Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

Comune di Santo Stefano di Cadore

Piazzetta dell'Emigrante – Parco Medola
Periodo di attuazione:

11 gennaio – 10 aprile 2017

Relazione tecnica

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 dello Stato e Supporto Operativo

p.i. M. Simionato
dr. R. Tormen

Redatto da: Ufficio Monitoraggio dello Stato e Supporto Operativo - Ufficio Attività Tecniche e Specialistiche

Si ringrazia per il supporto fornito:

- **Dipartimento Regionale Laboratori - Servizio Laboratorio di Venezia**
- **Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio Servizio Centro Meteorologico di Teolo: Unità Operativa Meteorologia, Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale dr.ssa Maria Sansone**

Belluno settembre 2017

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

INTRODUZIONE **4**

1 - Obiettivi specifici delle campagne di monitoraggio **4**

2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione **5**

3 - Contestualizzazione meteo climatica **7**

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento **10**

4.1 Inquinanti monitorati **10**

4.2 Normativa di riferimento **15**

5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi **18**

6 - Efficienza di campionamento **19**

7 - Analisi dei dati rilevati **19**

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati **21**

8 – Riepilogo dei monitoraggi svolti dal 2008 al 2017 ..... **33**

9 - Valutazione attraverso gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria **34**

9.1 Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria) applicato al monitoraggio eseguito a Santo Stefano di Cadore Piazzetta dell'Emigrante **36**

10 - Conclusioni **37**

ALLEGATO1: GLOSSARIO **39**

INTRODUZIONE

Il dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno, nell'ambito di una serie di indagini svolte sul territorio provinciale, su richiesta del comune di Santo Stefano di Cadore, ha effettuato un monitoraggio della qualità dell'aria in una zona centrale del paese presso la Piazzetta dell'Emigrante e in una zona periferica rispetto al centro dello stesso comune, presso il Parco Medola. Vengono inoltre considerati i risultati dei monitoraggi effettuati nelle medesime posizioni negli anni precedenti. Il controllo della qualità dell'aria è stato effettuato utilizzando contemporaneamente due mezzi mobili e si è svolto per un lasso di tempo di circa tre mesi.

1 - Obiettivi specifici delle campagne di monitoraggio

Il presente studio illustra in modo sintetico i risultati rilevati del monitoraggio sulla qualità del'aria in due punti distinti del Comune di Santo Stefano di Cadore, in riferimento ai limiti di legge vigenti e ne offre una breve rappresentazione grafica, per meglio evidenziare l'andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.
Considerata la stagionalità dell'andamento delle concentrazioni di molti inquinanti e l'importanza delle condizioni meteo-climatiche sull'accumulo delle sostanze inquinanti, le campagne di misura mediante laboratorio mobile sono generalmente ripetute in due diversi periodi dell'anno (semestre estivo/semestre invernale). La valutazione congiunta dei due periodi di monitoraggio consente di determinare un migliore giudizio della situazione ambientale, proprio in considerazione delle diverse condizioni di rimescolamento che si instaurano nella troposfera nel corso dell'anno. In questo caso il lungo periodo di indagine ha potuto coprire diversi periodi stagionali.
Per il monitoraggio sono stati utilizzati due laboratori mobili attrezzati con specifiche apparecchiature aventi le caratteristiche tecnico analitiche di seguito descritte.

Mezzo mobile 1 (Piazzetta dell'Emigrante)

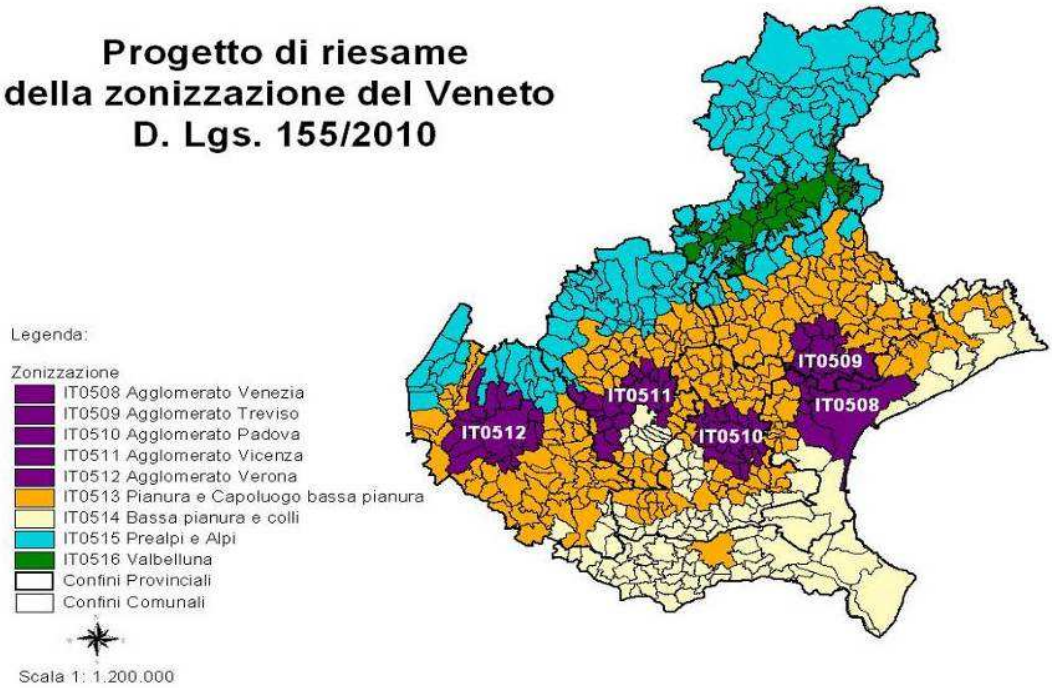
- Polveri (PM10)
- Monossido di carbonio (CO)
- Ossidi d'azoto, in particolare biossido d'azoto (NO_2)
- Biossido di zolfo (SO_2)
- Ozono (O_3)
- Benzene (C_6H_6)
- Benzo(a)Pirene ($C_{20}H_{12}$)

Mezzo mobile 2 (Parco Medola)

- Polveri (PM10)
- Ozono (O_3)
- Benzene (C_6H_6)
- Benzo(a)Pirene ($C_{20}H_{12}$)

2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione

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.

I siti di indagine sono individuati dalle seguenti coordinate geografiche: sito in località Piazzetta dell'Emigrante - GBO 1772082; 5162141; sito in loc. Parco Medola - GBO 1771857; 5161688. Entrambe le postazioni ricadono nella zona Prealpi e Alpi (IT0515). Il monitoraggio si è svolto nel periodo 11 gennaio - 10 aprile 2017 per la Piazzetta dell'Emigrante mentre al Parco Medola dal 11 gennaio al 3 aprile 2017.

Figura 1.1: posizionamento dei mezzi mobili a Santo Stefano di Cadore

Figura 1.2: localizzazione del comune di Santo Stefano di Cadore in provincia di Belluno

3 - Contestualizzazione meteo climatica

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 0.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti;
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 0.5 m/s e 1.5 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 1.5 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono stati individuati in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati.

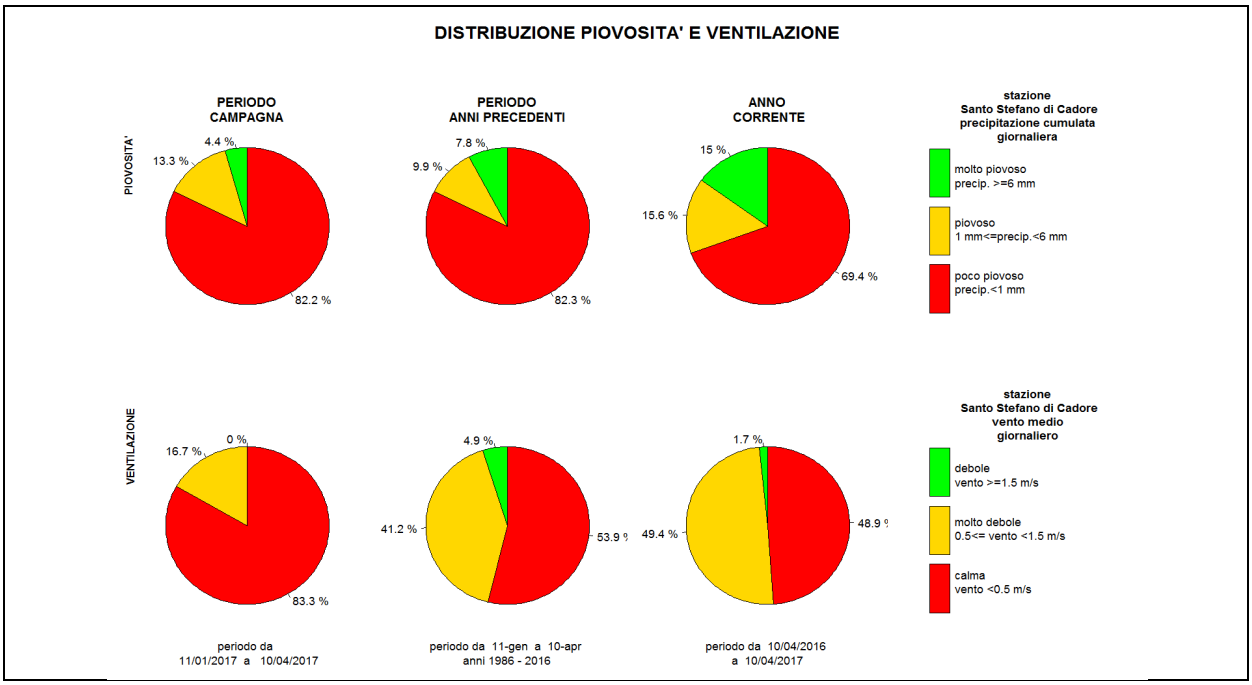


Figura 2: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Per descrivere la situazione meteorologica si sono utilizzati i dati della stazione meteorologica ARPAV di Santo Stefano di Cadore (codice 58 - BL). Tale stazione è rappresentativa per le precipitazioni e l'intensità del vento, ma potrebbe essere non del tutto significativa per la direzione del vento, a causa della complessità del territorio orografico circostante. Inoltre, presso tale stazione, la quota di misura del vento, tra il 16 e il 17 novembre 2015, è stata portata da 5 m a 10 m; quindi, per effettuare il confronto su dati il più possibile omogenei, l'intensità del vento misurata a quota 5 m è stata ricalcolata alla quota di 10 m mediante una formula logaritmica.

In **Figura** 2 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Santo Stefano di Cadore, in tre periodi:

- 11 gennaio -10 aprile 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 11 gennaio - 10 aprile dall'anno 1986 all'anno 2016 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 10 aprile 2016 - 10 aprile 2017 (ANNO CORRENTE).
-

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- la distribuzione dei giorni in base alla piovosità è simile a quella dello stesso periodo degli anni precedenti, mentre rispetto all'anno corrente sono più frequenti i giorni poco piovosi;
- i giorni con calma di vento sono ben più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.

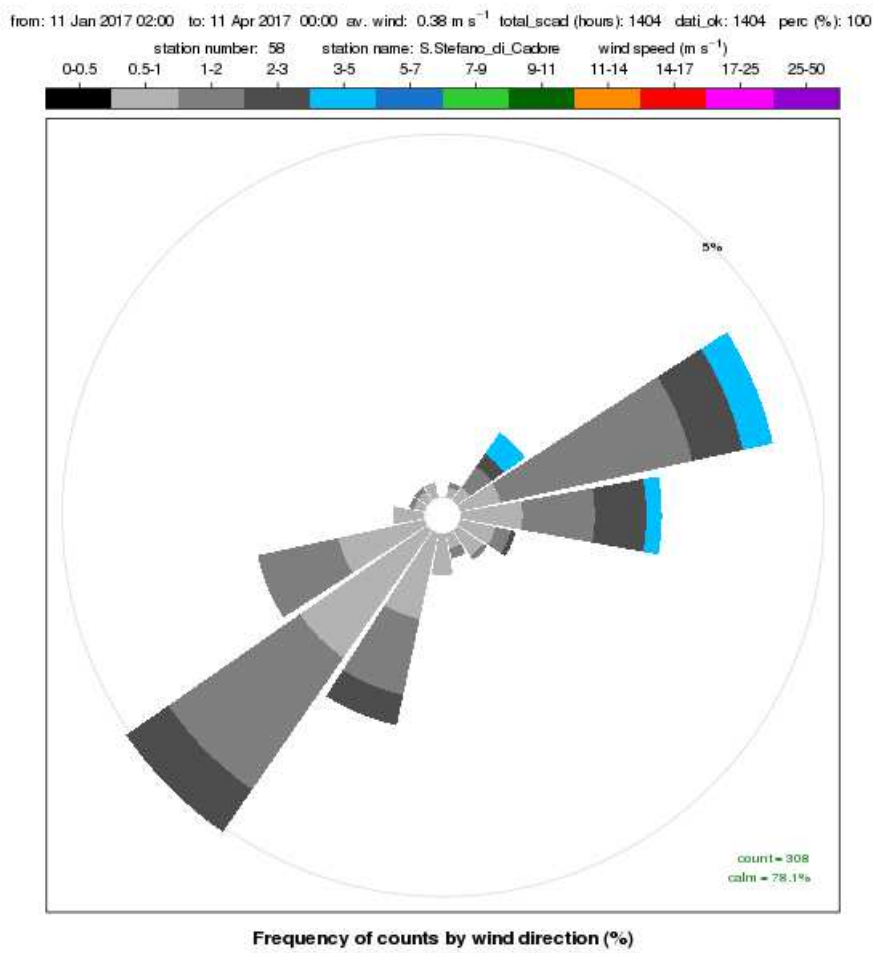


Figura 3: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Santo Stefano di Cadore nel periodo 11 gennaio -10 aprile 2017

In Figura 3 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Santo Stefano di Cadore durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che prevalente è la percentuale delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s), che è stata pari a circa 78% dei casi, mentre la direzione di provenienza del vento relativamente più popolata è sud-ovest (circa 5% dei casi), seguita da est-nordest (circa 4%). La velocità media del vento è stata pari a circa 0.4 m/s. Si fa presente che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire leggermente da quello dei siti di svolgimento della campagna di misura.

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

4.1 Inquinanti monitorati

La stazione rilocabile installata nella Piazzetta dell'Emigrante è dotata di analizzatori in continuo per la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente e più precisamente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO_2), biossido di azoto (NO_2), monossido e ossidi di azoto (NO - NOX), ozono (O_3), benzene (C_6H_6), polveri (PM10).
La stazione rilocabile installata al Parco Medola è dotata di analizzatore in continuo per la misura dell'ozono (O_3) e di campionatori in continuo per i parametri benzene (C_6H_6) e polveri (PM10).
In entrambi i casi, contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati inviati al nostro laboratorio di riferimento alcuni campioni di polveri PM10 per la successiva determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici IPA.

Materiale particolato - Polveri (PM10)

Il termine materiale particolato ("particulate matter", PM) viene impiegato per indicare l'insieme delle particelle disperse in atmosfera, la cui composizione e le cui caratteristiche chimico-fisiche possono variare a seconda del processo che le ha generate e delle trasformazioni subite durante la loro permanenza in atmosfera.

In funzione dell'origine, è possibile distinguere particelle primarie e secondarie: le prime sono emesse come tali da diverse sorgenti naturali ed antropiche, mentre le seconde derivano da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera.

Importanti sorgenti naturali sono ad esempio l'erosione del suolo e il risollevamento delle polveri ad opera degli agenti atmosferici, gli incendi boschivi, l'aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.), le emissioni vulcaniche e l'aerosol marino. Le più rilevanti sorgenti antropiche sono invece i processi di combustione, le emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale) o da altri macchinari e veicoli (mezzi di cantiere e agricoli, aeroplani, treni, ecc.), le attività di costruzione e demolizione, i processi industriali, ecc.

La dimensione delle particelle in atmosfera può variare di alcuni ordini di grandezza e gioca un ruolo molto importante sia per quanto riguarda il tempo di residenza e la mobilità delle stesse in atmosfera, sia dal punto di vista degli effetti sulla salute. La loro permanenza in atmosfera è comunque fortemente condizionata anche dagli agenti atmosferici; le particelle più piccole possono rimanere in sospensione per molto tempo ed essere trasportate per lunghe distanze, le più grossolane restano sospese per tempi più brevi.

Dalla dimensione delle particelle dipende la loro capacità di penetrare nelle vie respiratorie. In funzione di tale capacità, si distinguono tre frazioni:

frazione inalabile: include tutte le particelle che riescono ad entrare dalle narici e dalla bocca;

frazione toracica: comprende le particelle che riescono a passare attraverso la laringe e ad entrare nei polmoni durante l'inalazione, raggiungendo la regione tracheo-bronchiale (inclusa la trachea e le vie cigliate);

frazione respirabile: include le particelle sufficientemente piccole in grado di raggiungere la regione alveolare, incluse le vie aeree non cigliate e i sacchi alveolari.

In generale, quanto più piccole sono le particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nell'apparato respiratorio e dunque di produrre effetti dannosi sulla salute.

Di recente la IARC (International Agency for Research on Cancer) ha inserito l'inquinamento atmosferico e le polveri sottili nel gruppo 1 (cancerogeni per l'uomo).

Le frazioni dimensionali del particolato attualmente di interesse a livello legislativo sono il PM10 e il PM2.5, ovvero le particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 µm e a 2.5 µm, rispettivamente.

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

Gli IPA sono una classe numerosa di composti organici la cui struttura è caratterizzata dalla fusione di due o più anelli aromatici, ed hanno origine principalmente dalla combustione incompleta e dalla pirolisi di materiale organico. La loro presenza nell'ambiente è legata sia a sorgenti naturali sia ad attività antropiche, ma nelle zone altamente antropizzate le principali fonti sono il riscaldamento domestico che utilizza combustibili solidi quali carbone o biomassa (legna), il traffico veicolare ed i processi di combustione industriale. In particolare, il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi. A causa di queste fonti numerose e diffuse, gli IPA sono ubiquitari e si ritrovano in tutti i comparti ambientali, dove sono presenti come classe e non come singoli composti.

Essi sono presenti in aria sia in fase gassosa, sia adsorbiti al particolato. La ripartizione tra fase gassosa e fase solida è regolata da una serie di fattori; gli IPA più leggeri (2-3 anelli aromatici) si trovano soprattutto nella fase gassosa, mentre quelli più pesanti sono principalmente associati al particolato.

La loro concentrazione ed il loro destino nell'ambiente dipendono da molteplici fattori, tra i quali il tipo di sorgente e la sua vicinanza al luogo di campionamento, l'orografia del territorio e le condizioni meteorologiche. In atmosfera possono, inoltre, subire processi di foto-degradazione e reagire con altri inquinanti.

La loro diffusione e le comprovate proprietà cancerogene e mutagene di alcuni di questi composti hanno fatto assumere agli IPA grande rilevanza dal punto di vista sanitario. Poiché è stato evidenziato che la relazione tra il benzo(a)pirene - B(a)P - e gli altri IPA è relativamente stabile, la concentrazione di B(a)P viene utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali. La sua inclusione da parte della IARC nella lista delle sostanze del I gruppo (cancerogeno per l'uomo) rende lo studio di questo inquinante particolarmente importante per gli aspetti sanitari. Il D.Lgs. 155/2010 ha fissato per questo inquinante la concentrazione di 1 ng/m^3, quale valore obiettivo ambientale come media annuale per la qualità dell'aria.

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 (NO_2)

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 (NO_2) 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 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 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:
$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ (1)
seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:
$O + O_2 \rightarrow O_3$ (2)

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:

$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$ (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 di 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 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.

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 che 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 di 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.
Lo IARC classifica il benzene come sostanza cancerogena per l'uomo di classe I.

Tabella 1.1: **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 risollevamento
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

4.2 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 PM2,5, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nelle Tabelle 1.2 e 1.3 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 1.4 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della vegetazione.

Tabella 1.2**: 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
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 1.3**: 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	
O_3	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	
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	
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 1.4**: 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	
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

* 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, allestiti a bordo delle stazioni rilocabili, 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). La determinazione del particolato inalabile PM10 è stata realizzata nel sito della Piazzetta dell'Emigrante con analizzatore in continuo (mediante principio di misura ad attenuazione di raggi beta), che utilizza filtri da 47 mm di diametro in nitrato di cellulosa e cicli di prelievo di 24 ore. Mentre al Parco Medola il campionamento del particolato inalabile PM10 è stato determinato per via gravimetrica su filtri in quarzo da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore.
Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al Benzo(a)Pirene) sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in nitrato di cellulosa e o quarzo, rispettivamente mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008" e per i filtri in quarzo, determinazione gravimetrica con metodo "UNI EN 12341:2014".

Le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite seguendo frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'allegato I al D.Lgs. 155/2010.
La determinazione del benzene al Parco Medola è stata effettuata attraverso campionamento di 24 ore su fiale di carbone attivo con successivo desorbimento termico e analisi gas-cromatografica.

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 zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1 ottobre - 31 marzo) ed in quello estivo (1 aprile - 30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.
Anche per gli IPA e per gli altri metalli la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.
In relazione a quanto sopraesposto, nel corso della campagna di monitoraggio svolta a Santo Stefano per la Piazzetta dell'Emigrante è stata raggiunta una resa per i parametri monitorati in continuo di circa il 91% con un grado di copertura del 22%.
Pel il Parco Medola la resa per i parametri monitorati in continuo è stata di circa il 90% con un grado di copertura del 21%.

7 - Analisi dei dati rilevati

In questo paragrafo vengono presentati i risultati ottenuti da ogni inquinante monitorato in relazione ai limiti e ai valori obiettivo previsti dalla normativa e dando un cenno al loro andamento stagionale. L'analisi in forma grafica viene riportata nel sottoparagrafo 7.1.

PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE

Polveri PM10: sono stati rilevati 14 superamenti del limite giornaliero di esposizione di 50 µg/m^3 (sono consentiti dal D.Lgs 152/10 35 superamenti giornalieri nell'anno solare). Il dato massimo è stato di 85 µg/m^3. Il valore medio del periodo è stato di 36 µg/m^3, al di sotto del limite annuale di 40 µg/m^3.

Ozono: non si sono registrati superamenti del limite di informazione alla popolazione di 180 µg/m^3, e quindi nemmeno di quello di allarme di 240 µg/m^3. Il dato massimo orario rilevato è stato di 109 µg/m^3.

Benzene: il valore medio dei dati giornalieri di benzene, di 5,1 µg/m^3, si è attestato leggermente al di sopra del limite annuale fissato in 5 µg/m^3.

Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati nel periodo di monitoraggio è stata di 14,5 ng/m^3 che indica su base annua il superamento dell'obiettivo annuale fissato in 1 ng/m^3.

Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 37 µg/m^3, da confrontarsi col limite di 350 µg/m^3.

Biossido di azoto: le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato nel periodo di monitoraggio è stato di 106 µg/m^3, da confrontarsi con un limite orario di 200 µg/m^3 da non superare più di 18 volte all'anno. Il dato medio del periodo è stato di µg/m^3, inferiore al limite annuale per la protezione della salute umana fissato in 40 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 periodo di campionamento è stata di 2,6 mg/m^3, a fronte di un limite massimo di 10 mg/m^3.

PARCO MEDOLA

Polveri PM10: nel periodo di monitoraggio si è registrato un solo superamento del limite giornaliero di esposizione di 50 µg/m^3 sui 35 consentiti dalla legge nell'anno solare; il valore massimo registrato è stato di 54 µg/m^3 mentre la media dell'intero periodo di monitoraggio si è attestata a 19 µg/m^3, al di sotto del valore limite annuale di 40 µg/m^3.

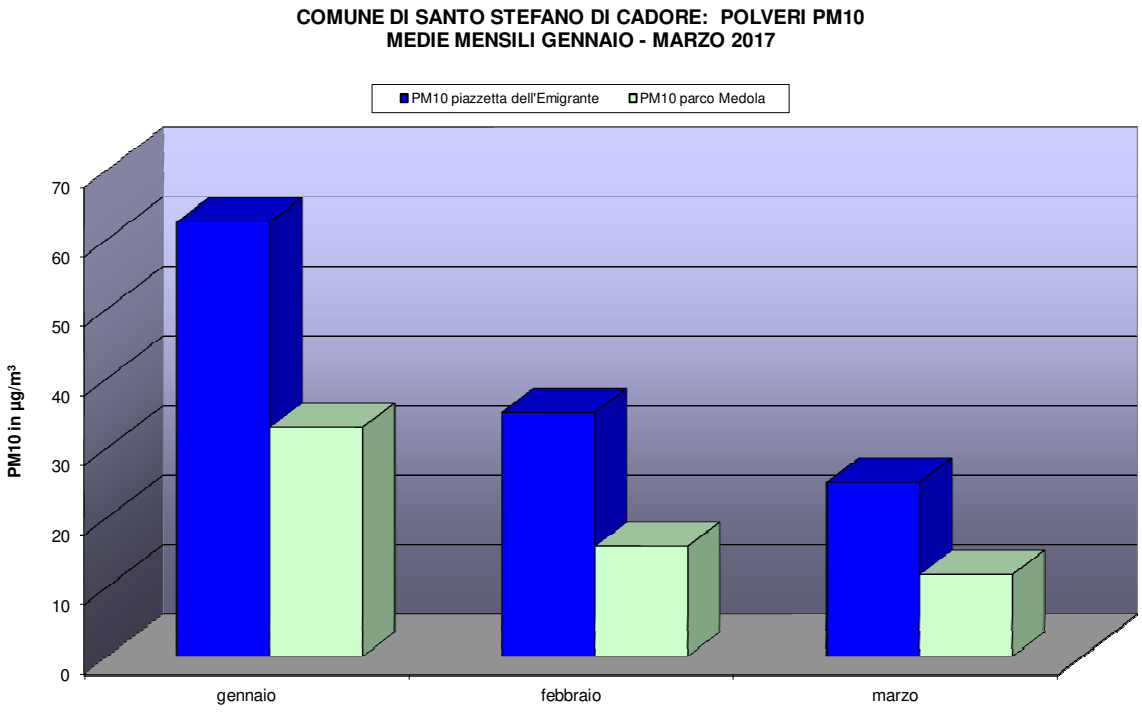
Ozono: non si sono registrati superamenti del limite di informazione alla popolazione di 180 µg/m^3, e quindi nemmeno di quello di allarme di 240 µg/m^3. Il dato massimo orario rilevato è stato di 115 µg/m^3.

Benzene: Il valore medio dei dati giornalieri di benzene, di 2,1 µg/m^3, si è mantenuto abbondantemente al di sotto del limite annuale fissato in 5 µg/m^3.

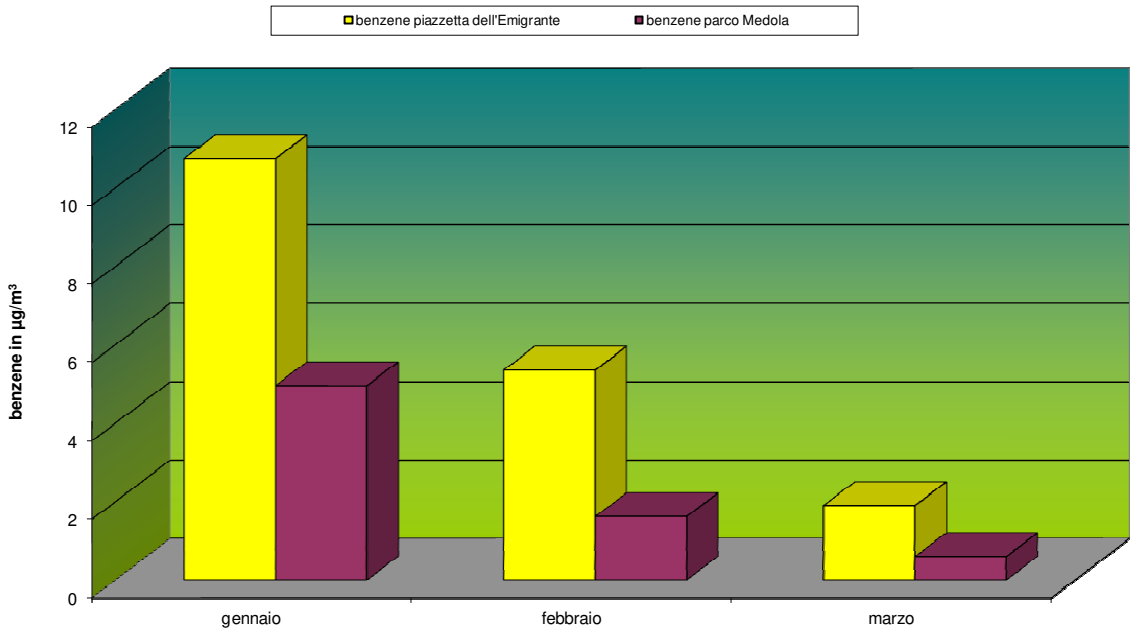
Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati nel periodo di monitoraggio è stata di 7,6 ng/m^3 che indica su base annua il superamento dell'obiettivo annuale fissato in 1 ng/m^3.

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

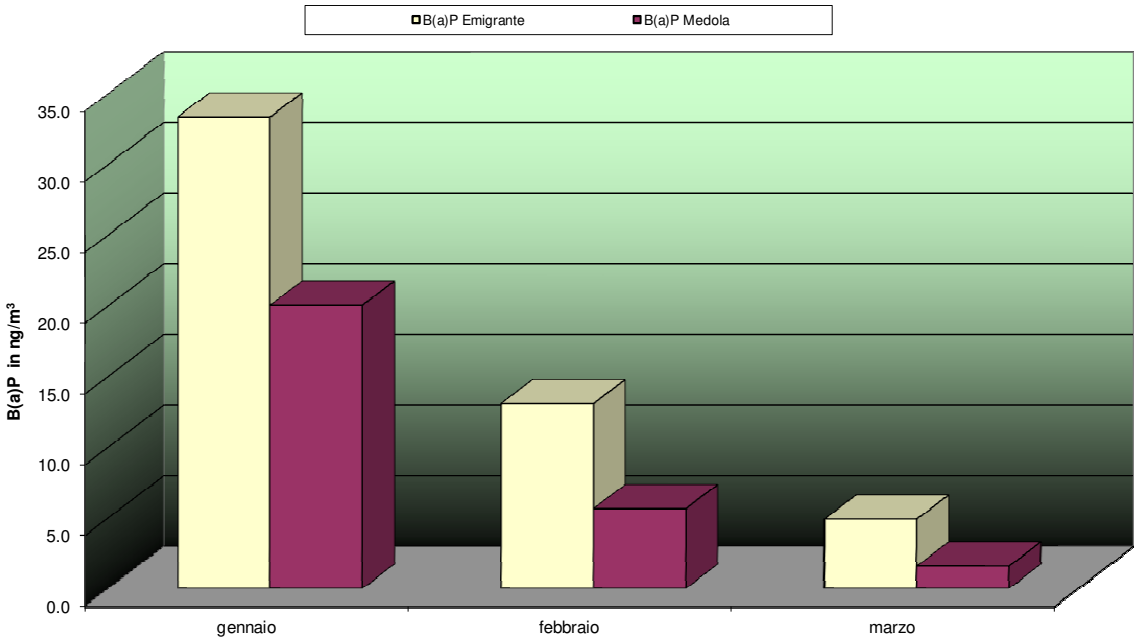
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati.
Il grafici mensili di PM10, benzene, Benzo(a)Pirene, monossido di carbonio, biossido di azoto e anidride solforosa mostrano una drastica riduzione delle concentrazioni al cambiare della stagione in ragione di un migliore rimescolamento atmosferico. Come di consueto fa eccezione il grafico dell'ozono, la cui concentrazione aumenta col progredire della bella stagione in ragione dell'aumento della radiazione solare globale.
Il confronto fra i livelli monitorati nei due siti evidenzia concentrazioni molto più elevate di PM10, benzene e Benzo(a)Pirene nel centro del paese (Piazzetta dell'Emigrante).



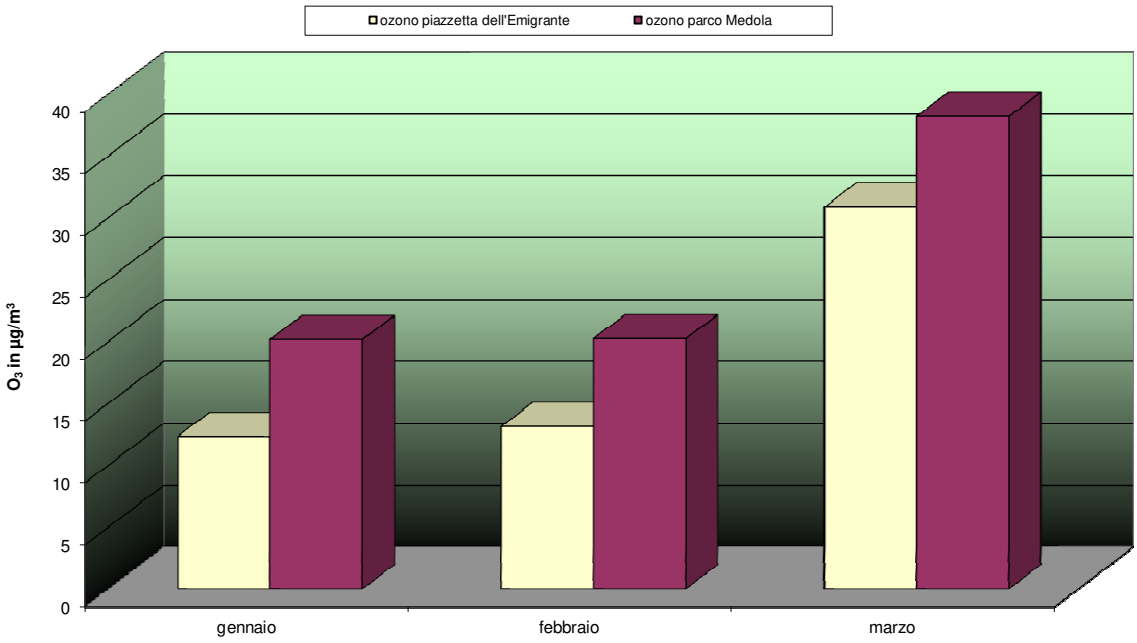
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: BENZENE (C_6H_6)
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017



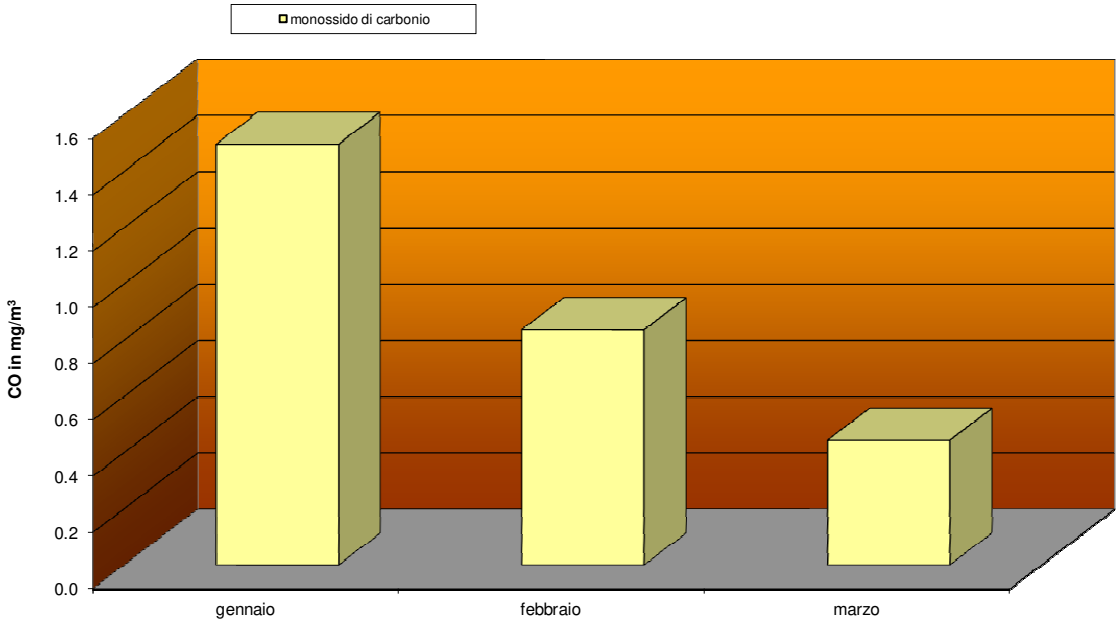
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: BENZO(a)PIRENE
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017



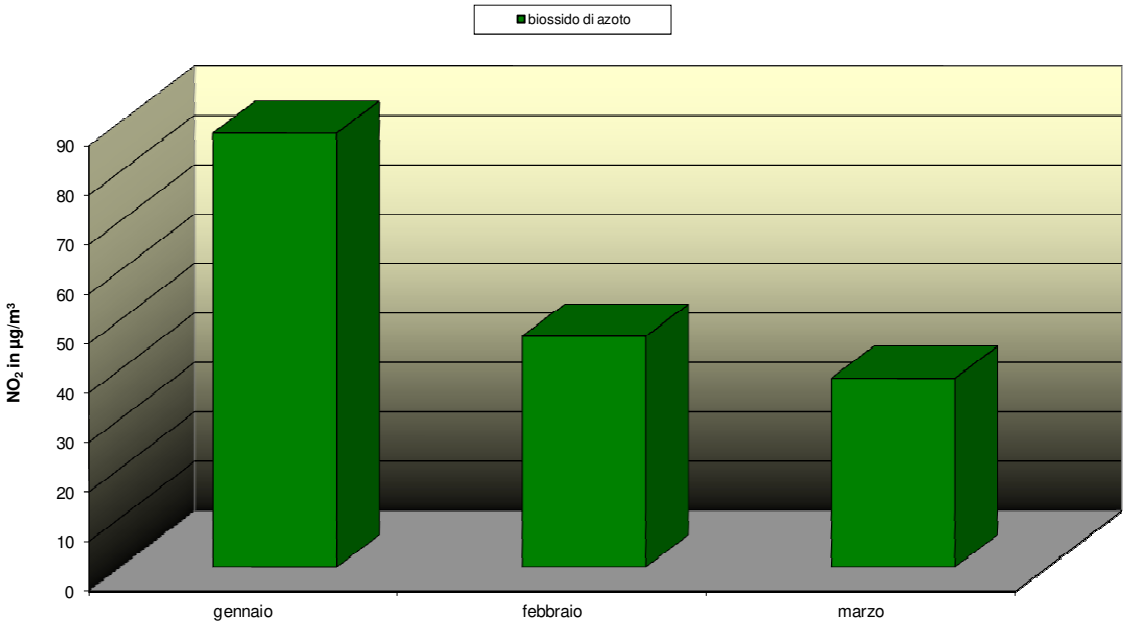
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: OZONO (O_3)
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017



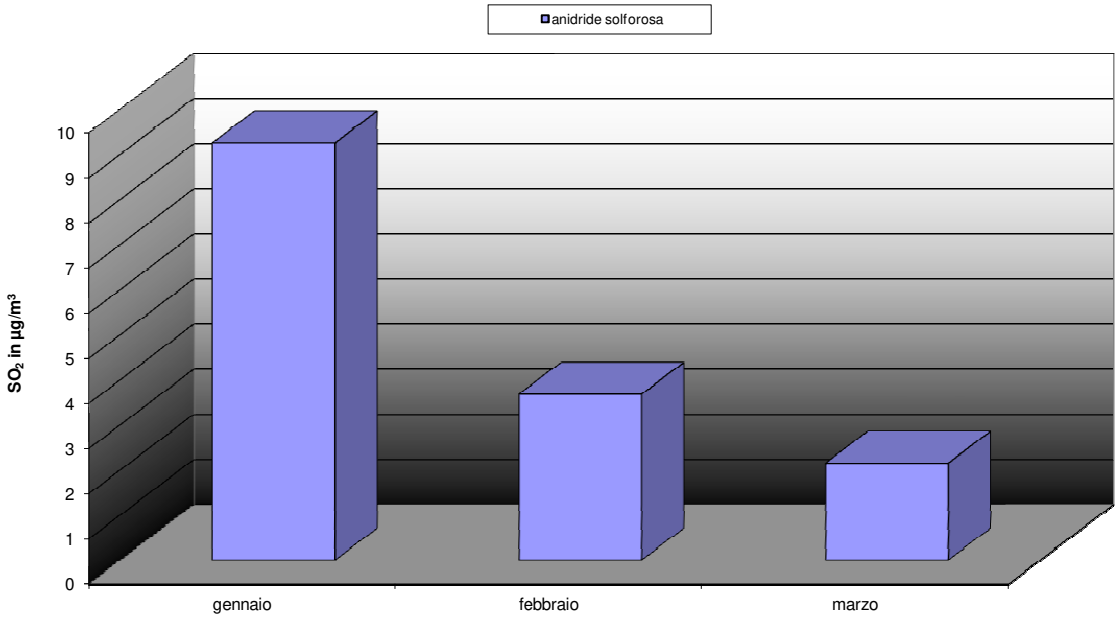
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017

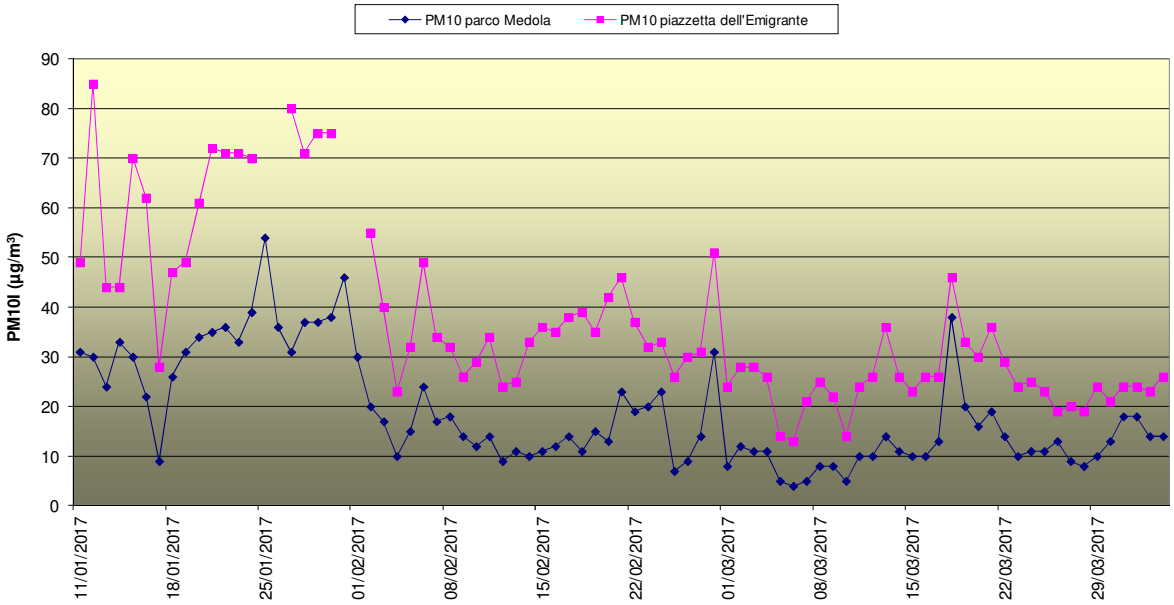


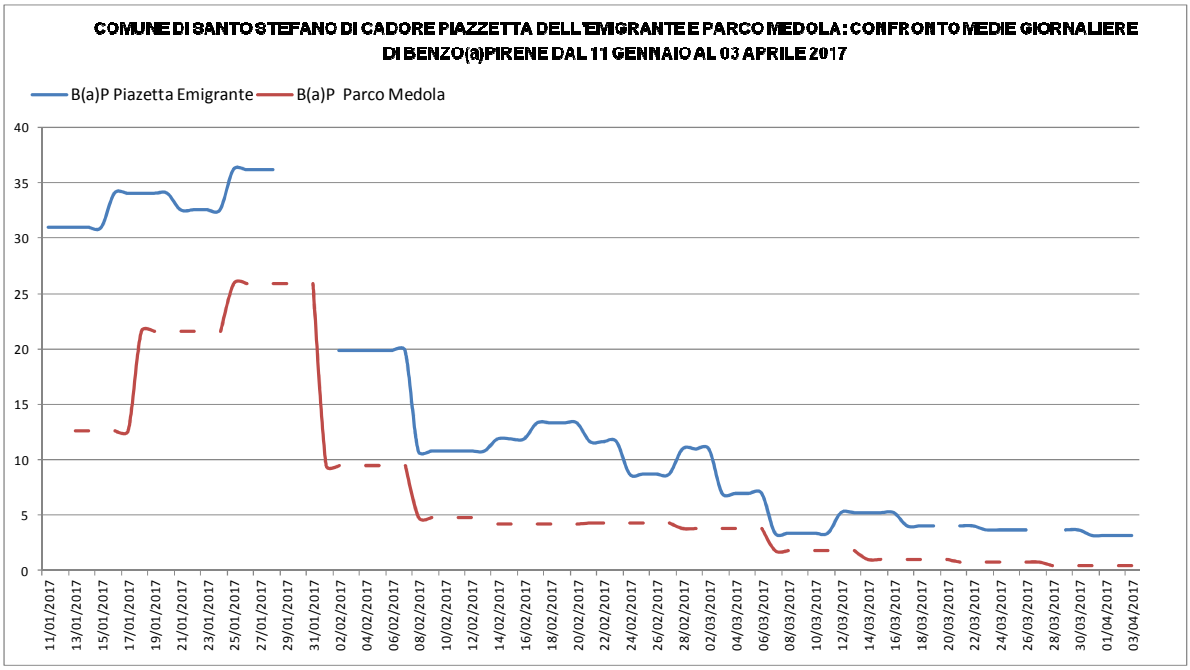
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
MEDIE MENSILI GENNAIO - MARZO 2017



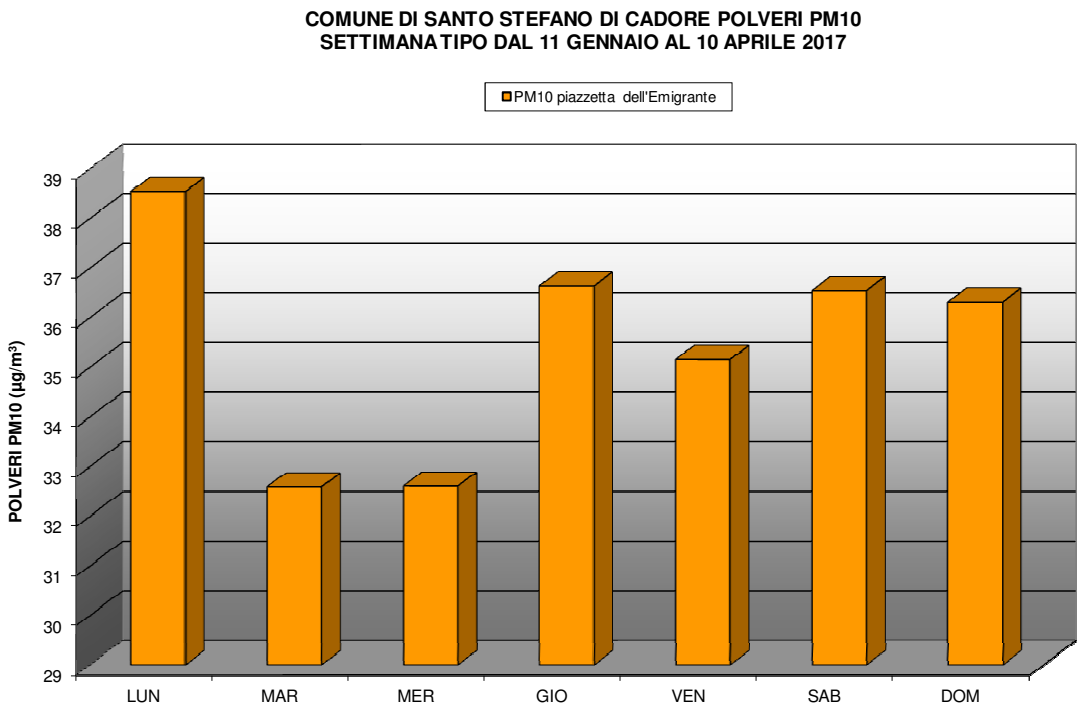
Nei seguenti grafici viene rappresentato l'andamento giornaliero dei parametri PM10 e Benzo(a)Pirene nei due siti di monitoraggio. Entrambi i parametri presentano un andamento stagionale tipico, con valori molto alti nel periodo invernale che poi diminuiscono in modo abbastanza repentino verso la buona stagione, grazie all'aumentato fattore di rimescolamento atmosferico. Tra i due siti, nonostante la cadenza della misurazione del Benzo(a)Pirene non quotidiana, esiste una buona correlazione con concentrazioni degli inquinanti sempre più elevate presso la Piazzetta dell'Emigrante.

COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: PM10 PARCO MEDOLA - PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE. MEDIE GIORNALIERE GENNAIO - APRILE 2017



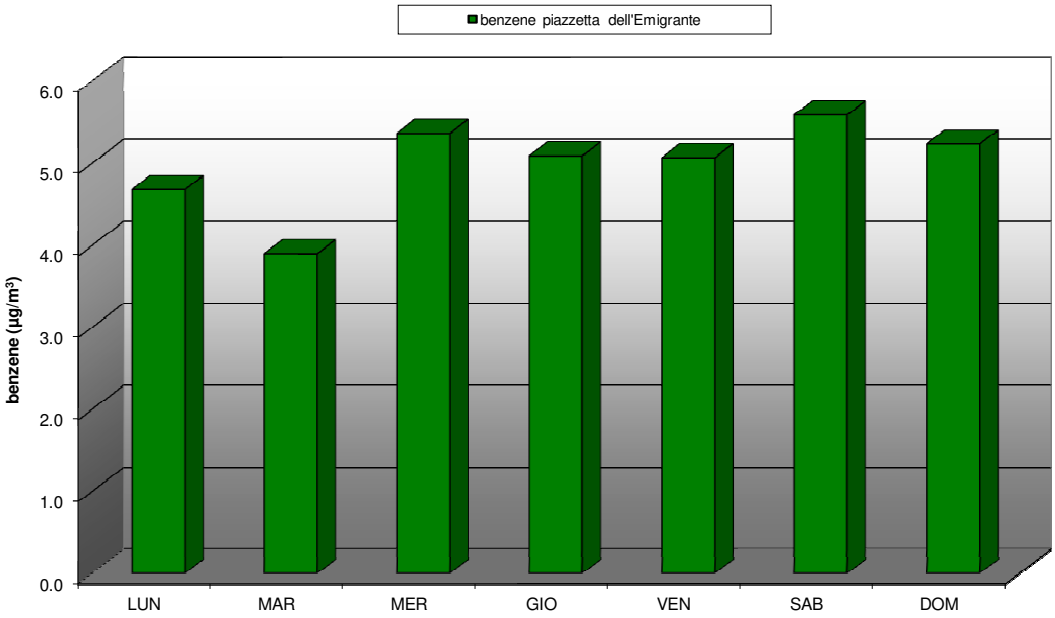


La base dati è stata quindi analizzata in modo da ottenere una settimana tipo, per verificare in quali giorni si sono riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti. Nella prima serie di grafici vengono rappresentati gli andamenti settimanali e giornalieri degli inquinanti monitorati del sito di Piazzetta dell'Emigrante.



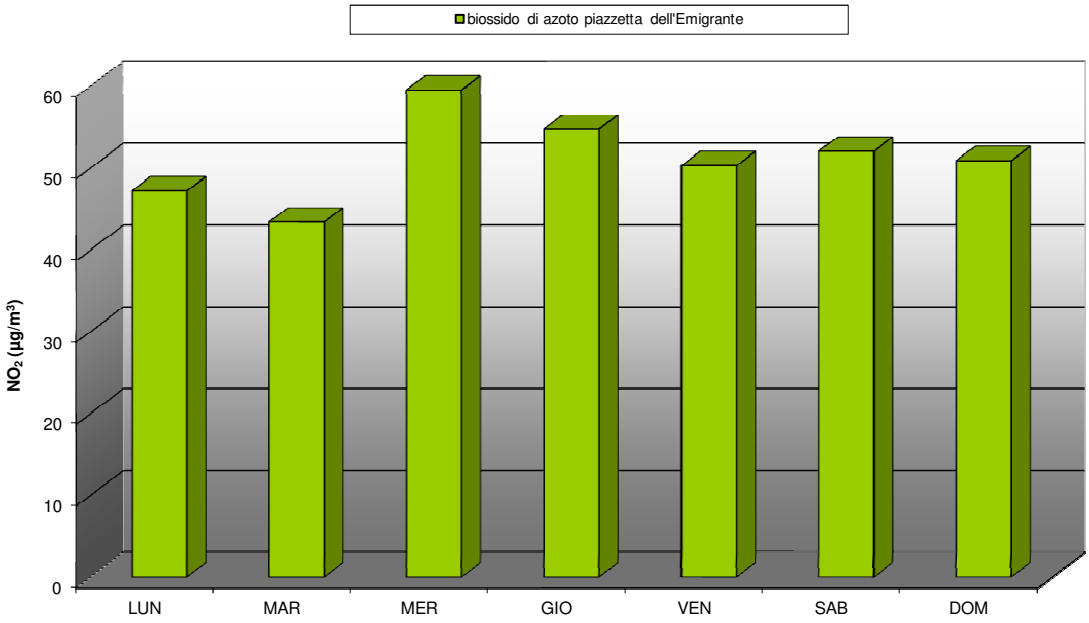
L'andamento delle polveri PM10 evidenzia concentrazioni con due minimi relativi nelle giornate di martedì e mercoledì.

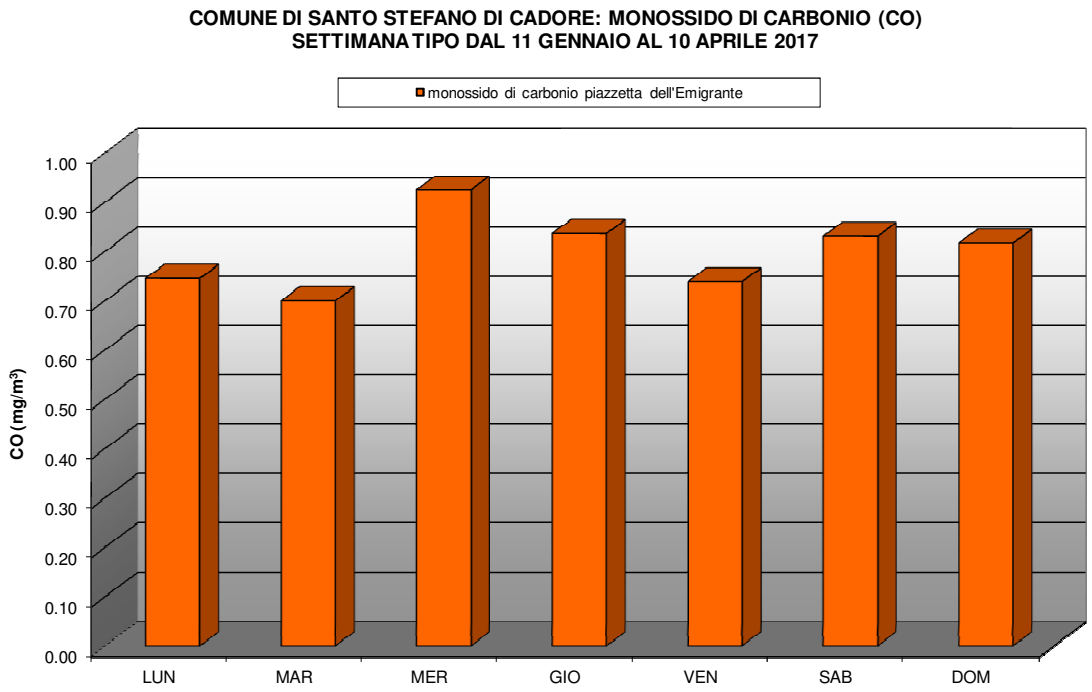
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: BENZENE (C_6H_6)
SETTIMANA TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017



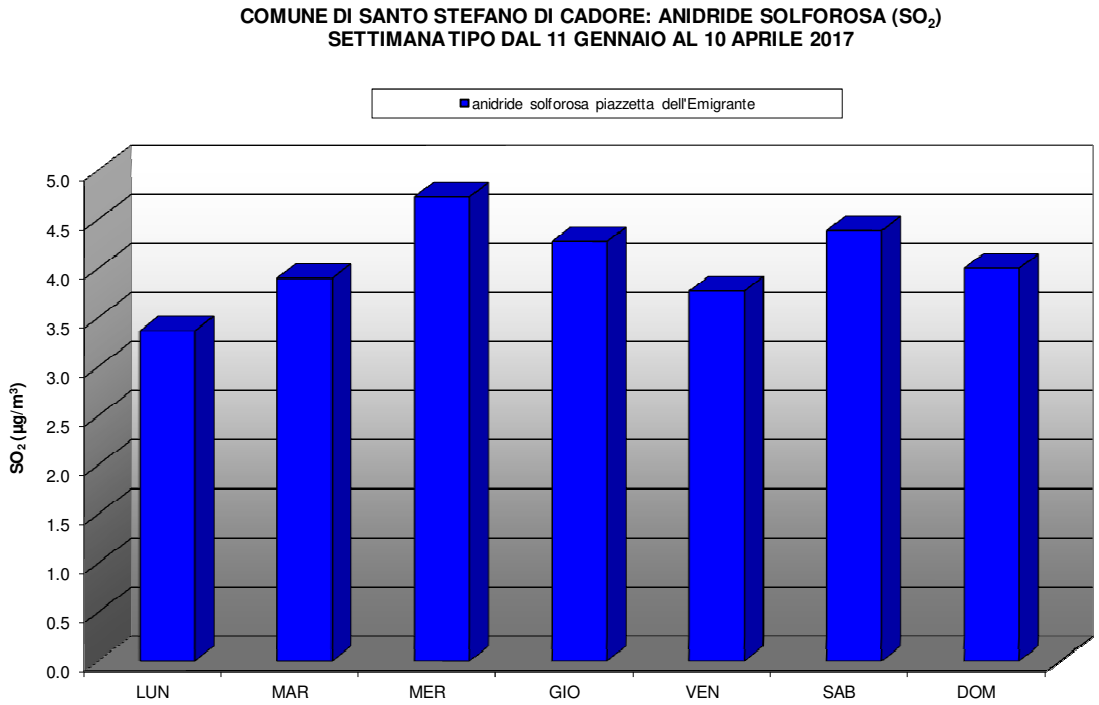
Il benzene presenta valori medi con leggeri scostamenti nel corso del periodo settimanale e un minimo relativo nella giornata di martedì.

COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE: BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
SETTIMANA TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017





Gli andamenti settimanali del biossido d'azoto e del monossido di carbonio si mantengono su valori di concentrazioni poco variabili, con un leggero calo nella giornata di martedì.

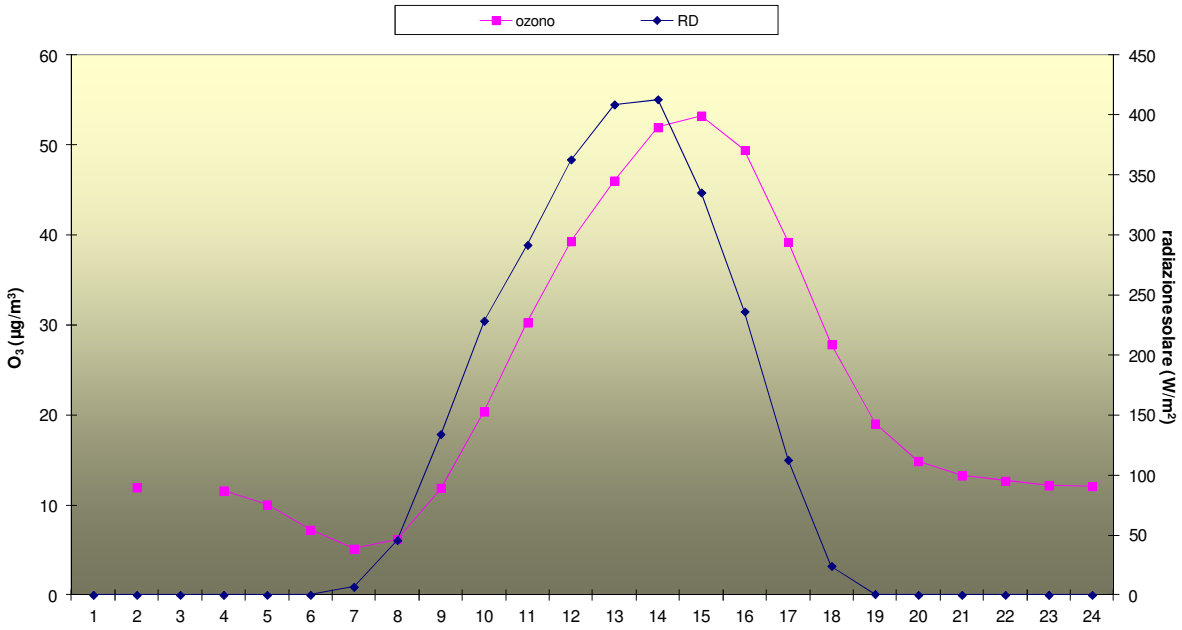


L'anidride solforosa presenta concentrazioni poco significative con un minimo relativo nella giornata di lunedì.

Nei seguenti diagrammi viene infine rappresentato il giorno tipo, per verificare l'andamento giornaliero degli inquinanti monitorati in continuo ed evidenziare così le

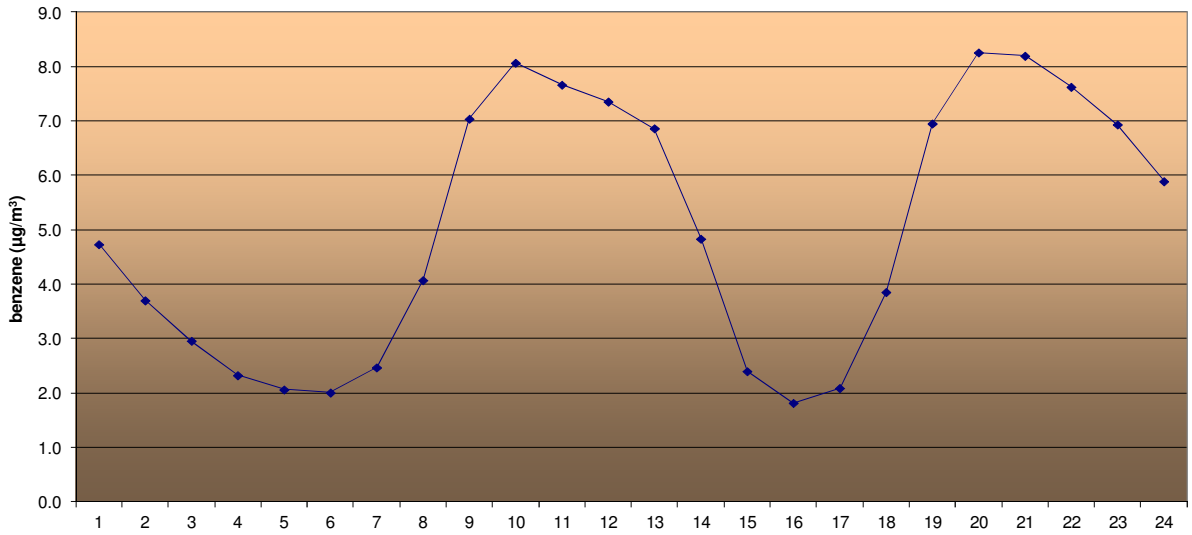
fasce orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione nella linea dei grafici è dovuta alla mancanza del dato per il processo di taratura quotidiana dello strumento.

COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: GIORNO MEDIO OZONO (O_3) E RADIAZIONE SOLARE GIORNO TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017

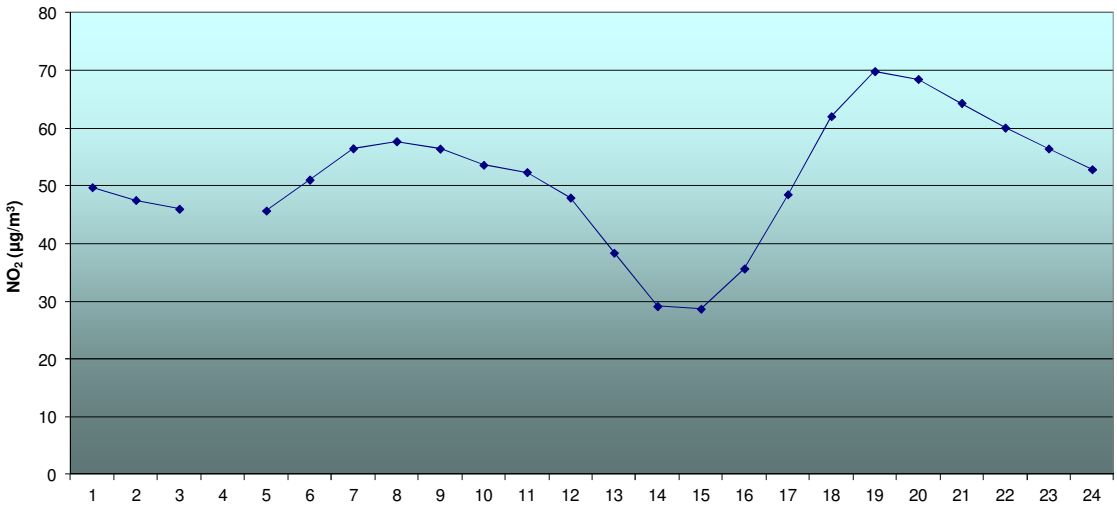


L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare. Infatti il picco della radiazione solare (tracciato blu) precede di un paio d'ore quello dell'ozono e presenta le massime concentrazioni a metà pomeriggio.

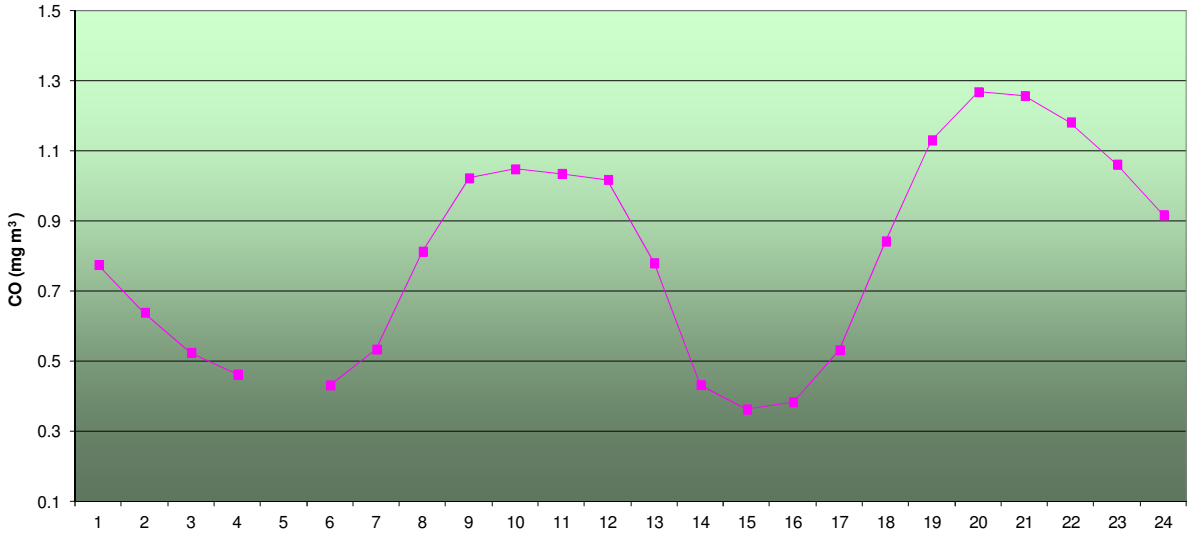
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: BENZENE (C_6H_6) GIORNO TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017



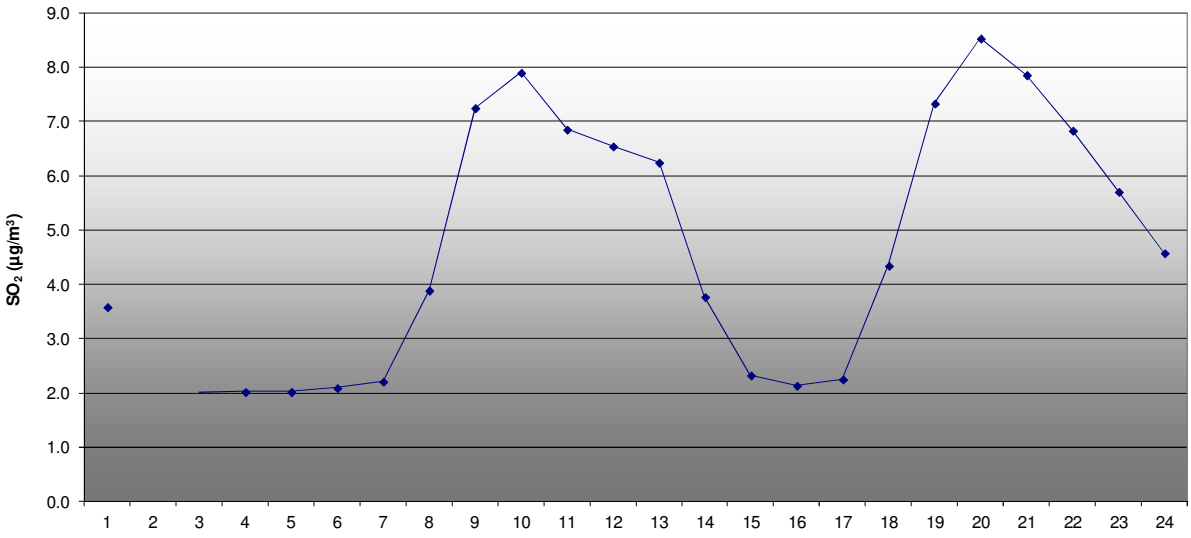
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
GIORNO TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
GIORNO TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017



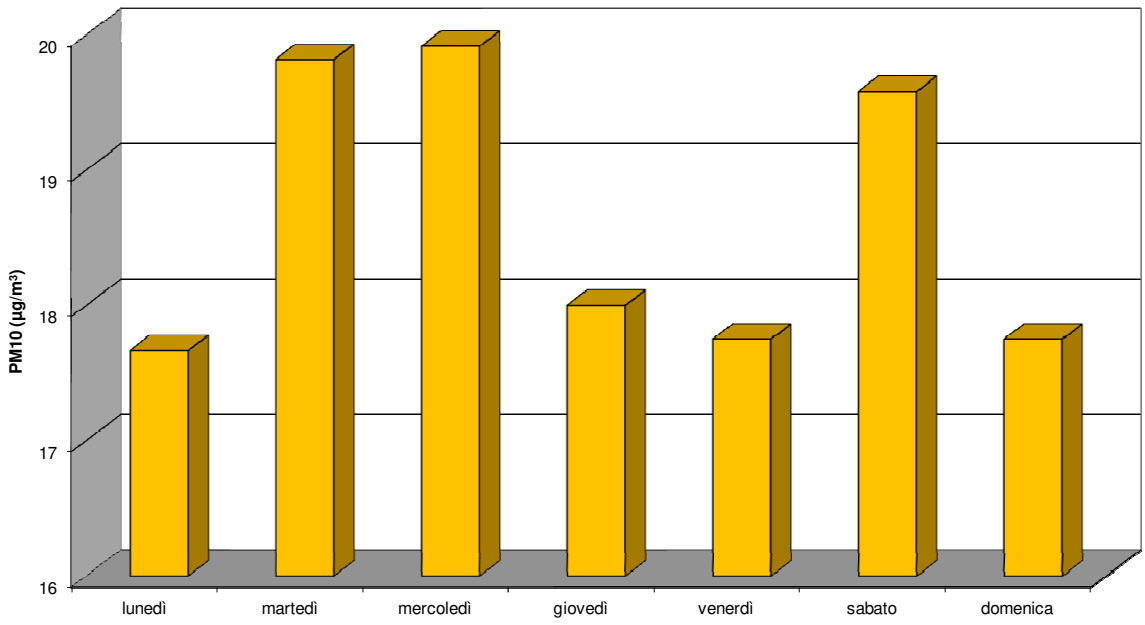
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE PIAZZETTA DELL'EMIGRANTE: ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
GIORNO TIPO DAL 11 GENNAIO AL 10 APRILE 2017

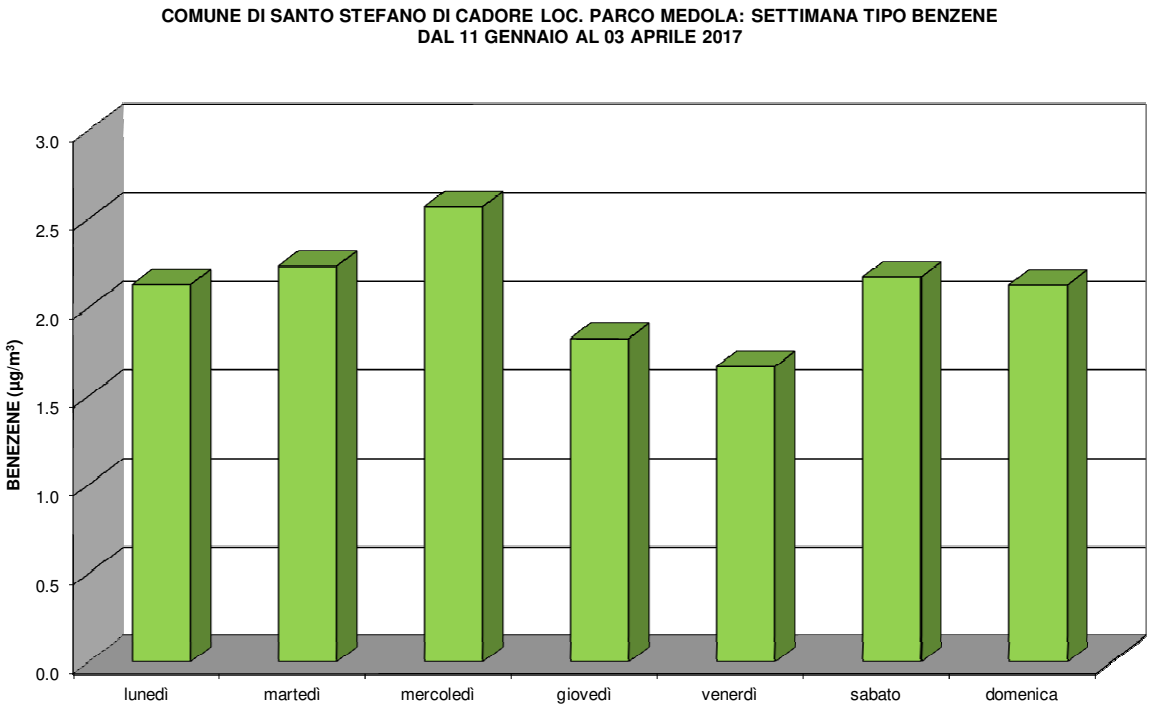


Gli andamenti giornalieri di benzene, biossido d'azoto, monossido di carbonio e anidride solforosa presentano un picco relativo in mattinata ed uno alla sera.
Non è stato possibile effettuare questo tipo di elaborazioni per il PM10 in quanto lo strumento fornisce solamente le medie giornaliere come previsto dalla normativa.

Vengono di seguito presentate le elaborazioni relative alla stazione di Parco Medola. per i parametri PM10 e benzene.

COMUNE DI SANTO STEFANO DI CADORE LOC. PARCO MEDOLA: SETTIMANA TIPO POLVERI PM10
DAL 11 GENNAIO AL 03 APRILE 2017





Nel caso di PM10 e benzene si ha un massimo relativo nella giornata di mercoledì con un andamento più costante nel caso del benzene,

8 – Riepilogo dei monitoraggi svolti dal 2008 al 2017

Nelle tabelle che seguono si riporta il riepilogo dei risultati ottenuti per i parametri polveri PM10, benzene e Benzo(a)Pirene nei due siti di monitoraggio dal 2008 al 2017. Le polveri sono state misurate in entrambi i siti in tutte le campagne. I mezzi tecnici a disposizione hanno consentito la misurazione in entrambi i siti del benzene dal 2010 e del Benzo(a)Pirene dal 2016.

			Polveri PM10
Piazzetta dell'Emigrante	23 gennaio - 2 giugno 2008	Media (µg/m^3)	**27**
		n° superamenti	**11**
		n° dati	109
		% superamenti	10.1
	14 gennaio - 22 giugno 2010	Media (µg/m^3)	**28**
		n° superamenti	**23**
		n° dati	155
		% superamenti	18.1
	9 marzo - 9 maggio 2016	Media (µg/m^3)	**20**
		n° superamenti	**1**
		n° dati	57
		% superamenti	1.7
	11 gennaio - 10 aprile 2017	Media (µg/m^3)	**36**
		n° superamenti	**14**
		n° dati	84
		% superamenti	16.6
Parco Medola	23 gennaio - 2 giugno 2008	Media (µg/m^3)	**13**
		n° superamenti	**1**
		n° dati	124
		% superamenti	0.8
	14 gennaio - 22 giugno 2010	Media (µg/m^3)	**17**
		n° superamenti	**1**
		n° dati	156
		% superamenti	0.6
	11 gennaio - 3 aprile 2017	Media (µg/m^3)	**19**
		n° superamenti	**1**
		n° dati	83
		% superamenti	1.2

			Benzo(a)Pirene
Piazzetta dell'Emigrante	9 marzo - 9 maggio 2016	Media (ng/m^3)	**3.2**
		n° dati	39
	11 gennaio - 10 aprile 2017	Media (ng/m^3)	**14.5**
		n° dati	76
Parco Medola	23 gennaio - 2 giugno 2008	Media (ng/m^3)	**1.9**
		n° dati	54
	14 gennaio - 22 giugno 2010	Media (ng/m^3)	**3.3**
		n° dati	108
	11 gennaio - 3 aprile 2017	Media (ng/m^3)	**7.6**
		n° dati	59

			Benzene
Piazzetta dell'Emigrante	23 gennaio - 2 giugno 2008	Media (µg/m^3)	**3.2**
		n° dati	122
	14 gennaio - 22 giugno 2010	Media (µg/m^3)	**3.1**
		n° dati	159
	11 gennaio - 10 aprile 2017	Media (µg/m^3)	**5.1**
		n° dati	79
Parco Medola	14 gennaio - 22 giugno 2010	Media (µg/m^3)	**0.8**
		n° dati	155
	11 gennaio - 3 aprile 2017	Media (µg/m^3)	**2.1**
		n° dati	74

I dati misurati a Santo Stefano di Cadore confermano le maggiori criticità presenti nella zona centrale del paese rispetto a quella periferica.

9 - Valutazione attraverso 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 (NO_2), l'ozono (O_3), il biossido di zolfo (SO_2), 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'NO_2 e l'O_3 che tra gli inquinanti con effetti a breve termine sono quelli che in regione presentano le maggiori criticità, escludendo invece il CO e l'SO_2 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:

$Ip = Cp / Lp \times 100$	p = sottoindice per l'inquinante p Cp = concentrazione dell'inquinante p Lp = valore di riferimento dell'inquinante p

I livelli di riferimento per la standardizzazione sono i seguenti:
- PM10: media giornaliera. Valore di riferimento: 50 $\mu g/m^3$.
- O_3: 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 $\mu g/m^3$.
- NO_2: valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: 200 $\mu g/m^3$.

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:

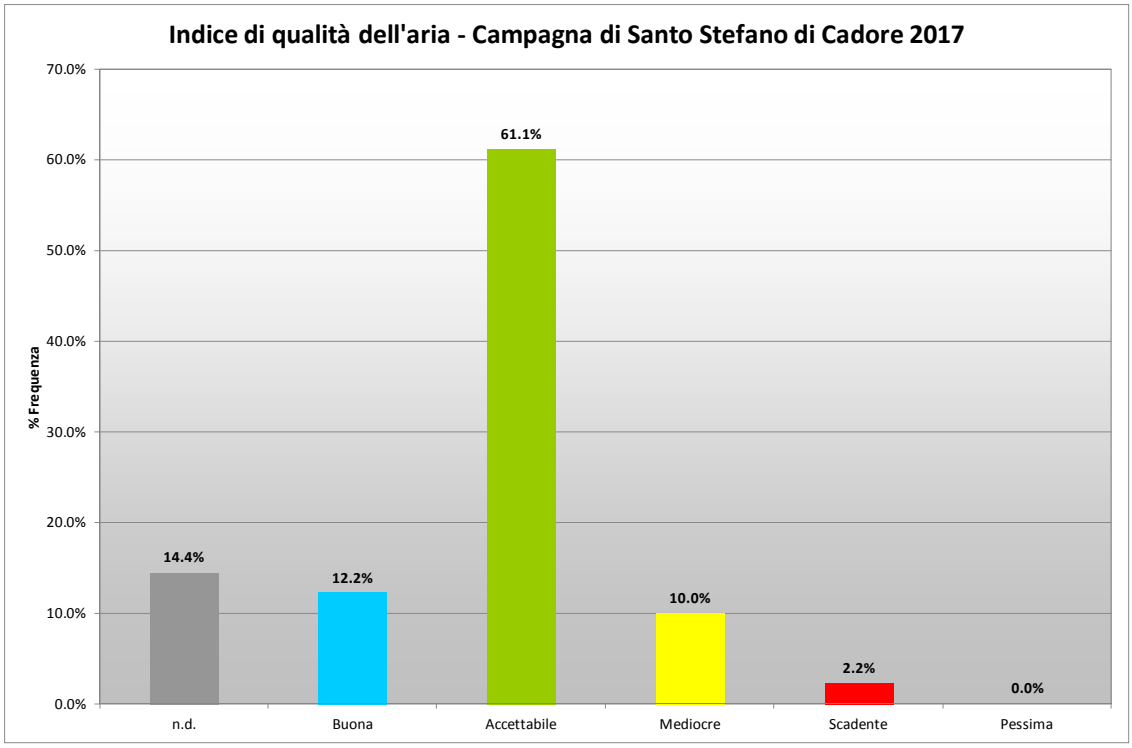
- concentrazione media giornaliera di PM10;
- valore massimo orario di Biossido di azoto;
- valore massimo delle medie su 8 ore di Ozono.

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. Poiché i livelli di riferimento sono relativi ai parametri PM10, ozono e biossido di azoto è stato possibile calcolare l'indice solo per la posizione di Piazzetta dell'Emigrante.

9.1 Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria) applicato al monitoraggio eseguito a Santo Stefano di Cadore Piazzetta dell'Emigrante.



Santo Stefano di Cadore periodo gennaio aprile 2017		
giudizio sintetico	Indice IQA	
	% di frequenza	n° giorni
buona	12.2	11
accettabile	61.1	55
mediocre	10.0	9
scadente	2.2	2
pessima	0.0	0
Classe non determinata (N.D.)	14.4	13

L'applicazione dell'indice IQA a Santo Stefano di Cadore – Piazzetta dell'Emigrante, limitatamente ai parametri polveri PM10, ozono e biossido di azoto che lo compongono, può dirsi abbastanza soddisfacente. Il 73% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime due classi di qualità, per contro si evidenzia che il 12% delle giornate sono ascrivibili alle classi mediocre e scadente.

10 - Conclusioni

Il monitoraggio effettuato a Santo Stefano di Cadore in una zona centrale del paese (Piazzetta dell'Emigrante) e in una zona più periferica rispetto al centro (Parco Medola) ha rilevato, nei primi mesi dell'anno, criticità per il parametro Benzo(a)Pirene e, nella sola Piazzetta dell'Emigrante, anche per le polveri PM10 e il benzene. Questa analisi della qualità dell'aria conferma quanto rilevato dai precedenti monitoraggi effettuati negli anni 2008, 2010 e 2016, evidenziando maggiori criticità nella zona centrale del paese rispetto a quella periferica.
Per il parametro Benzo(a)Pirene le medie del periodo registrano concentrazioni molto al di sopra dell'obiettivo di qualità annuale, soprattutto nel sito di Piazzetta dell'Emigrante. In questo sito per le polveri PM10 sono stati rilevati 14 superamenti del limite giornaliero di esposizione di 50 µg/m^3 con un valore medio del periodo di 36 µg/m^3, al di sotto del limite annuale di 40 µg/m^3. Per il benzene è stata rilevata una concentrazione media del periodo di monitoraggio di 5,1 µg/m^3, leggermente superiore al valore del limite annuale fissato in 5 µg/m^3.
Anidride solforosa, monossido di carbonio, biossido d'azoto e ozono si sono sempre mantenuti al di sotto dei limiti di legge per l'esposizione sia acuta sia cronica. Dall'analisi dei dati meteorologici di questa campagna di misura risulta che il periodo invernale è stato caratterizzato da scarsissimo rimescolamento atmosferico con giorni con calma di vento molto più frequenti rispetto agli anni precedenti, contribuendo a determinare una ancora più scarsa dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti.
La valutazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA), limitatamente ai parametri che lo compongono, applicabile solo per la posizione di Piazzetta dell'Emigrante, può dirsi abbastanza soddisfacente.

Come sintesi finale di valutazione dei dati è stata elaborata una scheda riassuntiva dello stato di qualità dell'aria riferita ai periodi di monitoraggio e a tutti i parametri rilevati per ciascun sito.
Nella scheda sono riportati i parametri misurati e il relativo giudizio sintetico riferito ai limiti previsti dal D.Lgs.155/2010.

Piazzetta dell'Emigrante

Polveri (PM10)	😐	*Superamenti del valore limite giornaliero. Concentrazione media del periodo leggermente inferiore al limite annuale.*
Ozono (O_3)	☺	*Nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione prevista dalla normativa.*
Biossido di azoto (NO_2)	☺	*Concentrazione inferiore al limite previsto dalla normativa.*
Monossido di carbonio (CO)	☺	*Concentrazione ampiamente inferiore al limite previsto dalla normativa.*
Anidride solforosa (SO_2)	☺	*Concentrazione media ampiamente inferiore al valore limite previsto dalla normativa*
Benzene (C_6H_6)	😐	*Concentrazione media leggermente superiore al valore limite annuale previsto dalla normativa.*
Benzo(a)Pirene (IPA)	☹	*Concentrazione media del periodo molto superiore al valore di obiettivo annuale previsto dalla normativa*

Parco Medola

Polveri (PM10)	😐	*Un superamento del valore limite giornaliero. Concentrazione media del periodo inferiore al limite annuale.*
Ozono (O_3)	☺	*Nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione prevista dalla normativa.*
Benzene (C_6H_6)	☺	*Concentrazione media inferiore al limite annuale previsto dalla normativa.*
Benzo(a)Pirene (IPA)	☹	*Concentrazione media del periodo superiore al valore di obiettivo annuale previsto dalla normativa*

	Giudizio sintetico
☺	Positivo
😐	Intermedio
☹	Negativo

ALLEGATO1: GLOSSARIO

Agglomerato:
zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente: 1) una popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure 2) una popolazione inferiore a 250.000 abitanti e una densità di popolazione per km^2 superiore a 3.000 abitanti.

AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)
espresso in ($\mu g/m^3$)*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 $\mu g/m^3$) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

Inquinante
Qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.

Margine di tolleranza:
Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal D.Lgs. 155/2010.

Media mobile (su 8 ore)
La media mobile su 8 ore è una media calcolata sui dati orari scegliendo un intervallo di 8 ore; ogni ora l'intervallo viene aggiornato e, di conseguenza, ricalcolata la media. Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale l'intervallo di 8 ore si conclude. Ad esempio, il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso. La media mobile su 8 ore massima

Obiettivo a lungo termine
Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente

Soglia di allarme
livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Soglia di informazione
livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste.

Sorgente (inquinante)
Fonte da cui ha origine l'emissione della sostanza inquinante. Può essere naturale (acque, sole, foreste) o antropica (infrastrutture e servizi). A seconda della quantità di inquinante emessa e delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, diffusa, lineare.

Valore limite
Livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.

Valore obiettivo
Concentrazione nell'aria ambiente stabilita al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente, il cui raggiungimento, entro un dato termine, deve essere perseguito mediante tutte le misure che non comportino costi sproporzionati.

Zonizzazione
Suddivisione del territorio in aree a diversa criticità relativamente all'inquinamento atmosferico, realizzata in conformità al D.Lgs. 155/2010.

ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto
Direzione Generale
Via Ospedale Civile 24
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