

“INDAGINE SULLA QUALITÀ DELL’ARIA NELLA CITTÀ DI BELLUNO” anno 2014 (DATI 2013)



Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Belluno

dr. R. Bassan (direttore)

Servizio Stato dell'Ambiente

dr.ssa A. Favero (dirigente responsabile)

Ufficio Monitoraggio Aria

p.i. M. Simionato

dr. R. Tormen

Redatto da: Ufficio Monitoraggio Aria

Belluno, aprile 2014

Si ringrazia per il supporto fornito:

Dipartimento Regionale Laboratori - Servizio Laboratorio di Venezia sede operativa di Padova

NOTA: La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente.

L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Belluno e la citazione della fonte stessa.

INDICE

1 - Introduzione	3
2 - Caratteristiche del sito	3
3 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento	4
Polveri (PM10 e PM2,5)	4
Monossido di Carbonio (CO)	6
Biossido di Azoto (NO₂)	6
Ossidi di Zolfo (SO_x)	7
Ozono (O₃)	7
Benzo(a)Pirene (C₂₀H₁₂)	9
4 - Normativa di riferimento	10
5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi	13
6 - Efficienza di campionamento	14
7 - Analisi dei dati rilevati	15
Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago	17
Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati	20
Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati ...	21
Composizione chimica delle Polveri sottili	32
Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale	32
Valutazioni con campionatori passivi	37
Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2013	37
Gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria	39
Applicazione dell'indice di qualità dell'aria alla stazione di Belluno	41
8 - Conclusioni	42

1- Introduzione

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. Nel corso dell'anno 2013 la rete regionale di controllo della qualità dell'aria del Veneto è stata sottoposta ad un processo di revisione per renderla conforme alle disposizioni del Decreto Legislativo 155/2010. Per la stazione di Belluno nello specifico dal 2012 non è più previsto il monitoraggio di benzene (effettuato con campionamento attivo) e dei metalli pesanti (piombo, arsenico, cadmio, nichel). Per quanto riguarda il benzene permane per questo inquinante il monitoraggio tramite campionatori passivi denominati radielli dislocati in diversi punti sensibili della città.

La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio annuale eseguito nella stazione di Belluno (parco città di Bologna) e negli altri siti di campionamento della provincia di Belluno nell'anno 2013 in riferimento ai limiti di legge vigenti e offre una lettura dei dati definendone il trend nel corso degli ultimi anni e gli andamenti stagionale, settimanale e giornaliero tipico di ognuno di essi. Inoltre viene seguita la caratterizzazione delle polveri PM10 in relazione al loro contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di ioni (anioni e cationi).

2 - Caratteristiche del sito

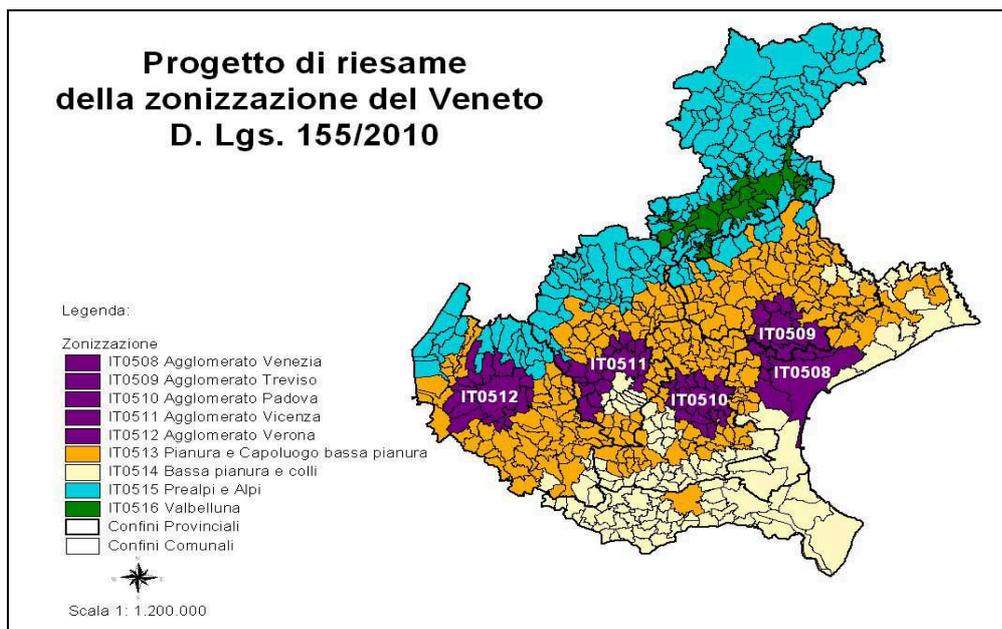
Il Riesame della zonizzazione regionale.

In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE), la zonizzazione del territorio nazionale è il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente. A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è classificata allo scopo di individuare le modalità di valutazione mediante misurazioni e mediante altre tecniche in conformità alle disposizioni del decreto.

La Regione Veneto con DGR n. 3195/2006 aveva provveduto alla zonizzazione del territorio di competenza, tuttavia tale zonizzazione necessitava di un riesame ai fini di rispettare tutti i requisiti richiesti dall'appendice I al D.Lgs. 155/2010, riconducibili principalmente alle caratteristiche orografiche e meteo climatiche, al carico emissivo ed al grado di urbanizzazione del territorio.

Il riesame della zonizzazione è stato effettuato da ARPAV-Osservatorio Regionale Aria per conto della Regione Veneto, con la supervisione del Ministero dell'Ambiente, necessaria ai fini di omogeneizzare ed integrare le diverse zone a livello sovra regionale.

La nuova zonizzazione del Veneto è stata approvata con delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, con efficacia dal gennaio 2013. Il Veneto risulta attualmente suddiviso in 5 agglomerati e 4 zone, di cui due di pianura e due di montagna.



I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

Prealpi e Alpi (IT0515). Coincidente con la zona montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale >200m, generalmente non interessati dal fenomeno dell'inversione termica, a ridotto contributo emissivo e con basso numero di abitanti.

Val Belluna (IT0516). E' rappresentata dall'omonima valle in provincia di Belluno, identificata dalla porzione di territorio intercomunale definita dall'altitudine, inferiore all'isolinea dei 600m, interessata da fenomeni di inversione termica anche persistente, con contributo emissivo significativo e caratterizzata da elevata urbanizzazione nel fondovalle. Interseca 29 Comuni della provincia di Belluno e comprende il Comune Capoluogo.

Il sito di indagine di parco città di Bologna ha coordinate geografiche 1748534; 5114874 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

3 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione di Belluno è dotata di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente: polveri (PM₁₀, PM_{2,5}), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO - NOX), anidride solforosa (SO₂), ozono (O₃), Benzo(a)Pirene (C₂₀H₁₂).

Polveri (PM₁₀ e PM_{2,5})

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.

Di recente lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune sostanze della lista dei cancerogeni noti e fra questi ha ufficializzato l'entrata delle polveri sottili e in genere dell'inquinamento atmosferico inserendoli nella categoria 1, e quindi certamente cancerogeni per l'uomo.

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 abbattano 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 più sottile, ad esempio PM1, possono rimanere in circolazione per circa un mese.

Le polveri sottili nei centri urbani sono prodotte 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 PM10, 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. La sua tossicità dipende dalla proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno; le concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana producono effetti sulla salute che sono reversibili e non acuti. 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 di Azoto (NO₂)

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al monossido di azoto (NO), al biossido (NO₂) ed alla loro somma pesata.

La principale fonte antropogenica di ossidi di 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 di 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.

L' NO_2 è un inquinante per lo più secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Una volta formatisi, questi inquinanti possono depositarsi al suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione ed agli edifici.

Si tratta inoltre di un gas tossico irritante per le mucose e responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni).

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; è un forte irritante delle vie respiratorie. È inoltre accertata una sinergia dannosa in caso di esposizione combinata con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di trasportare il biossido di zolfo nelle zone respiratorie del polmone profondo. 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)

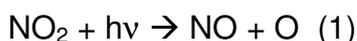
L'ozono è un gas irritante di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O_2) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo



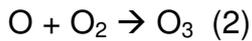
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

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 di azoto ed i composti organici volatili (COV).

La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido di 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:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



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



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 di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



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 di 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.

L'ozono è una molecola altamente reattiva che a elevati livelli può produrre effetti irritanti importanti sui tessuti animali e degenerativi sui tessuti vegetali. L'esposizione ad alte concentrazioni di ozono, tipicamente per brevi periodi, dà origine nell'uomo a irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e all'apparato respiratorio, che possono essere più marcate nel caso di attività fisica particolarmente intensa. Inoltre l'esposizione ad elevate concentrazioni di ozono può accentuare gli effetti di patologie esistenti, quali asma, malattie dell'apparato respiratorio e allergie. Va detto infine che gli effetti dell'ozono tendono a cessare piuttosto velocemente con l'esaurirsi del episodio di accumulo di questo inquinante.

Benzo(a)Pirene (C₂₀H₁₂)

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.

Molti IPA sono stati classificati dalla IARC come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo"; il benzo(a)pirene è stato classificato come "cancerogeno per l'uomo".

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.

Sorgenti emissive dei principali inquinanti (* = Inquinante Primario, ** = Inquinante Secondario).

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico autoveicolare on road e off road, impianti riscaldamento, centrali di potenza, impianti industriali, fenomeni di risollevarimento
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti riscaldamento, centrali di potenza, impianti industriali
Biossido di Azoto* NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare on road e off road, centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione con ossigeno e azoto atmosferici)
Biossido di Zolfo* SO ₂	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili), veicoli diesel
Ozono** O ₃	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento

4 - Normativa di riferimento

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.

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE.

Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato PM_{2,5}, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nelle Tabelle 1 e 2 si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione. In Tabella 3 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi.

Tabella 1: riferimenti di legge 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
O₃	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m ³
O₃	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m ³
NO₂	Soglia di allarme **	400 µg/m ³
NO₂	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
SO₂	Soglia di allarme **	500 µg/m ³
SO₂	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
SO₂	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 Km² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

Tabella 2: riferimenti di legge 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
O₃	Valore obiettivo per la protezione della salute 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	
O₃	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
NO₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0.5 µg/m ³	
C₆H₆	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m ³	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m ³	
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m ³	
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m ³	
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m ³	

Tabella 3: riferimenti di legge 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	Il raggiungimento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione sarà valutato nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014.

* AOT 40 = Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 Parts Per Billion definito come la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie di ozono e la soglia prefissata 40 ppb, relativamente alle ore di luce.

5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti convenzionali e non, installati presso la stazione di Belluno, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) e realizzano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare).

Il campionamento del particolato inalabile PM10, per le successive analisi di IPA, e del PM2.5 è stato realizzato con due linee di prelievo sequenziali, poste all'interno della stazione rilocabile, che utilizzano filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni).

Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) e del PM10 sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, rispettivamente mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008" e determinazione gravimetrica "metodo UNI EN 12341:2001".

La determinazione gravimetrica del PM10 è stata effettuata su tutti i filtri campionati, mentre le determinazioni del benzo(a)pirene sono state eseguite seguendo

frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dal D.Lgs. 155/2010.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rilevabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rilevabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rilevabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato o della metodologia adottata.

Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le "Regole di accettazione e rifiuto semplici", ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto. ("Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura". di R. Mufato e G. Sartori nel Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

6 - Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati ed al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica od alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni in continuo di biossido di azoto, ossidi di azoto, particolato PM10 la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile.

In relazione a quanto sopraesposto, l'efficienza di campionamento del PM10 a Belluno nel 2013 è stata del 99%, del 96% per il biossido e ossidi di azoto, del 96% per l'ozono, del 95% per il monossido di carbonio e del 96% per il biossido di zolfo.

Altresì, per le misurazioni con campionatori manuali il periodo minimo di copertura per il Benzo(a)pirene e IPA deve essere compreso tra il 14% (52 gg/anno) e il 33% (120 gg/anno) nell'arco dell'intero anno civile, con una resa del 90%; in particolare le misurazioni devono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile. In relazione a quanto sopraesposto, sono state eseguite 126 analisi di Benzo(a)pirene e IPA con una copertura del 35% ed una resa del 100%.

7 - Analisi dei dati rilevati

Nel presente paragrafo vengono presentati i dati raccolti nell'anno 2013 in forma tabellare, grafica e attraverso l'applicazione degli indici sintetici di valutazione della qualità dell'aria.

Nelle seguenti tabelle vengono esposti i raffronti tra i limiti di legge e i valori misurati nella stazione di Belluno nel corso del 2013.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA RAFFRONTO DEI DATI CON I RIFERIMENTI DI LEGGE - ANNO 2013			
Esposizione acuta			
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Risultati
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³	6 superamenti
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³	6 superamenti
O ₃	Soglia di allarme	240 µg/m ³	0 superamenti
	Media 1 h		
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
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³	0 superamenti
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

* misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km², 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 2013				
Esposizione cronica				
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Note	Risultati
PM10	Valore limite annuale. Anno civile	40 µg/m ³		18 µg/m ³
PM2,5	Valore limite annuale. Anno civile	25 µg/m ³		16 µg/m ³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni	120 µg/m ³	In vigore dal 2010. Prima verifica nel 2013.	39 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/m ³		39 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
NO ₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³		23 µg/m ³
B(a)P	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	1 ng/m ³		1,4 ng/m ³

Polveri PM10: per questo inquinante sono stati rispettati sia lo standard di qualità dell'aria acuto con 6 superamenti giornalieri (su 35 consentiti) che quello cronico con una media annuale di 18 µg/m³, rispetto ad valore limite di 40 µg/m³.

Polveri PM2,5: la media annuale di questo inquinante è risultata pari a 16 µg/m³, rispetto ad valore limite annuale di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 2015.

Ozono: per questo inquinante si sono registrati 6 superamenti della soglia di informazione alla popolazione di 180 µg/m³ ma nessun superamento della soglia d'allarme di 240 µg/m³, il dato massimo orario è stato di 194 µg/m³.

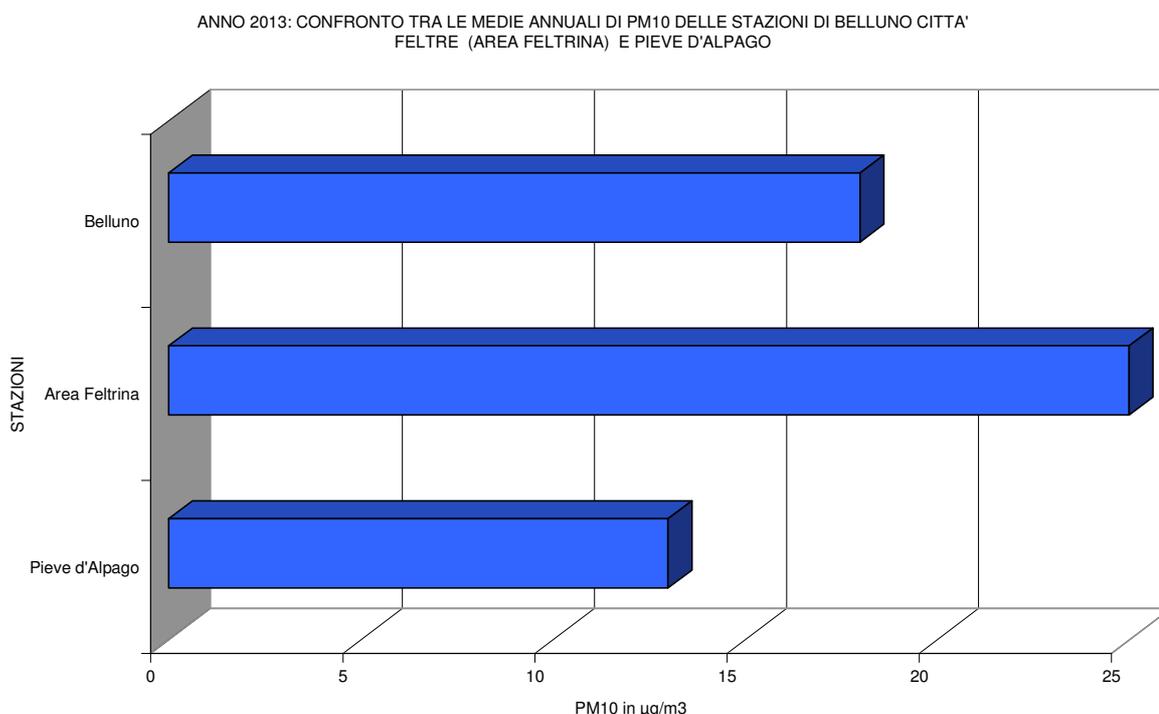
Biossido d'azoto: le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 125 µg/m³ a fronte di un limite orario di 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte all'anno. La media annuale pari a 23 µg/m³ si è attestata al di sotto del limite di legge.

Benzo(a)pirene: la concentrazione media annua è risultata di $1,4 \text{ ng/m}^3$, superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana fissato in 1 ng/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 2013 è stata di $3,4 \text{ mg/m}^3$, a fronte di un limite massimo giornaliero di 10 mg/m^3 .

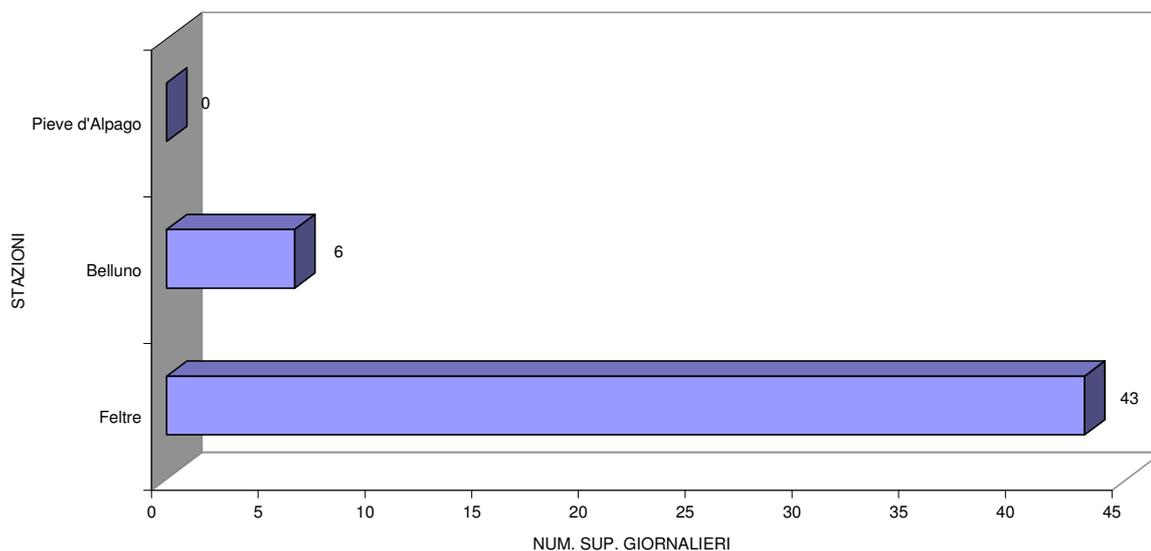
Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Le basse concentrazioni trovano spiegazione nel fatto che questo inquinante viene misurato in maniera significativa solo in presenza di talune emissioni di tipo industriale che utilizzano soprattutto gasoli. Il valore massimo orario rilevato è stato di $19 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ da confrontarsi col limite di $350 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

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



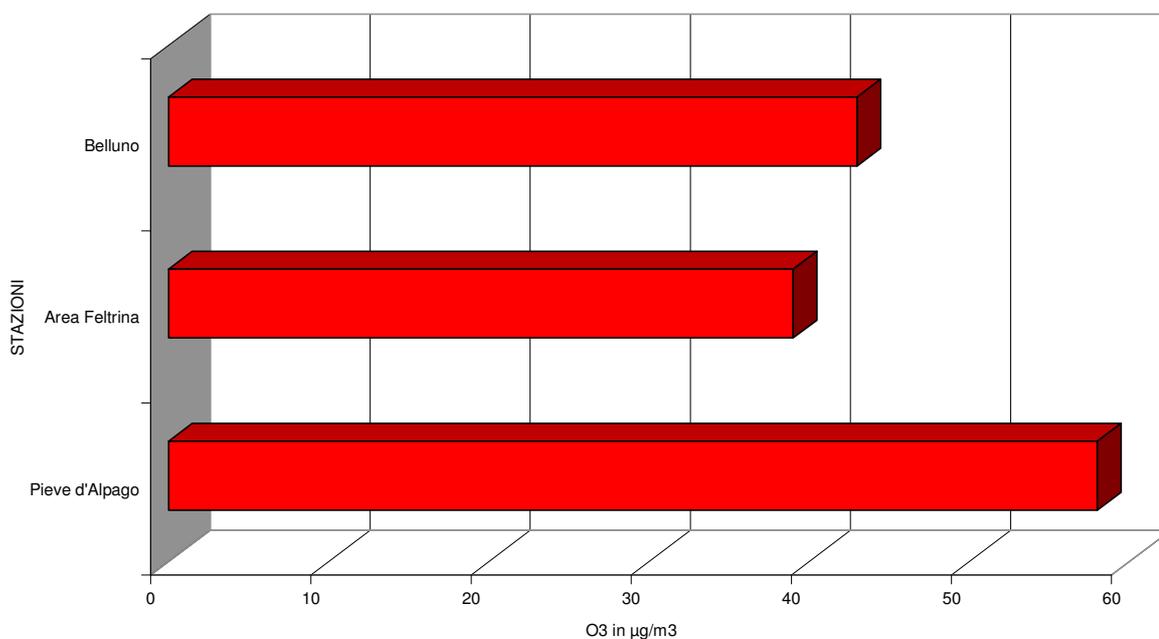
Il grafico di confronto delle medie annuali di PM10 delle stazioni fisse evidenzia il rispetto del limite per l'esposizione cronica ($40 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ come media annuale) in tutte le stazioni anche se Feltre si conferma la stazione con il più elevato livello annuale di polveri.

ANNO 2013: CONFRONTO NUMERO DI SUPERAMENTI DEL LIMITE GIORNALIERO DI POLVERI PM10 DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



Il grafico di confronto dei superamenti del limite acuto delle polveri PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno) evidenzia che solo la stazione di Feltre (area Feltrina), con 43 sfioramenti, ha superato tale limite di tipo acuto.

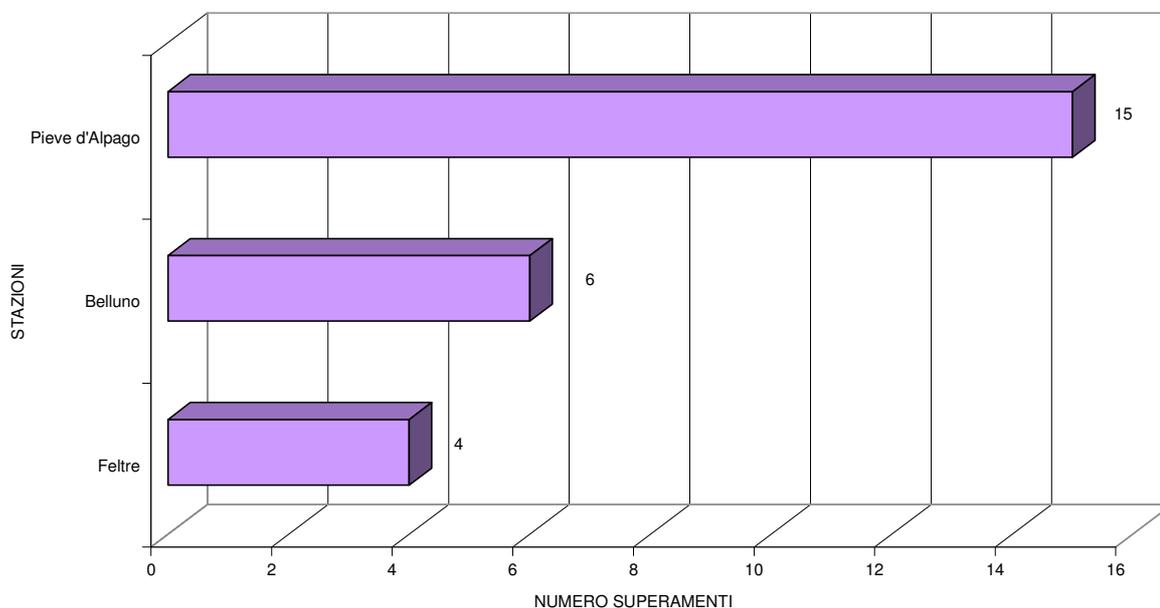
ANNO 2013: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI OZONO (O_3) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



Nel caso dell'ozono invece la stazione di Pieve d'Alpago, sita in zona pedemontana (loc. Villa), conferma come per il 2012, il valore medio più elevato per le

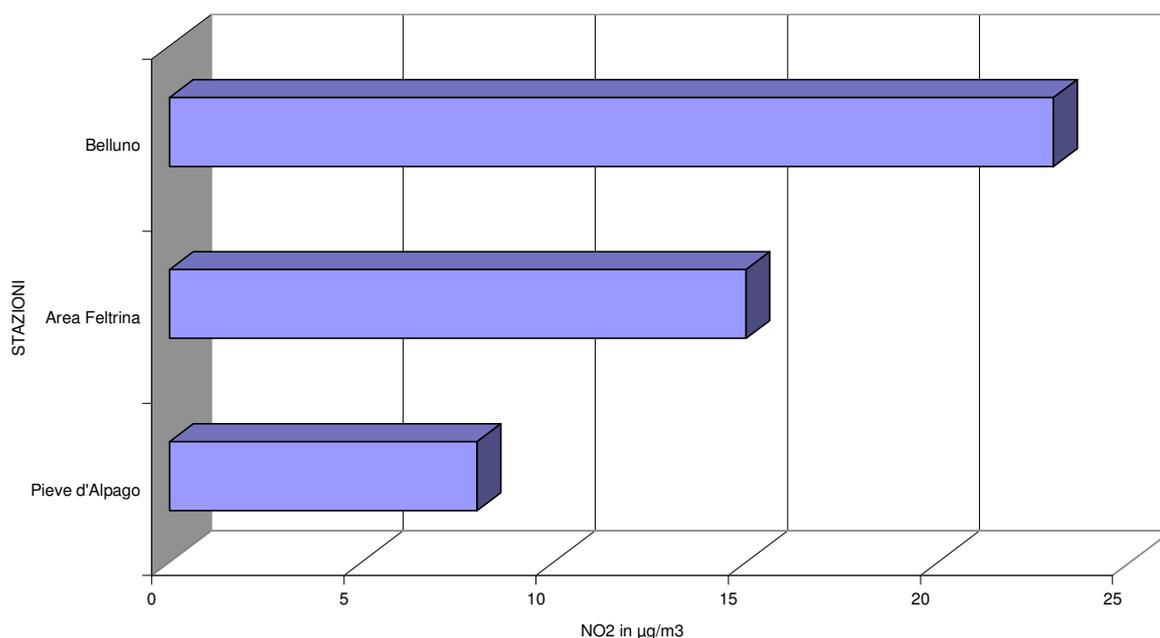
caratteristiche di ruralità della localizzazione, con modesta presenza di inquinanti primari (NO , NO_2 e NO_x) che degradano l'ozono.

ANNO 2013: CONFRONTO TRA I SUPERAMENTI DELLA SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) PER L'OZONO (O_3) NELLE STAZIONI DI BELLUNO, FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



Per quanto riguarda i superamenti della soglia di informazione alla popolazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) la stazione di Pieve d'Alpago presenta il maggior numero di sforamenti, seguita da Feltre e Belluno. Nessuna delle tre stazioni ha fatto registrare superamenti della soglia di allarme.

ANNO 2013: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI BISSIDO D'AZOTO (NO₂) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



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.

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/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
anno	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
2012	2	22	47	0.4	20	***	1.4
2013	1	23	43	0.5	18	***	1.4

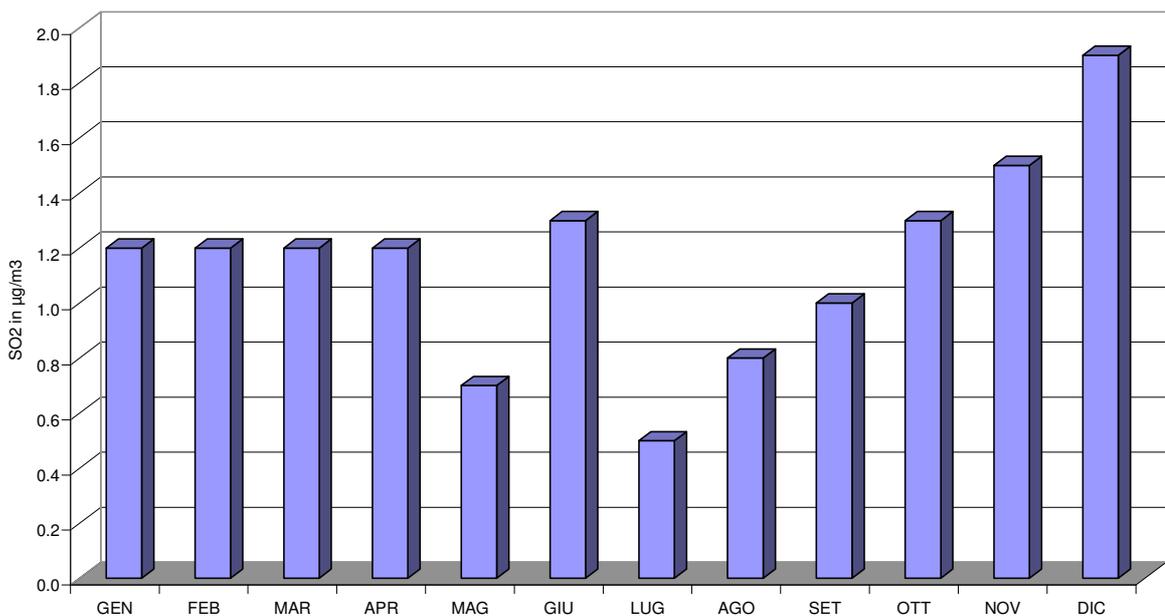
*** Misura non prevista

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 (SO₂), il biossido d'azoto (NO₂), il monossido di carbonio (CO) e l'ozono (O₃). L'andamento delle polveri PM10 ha registrato nei primi anni una costante diminuzione delle concentrazioni per poi attestarsi su una sostanziale stabilità. Il benzo(a)pirene negli ultimi anni ha registrato un trend di leggero aumento.

Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati

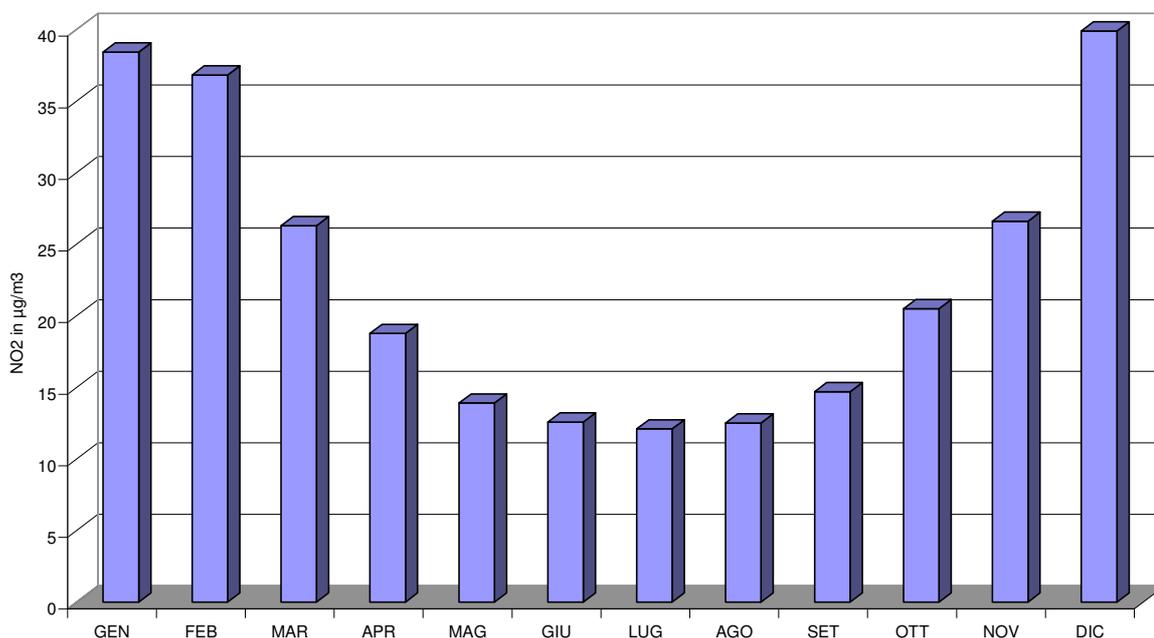
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento stagionale e settimanale di alcuni parametri, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione su base annuale o giornaliera a seconda che si tratti di dati raccolti su base giornaliera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

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
MEDIE MENSILI PARAMETRO SO₂ - ANNO 2013 -



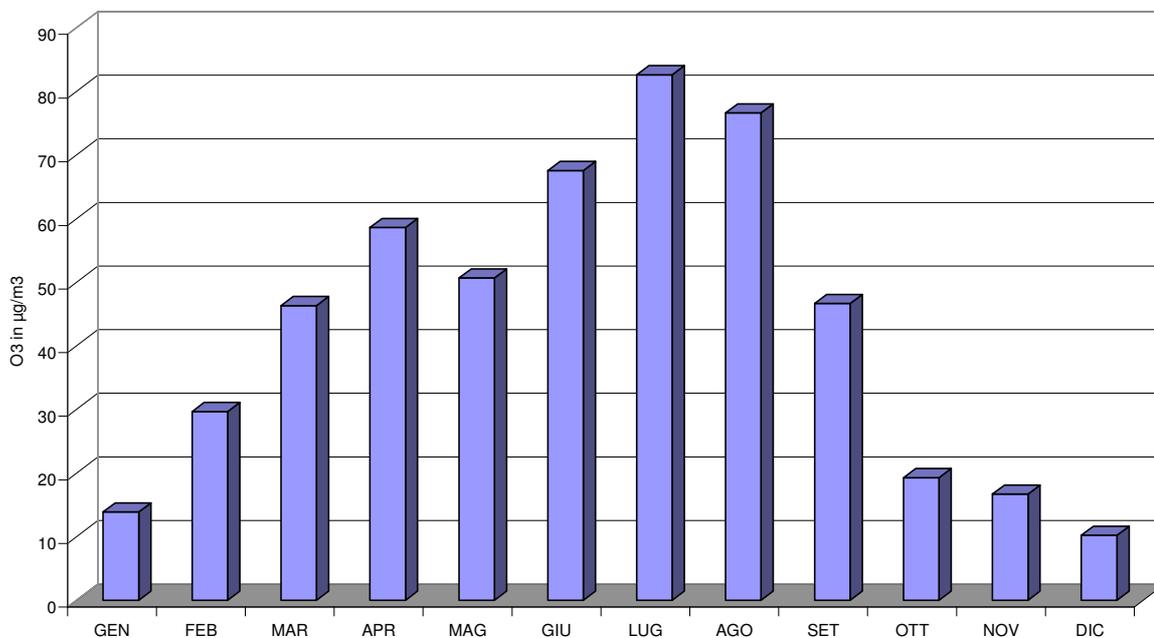
Il primo grafico rappresenta l'andamento stagionale dell'anidride solforosa (SO₂). I dati, estremamente bassi, hanno evidenziato un leggero incremento nel periodo invernale.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
MEDIE MENSILI PARAMETRO NO₂ - ANNO 2013 -



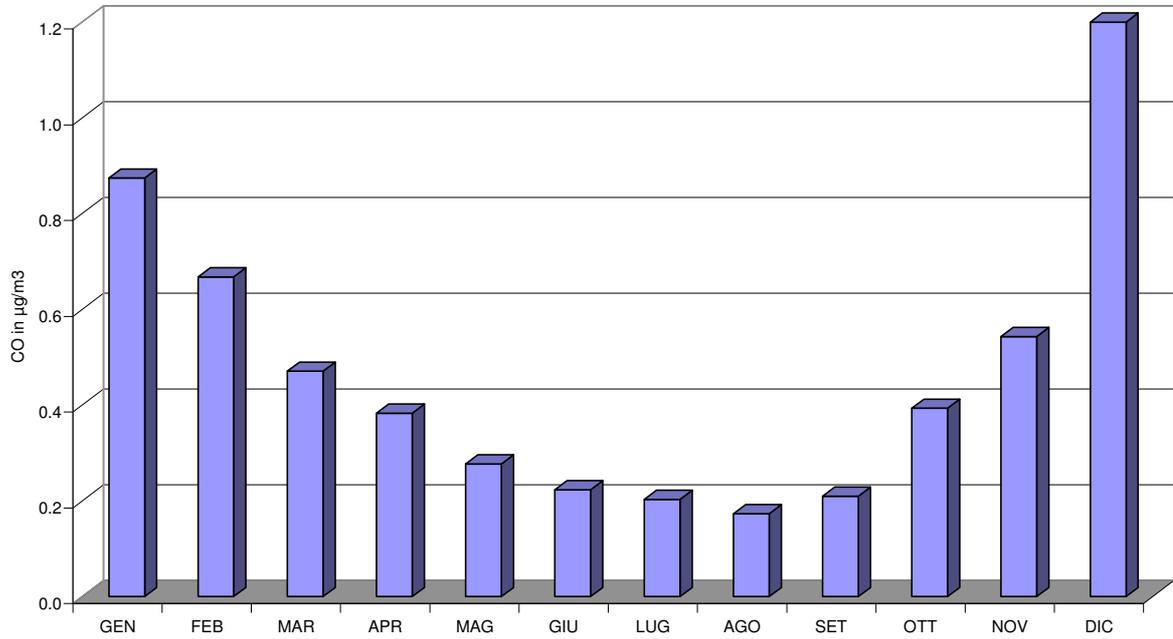
Anche il biossido d'azoto (NO₂) presenta valori più elevati nel periodo invernale sia per l'aumento del carico antropico sia per le ridotte capacità di dispersione degli inquinanti.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
MEDIE MENSILI PARAMETRO O₃ - ANNO 2013 -



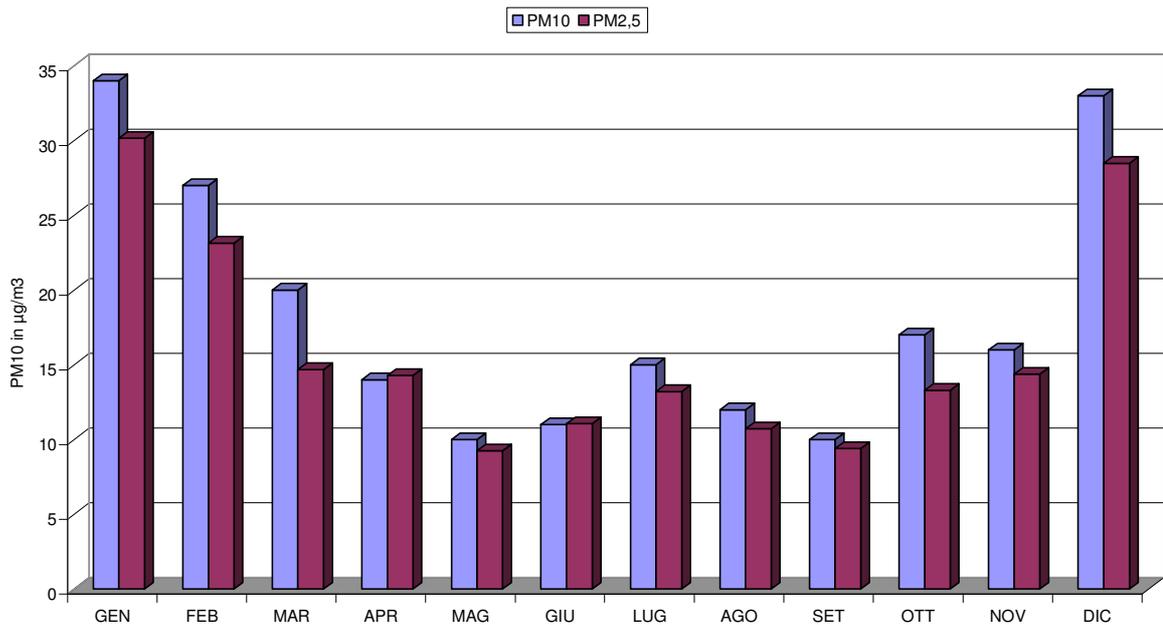
Contrariamente agli inquinanti precedentemente illustrati l'ozono, inquinante secondario correlato strettamente alla radiazione solare, tende a crescere dalla stagione primaverile-estiva e decrescere successivamente.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
 MEDIE MENSILI PARAMETRO CO - ANNO 2013 -



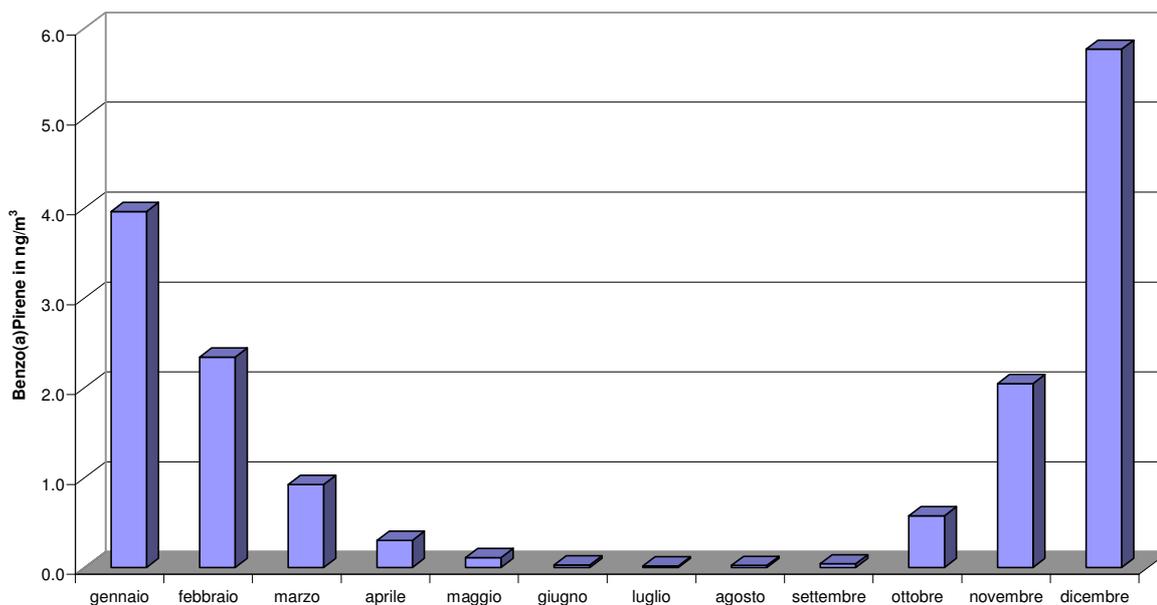
Il monossido di carbonio (CO), pur con livelli modesti, presenta un andamento stagionale marcato, con valori più elevati nel periodo invernale sempre dovuti al generale aumento del carico antropico.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
 CONFRONTO MEDIE MENSILI PARAMETRI PM10 E PM2,5
 ANNO 2013



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.

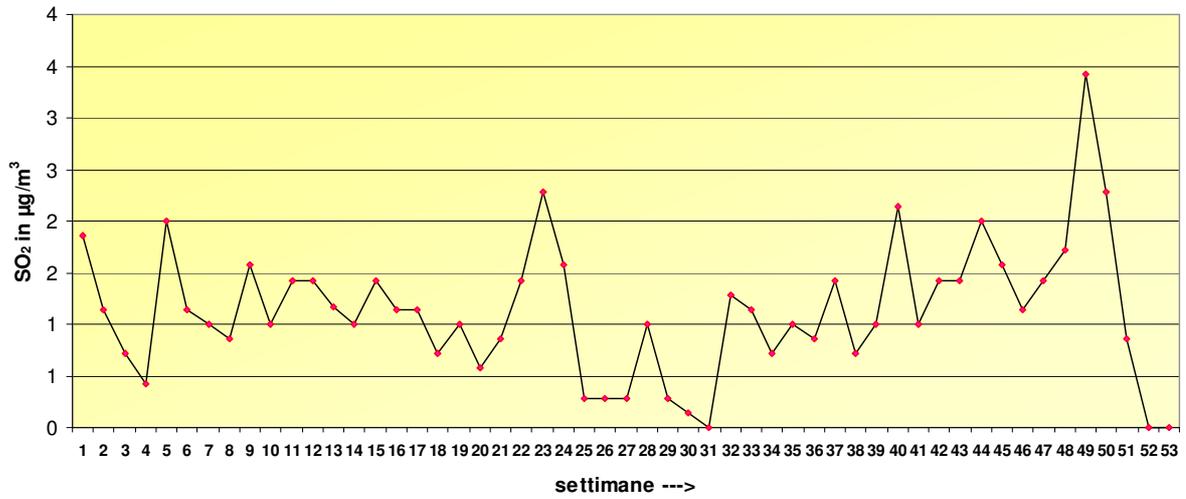
STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
MEDIE MENSILI PARAMETRO Benzo(a)pirene
ANNO 2013



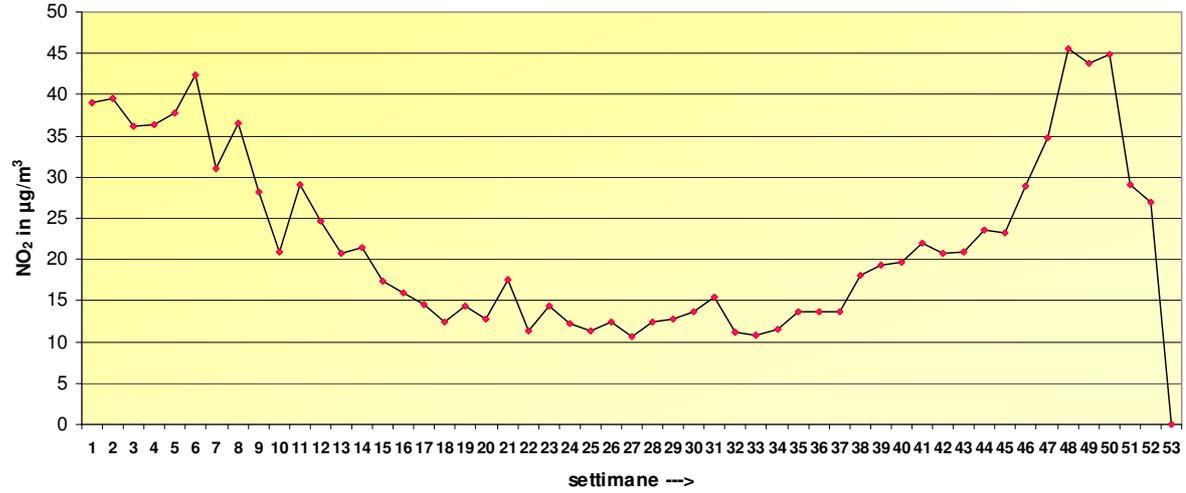
Anche il grafico del Benzo(a)pirene evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale per l'aumento del carico antropico e per le condizioni di scarso rimescolamento atmosferico.

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

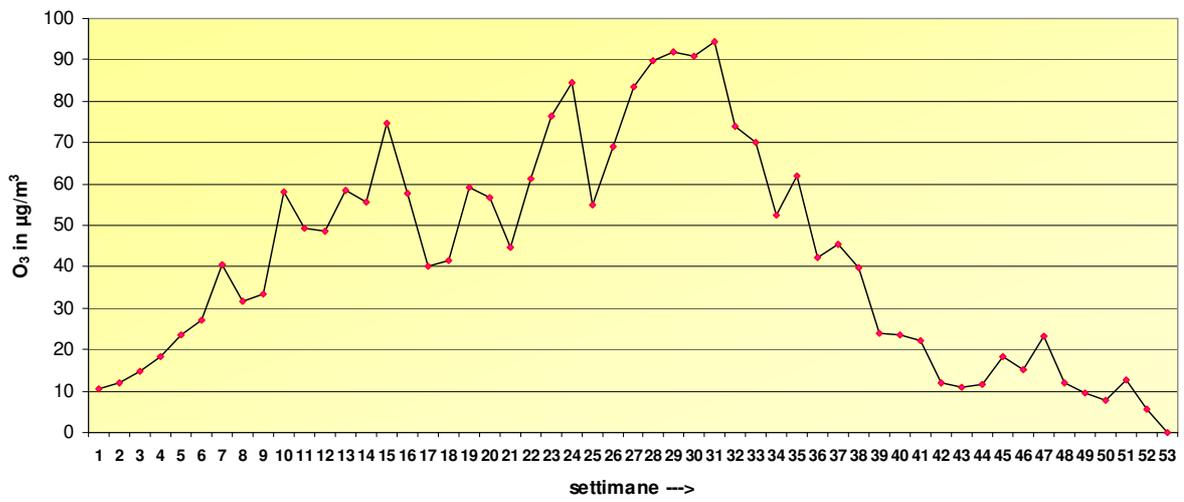
Media Settimanale SO₂ - 2013



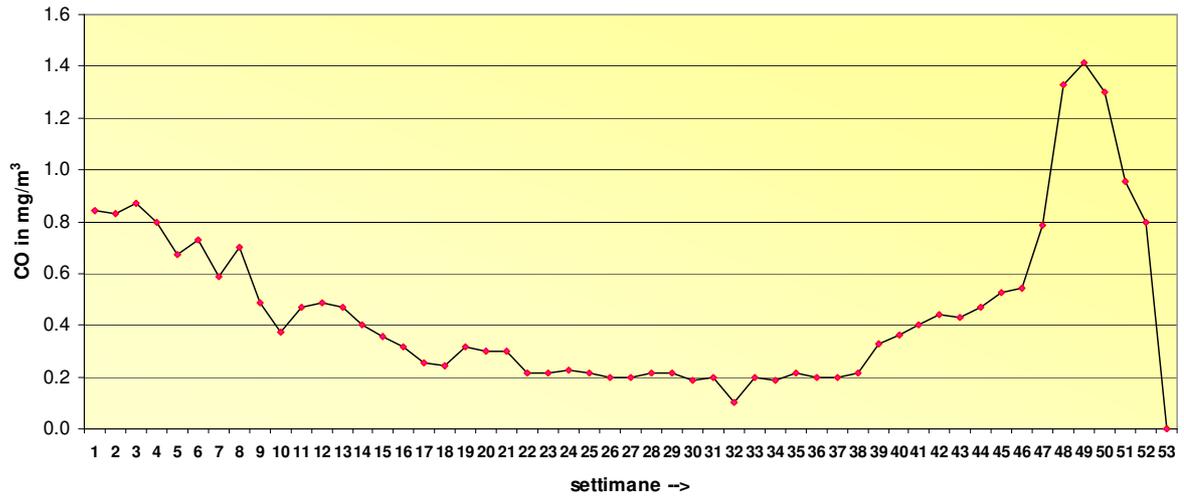
Media Settimanale NO₂ - 2013

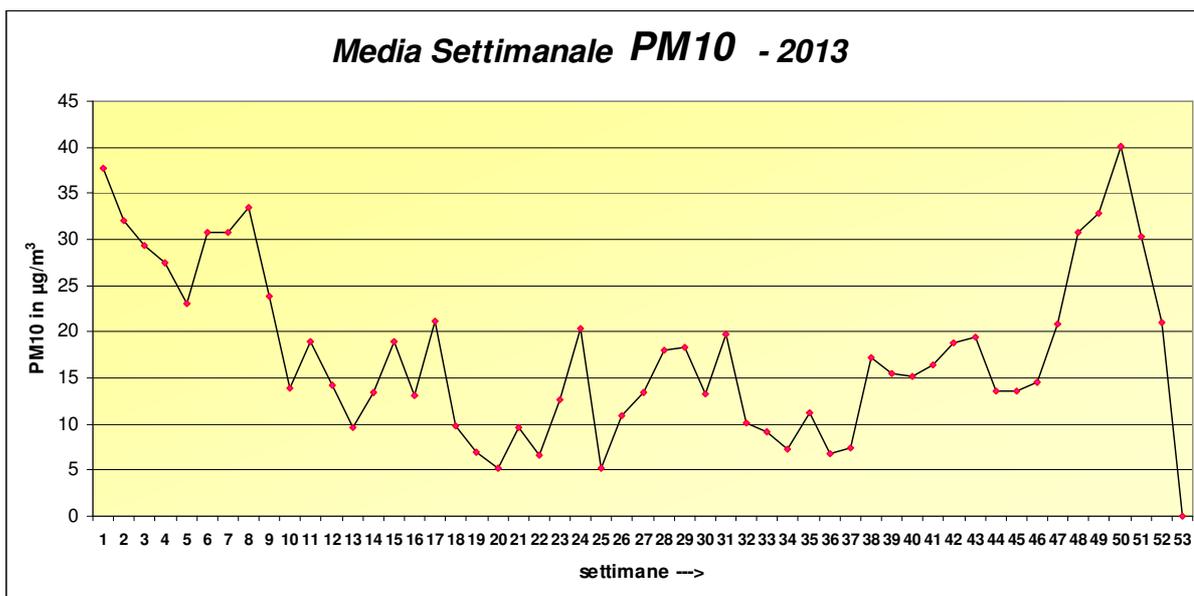


Media Settimanale O₃ - 2013



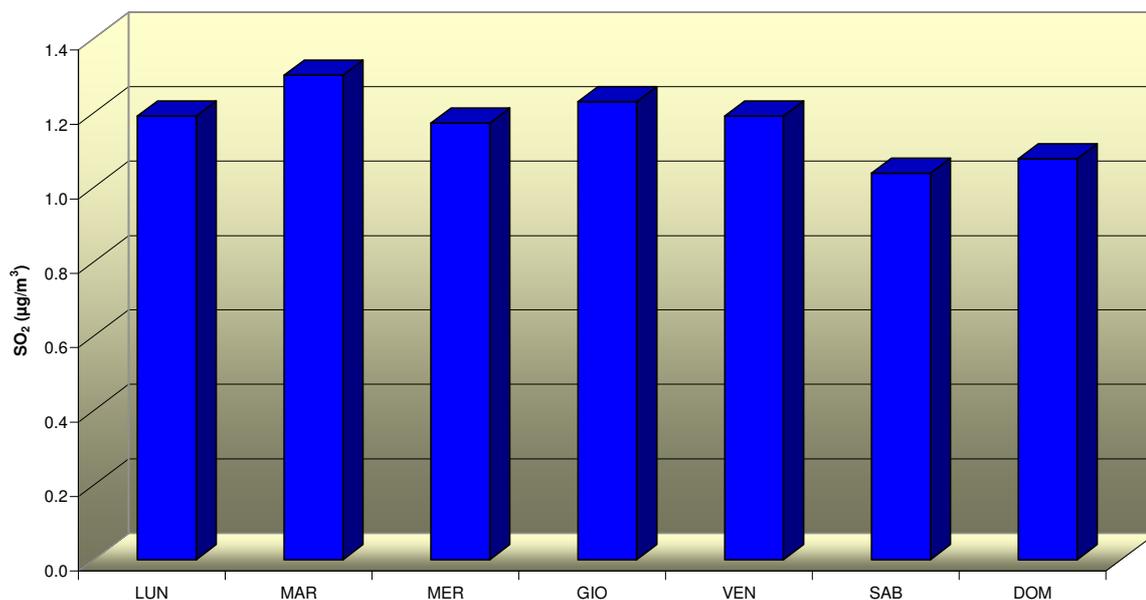
Media Settimanale CO - 2013





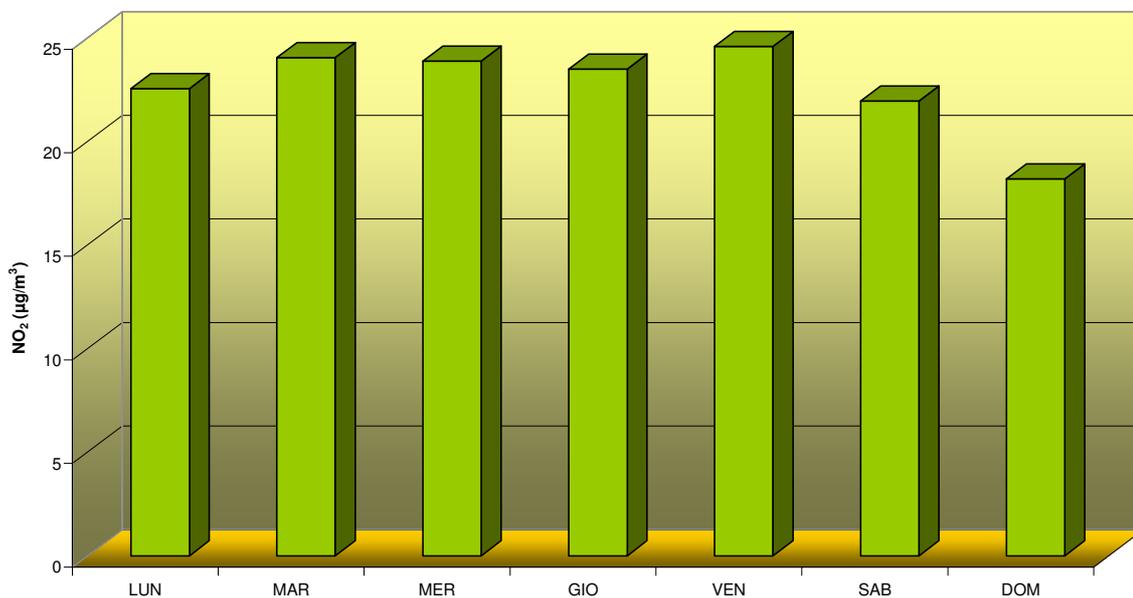
I dati sono stati anche elaborati per ottenere una settimana tipo per ogni inquinante.

**STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO₂)
ANNO 2013**



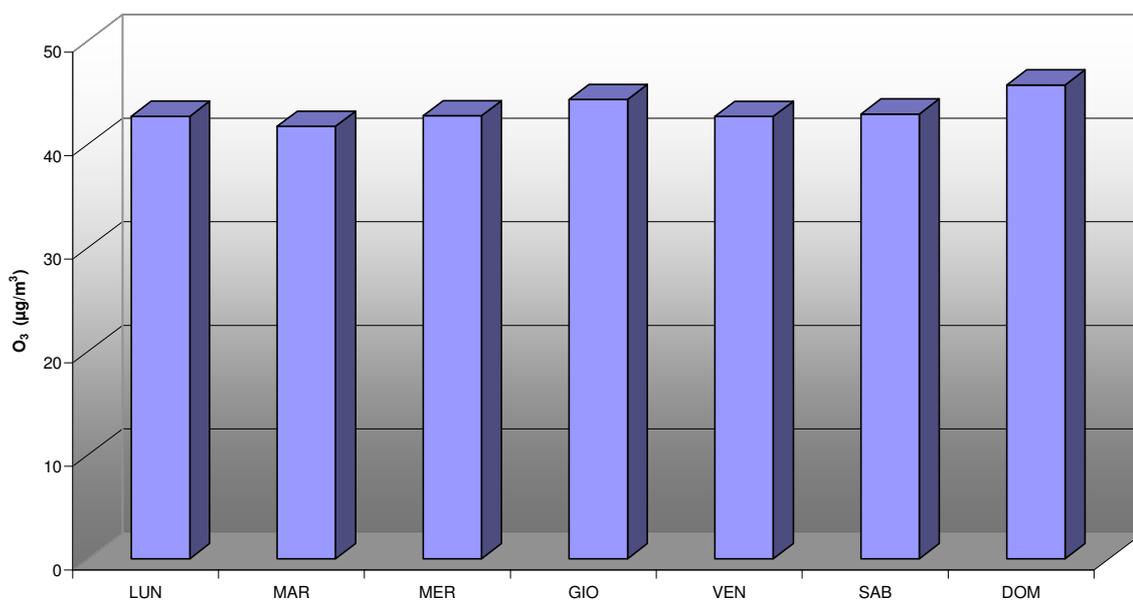
Per quanto riguarda l'anidride solforosa, stimando costante l'apporto dovuto al riscaldamento domestico, si può attribuire la diminuzione di concentrazione del fine settimana al minor volume di traffico di veicoli diesel per trasporto persone o commerciali.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO BISSIDO DI AZOTO (NO₂)
ANNO 2013



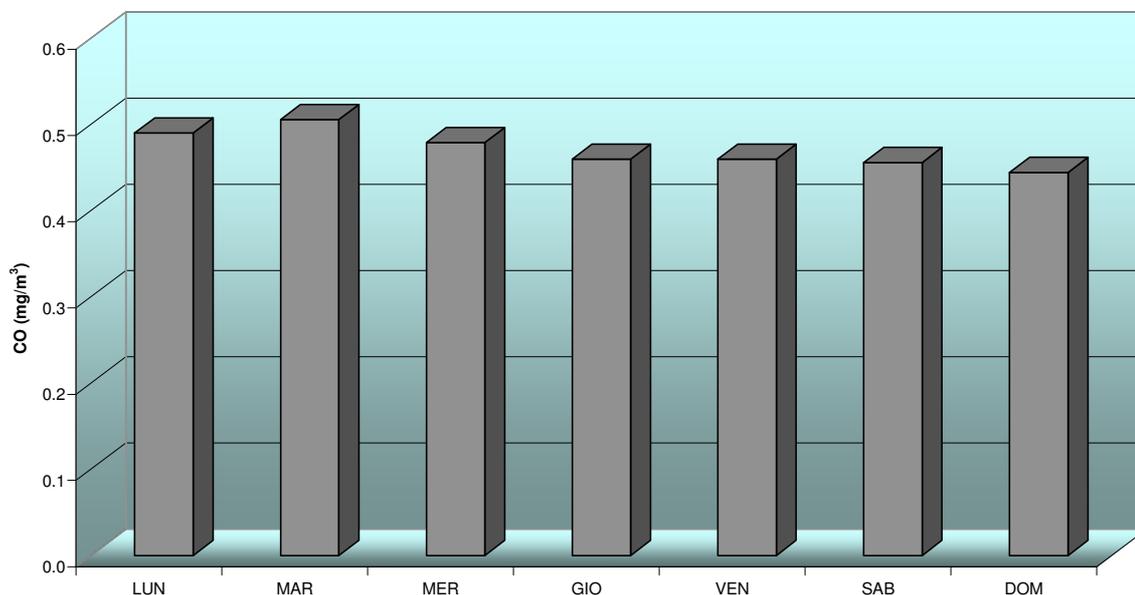
L'andamento del biossido d'azoto evidenzia un andamento di concentrazioni abbastanza stabili con un leggero calo nel fine settimana.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO OZONO (O₃)
ANNO 2013



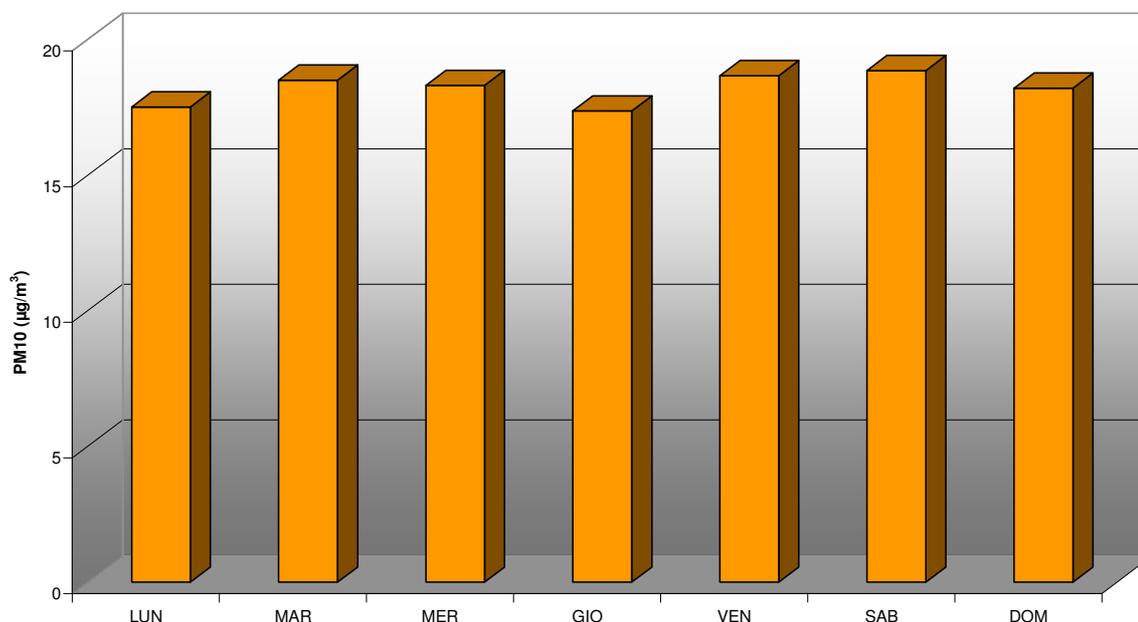
Per quanto riguarda l'andamento settimanale dell'ozono, non si notano significative differenze nel corso della settimana. Trattandosi di un inquinante secondario, in parte già presente in natura, non è possibile formulare ipotesi che lo colleghino a particolari fonti.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2013



Il monossido di carbonio mostra un andamento di concentrazioni leggermente decrescente nel corso della settimana.

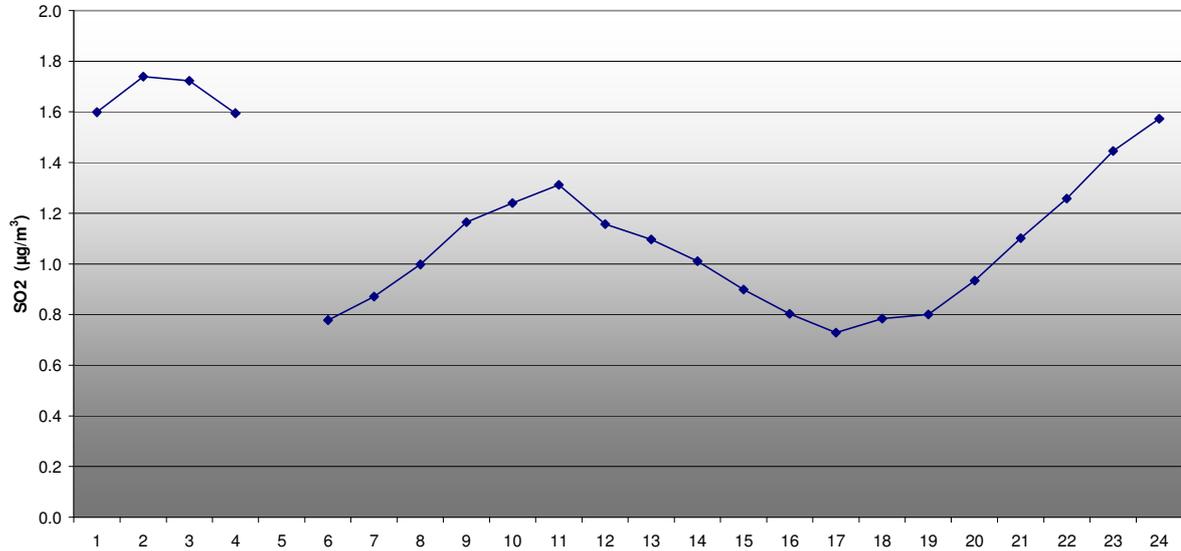
STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO POLVERI PM10
ANNO 2013



La settimana tipo delle polveri PM10 evidenzia un andamento piuttosto costante nel corso della settimana.

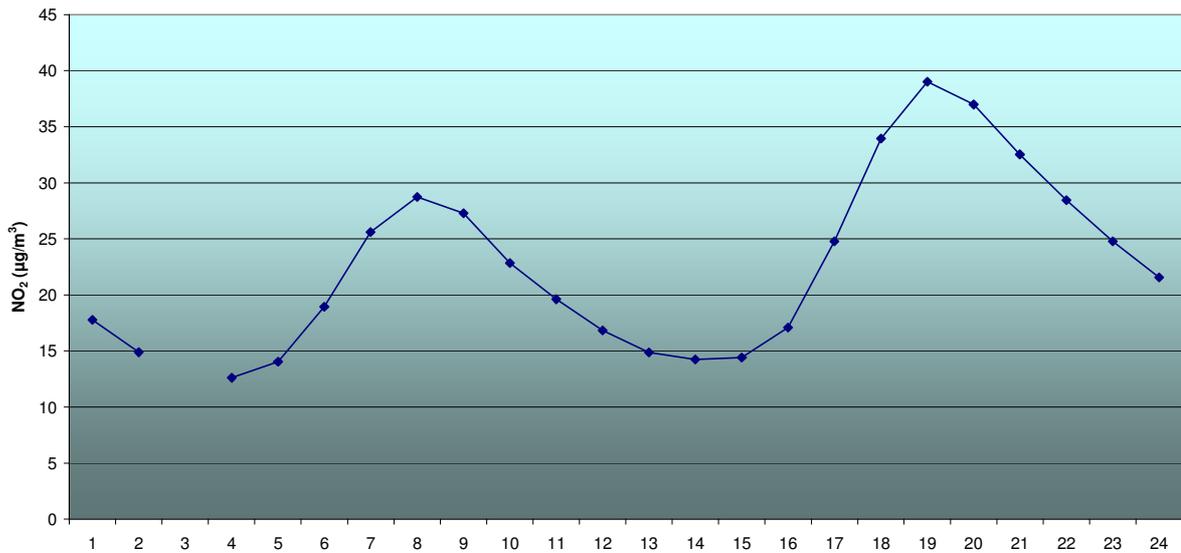
Nei seguenti diagrammi (giorno tipo) viene illustrato l'andamento giornaliero della concentrazione degli inquinanti monitorati in continuo, l'elaborazione è stata eseguita non considerando la variazione dovuta all'eventuale introduzione dell'ora legale.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO₂)
ANNO 2013



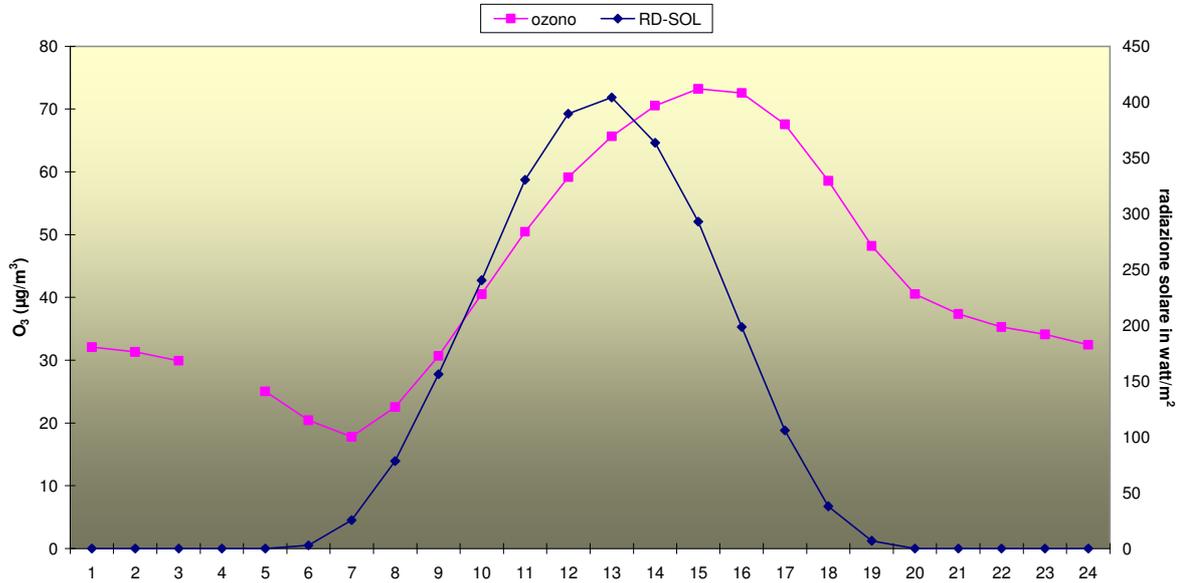
L'anidride solforosa, pur con valori estremamente bassi, ha un andamento con due leggeri aumenti al mattino e alla sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO BISSIDO DI AZOTO (NO₂)
ANNO 2013



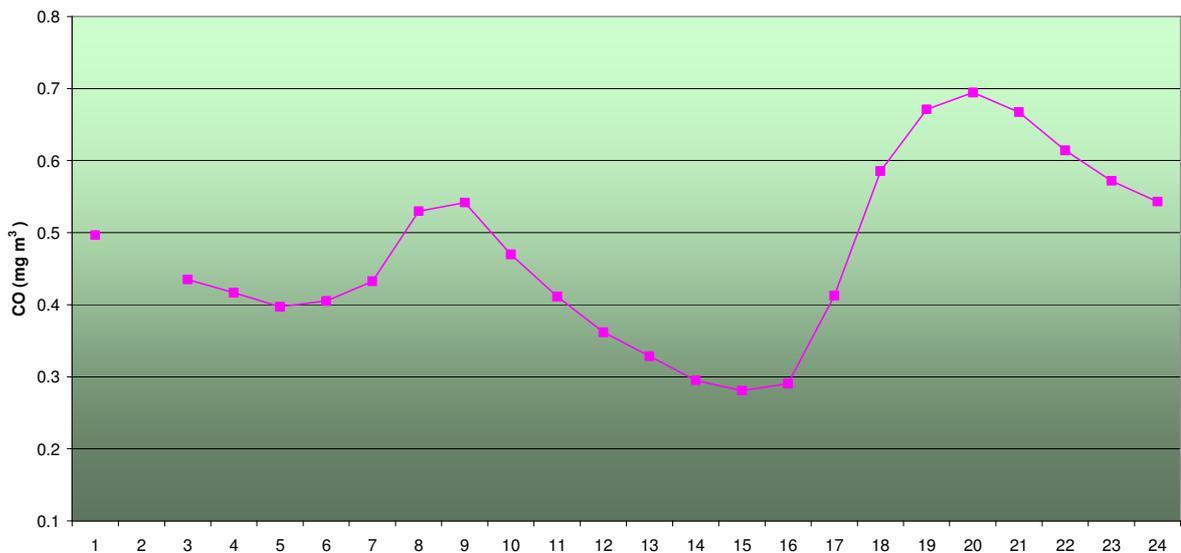
L'andamento del biossido d'azoto mostra due punte giornaliere alle 8-9 di mattina ed alle 19-20 della sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRI OZONO (O₃) E RADIAZIONE SOLARE - ANNO 2013 -



Per quanto riguarda il grafico dell'ozono, il cui andamento è associato a quello della radiazione solare, si evidenzia che il picco di radiazione solare precede di qualche ora quello dell'ozono che presenta le massime concentrazioni a metà pomeriggio.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2013



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

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 cristalline e metalli.

Il particolato grossolano è in gran parte di origine primaria, mentre il particolato fine, il cui trasporto può avvenire anche a distanze di centinaia di chilometri, è costituito da PM secondario e da una frazione derivante da combustioni.

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 cristallini (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 cristallini 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 (NO₂) 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 (NH₄⁺)

L'Ammoniaca (NH₃) deriva sia da fonti naturali che antropiche; oltre che nei processi di denitrificazione naturale e ad opera dei microrganismi del suolo, l'NH₃ 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 (Ca²⁺) 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 (Mg²⁺) 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 dei filtri PM10 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.

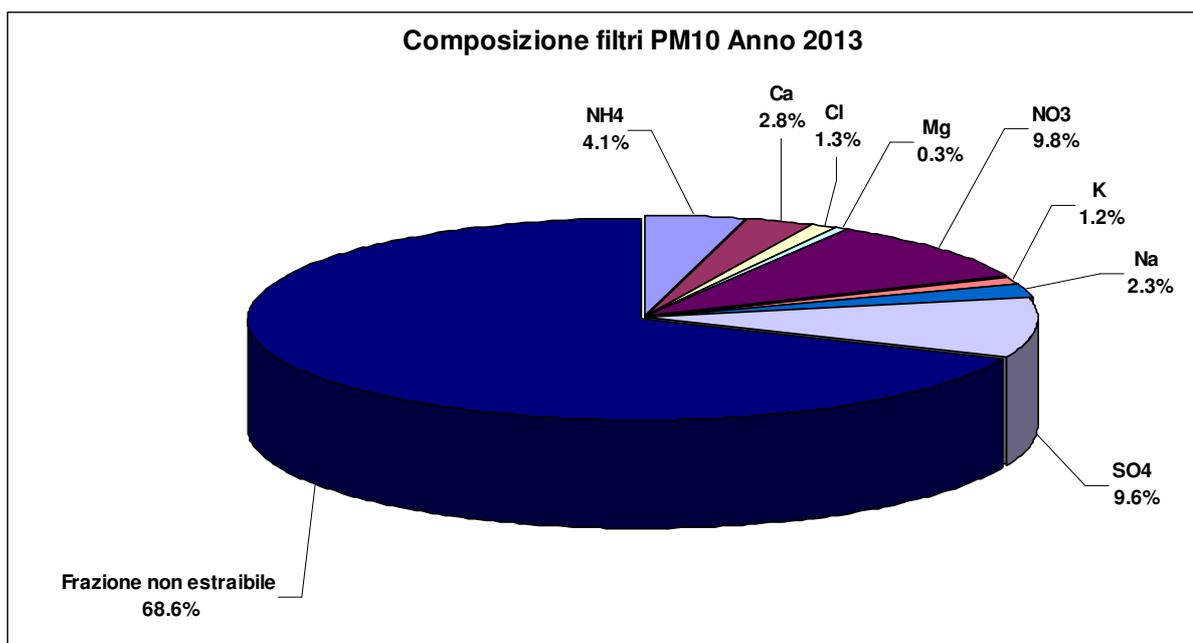
Il Carbonio elementare (EC), è un inquinante di origine primaria legato soprattutto alla combustione incompleta di combustibili fossili, alle emissioni dei veicoli diesel e alla pirolisi della biomassa.

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

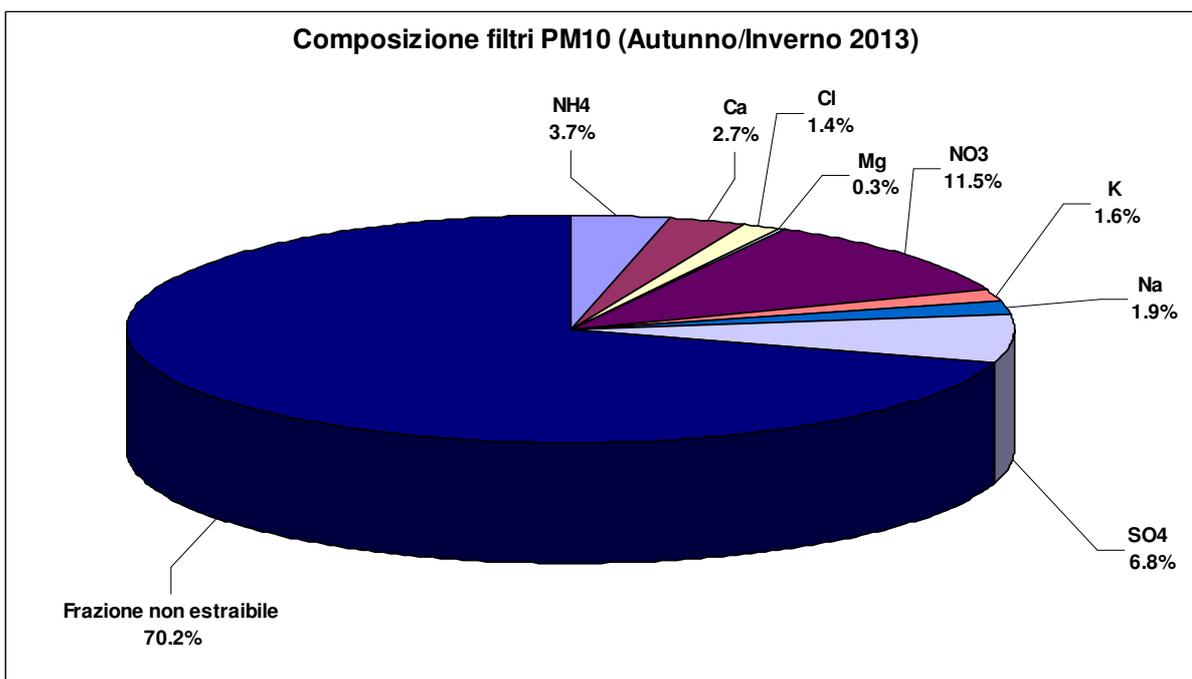
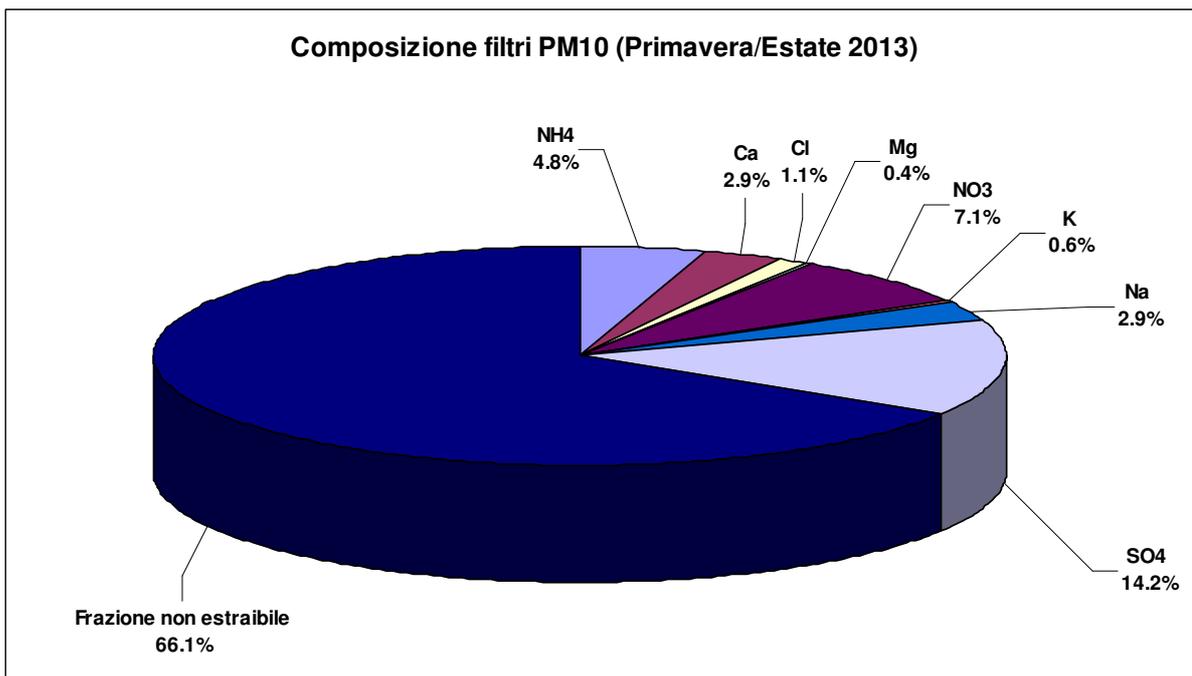
La figura sottostante rappresenta la composizione media annuale per l'anno 2013 dei filtri contenenti particolato.

Tra le specie estraibili spicca la componente inorganica secondaria (nitrati, solfati e ammonio) che nel 2013 si è attestata a circa il 23,5%, 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 2013 come tradizionalmente accade si assiste ad una leggera crescita della frazione estraibile che si mantiene comunque ben al di sotto del 50% arrivando ad un 33,9%.

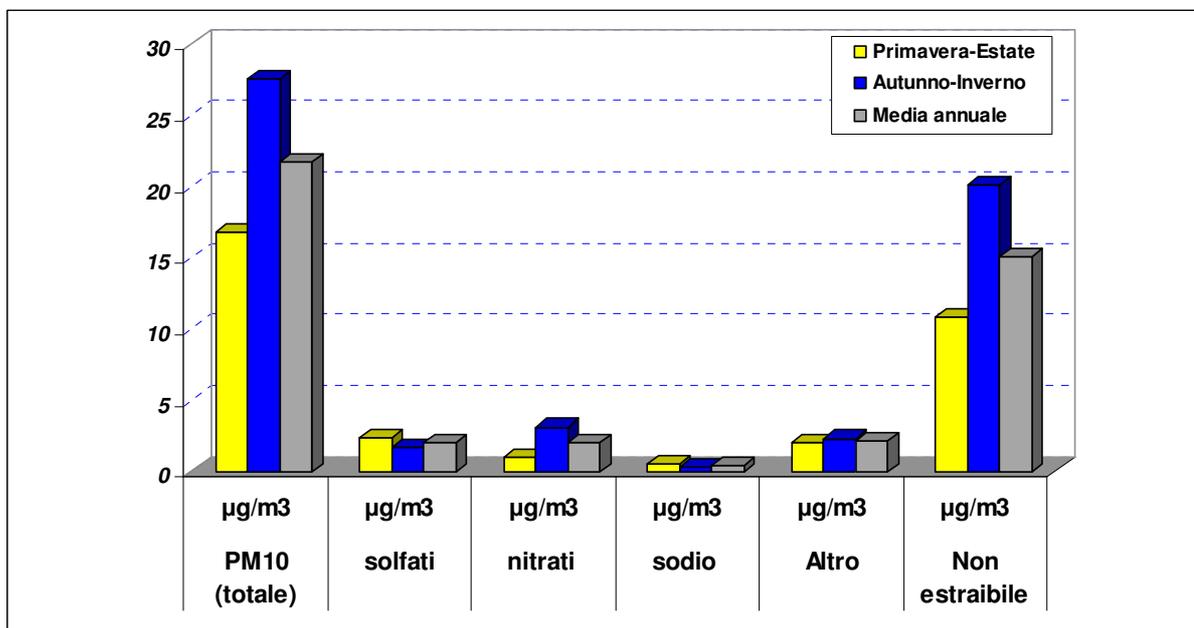
La specie ionica più presente nei filtri primaverili ed estivi sono i solfati, seguiti dai nitrati. La situazione dei mesi climaticamente più freddi evidenzia un aumento considerevole della frazione organica. All'aumentare delle concentrazioni di polveri PM10 si assiste ad un considerevole arricchimento dei nitrati di derivazione secondaria piuttosto che delle altre specie inorganiche tra cui spiccano i solfati che hanno un abbassamento relativo fino al 6,8% .



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

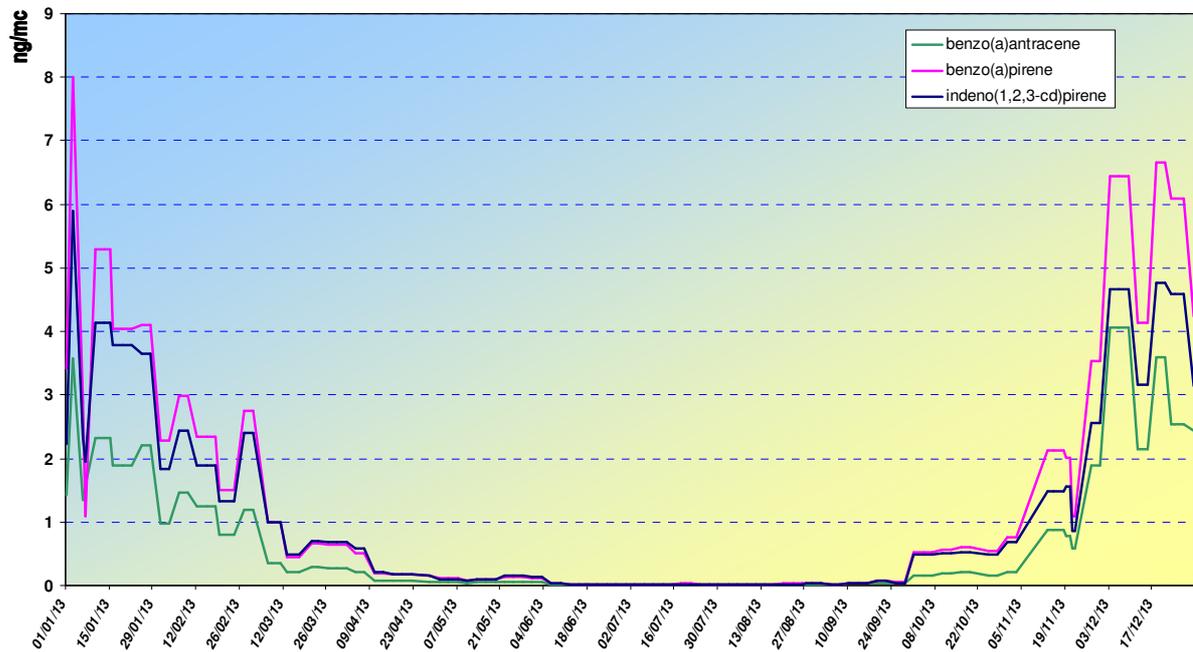
organica. I nitrati registrano un lieve incremento delle concentrazioni nel semestre freddo mentre i solfati hanno un comportamento opposto.



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 2013 dei alcune specie di IPA evidenziando la marcata stagionalità delle concentrazioni di questi composti.

mesi	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Benzo(k)fluorantene	Crisene	Dibenzo(ah)antracene	Indeno(123-cd)pirene
gen-13	2.0	4.0	3.7	3.0	1.9	3.0	0.5	3.5
feb-13	1.2	2.3	2.4	1.9	1.1	1.9	0.1	1.9
mar-13	0.4	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.1	0.9
apr-13	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.3	0.0	0.3
mag-13	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
giu-13	0.02	0.03	0.05	0.04	0.02	0.05	0.01	0.03
lug-13	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
ago-13	0.01	0.02	0.04	0.04	0.01	0.04	0.01	0.02
set-13	0.03	0.04	0.06	0.06	0.02	0.05	0.01	0.04
ott-13	0.18	0.58	0.55	0.57	0.26	0.29	0.05	0.51
nov-13	0.94	2.05	1.85	1.70	0.92	1.25	0.15	1.51
dic-13	3.07	5.77	5.18	4.60	2.57	4.52	0.37	4.25
media annuale	0.7	1.4	1.3	1.2	0.7	1.1	0.1	1.1

Belluno: andamento annuale (2013) dei principali IPA



Valutazioni con campionatori passivi

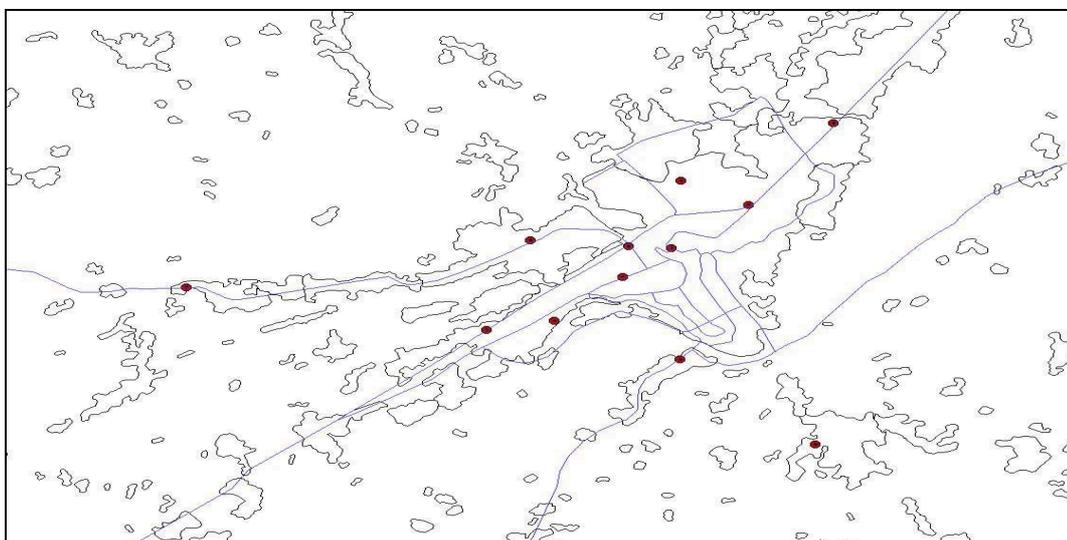
Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2013

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 8 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	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Via Montegrappa incrocio per Castion	1748545 5113889	X	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		X
Baldenich - Incrocio via V. Veneto- via Medaglie d'oro	1749041 5115502	X	X	X		X		X	
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	1747163 5114200	X	X		X		X		X
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	1747477 5115130	X	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		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 (2005-2013). Analizzando i valori si evidenzia che in quest'ultimo anno è stata riscontrata una leggera diminuzione della concentrazione di questi inquinanti.

Sito di misura	Benzene							Toluene							Xilene									
	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Via Montegrappa incrocio per Castion	3.2	2.8	1.5		2.1		3.6		9.8	7.7	6.3		5.8		12.3		8.4	9.1	6.7		4.5		7.8	
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		4.5		9.1	8.6	5.5		5.1		11.8		8.5	7.9	5.1		4.6		9.7	
Incrocio Via Gregorio XVI - Mussoi	3.9	3.6	1.7		2.2		2.2		10.8	8.6	7.0		6.7		9.5		12.1	8.8	7.2		6.2		9.6	
Chiesurazza - incrocio per Sois	2								5.4								5.2							
Via Segato c/o scuole	3.4	3.1	1.5		1.8				9.1	8.1	4.1		5.9				9.7	8.3	4.1		4.4			
Castion - Pian delle Feste																								
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	3.6	3.4		2.8	2.2		3.0		12.1	9.5		6.6		6.0		11.9	12.3	10.0		6.2		5.0	8.4	
La Cerva	3.8	4.0		2.4	2.6		3.1		10.2	11.1		6.5		5.4		15.7	10.9	10.8		6.1		4.1	9.4	
Via Pietro Trois		2.9		2.2	2.7		2.7			6.9		4.5		14.1		7.4		6.6		4.2		7.6	5.6	
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	3.4	2.9	9.3	8.2	5.1	5.7	5.6	8.4	11.2	11.7	9.4	8.2	5.2	5.2	4.6	6.2	9.0	7.8

Gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria

Negli ultimi anni, a seguito di un'intensa attività di ricerca scientifica rivolta allo studio degli effetti degli agenti inquinanti, si è affermata la necessità di sviluppare azioni e politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Tali politiche, che nel corso degli ultimi anni hanno prodotto numerosi risultati positivi quali l'abbattimento delle concentrazioni di biossido di zolfo, di piombo e di monossido di carbonio, oggi affrontano problematiche legate ad inquinanti atmosferici quali il biossido di azoto, il PM10 e l'ozono per i quali solo recentemente si è presa coscienza dell'effettiva criticità.

Per supportare l'azione preventiva risulta necessaria l'informazione della popolazione attraverso la comunicazione del rischio cui è sottoposta. A tal fine in diversi Paesi viene utilizzato un sistema di indici semplice e di comprensione immediata. Qualsiasi sia la metodologia di calcolo utilizzata, un simile indice non descrive la misura di un inquinante rilevato dalla singola stazione di monitoraggio, ma permette di informare il cittadino in merito allo "stato" della qualità dell'aria per zone estese, in cui le concentrazioni di inquinanti e quindi i livelli di rischio per la salute sono confrontabili.

Gli inquinanti solitamente inclusi nella definizione dei così detti "indici di qualità dell'aria" sono quelli che hanno effetti a breve termine, quali il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃), il biossido di zolfo (SO₂), il particolato (PTS, PM10 o PM2.5). Tale scelta nasce dal fatto che gli indici sono formulati con l'intenzione di dare informazioni quotidiane alla popolazione per evitare proprio tali tipi di effetti, in genere di tipo respiratorio o cardiovascolare.

Per quanto riguarda l'utilizzo di indici di qualità dell'aria nel panorama italiano, le principali esperienze sono state condotte da Emilia Romagna e Piemonte.

Nel calcolo dell'"Indice di Qualità dell'Aria" (IQA) ARPA Emilia-Romagna ha deciso di includere solo il PM10, l'NO₂ e l'O₃ che tra gli inquinanti con effetti a breve termine sono quelli che in regione presentano le maggiori criticità, escludendo invece il CO e l'SO₂ che hanno conosciuto negli ultimi decenni una drastica diminuzione delle loro concentrazioni tanto da presentarsi ormai stabilmente e ampiamente sotto ai limiti di legge.

L'approccio utilizzato è basato sulla standardizzazione rispetto ai limiti di legge, ossia per ciascuno degli inquinanti considerati viene calcolato il relativo sottoindice (Ip) secondo la seguente formula:

$I_p = C_p / L_p \times 100$	I_p = sottoindice per l'inquinante p C_p = concentrazione dell'inquinante p L_p = valore di riferimento dell'inquinante p
--	---

I livelli di riferimento per la standardizzazione sono i seguenti:

- **PM10**: media giornaliera. Valore di riferimento: 50 µg/m³.
- **O₃**: valore massimo delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00. Valore di riferimento: 120 µg/m³.
- **NO₂**: valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: 200 µg/m³.

La definizione dell'indice sintetico IQA è basata sull'assegnazione del valore assunto dal sottoindice peggiore secondo le seguenti principali motivazioni:

- è l'approccio più utilizzato in ambito internazionale;
- non crea troppe illusioni sul grado di scientificità dell'indice;
- è sufficiente che un sotto-indice sia sopra il limite di legge perché l'indice complessivo assuma un valore superiore a 100;
- è più facilmente utilizzabile in ambito previsionale.

La scala di valori dell'indice è stata scelta con una gradazione a step uniformi pari a 50 unità ed è composta da 5 classi. L'adozione di un numero limitato di classi è legata sia alle capacità previsionali dei modelli di previsione della qualità dell'aria (utilizzo di primaria importanza dell'indice), sia a scelte di natura comunicativa.

L'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV, come quello di ARPA Emilia Romagna, fa riferimento a 5 classi di giudizio a cui sono associati altrettanti cromatismi (vedi tabella di seguito) e viene calcolato in base ad indicatori di legge relativi a 3 inquinanti critici in Veneto:

- concentrazione media giornaliera di PM10;
- valore massimo orario di Biossido di azoto;
- valore massimo delle medie su 8 ore di Ozono.

Se la misura di uno dei tre inquinanti non risulta valida per un dato giorno, l'indice di qualità dell'aria non viene calcolato per quel giorno (n.d. non determinato).

Nella tabella vengono riportati i cromatismi e relativi giudizi legati all'indice di qualità dell'aria.

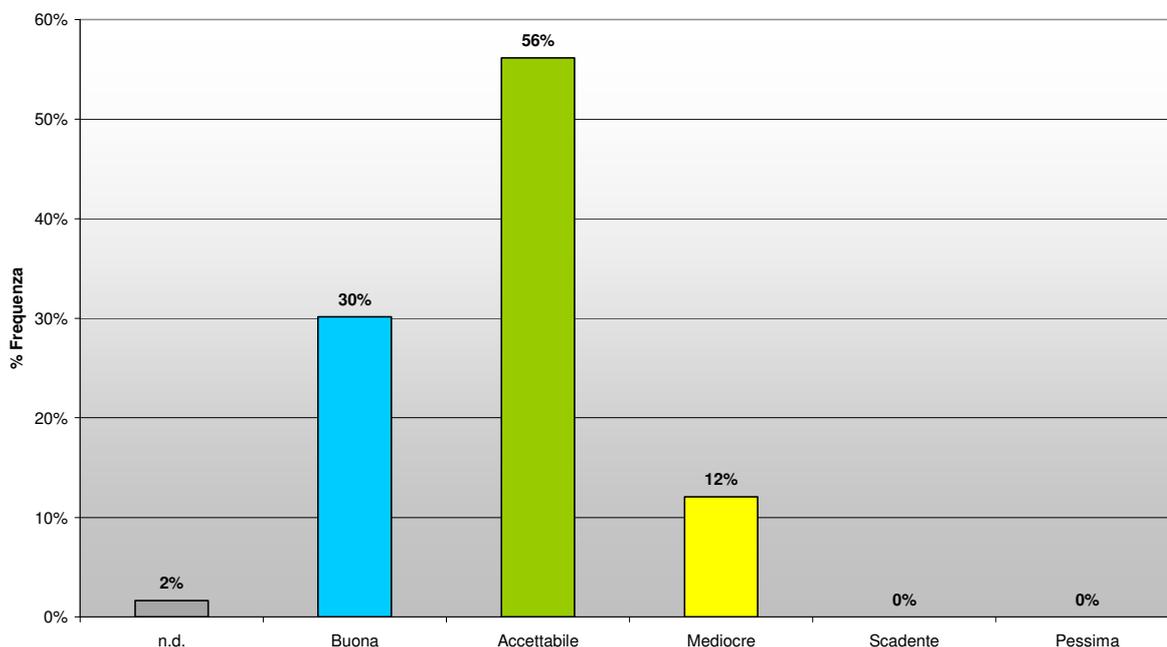
- | | |
|---|---------------------|
| • Cromatismi | • Qualità dell'aria |
| •  | • Buona |
| •  | • Accettabile |
| •  | • Mediocre |
| •  | • Scadente |
| •  | • Pessima |

L'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV è un indice cautelativo e cioè esprime un giudizio sulla qualità dell'aria basandosi sempre sullo stato del peggiore fra i tre inquinanti considerati.

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

Belluno anno 2013		
giudizio sintetico	Indice	IQA
	% di frequenza	n° giorni
buona	30.1%	110
accettabile	56.2%	205
mediocre	12.1%	44
scadente	0.0%	0
pessima	0.0%	0
Classe non determinata (N.D.)	1.6%	6

Indice di qualità dell'aria - Campagna di BELLUNO ANNO 2013



La valutazione della qualità dell'aria a Belluno attraverso l'applicazione dell'indice può dirsi soddisfacente. Oltre l' 85% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime due classi di qualità.

8 - Conclusioni

Come per gli anni passati, si evidenzia che il benzo(a)pirene e le polveri PM10 in inverno sono gli inquinanti maggiormente responsabili del degrado della qualità dell'aria. Rispetto al 2012 le concentrazioni medie di PM10 sono diminuite sia come numero di superamenti giornalieri sia come media annuale mentre per contro il benzo(a)pirene è rimasto invariato.

Per quanto riguarda il PM2,5 la concentrazione è risultata inferiore al limite annuale dei $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto a regime nel 2015 anche senza applicare il relativo margine di tolleranza.

Per il parametro ozono in estate si sono registrati alcuni superamenti della soglia di informazione alla popolazione ma nessuno della soglia d'allarme. Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della salute si sono registrati 39 superamenti dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore di media mobile giornaliera sulle otto ore.

Anidride solforosa, biossido di azoto e monossido di carbonio hanno invece rispettato i limiti di legge per l'esposizione acuta e cronica.

L'applicazione degli indici sintetici di qualità dell'aria adottato da ARPAV ha dato esiti soddisfacenti per la stazione di Belluno.

Come sintesi finale di valutazione dei dati è stata elaborata una scheda riassuntiva dello stato di qualità dell'aria nel comune di Belluno durante il monitoraggio in continuo effettuato nel 2013. Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo, il relativo giudizio sintetico.

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
Polveri (PM10)	D.Lgs. 155/10		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 previsto dalla normativa.
Ozono (O ₃)	D.Lgs. 155/10		Superamenti 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.

Legenda

Simbolo	Giudizio sintetico
	Positivo
	Intermedio
	Negativo
?	Informazioni incomplete o non sufficienti

L'Ufficio Reti
 - P.I. M. Simionato -
 - Dr. R. Tormen -



Visto
 Il Dirigente del Servizio Stato dell'Ambiente
 Dott.ssa Anna Favero




ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto
Direzione Generale
Via Matteotti, 27
35137 Padova
Italy
Tel. +39 049 823 93 01
Fax +39 049 660 966
E-mail: urp@arpa.veneto.it
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it