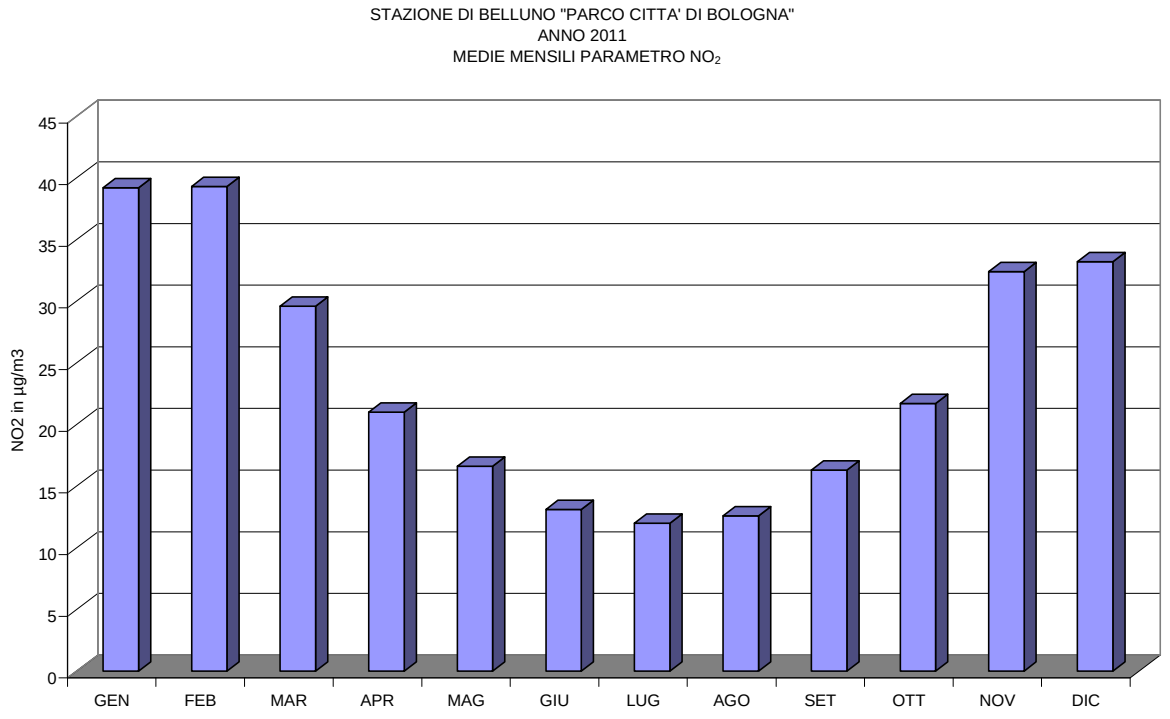
La tabella, che considera il trend degli inquinanti monitorati dal momento dell'attivazione della stazione di Parco "Città di Bologna", evidenzia una sostanziale stabilità per quanto riguarda l'anidride solforosa (SO_2), il biossido d'azoto (NO_2), il monossido di carbonio (CO) e l'ozono (O_3). L'andamento delle polveri PM10 ha registrato nei primi anni una costante diminuzione delle concentrazioni per poi attestarsi su una sostanziale stabilità. Il benzene (C_6H_6) e il benzo(a)pirene nell'ultimo anno hanno registrato un leggero aumento.

Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati

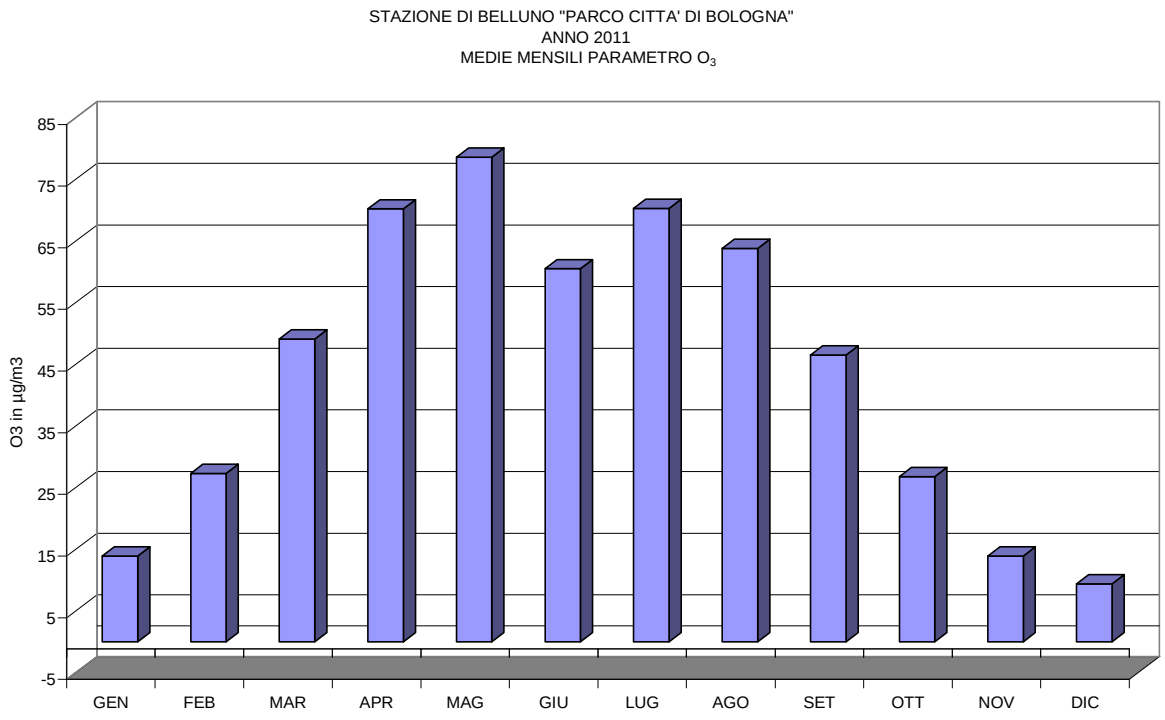
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento stagionale e settimanale di alcuni parametri, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione su base annuale o giornaliera a seconda che si tratti di dati raccolti su base giornaliera o oraria.



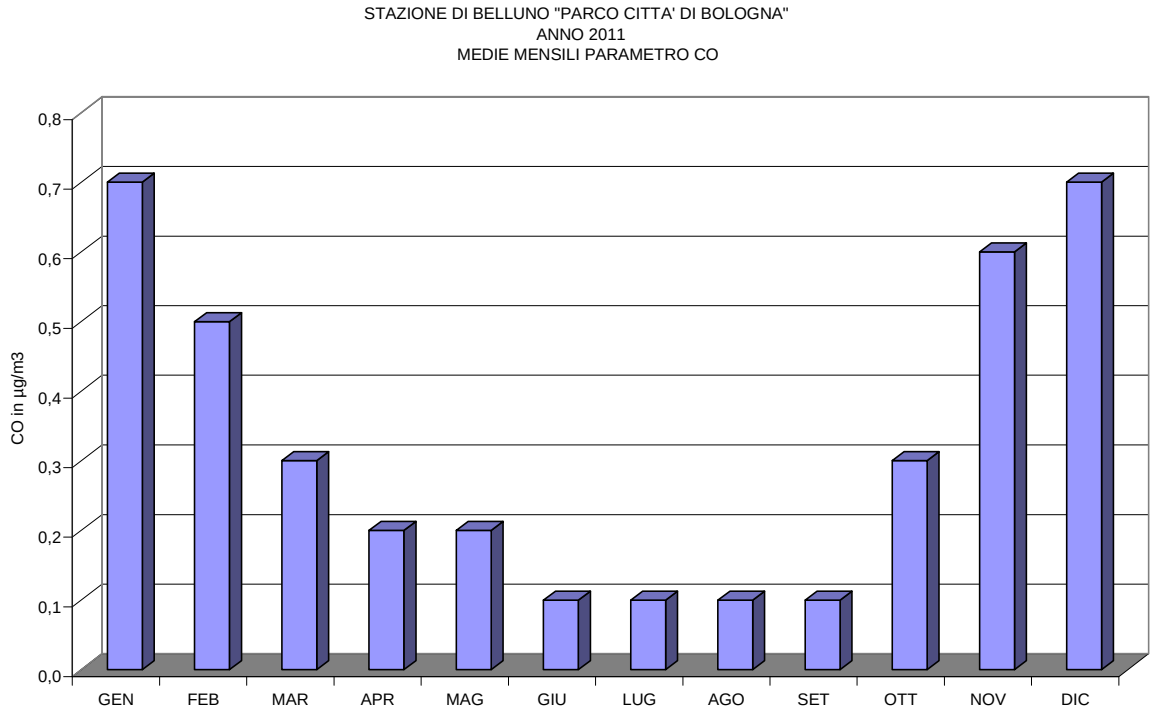
Il primo grafico rappresenta l'andamento stagionale dell'anidride solforosa (SO_2). I dati, estremamente bassi, pur oscillando nel corso dei mesi hanno evidenziato un moderato incremento nel periodo invernale.



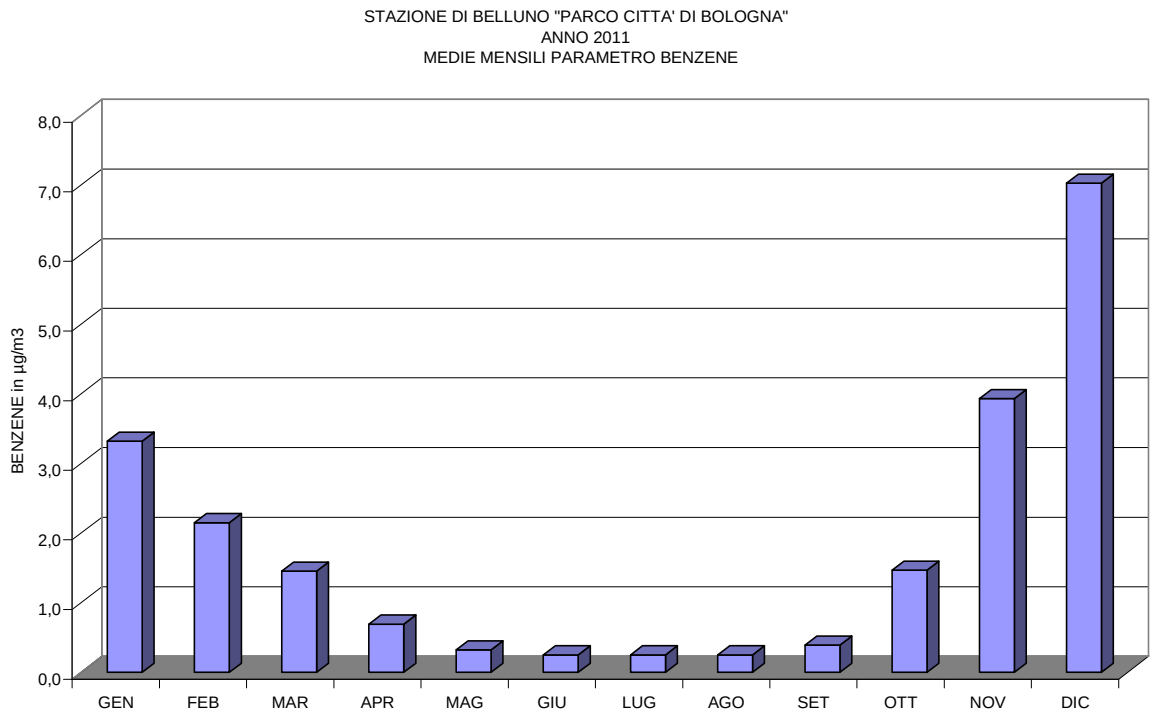
Anche il biossido d'azoto (NO_2) presenta valori più elevati nel periodo invernale sia per l'aumento del carico antropico sia per le ridotte capacità di dispersione degli inquinanti.



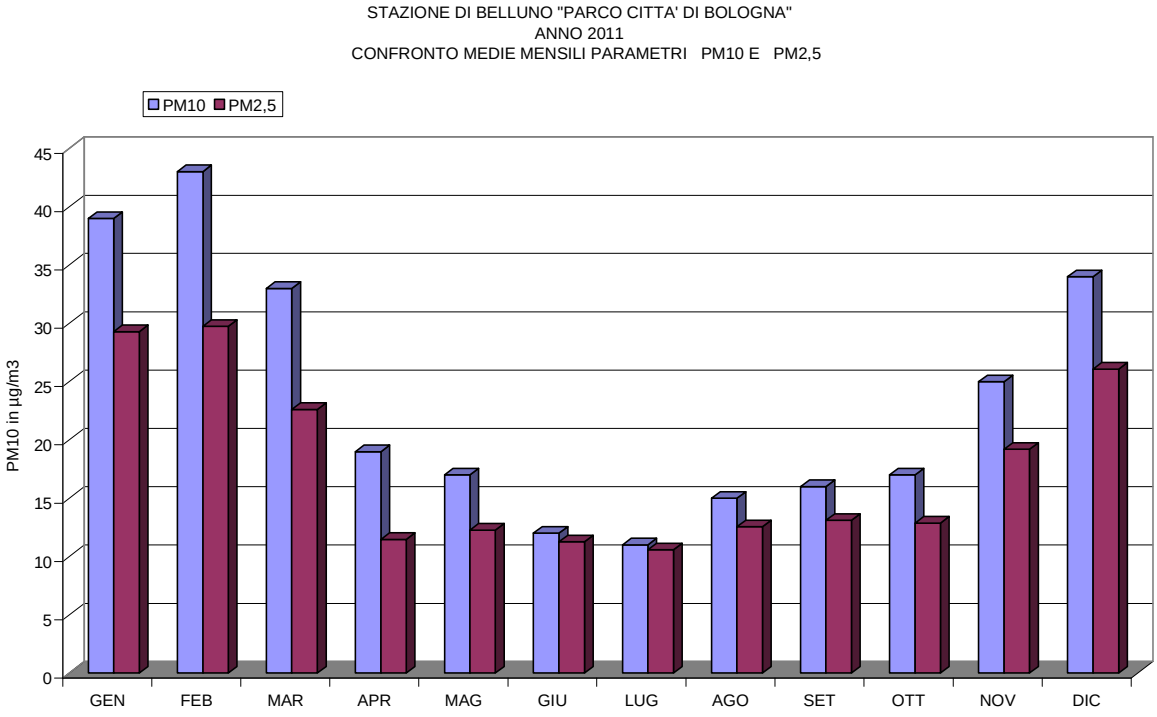
Contrariamente agli inquinanti precedentemente illustrati l'ozono, inquinante secondario correlato strettamente alla radiazione solare, tende a crescere dalla stagione primaverile-estiva.



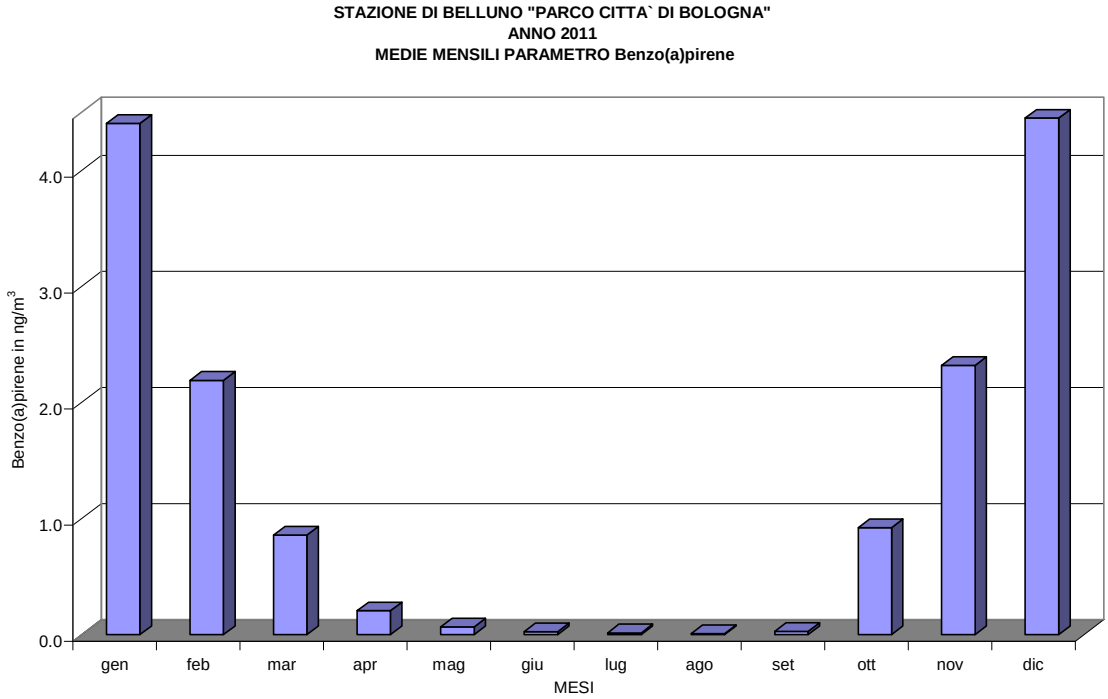
Il monossido di carbonio (CO), pur con livelli modesti, presenta un andamento stagionale marcato, con valori più elevati nel periodo invernale sempre dovuti al generale aumento del carico antropico.



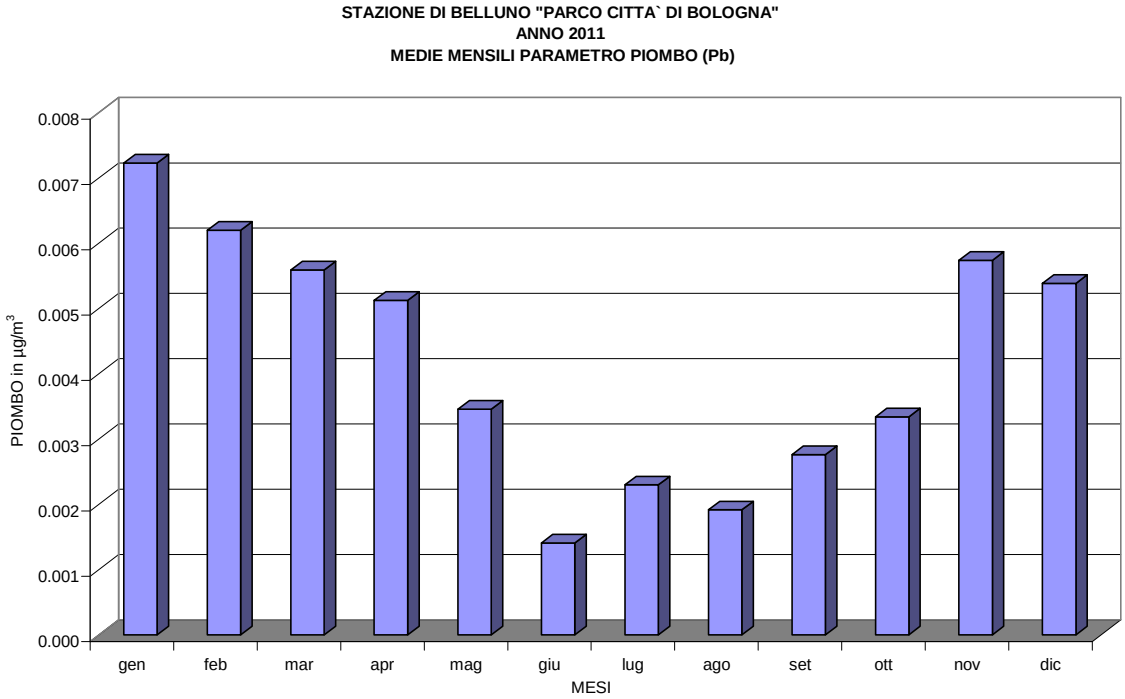
Anche per il benzene come per il monossido di carbonio si evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale.

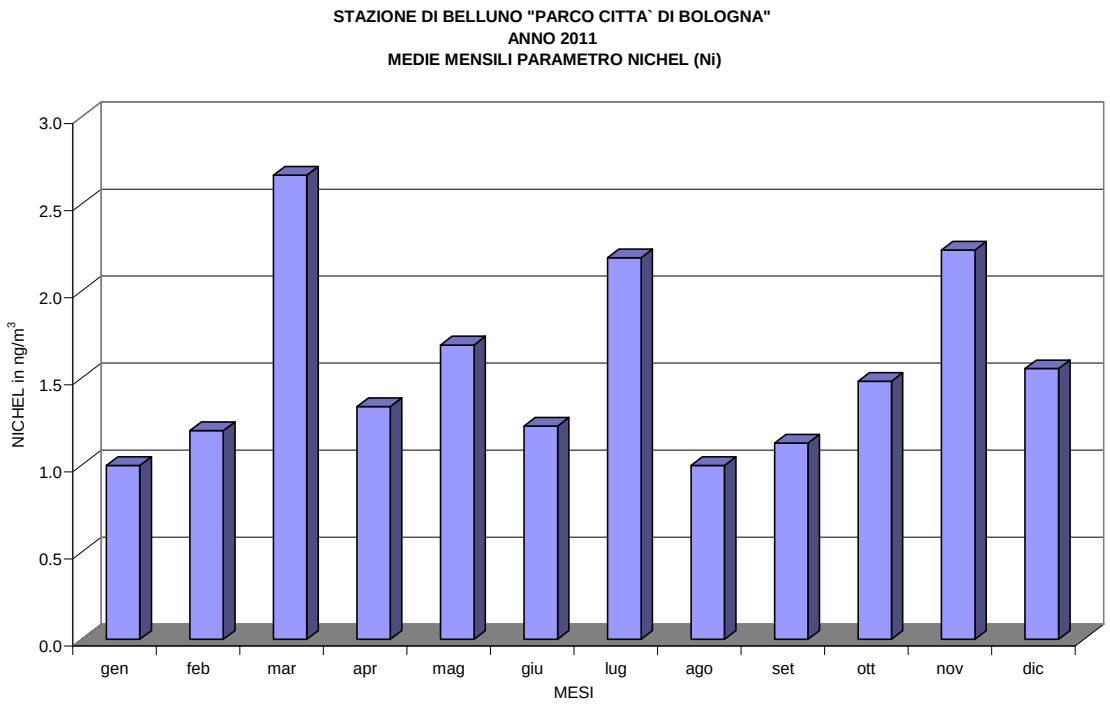


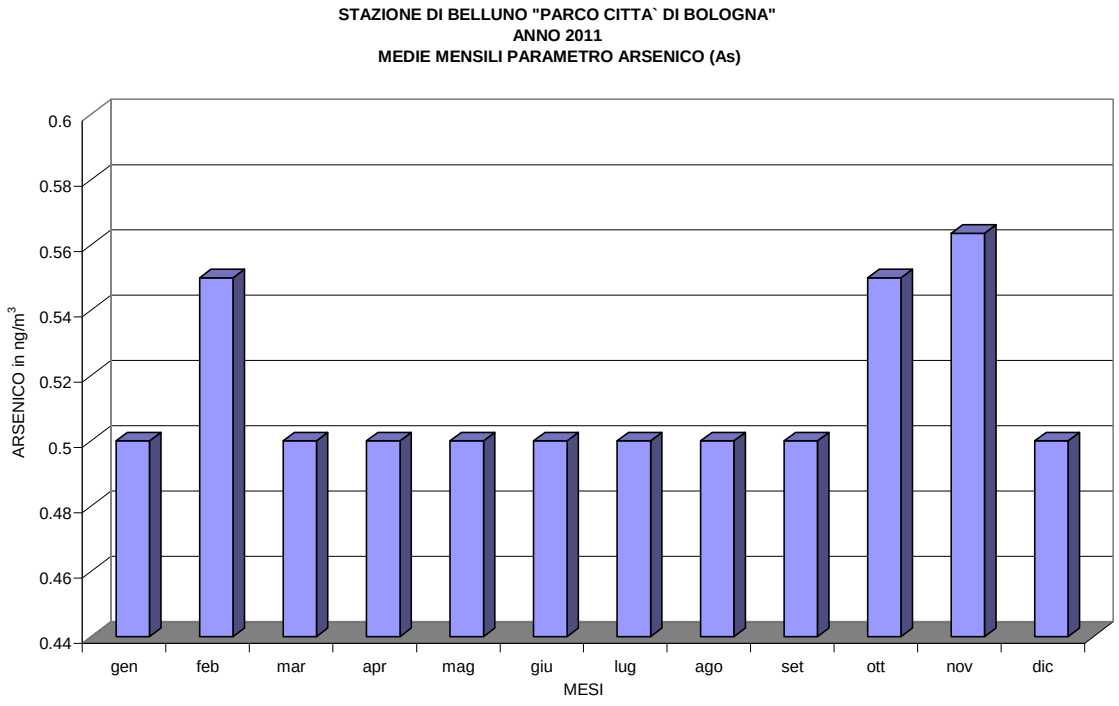
Il grafico delle polveri PM10 e PM2,5 evidenzia, la normale stagionalità di questi inquinanti dovuti all'aumento del carico antropico e alle condizioni meteorologiche sfavorevoli, con concentrazioni più elevate nei periodi invernali.



Anche il grafico del Benzo(a)pirene evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale per l'aumento del carico antropico e per le condizioni di scarso rimescolamento atmosferico.

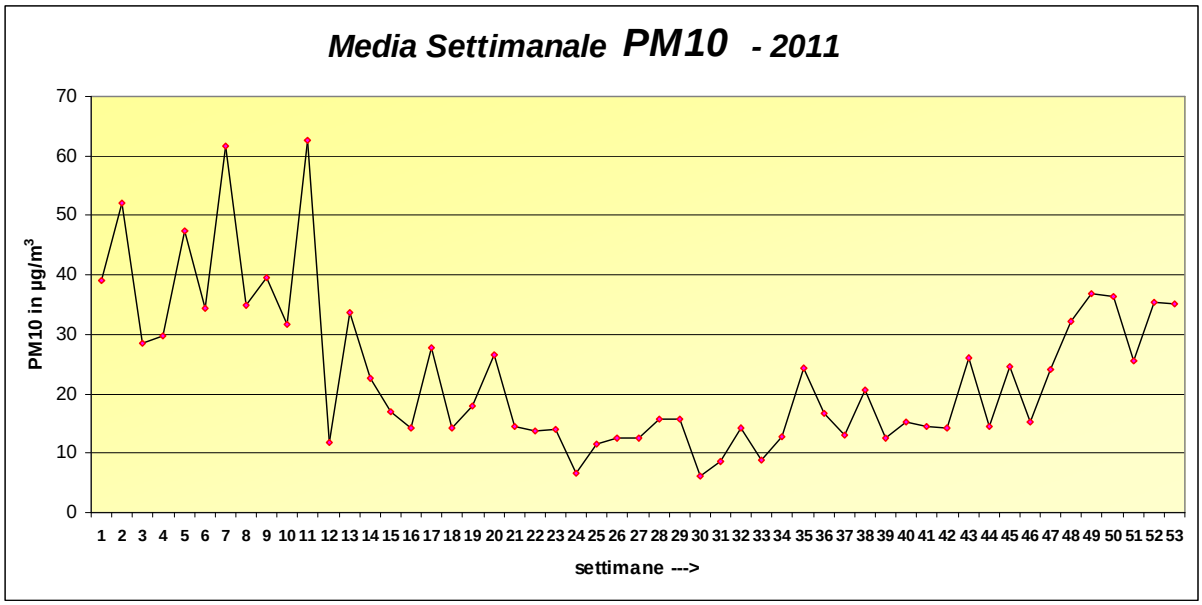


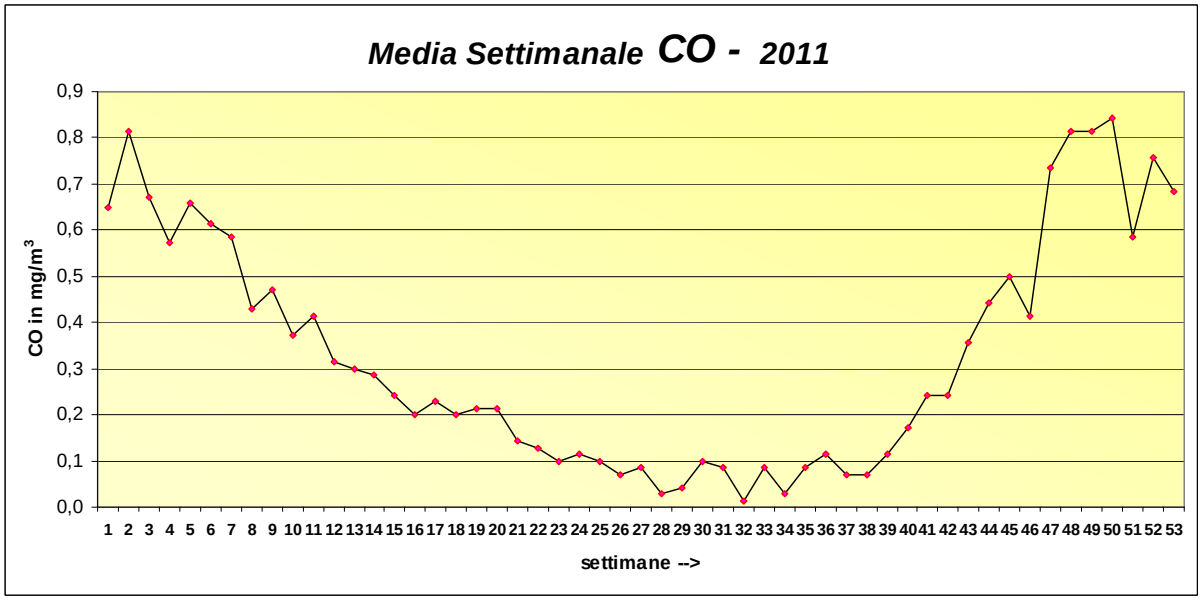


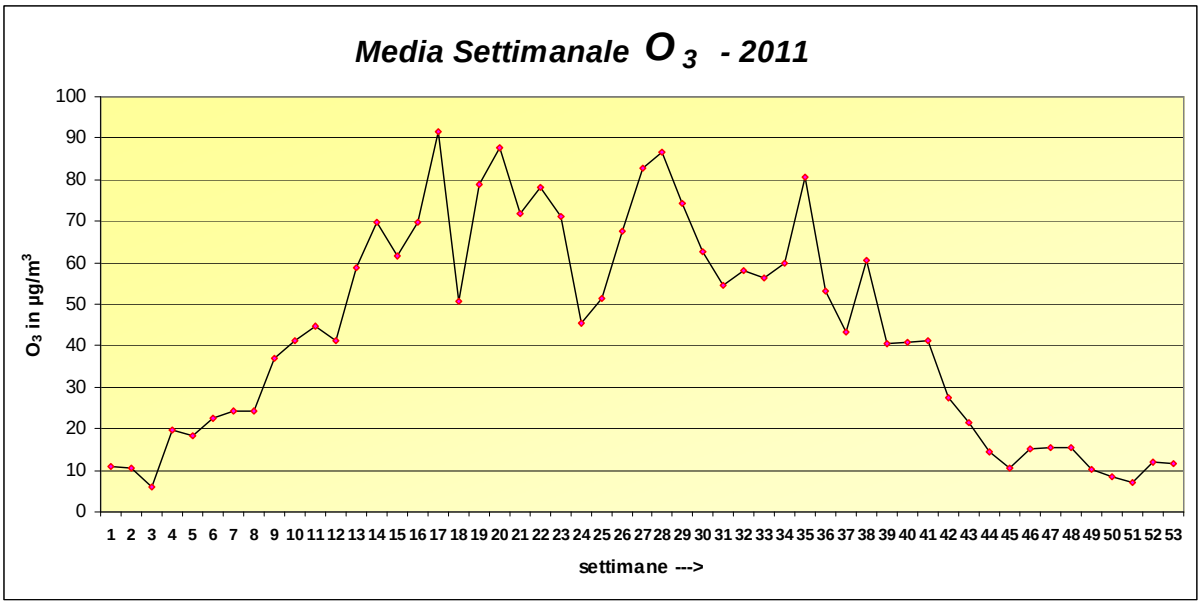


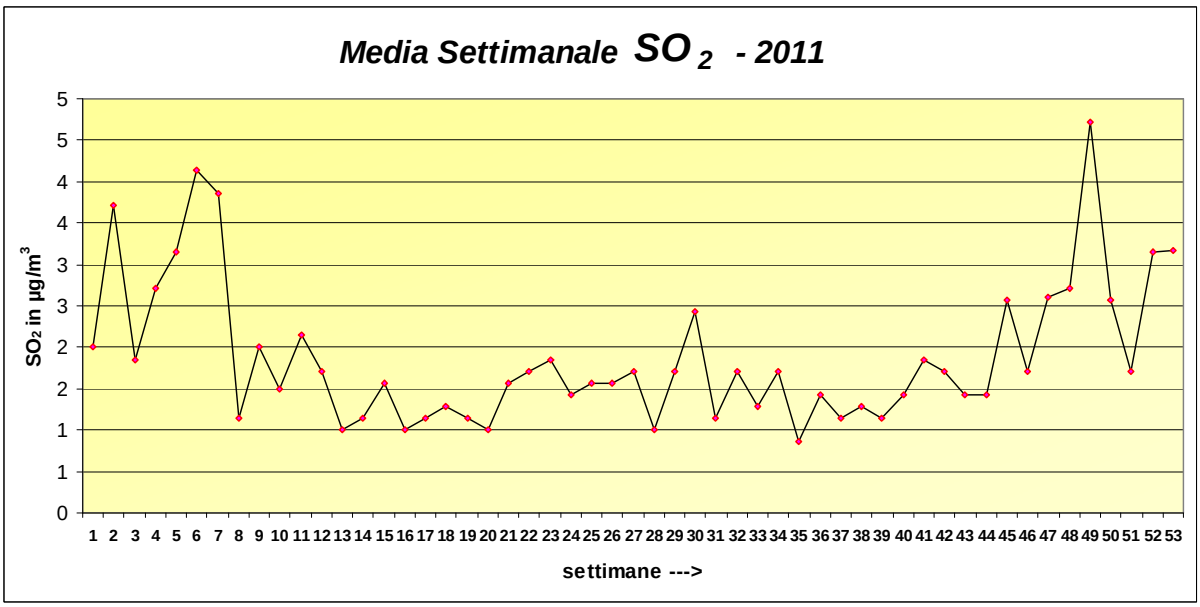
Le concentrazioni di metalli, pur presentando differenze nel corso dei mesi a causa dei valori estremamente bassi, non evidenziano stagionalità marcate.

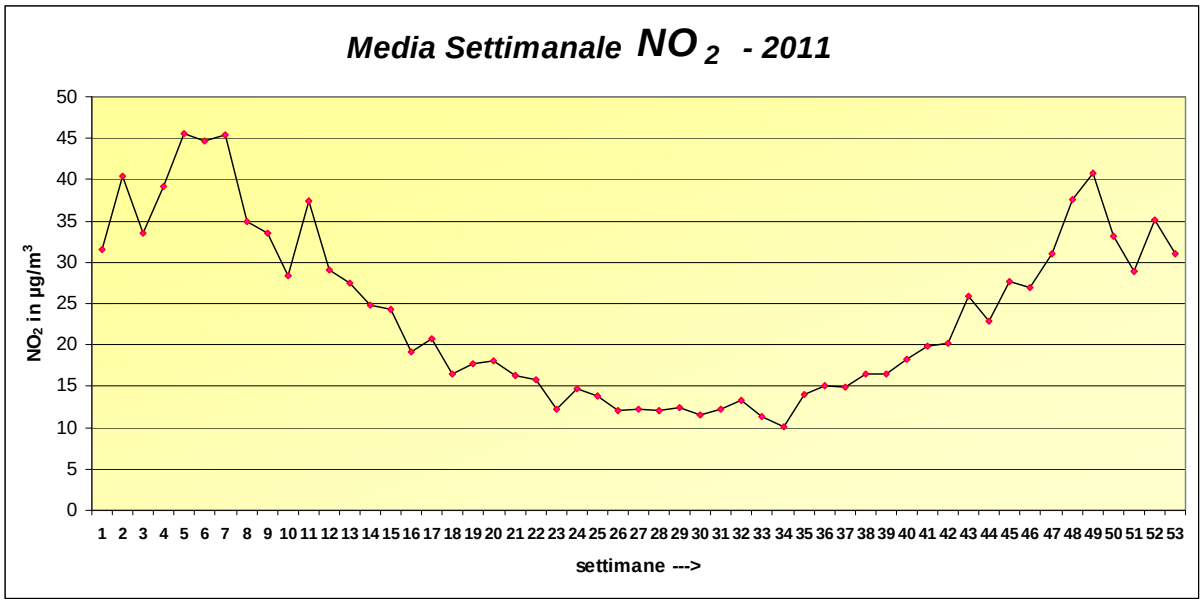
La stagionalità degli inquinanti illustrata dai precedenti grafici su base mensile viene confermata dai sottostanti diagrammi creati sulla base dei dati medi settimanali:


Media Settimanale PM10 - 2011
PM10 in µg/m3
settimane --->

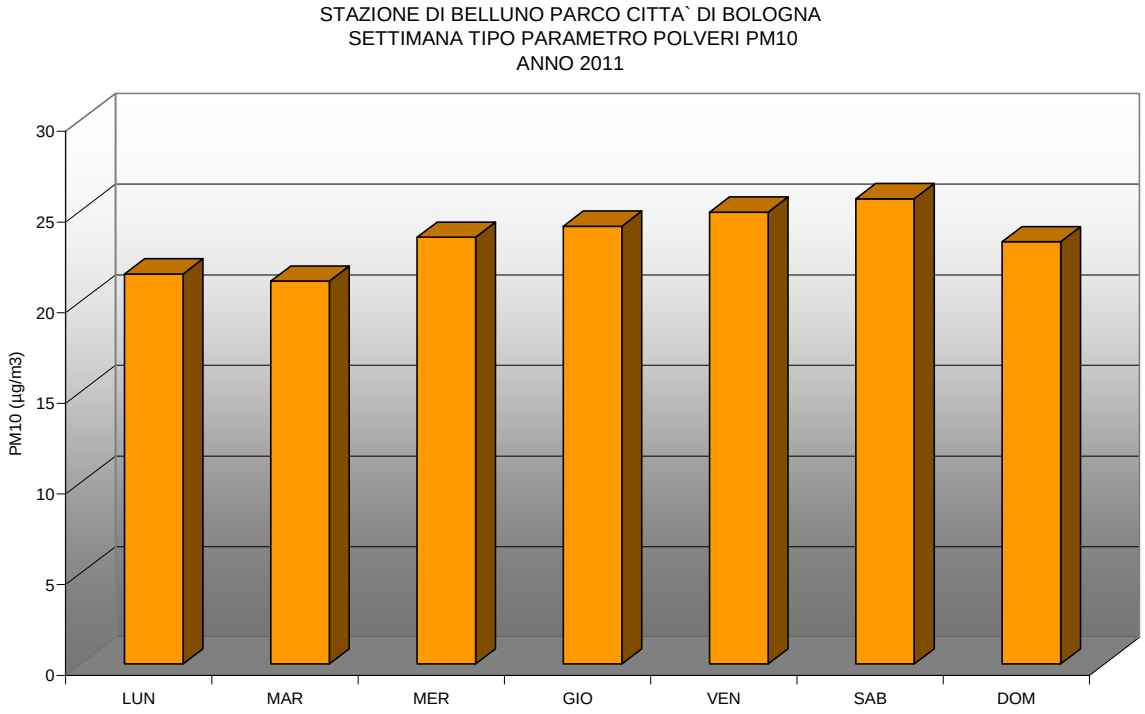

Media Settimanale CO - 2011
CO in mg/m3
settimane -->


Media Settimanale O 3 - 2011
O3 in µg/m3
settimane --->


Media Settimanale SO 2 - 2011
SO2 in µg/m3
settimane --->

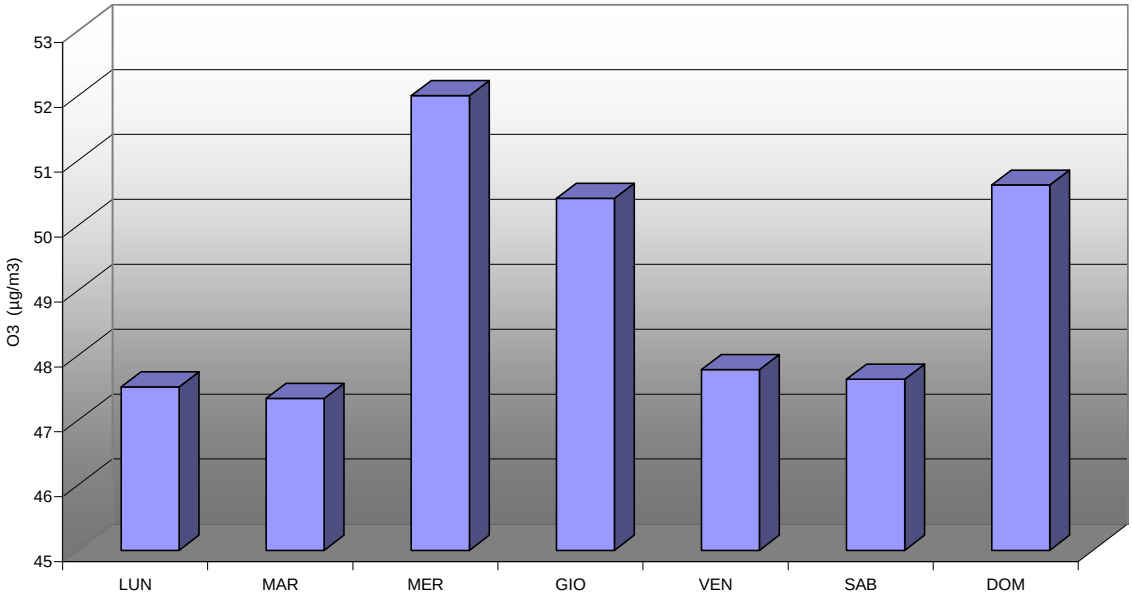


Si sono anche elaborati i dati per ottenere una settimana tipo per ogni inquinante.



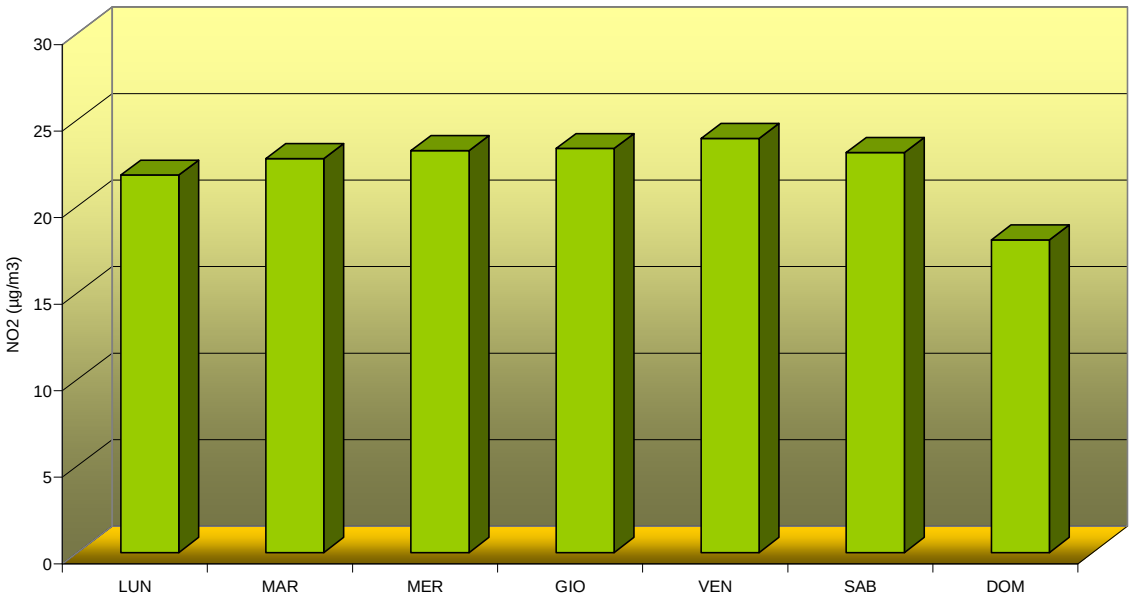
La settimana tipo delle polveri PM10 evidenzia un leggero aumento di concentrazione verso il fine settimana.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO OZONO (O_3)
ANNO 2011



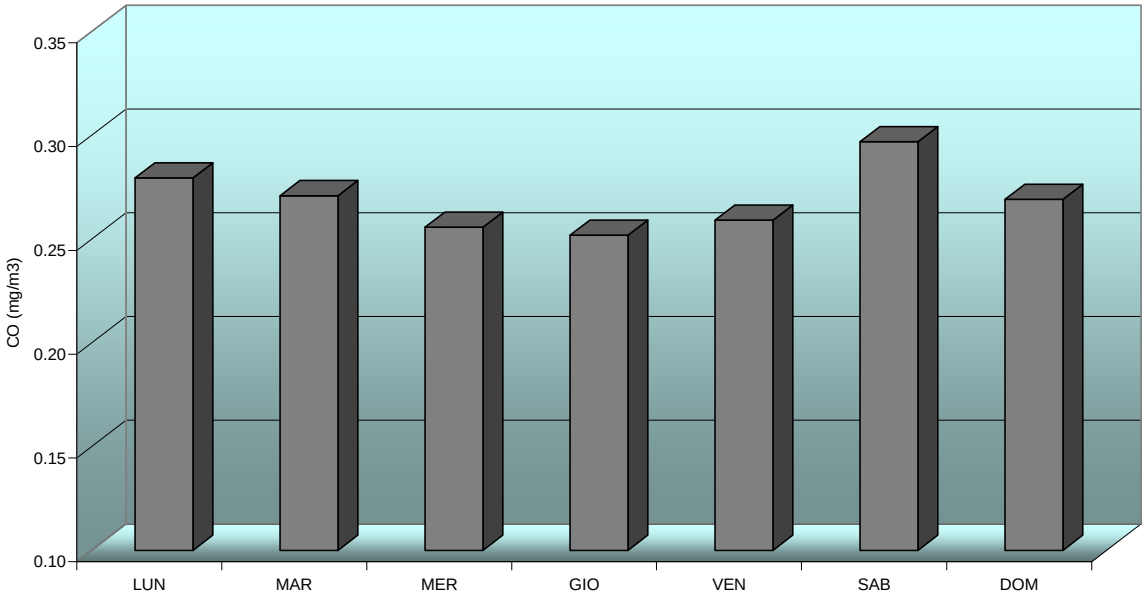
Per quanto riguarda l'andamento settimanale dell'ozono, si rileva una certa variabilità nelle concentrazioni con aumenti di concentrazione a metà settimana. Trattandosi di un inquinante secondario, in parte già presente in natura, non è possibile formulare ipotesi che lo colleghino a particolari fonti.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
ANNO 2011



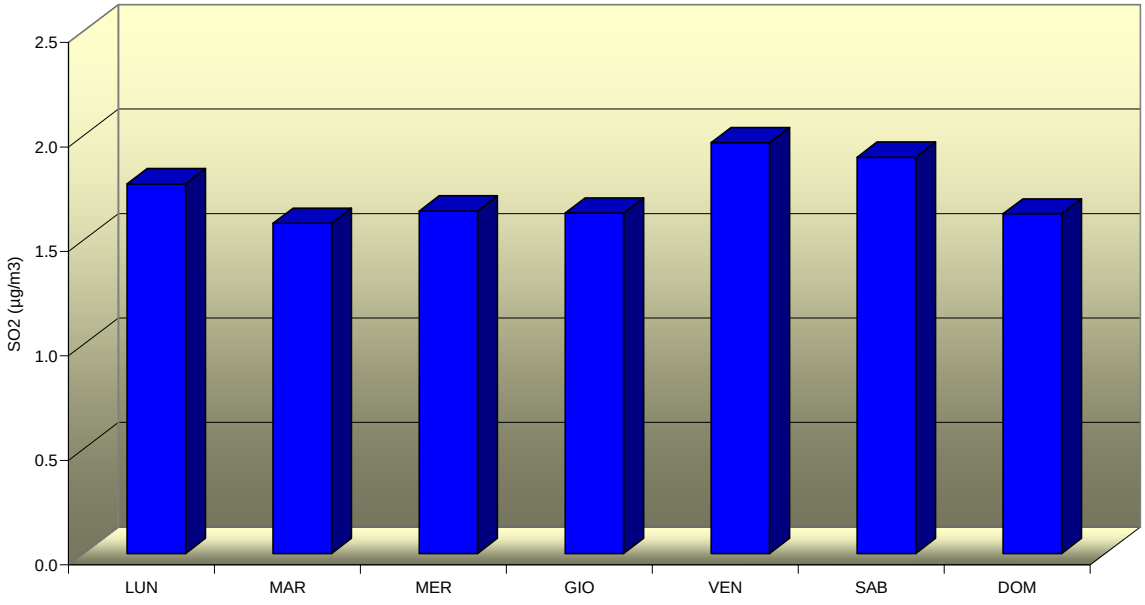
L'andamento del biossido d'azoto evidenzia un andamento di concentrazioni abbastanza stabili con un leggero calo nel fine settimana.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2011



Il monossido di carbonio mostra un andamento di concentrazioni abbastanza stabile nel corso della settimana con un picco relativo nelle giornate di sabato.

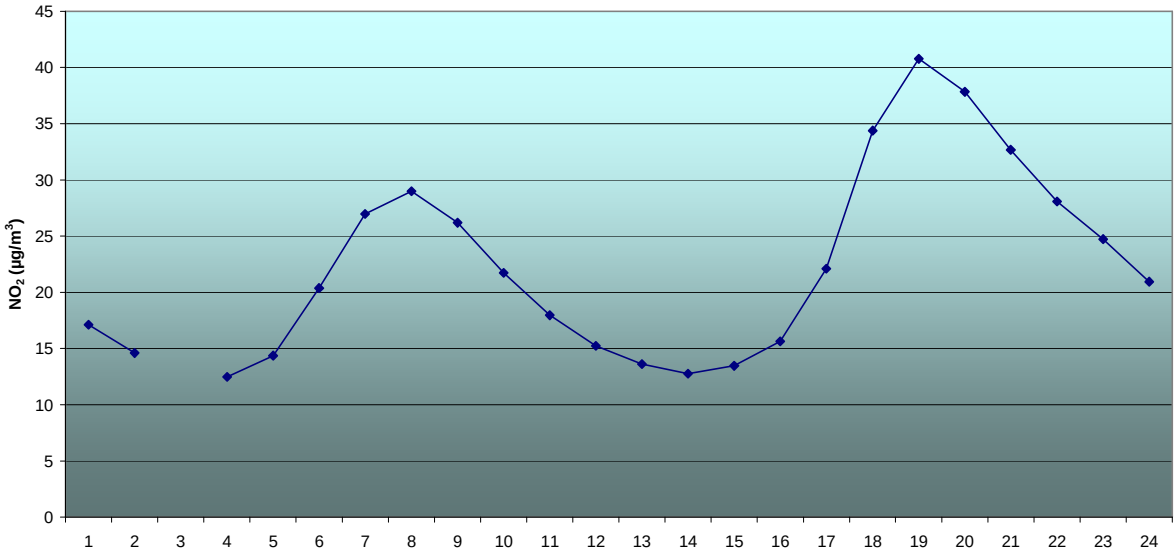
STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
ANNO 2011



Per quanto riguarda l'anidride solforosa, stimando costante l'apporto dovuto al riscaldamento domestico, si può attribuire la diminuzione di concentrazione del fine settimana al minor volume di traffico di veicoli diesel per trasporto persone o commerciali.

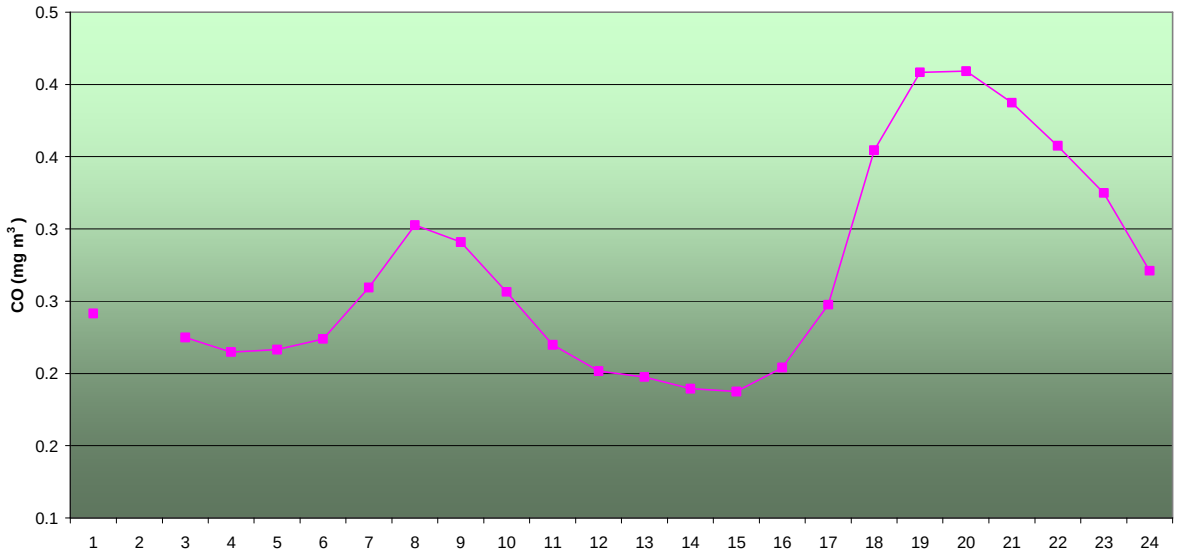
Nei seguenti diagrammi (giorno tipo) viene illustrato l'andamento giornaliero della concentrazione degli inquinanti monitorati in continuo, l'elaborazione è stata eseguita non considerando la variazione dovuta all'eventuale introduzione dell'ora legale.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
ANNO 2011



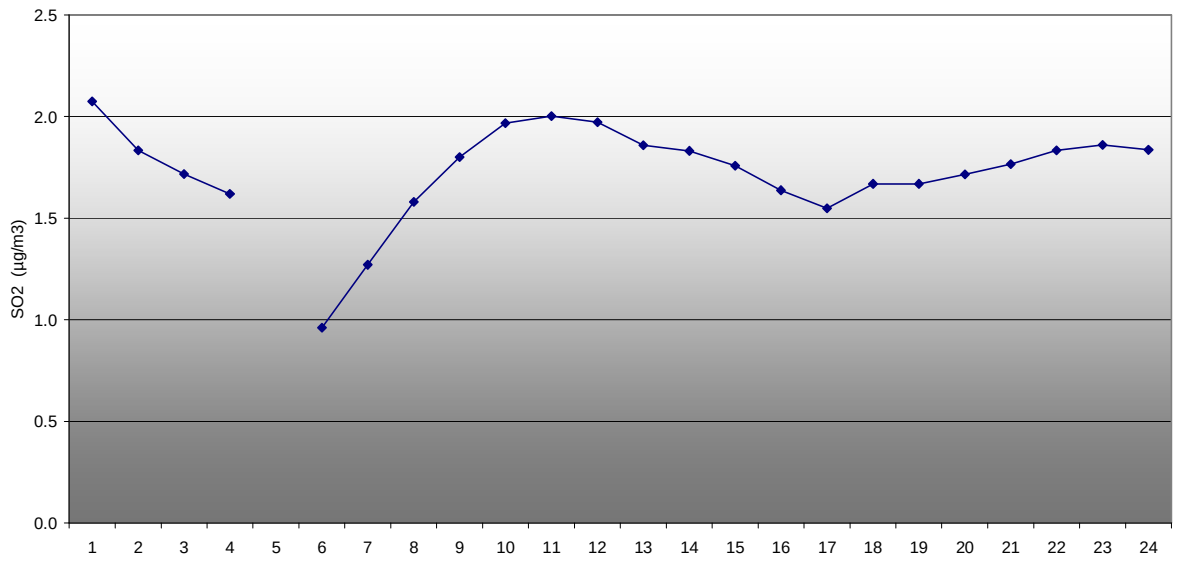
L'andamento del biossido d'azoto mostra due punte giornaliere alle 8-9 di mattina ed alle 19-20 della sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2011



Il monossido di carbonio ha un andamento del tutto simile a quello del biossido d'azoto.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
ANNO 2011



L'anidride solforosa, pur con valori estremamente bassi, ha un andamento abbastanza costante nel corso della giornata con l'eccezione del primo mattino.

Composizione chimica delle Polveri sottili

Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale

La composizione chimica del particolato atmosferico varia in funzione delle caratteristiche delle sorgenti di emissione e della zona di provenienza.
Infatti il predominio di certe sostanze chimiche e la loro distribuzione dimensionale all'interno del PM10 è strettamente legata all'origine e al meccanismo di formazione.
Il particolato si presenta come una miscela complessa di sostanze organiche e non, tra le quali si possono rinvenire Solfati, Nitrati, Ammoniaca, Carbonio organico, specie crostali e metalli.
Il particolato grossolano è in gran parte di origine primaria, mentre il particolato fine è costituito da secondario e da una frazione derivante da combustioni il cui trasporto può avvenire anche a distanze di centinaia di chilometri.
Nonostante il particolato atmosferico abbia una composizione chimica molto eterogenea, è principalmente costituito da alcune specie che possono essere raccolte in tre classi:

- ioni inorganici (Solfati, Ammonio, Nitrati, Cloruri, Sodio);
- componente carboniosa comprendente il Carbonio organico ed il Carbonio elementare;
- elementi crostali (Silicio, Calcio, Magnesio, Alluminio, Ferro).

Gli ioni inorganici predominano nelle particelle fini, che rappresentano principalmente la componente secondaria del PM10 (reazioni chimiche che convertono i vapori e i gas atmosferici in fase condensata liquida e/o solida). Tuttavia, nella frazione fine

esistono anche composti di origine primaria, come il Carbonio elementare, alcuni metalli e gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).
Al contrario, i materiali crostali fanno parte solitamente della componente meno fine e grossolana.
Dall'analisi della frazione estraibile in acqua dei filtri per il PM10 sono stati individuati i seguenti inquinanti inorganici: Solfati, Nitrati, Cloruri, Ammonio, nonché ioni Sodio, Potassio, Magnesio e Calcio. Di seguito verrà presentata una descrizione sintetica per ciascun componente della frazione estraibile.

Ione Solfato (SO_4^{2-})
La principale fonte antropogenica dei composti dello Zolfo è l'impiego di combustibili (principalmente oli combustibili, gasolio) ed è quindi attribuibile al riscaldamento, alla combustione nell'industria ed al trasporto su strada. Tali emissioni avvengono prevalentemente in termini di Anidride solforosa (SO_2) poi sottoposta ad una serie di reazioni che portano tra l'altro alla formazione di particolato secondario.
Durante la combustione quasi tutto lo Zolfo viene trasformato in SO_2 che deriva in misura minore anche da sorgenti naturali, come le emissioni vulcaniche e l'ossidazione atmosferica delle specie dello Zolfo ridotte. Una volta che l'SO_2 è stato emesso o si è formato nell'atmosfera, può essere convertito a solfato da reazioni in fase omogenea (gassosa) e da reazioni in fase eterogenea (acquosa o di aerosol).

Ione Nitrato (NO_3^-)
Deriva principalmente dall'uso di autoveicoli e dall'uso di combustibili in impianti per il riscaldamento e nell'industria. L'emissione avviene prevalentemente come Monossido di Azoto (NO) e Biossido di Azoto (NO_2) che nella troposfera come specie reattive si presentano in continua trasformazione l'una nell'altra. Anche tali Ossidi possono contribuire alla formazione di particolato secondario trasformandosi in ioni nitrato.
Infatti il meccanismo principale per la formazione di nitrato in fase particolata è la formazione dell'acido nitrico derivante dagli Ossidi di Azoto.

Ione Ammonio (NH_4^+)
L'Ammoniaca (NH_3) deriva sia da fonti naturali che antropiche; oltre che nei processi di denitrificazione naturale e ad opera dei microrganismi del suolo, l'NH_3 viene emessa da attività produttive e agricole (anche in seguito all'uso di fertilizzanti), nonché dagli allevamenti zootecnici.
Si tratta di un composto rilevante nella formazione e neutralizzazione degli aerosol di nitrato e solfato in atmosfere inquinate.

Ione Cloruro (Cl^-)
La sorgente naturale principale è l'aerosol marino, mentre le sorgenti antropiche sono le emissioni da inceneritori di rifiuti (es. combustione di alcuni tipi di materiale plastico) e la combustione di carbone per la produzione di energia elettrica.
Il Cloruro di Sodio come il Cloruro di Calcio sono sovente utilizzati per il trattamento del manto stradale nella stagione invernale al fine di contrastare l'azione di neve e gelo.

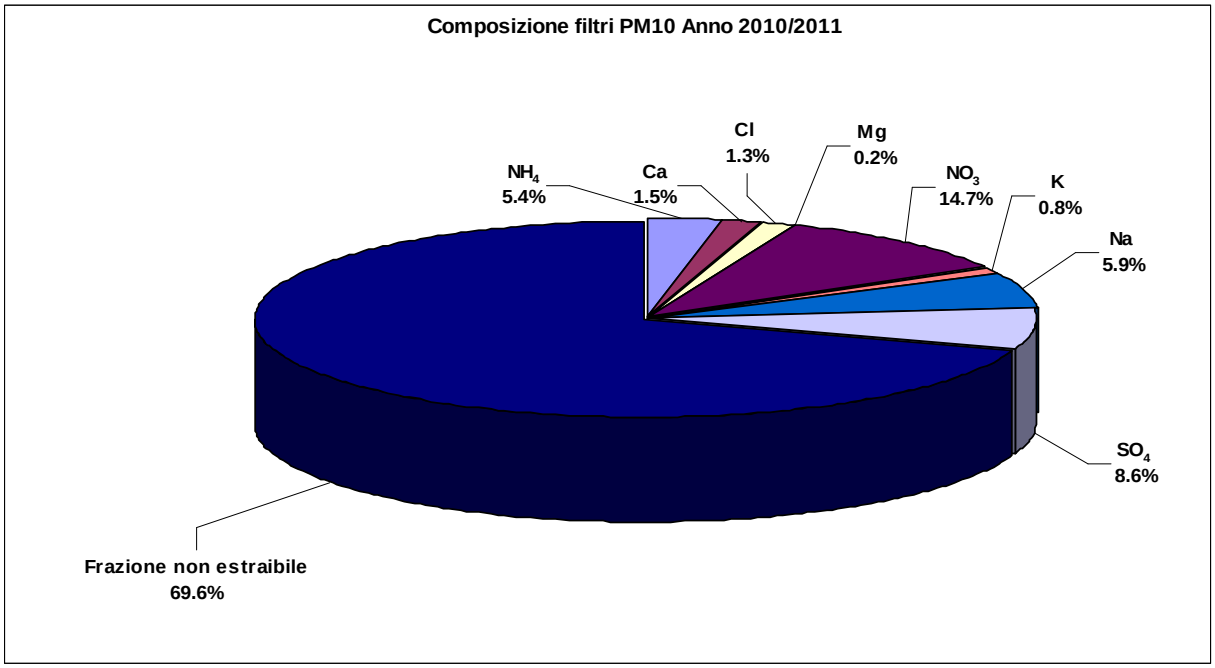
Ione Sodio (Na^+)
Proviene principalmente da apporti di aerosol marino e in parte dall'uso di sali per rendere sicuro il manto stradale d'inverno.

Gli altri cationi
Il Calcio (Ca^{2+}) deriva dall'erosione meccanica e dal conseguente trasporto delle particelle estratte dal suolo da parte del vento; altre cause vanno ricercate nelle attività agricole, incendi forestali, combustioni di carburanti, della legna e della torba e da processi industriali come i processi produttivi legati al cemento.
Il Magnesio (Mg^{2+}) e il Potassio (K^{+}) provengono in gran parte da combustioni di biomasse e limitatamente al secondo la sua presenza può essere ricondotta a pratiche agricole di concimazione.

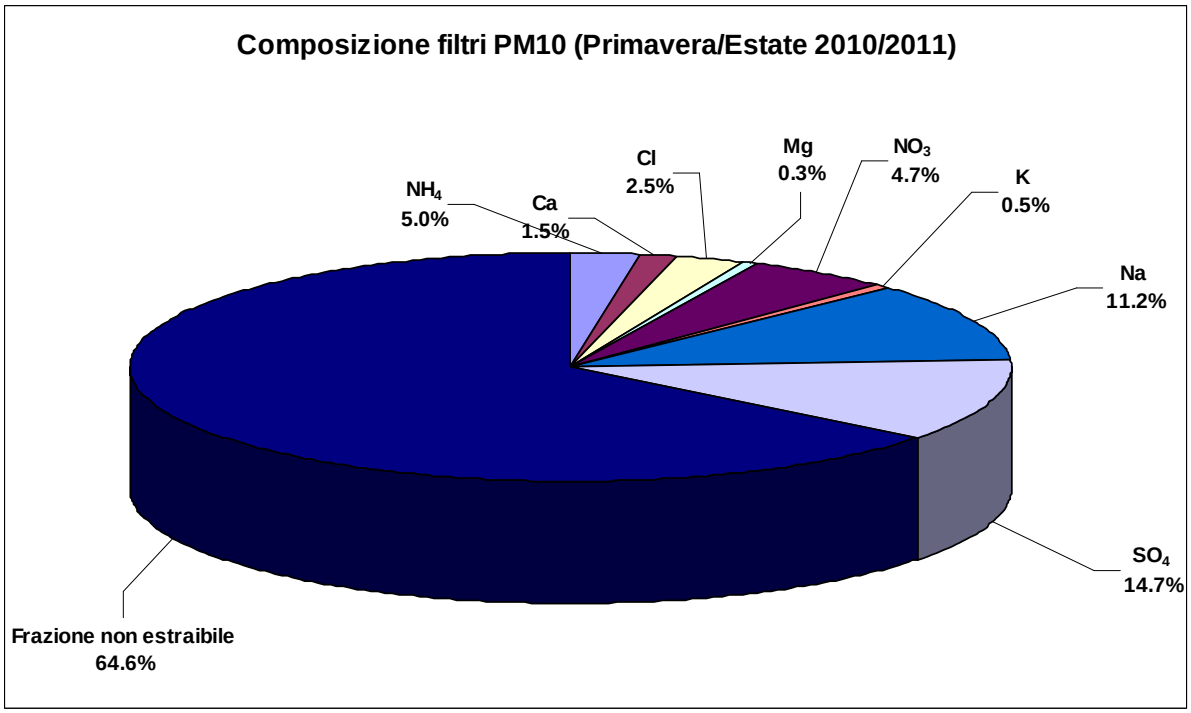
Frazione non estraibile
Rappresenta la componente organica e inorganica non estraibile in acqua. Ne fa parte la componente carboniosa del particolato atmosferico che include due differenti tipologie di Carbonio: OC (organic carbon) e EC (elemental carbon).
La frazione principale del Carbonio totale è il Carbonio organico (OC) che ne rappresenta circa il 70-80%; può essere originato da processi di combustione (combustibile e biomasse) costituendone il principale componente nei fumi.
Il Carbonio elementare (EC), è un inquinante di origine primaria legata soprattutto alla combustione incompleta di combustibili fossili, alle emissioni dei veicoli diesel e pirolisi della biomassa.
Possono essere presenti anche gli Inquinanti organici persistenti (POPs) tra cui gli Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le Policlorodibenzodiossine (PCDD), i Policlorodibenzofurani (PCDF), nonché altri composti organici e silicati.

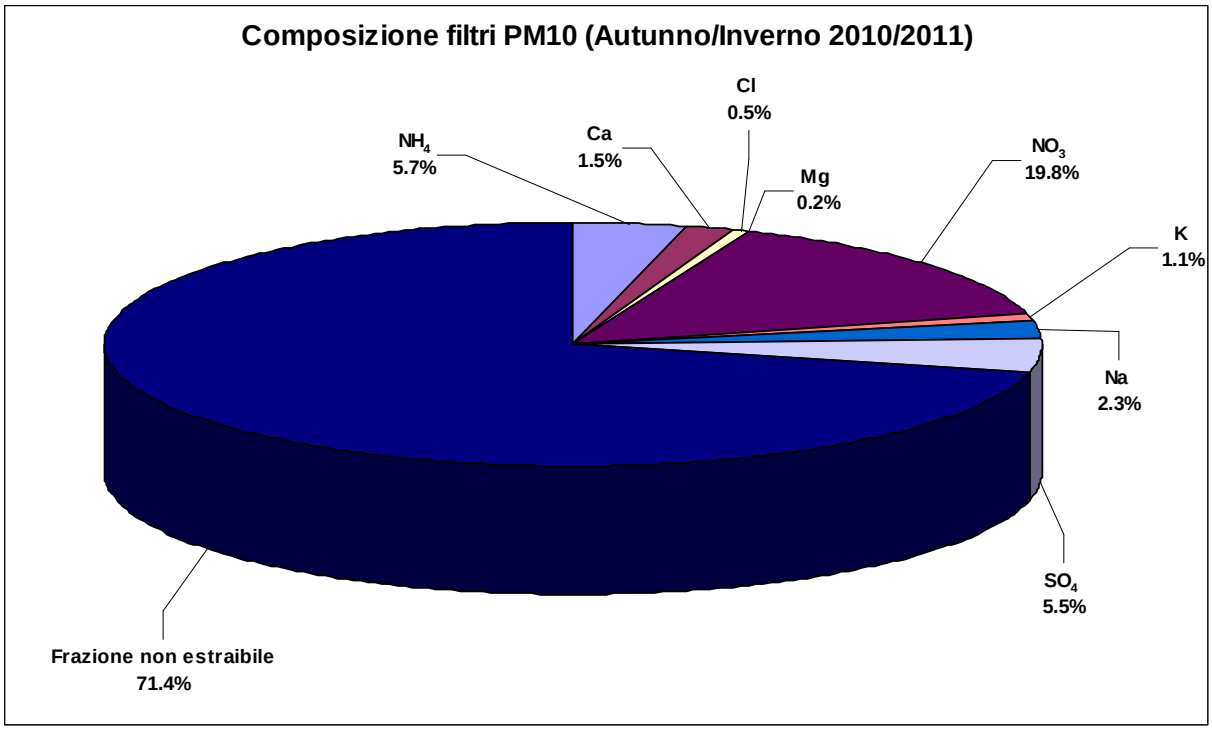
Commento ai dati

La figura sottostante rappresenta la composizione media annuale per gli anni 2010 e 2011 dei filtri contenenti particolato.
Tra le specie estraibili spicca la componente inorganica secondaria (nitrati, solfati e ammonio) che nel biennio 2010 - 2011 si è attestata a circa il 30%, in linea rispetto al recente passato. L'importanza di questa quota è legata ai fenomeni di combustione (industriale, domestico e traffico) che sono la causa non solo delle emissioni primarie di polveri ma anche della rilevante presenza degli ioni solfato e nitrato come componenti secondarie del particolato. Da non trascurare è il peso del sodio la cui presenza probabilmente non è indice di un emissione di tipo antropico ma di una causa naturale. Gli ioni calcio, magnesio e potassio sono principalmente di origine terrigena essendo elementi tipici crostali e la loro abbondanza nel particolato è riconducibile a fenomeni di risospensione.

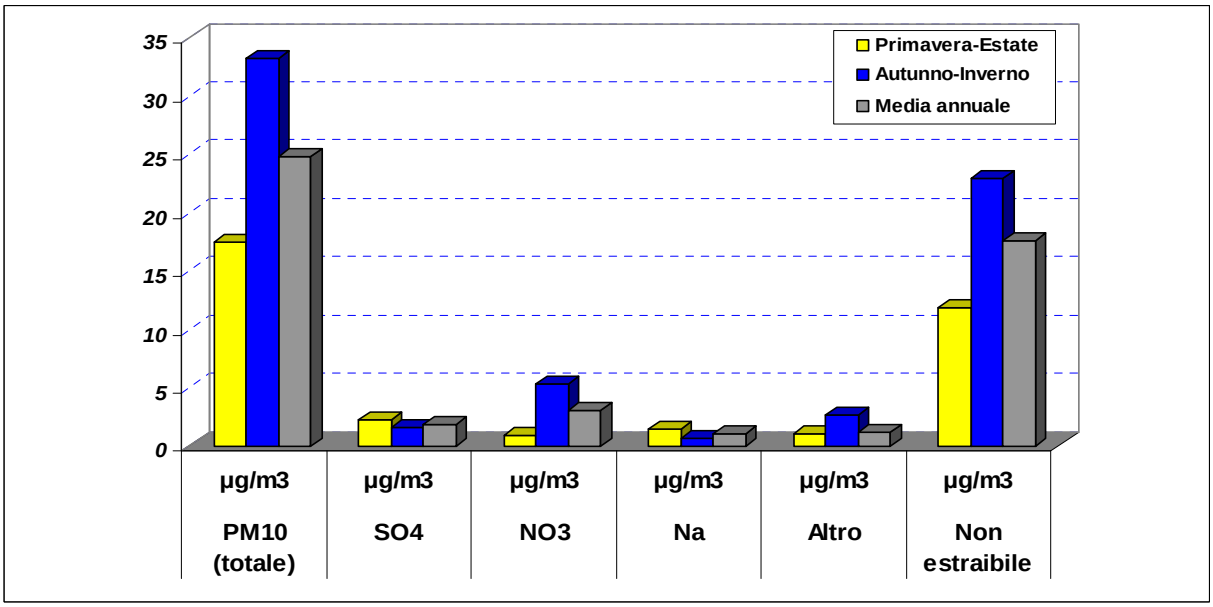


Nelle figure seguenti la situazione annuale viene suddivisa nei due semestri; la prima rappresenta il semestre più caldo (primavera-estate) mentre la seconda descrive il semestre più freddo (autunno-inverno). Nel semestre "caldo" del biennio 2010-2011 come tradizionalmente accade si assiste ad una leggera crescita della frazione estraibile che si mantiene comunque bel al di sotto del 50% arrivando ad un 35,4%.
La specie ionica più presente nei filtri primaverili ed estivi sono i solfati, seguiti dal sodio. La situazione dei mesi climaticamente più freddi evidenzia un aumento considerevole della frazione organica. All'aumentare delle concentrazioni di polveri PM10 si assiste ad un considerevole arricchimento dei nitrati di derivazione secondaria piuttosto che delle altre specie inorganiche tra cui spiccano i solfati che si abbassano tuttavia fino al 5,5% .



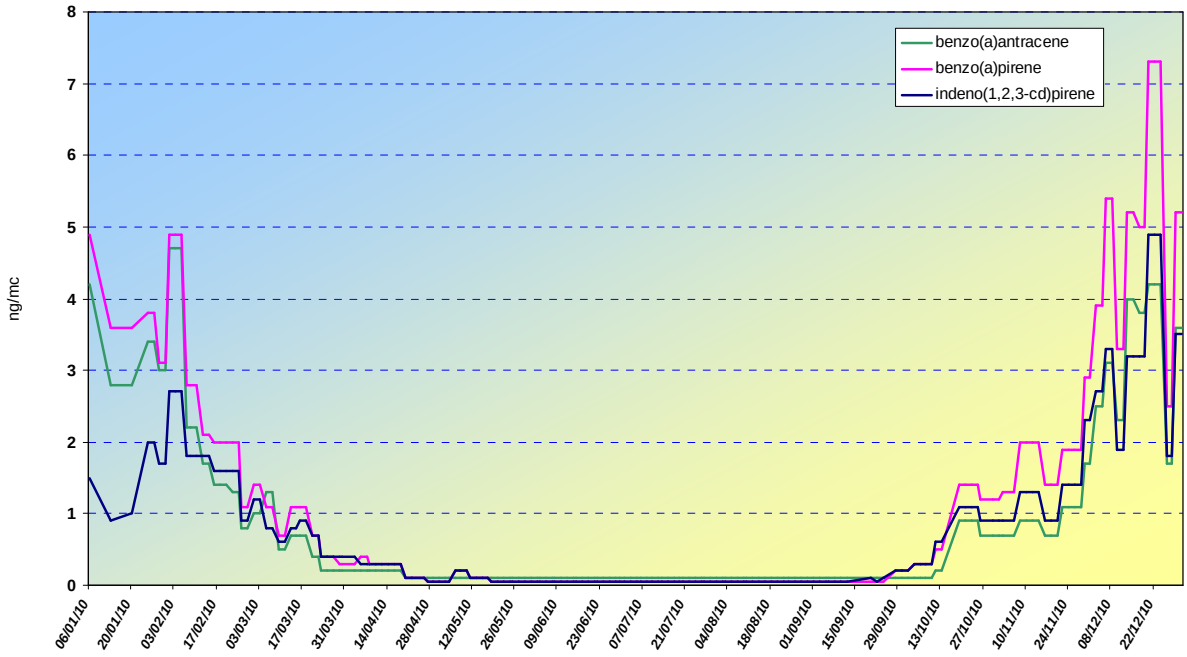


La composizione percentuale dei filtri viene tradotta in stime di concentrazioni delle varie specie partendo dal contenuto delle polveri sottili individuato attraverso l'analisi dei filtri.
Gli esiti di tali stime sono riportati nella figura sottostante e consentono di fare delle considerazioni in termini assoluti, oltre che relativi. L'apporto delle combustioni degli impianti da riscaldamento, soprattutto da biomasse, oltre ad avere un ruolo predominante nell'incremento delle concentrazioni di PM10 nella stagione fredda, è ben visibile dall'aumento della frazione non estraibile contenente la frazione organica. I nitrati registrano un incremento delle concentrazioni nel semestre freddo mentre i solfati hanno un comportamento opposto. Da segnalare la presenza in discrete quantità di ioni sodio nelle stagione più miti.



Al fine di definire al meglio la qualità dell'aria di Belluno sono state condotte anche delle indagini sulla presenza degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i cui risultati sono riportati nella tabella. Nella successiva figura viene presentato un grafico che mostra l'andamento nel corso del 2011 dei alcune specie di IPA evidenziando la marcata stagionalità delle concentrazioni di questi composti.

	Benzo(a) antracene	Benzo(a) pirene	Benzo(b) fluorantene	Benzo(ghi) perilene	Benzo(k) fluorantene	Crisene	Dibenzo(ah) antracene	Indeno(123-cd)pirene
gen-11	2.9	4.4	4.0	3.9	2.1	3.0	0.3	3.1
feb-11	1.6	2.2	2.3	2.0	1.1	1.7	0.2	1.7
mar-11	0.6	0.9	1.1	1.1	0.5	0.8	0.1	0.8
apr-11	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2
mag-11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
giu-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
lug-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ago-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
set-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ott-11	0.5	1.2	1.1	1.2	0.6	0.6	0.1	1.0
nov-11	1.2	2.3	2.3	2.1	1.1	1.9	0.2	2.0
dic-11	2.5	4.5	4.0	3.4	1.9	3.8	0.3	3.4
Media annuale	**0.8**	**1.3**	**1.3**	**1.2**	**0.6**	**1.0**	**0.1**	**1.0**



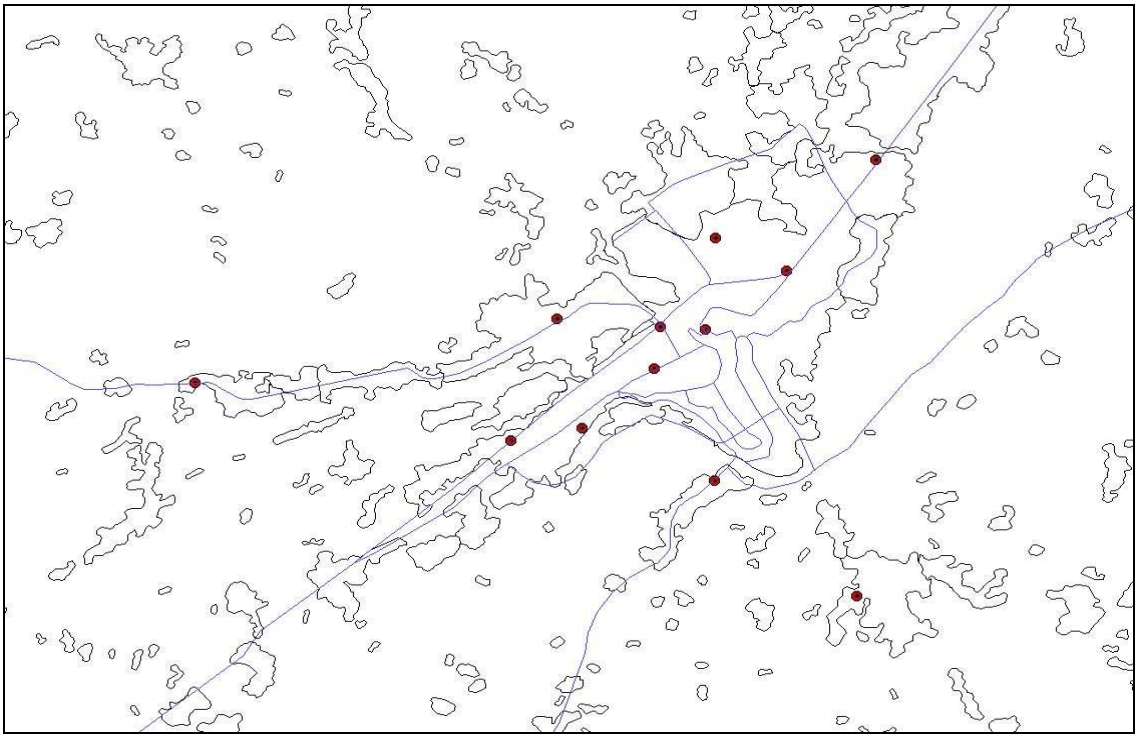
Valutazioni con campionatori passivi

Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2011

Il campionamento diffusivo o passivo permette di stimare il valore della concentrazione della sostanza in esame come media relativa al periodo di

campionamento. In questo modo la misura non è sensibile a variazioni improvvise di concentrazione, fornendo informazioni per una valutazione a lungo termine del contaminante.
Nella tabella sottostante viene ricostruita la storicità dei siti di campionamento degli ultimi 5 anni nel comune capoluogo mentre nella successiva figura i punti vengono georeferenziati su cartografia GIS.
I siti di misura dei BTX sono stati individuati in accordo con il Comune all'interno della cintura urbana di Belluno, laddove la densità degli assi stradali è maggiore e si concentrano i flussi di traffico più elevati.

Sito di misura	Coordinate GBO X Y	Periodo					
		2005	2007	2008	2009	2010	2011
Via Montegrappa incrocio per Castion	1748545 ; 5113889	x	x	x		x	
Via Segato c/o scuole	1748141 ; 5114751	x	x	x		x	
Incrocio via S.Biagio - via Vittorio Veneto	1748487 ; 5115051	x	x	x	x	x	
Via Vittorio Veneto 251	1749642 ; 5116350		x		x		x
La Cerva	1748175 ; 5115071	x	x		x		x
Baldenich - Incrocio via V. Veneto- via Medaglie d'oro	1749041 ; 5115502	x	x	x		x	
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	1747163 ; 5114200	x	x		x		x
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	1747477 ; 5115130	x	x	x		x	
Chiesurazza - incrocio per Sois	1745019 ; 5114639	x					
Via Feltre	1747649 ; 5114292		x		x		x
Via Pietro Trois	1748555 ; 5115749		x		x		x

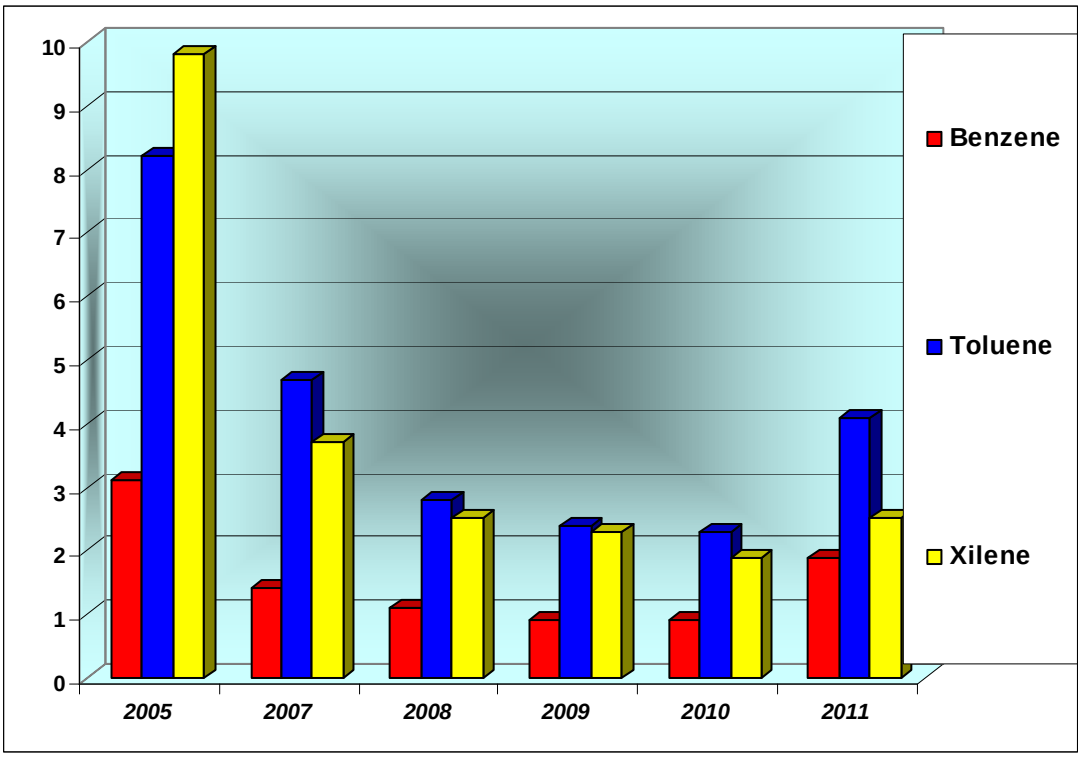


Nella tabella seguente viene presentato un prospetto riassuntivo che raccoglie i dati di concentrazione di Benzene, Toluene e Xilene rilevati con i campionatori passivi nel periodo (2005-2011). Analizzando i valori emerge che i risultati evidenziano una leggera crescita nell'ultimo biennio.

Siti di misura	Benzene						Toluene						Xilene					
	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Via Montegrappa incrocio per Gastion	3.2	2.8	1.5		2.1		9.8	7.7	6.3		5.8		8.4	9.1	6.7		4.5	
Incrocio Via S. Biagio - Via Vittorio Veneto	3.2	2.5	0.5	2.8	1.4		8.1	5.4	2.7	5.7	4.3		7.9	5.7	3.0	5.9	3.2	
Incrocio Via Vitt. Veneto - Via Medaglie d'oro	3.3	3.2	2.4		1.9		9.1	8.6	5.5		5.1		8.5	7.9	5.1		4.6	
Incrocio Via Gregorio XVI – Vezzano	3.9	3.6	1.7		2.2		10.8	8.6	7.0		6.7		12.1	8.8	7.2		6.2	
Chiesurazza - incrocio per Sasso	2						5.4						5.2					
Via Segato/ospedale	3.4	3.1	1.5		1.8		9.1	8.1	4.1		5.9		9.7	8.3	4.1		4.4	
Gastion - Piazza delle Feste																		
Via Internati e deportati Incrocio S. Gervasio	3.6	3.4		2.8		2.2	12.1	9.5		6.6		6.0	12.3	10.0		6.2		5.0
La Cerva	3.8	4.0		2.4		2.6	10.2	11.1		6.5		5.4	10.9	10.8		6.1		4.1
Via Pietro Tacchi		2.9		2.2		2.7		6.9		4.5		14.1		6.6		4.2		7.6
Via Feltre		3.0		2.2		3.6		7.7		5.4		8.1		7.7		4.7		7.4
Via Vittorio Veneto 251		3.1		2.5		2.6		8.5		5.3		8.5		7.7		4.0		6.8
Media annuale	3.3	3.1	1.5	2.5	1.9	2.7	9.3	8.2	5.1	5.7	5.6	8.4	9.4	8.2	5.2	5.3	4.6	6.2

Questo trend è confermato dall'andamento storico dei valori di Benzene Toluene e Xilene, misurati nella stazione fissa di qualità dell'aria posta all'interno del parco Città di Bologna.
Come si evidenzia nella sottostante tabella e nella conseguente figura, le concentrazioni medie annue di questi composti organici, pur rimanendo decisamente al di sotto del limite fissato per legge, sono cresciute nell'ultimo anno in termini relativi.

	Benzene	Toluene	Xilene
2005	3.1	8.2	9.8
2006	2.5	6	6.5
2007	1.4	4.7	3.7
2008	1.1	2.8	2.5
2009	0.9	2.4	2.3
2010	0.9	2.3	1.9
2011	1.9	4.1	2.5



Scheda sintetica di valutazione

La scheda ha l'obiettivo di presentare in forma sintetica una valutazione riassuntiva dello stato di qualità dell'aria nel comune di Belluno durante il monitoraggio effettuato nel 2011. Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo (ove applicabile), il relativo giudizio sintetico.
Nella legenda seguente sono rappresentati i simboli utilizzati per esprimere in forma sintetica le valutazioni sopra ricordate.

Simbolo	Giudizio sintetico
☺	*Positivo*
😐	*Intermedio*
☹	*Negativo*
?	*Informazioni incomplete o non sufficienti*

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
Polveri (PM10)	*D.Lgs. 155/10*	😐	*Alcuni superamenti del valore limite giornaliero. Limiti di tipo acuto e di tipo cronico rispettati.*
Polveri (PM2,5)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione media annuale inferiore al valore limite annuale previsto dalla normativa.*
Ozono (O_3)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione. Nessun superamento della soglia di allarme.*
Anidride solforosa (SO_2)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.*
Biossido d'azoto (NO_2)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.*
Monossido di carbonio (CO)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.*
Benzo(a)pirene (IPA)	*D.Lgs. 155/10*	☹	*Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.*
Arsenico (As)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai valore obiettivo previsto al 31/12/2012 .*
Nichel (Ni)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai valore obiettivo previsto al 31/12/2012.*
Benzene (C_6H_6)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore limite previsto dalla normativa.*
Piombo (Pb)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.*
Cadmio (Cd)	*D.Lgs. 155/10*	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore ai valore obiettivo previsto al 31/12/2012.*

Considerazioni finali

Le concentrazioni degli inquinanti monitorati nella stazione di Belluno nel corso del 2011 confermano il trend emerso negli anni recenti e si mantengono su valori non pregiudizievoli per la qualità dell'aria. Anche il PM10 che notoriamente presenta elementi di criticità in altre zone provinciali, a Belluno risulta nella norma. Per quanto riguarda il PM2,5 è stato rispettato il limite annuale dei 25 µg/m^3 anche senza applicare il relativo margine di tolleranza. Il Benzo(a)pirene presenta una media annuale di 1,3 ng/m^3, superiore all'obiettivo di qualità annuale da raggiungere al 31/12/2012.
L'ozono, grazie anche a condizioni meteorologiche favorevoli, non ha fatto registrare alcun superamento orario della soglia di informazione alla popolazione e della soglia d'allarme.
Anidride solforosa, biossido d'azoto, monossido di carbonio e benzene hanno invece ampiamente rispettato i rispettivi limiti di legge per l'esposizione acuta e cronica.

L'Ufficio Reti

- P.I. M. Simionato -

- Dr. R. Tormen -

Visto

Il Direttore del Dipartimento Provinciale

Dr. R. Bassan

APPENDICE

Applicazione di indici di qualità dell'aria alla stazione di Belluno

In fase sperimentale sono stati applicati sui dati di monitoraggio degli indici redatti da organismi internazionalmente riconosciuti per riassumere la qualità dell'aria.
I parametri considerati per il calcolo degli indici sono: le polveri PM10, il biossido di azoto e l'ozono. Gli indici considerati sono:

- ATMO (Francia, Ministère di l'Ecologie et du développement durable, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
- AIR POLLUTION INDEX (Regno Unito, Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP))
- IQA (Regione Piemonte, ARPA Piemonte)

I risultati dell'applicazione di questi indici sintetici di valutazione della qualità dell'aria alla stazione di Belluno sono riportati nella sottostante tabella:

BELLUNO 2011								
indice Francia ATMO			**indice Regno Unito AIR POLLUTION INDEX**			**indice Piemonte IQA**		
giudizio sintetico	%	n°giorni	giudizio sintetico	%	n°giorni	giudizio sintetico	%	n°giorni
très bon	4,4	16	low pollution	55,1	201	ottima	41,9	153
bon	48,8	178	moderate pollution	43,6	159	buona	46,0	168
moyen	25,5	93	high pollution	0,8	3	discreta	9,9	36
médiocre	20,0	73	very high pollution	1	2	mediocre	1,1	4
mauvais	1,1	4				poco salubre	0,8	3
très mauvais	0	1				insalubre	0	1

Il confronto tra i risultati ottenuti con i tre indici considerati può dirsi soddisfacente. Circa l'80% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime tre classi nel caso dell'indice francese e alle prime due applicando quello inglese e piemontese.

ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direzione Generale
Via Matteotti, 27
35131 Padova
Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
E-mail urp@arpa.veneto.it
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it