Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Regione del Veneto

Relazione annuale della qualità dell'aria

Comune di Santo Stefano di Cadore

Piazzetta dell'Emigrante
Periodo di attuazione:

anno 2018

Relazione tecnica

ARPAV
Commissario Straordinario
Riccardo Guolo

Dipartimento Provinciale di Belluno
Anna Favero

Progetto e realizzazione
Servizio Monitoraggio e Valutazioni

Antonella Bortoluzzi

Massimo Simionato

Riccardo Tormen

Stefania Ganz

Con la collaborazione di:

Dipartimento Regionale Laboratori - Servizio Laboratorio di Venezia

Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio - Servizio Centro Meteorologico di Teolo - Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale

Maria Sansone

Belluno luglio 2019

NOTA: è consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

INDICE

1 – Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio..... 4

2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione 4

3 - Contestualizzazione meteo climatica..... 8

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento 11

4.1 Inquinanti monitorati..... 11

4.2 Normativa di riferimento 15

5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite 16

6 - Efficienza di campionamento 17

7 - Analisi dei dati rilevati..... 17

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati 18

8 - Conclusioni 21

ALLEGATO 1: GLOSSARIO 22

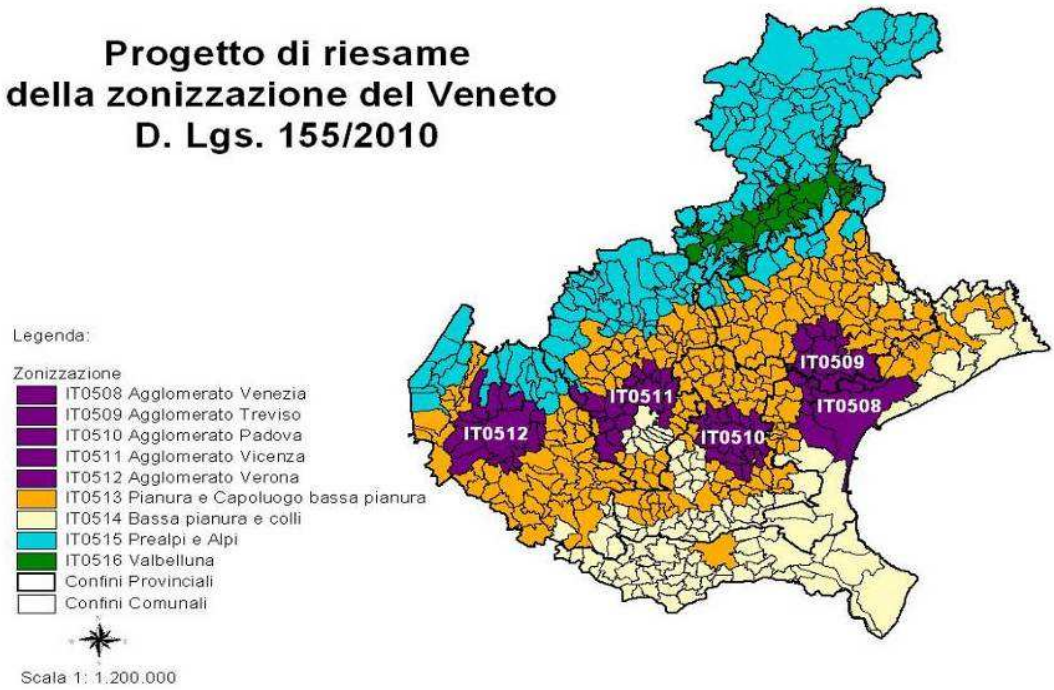
ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI 24

1 – Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio

Nel corso degli anni, il dipartimento ARPAV di Belluno ha svolto una serie di indagini sulla qualità dell'aria in diversi punti del territorio comunale di Santo Stefano di Cadore. Alla luce di quanto emerso da questi monitoraggi, della durata di qualche mese, su richiesta del Sindaco di Santo Stefano, ARPAV ha effettuato un monitoraggio durato un intero anno, nella zona centrale del paese, in Piazzetta dell'Emigrante, dove si erano in precedenza riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti PM10 e Benzo(a)Pirene. Allo scopo, è stato impiegato un laboratorio mobile appositamente attrezzato.
Questa relazione illustra in modo sintetico i risultati del monitoraggio, anche in riferimento ai limiti di legge vigenti, e ne offre una breve rappresentazione grafica che meglio rappresenta l' andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.

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 per rispettare tutti i requisiti richiesti dall'appendice I al D.Lgs. 155/2010, riconducibili principalmente alle caratteristiche orografiche e meteo climatiche, al carico emissivo e 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, ai fini dell'omogeneizzazione e integrazione delle diverse zone a livello sovra-regionale.
La nuova zonizzazione del Veneto è stata quindi approvata con delibera di 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.

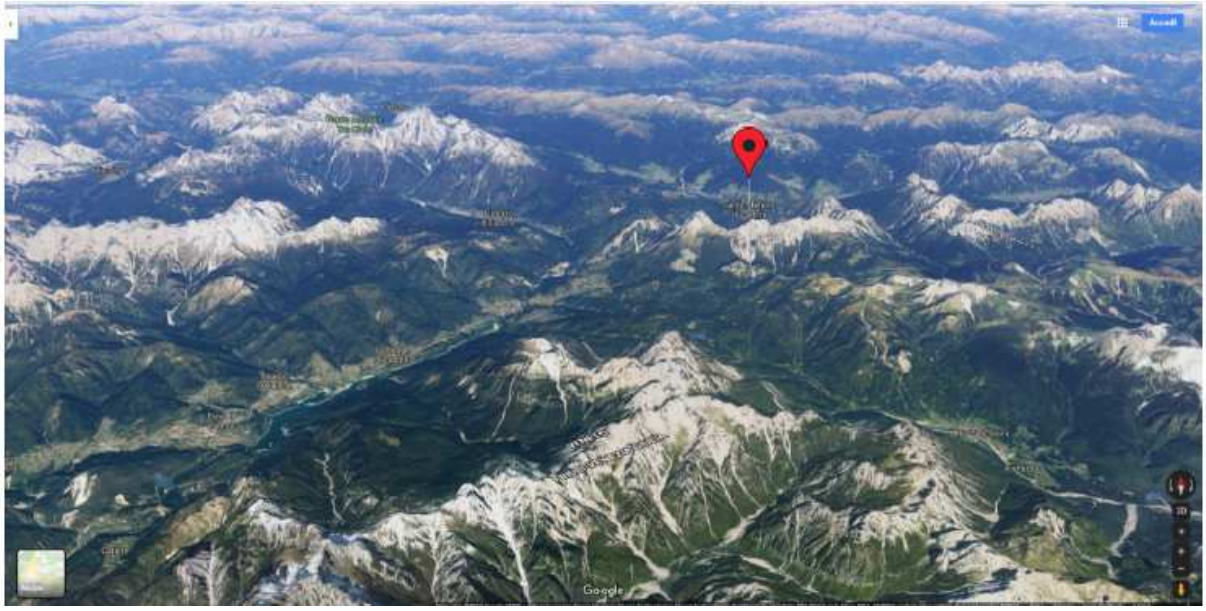


I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

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 600 m, 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 è individuato dalle seguenti coordinate geografiche: località Piazzetta dell'Emigrante - GBO 1772082; 5162141 ed è rappresentato nelle immagini che seguono, tratte da Google Maps e da Bing Maps.


Google

Google

Posizionamento del mezzo mobile a Santo Stefano di Cadore

Localizzazione del comune di Santo Stefano di Cadore, 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.

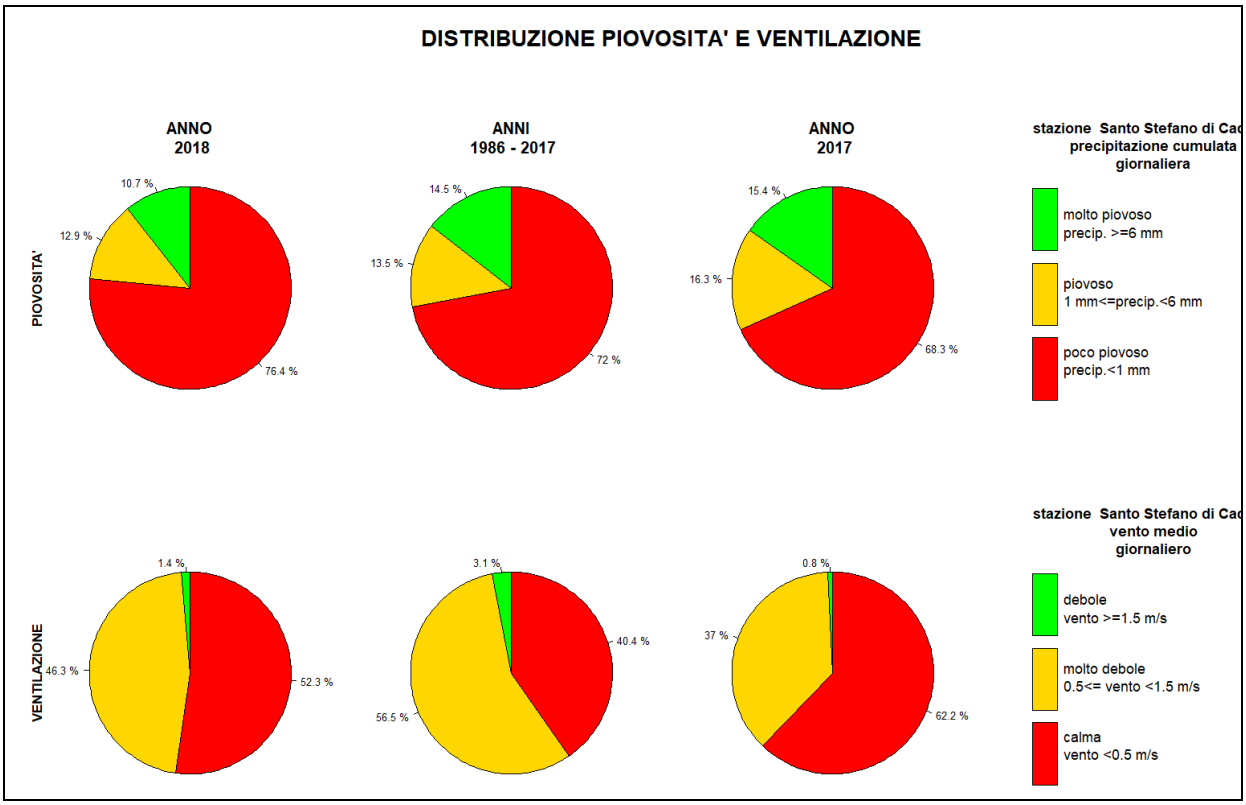


Figura 1: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nell'anno a cui si riferisce il monitoraggio di qualità dell'aria, nel periodo corrispondente degli anni precedenti e durante l'anno immediatamente precedente.

Per descrivere la situazione meteorologica sono stati utilizzati i dati della stazione 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 dell'orografia 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 la formula logaritmica di cui alla nota[1].

In Figura 1 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:

- 1 gennaio - 31 dicembre 2018, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 1 gennaio - 31 dicembre dall'anno 1986 all'anno 2017, cioè distribuzione media dall'anno in cui è attivo il rilevamento della precipitazione e del vento;
- 1 gennaio - 31 dicembre 2017 (ANNO PRECEDENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti sia rispetto alla media degli anni 1986-2017, sia rispetto all'anno 2017;
- i giorni con calma di vento sono più frequenti rispetto alla media, ma meno frequenti rispetto al 2017.

In Figura 2 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 71% dei casi. Per venti di intensità superiore alla soglia della calma di vento, la direzione di provenienza del vento più popolata è est-nordest (circa 7% dei casi). La velocità media del vento è stata pari a circa 0.5 m/s. Si ribadisce inoltre che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire leggermente da quello del sito di svolgimento della campagna di misura.

[1] $u(z_2) = u(z_1)\frac{\ln(z_2) - \ln(z_0)}{\ln(z1) - \ln(z_0)}$ dove z_1 = 5 m è la quota di misura del vento, z_2 = 10 m è la quota a cui si estrapola il vento e z_0 è la roughness del sito che in questo caso vale 0.51 m.

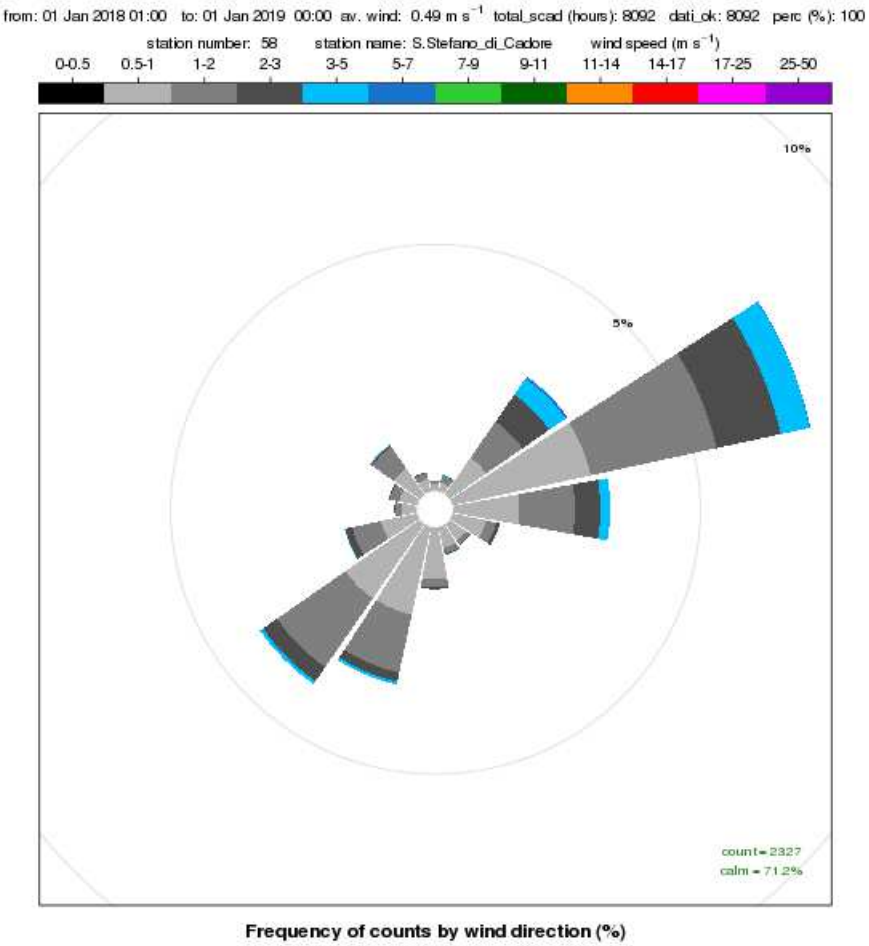


Figura 2: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Santo Stefano di Cadore nel periodo 1 gennaio – 31 dicembre 2018

Si riporta infine un'analisi comparativa dei due sottoperiodi 11 gennaio – 10 aprile per i quali sono disponibili, presso la Piazzetta dell'Emigrante, misure di qualità dell'aria sia per l'anno 2017 che per l'anno 2018. Per quanto riguarda questo periodo, infatti, nel 2017 si erano riscontrati valori di concentrazione degli inquinanti superiori a quelli misurati nello stesso periodo del 2018, nel corso della campagna annuale.

In Figura 3 si confrontano le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Santo Stefano di Cadore, nei due periodi:

- 11 gennaio – 10 aprile 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura 2017;
- 11 gennaio – 10 aprile 2018, periodo corrispondente a quello della campagna, relativo però all'anno 2018.

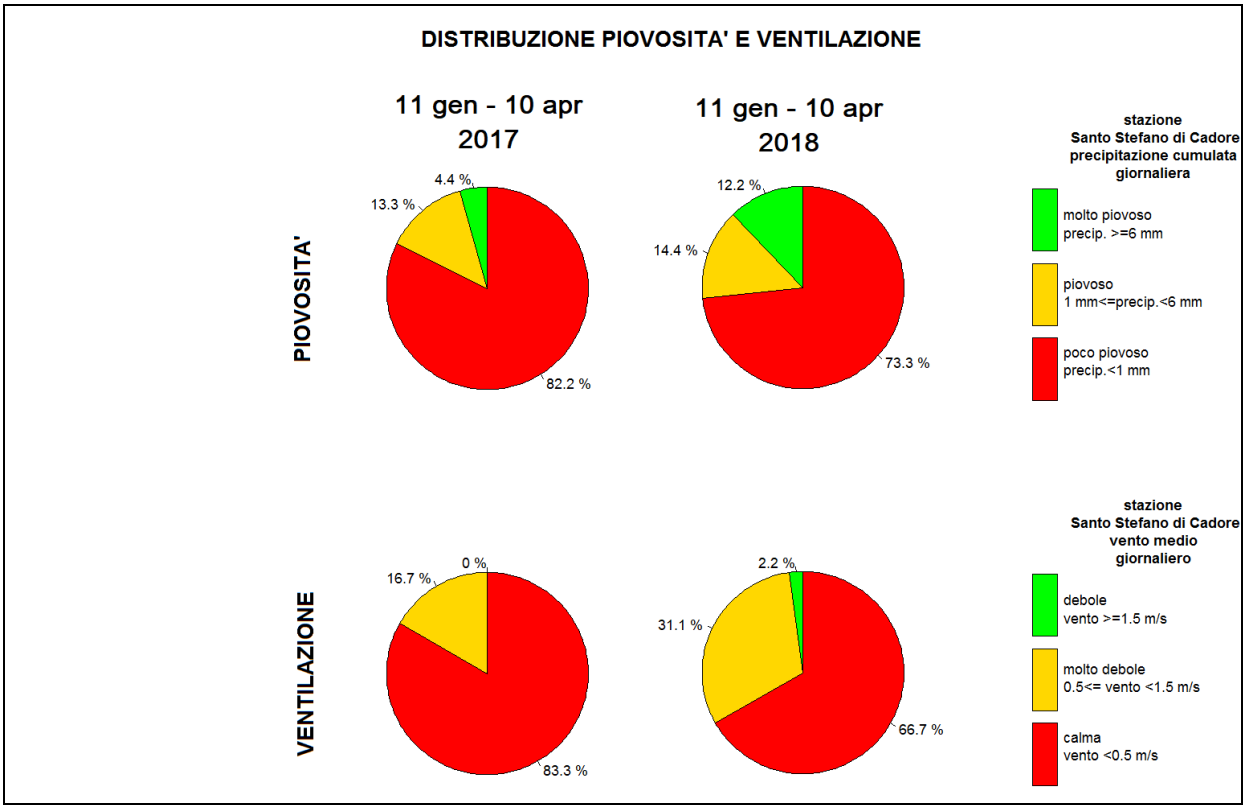


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nell'anno a cui si riferisce il monitoraggio di qualità dell'aria e nello stesso periodo dell'anno successivo.

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

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti nel 2017 rispetto al 2018 e quelli molto piovosi meno frequenti;
- i giorni con calma di vento sono ben più frequenti rispetto al 2018; inoltre nel 2018 è presente anche una piccola percentuale di giorni con vento debole (condizioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti), che erano del tutto assenti nello stesso periodo del 2017.

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

4.1 Inquinanti monitorati

La stazione rilocabile è dotata di campionatore per le polveri (PM10).
I campioni di polveri PM10 sono poi inviati al laboratorio di ARPAV per la misura quantitativa delle polveri e la successiva determinazione analitica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in esse contenuti.

Polveri (PM10)

Per materiale particolato (PM) aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche, solide e liquide, sospese in aria ambiente, formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, di origine sia antropica sia naturale. La suddivisione granulometrica distingue due frazioni:

- le polveri PM10, cioè il particolato che ha un diametro inferiore a 10 µm
- le polveri PM2.5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10 e rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2.5 µm.

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune sostanze della lista dei cancerogeni noti e, fra queste, ha ufficializzato l'entrata delle polveri sottili e dell'inquinamento atmosferico in genere, nella categoria 1, cioè fra i cancerogeni riconosciuti per l'uomo.
Parte delle polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali e antropiche (particelle primarie); parte, invece, deriva da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).
L'abbattimento e/o l'allontanamento delle polveri è legato, in gran parte, alla meteorologia. Pioggia e neve abbattono le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le disperdono.

Le più importanti sorgenti naturali sono:

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

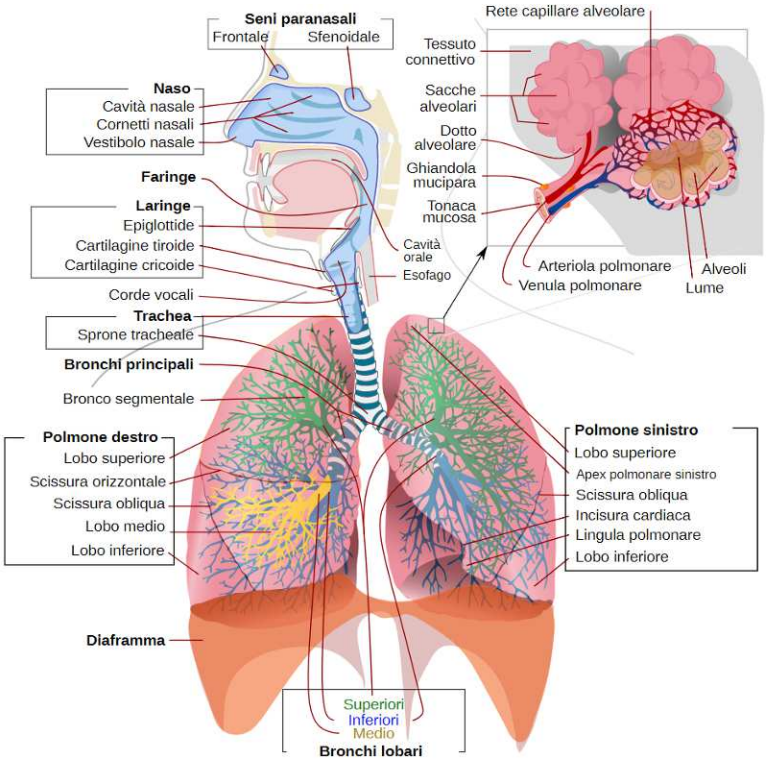
Le più rilevanti sorgenti antropiche sono invece:

- 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; queste sono le cause, anche, dell'inquinamento da PM10, il più pericoloso per la salute umana. 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 anche da fonti lontane dal centro urbano. Le dimensioni delle particelle in sospensione sono il parametro principale che ne caratterizza il comportamento.
L'apparato respiratorio è un canale che si diparte dalle prime vie aeree, naso e

bocca, cui seguono la faringe, la laringe e la trachea; quest'ultima prosegue nei due bronchi principali che si dividono, poi, all'interno dei polmoni, a costituire l'albero bronchiale. Con successive ramificazioni e riduzioni del lume, l'albero bronchiale finisce con i bronchioli alveolari che, negli alveoli polmonari, garantiscono lo scambio gassoso fra il sangue e l'ossigeno atmosferico. E' facile quindi immaginare che le particelle di dimensioni maggiori siano trattenute nelle porzioni a lume maggiore mentre quelle più sottili riescano a penetrare sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla loro deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.
La deposizione si verifica quando la velocità delle particelle si azzera per effetto delle forze di resistenza inerziale che annullano la velocità di trascinamento dell'aria; questa decresce dal naso sino agli alveoli polmonari.

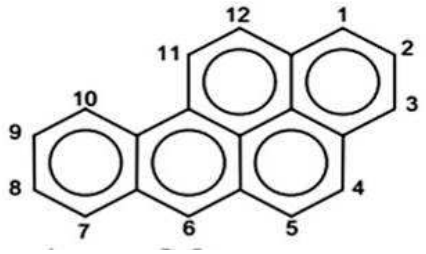
Pertanto, procedendo dal naso, o dalla bocca, attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Respiratory_system_complete_it.svg/925px-Respiratory_system_complete_it.svg.png
Di File:Respiratory system complete en.svg - LadyofHats, Jmarchntranslation by: Daniele Pugliesi - File:Respiratory system complete en.svg, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5662028

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

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti a incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche.
Il principale IPA è il benzo(a)pirene (B(a)P), unico tra questi composti soggetto alla normativa sull'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.



Product Name:	BENZO[A]PYRENE
CAS:	**50-32-8**
MF:	$C_{20}H_{12}$
MW:	252.31
EINECS:	200-028-5
Tratto da /www.chemicalbook.com	

Molti IPA sono stati classificati dallo IARC come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo"; il benzo(a)pirene è stato classificato come "cancerogeno riconosciuto per l'uomo".
Le principali sorgenti antropiche di questi composti sono le combustioni in genere, in particolare gli impianti di riscaldamento domestico, i veicoli a motore e i processi industriali.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza degli IPA, soprattutto durante i mesi freddi e nelle aree contraddistinte da climi rigidi, come la provincia di Belluno. Le caratteristiche delle emissioni variano in funzione sia della tipologia di combustibile utilizzato, sia della configurazione tecnica del sistema di combustione a servizio dell'impianto di riscaldamento.
Ad esempio, è noto che il particolato prodotto dalla combustione del legname ha un maggior contenuto di IPA rispetto al gasolio. È importante anche ricordare che i sistemi di riscaldamento che bruciano metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla.
Nelle zone urbane, sono rilevanti le emissioni di IPA dovute ai processi di combustione che sostengono i veicoli a motore, quindi al traffico veicolare, in particolare i motori diesel.
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 verificare, inoltre, reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.
Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che bruciano oli combustibili o gasoli.
In genere gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole.
I composti di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso e si depositano, poi, al suolo.
Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle polveri, possono essere trasportati anche a grandi distanze dal luogo di produzione.

Sorgenti emissive degli inquinanti monitorati

Si riassumono, di seguito, le principali sorgenti di emissione degli inquinanti descritti:

Inquinante	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico autoveicolare on road e off road, impianti riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risollevamento
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento

* = Inquinante Primario

** = Inquinante Secondario

4.2 Normativa di riferimento

L'esigenza di evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente è la finalità della vigente normativa in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, ossia del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di attuazione della Direttiva 2008/50/CE.
A tal fine, il Decreto sopraccitato individua gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, stabilisce metodi e criteri di valutazione uniformi sul territorio nazionale, utilizza le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente per individuarne gli effetti sulla salute umana e sull'ambiente e per stabilire le azioni di contrasto, prevedendo altresì il monitoraggio delle tendenze a lungo termine e gli eventuali miglioramenti determinati dalle azioni intraprese.
La norma individua, quindi:
- 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 i due inquinanti sopra considerati sono in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di attuazione della Direttiva 2008/50/CE.
Il D.Lgs. 155/2010, in effetti, ha riordinato e unificato la norma previgente, mantenendone il sistema di limiti e di prescrizioni, lasciando invariate le sostanze da controllare, con i relativi limiti, e regolamentando - per la prima volta a livello nazionale - il particolato PM2,5.

Nelle Tabelle che seguono 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.

Valori limite per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010 s.m.i.).

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
PM10	**Limite di 24 ore per la protezione della salute umana**	**Media 24 h**	50 **µg/m^3** **da non superare più di 35 volte per anno civile**
	Limite annuale per la protezione della salute umana	**Media annuale**	40 **µg/m^3**
B(a)P	**Valore obiettivo**	**Media annuale**	1.0 **ng/m^3**

5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite

Con la campagna di monitoraggio descritta in questa relazione si sono quindi misurati gli inquinanti di seguito indicati:

- Polveri (PM10)
- Benzo(a)pirene ($C_{20}H_{12}$)

Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Le apparecchiature utilizzate sono conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010; il volume campionato si riferisce ai valori di temperatura e di pressione atmosferica rilevati all'atto delle misurazioni.

Il campionamento degli idrocarburi policiclici aromatici IPA, con riferimento al benzo(a)pirene, e del PM10 è stato effettuato su filtri in quarzo o in nitrato di cellulosa: le determinazioni analitiche sono state eseguite applicando, rispettivamente, il metodo UNI EN 15549 che utilizza la cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) e il metodo UNI EN 12341 di determinazione gravimetrica.
La determinazione gravimetrica del PM10 è stata effettuata su tutti i campioni raccolti, mentre le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite in conformità agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'allegato I al D.Lgs. 155/2010.

Con riferimento ai risultati riportati al successivo punto 7, si è scelto di attribuire ai dati inferiori al limite di rilevabilità un valore pari alla metà del limite medesimo, valore più probabile secondo una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale. Inoltre si è deciso di escludere dalle elaborazioni statistiche successive gli "outliers" cioè i valori anomali e aberranti, chiaramente distanti dalle altre osservazioni disponibili.

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 e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione. Per le misurazioni in continuo del particolato, la raccolta minima dei dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile (con una resa del 90%), mentre per gli IPA 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 il rispetto dell'incertezza estesa nel calcolo della media annuale.
In relazione a quanto sopraesposto, nel corso della campagna di monitoraggio svolta a Santo Stefano, per le polveri PM10 si è raggiunto un grado di copertura annuale del 97% dei campioni rilevabili, con una resa del 100%; per il Benzo(a)Pirene il grado di copertura annuale è stato del 70%, con una resa del 100%. Infine, il grado di copertura annuale è stato per le polveri del 97% e del 70% per quanto riguarda il Benzo(a)Pirene.

7 - Analisi dei dati rilevati

Questo paragrafo illustra i risultati ottenuti per ciascun inquinante monitorato, li confronta con i limiti e i valori obiettivo previsti dalla normativa e accenna al loro andamento stagionale, rappresentato in forma grafica nel sottoparagrafo 7.1.

Polveri PM10: nel corso del monitoraggio sono stati rilevati 35 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3, pari al numero massimo ammesso dal D.Lgs 155/2010; la media si è attestata a 24 µg/m^3, inferiore al valore limite annuale pari a 40 µg/m^3.

		PM10 (µg/m^3)
		Stazione rilocabile Santo Stefano di Cadore
01/01/2018 - 31/12/2018	Media	24
	n° superamenti	35
	n° dati	355
	% superamenti	9.8

Riepilogo delle concentrazioni di polveri PM10 misurate a Santo Stefano.

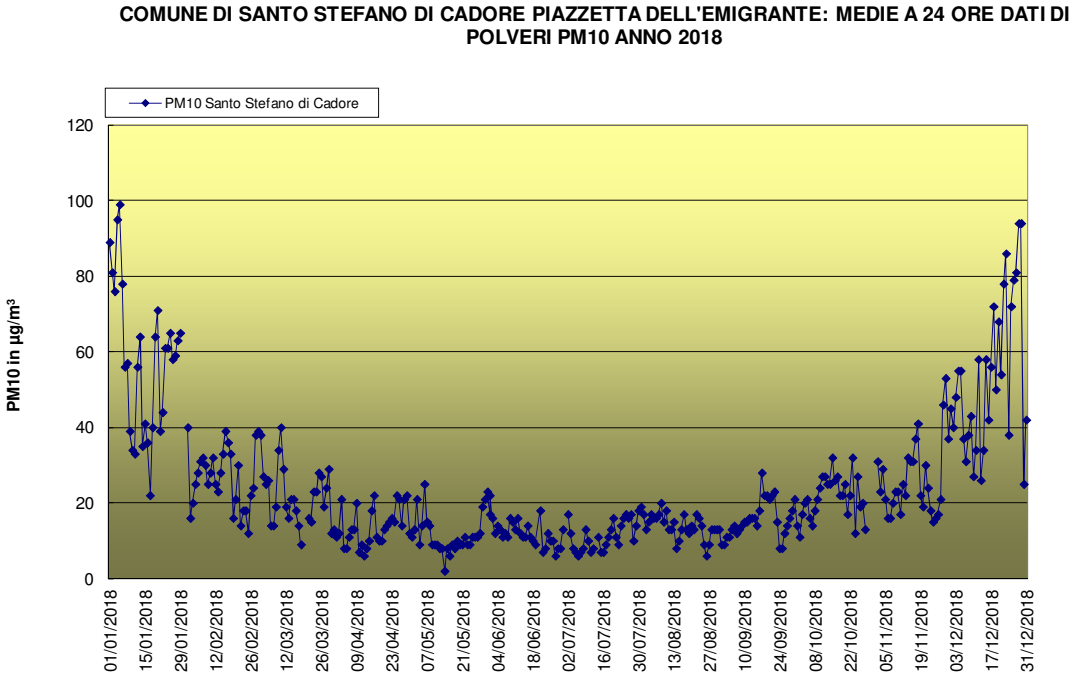
Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati è risultata di 6,8 ng/m^3, molto superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana, fissato in 1 ng/m^3.

		Benzo(a)Pirene (ng/m^3)
		Stazione rilocabile Santo Stefano di Cadore
01/01/2018 - 31/12/2018	Media	6.8
	n° dati	255

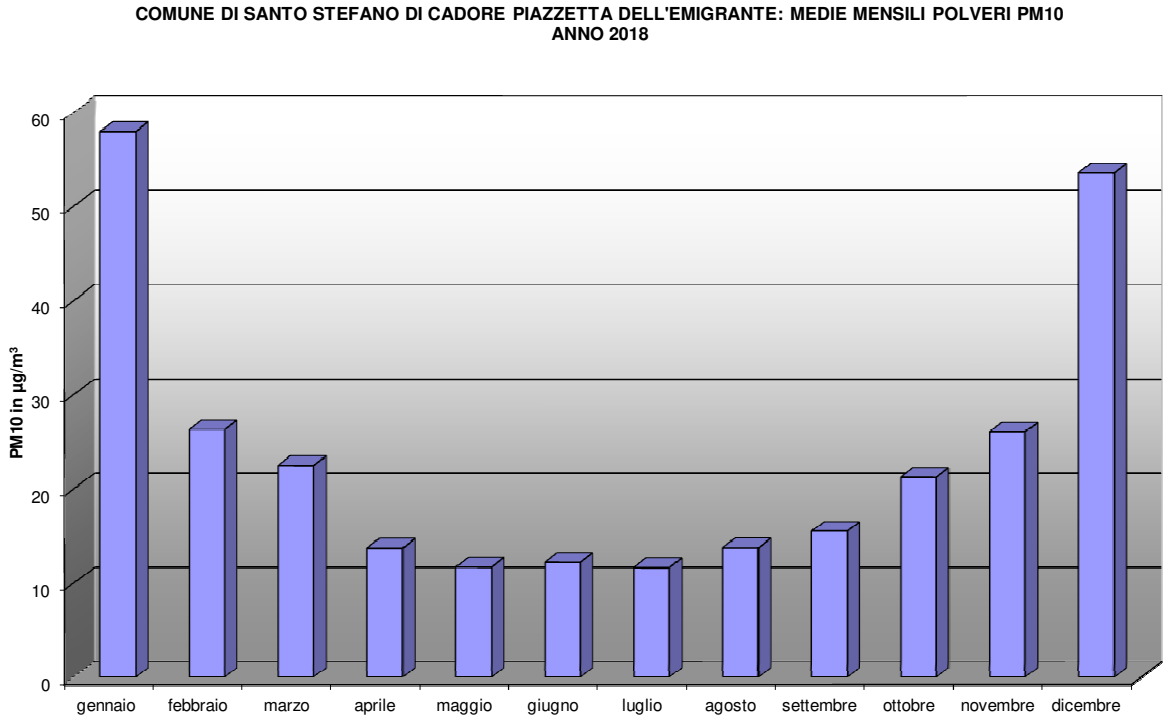
Riepilogo delle concentrazioni di Benzo(a)Pirene misurate a Santo Stefano.

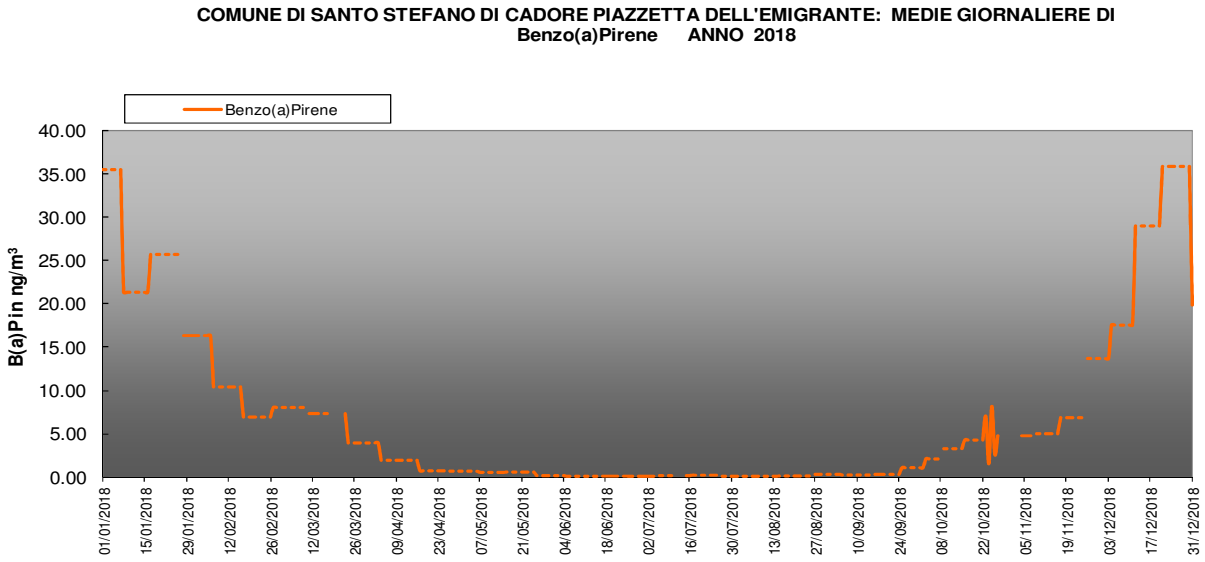
7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

Questo paragrafo contiene alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, ricercando le eventuali correlazioni con i fattori climatici e con le fonti di emissione.

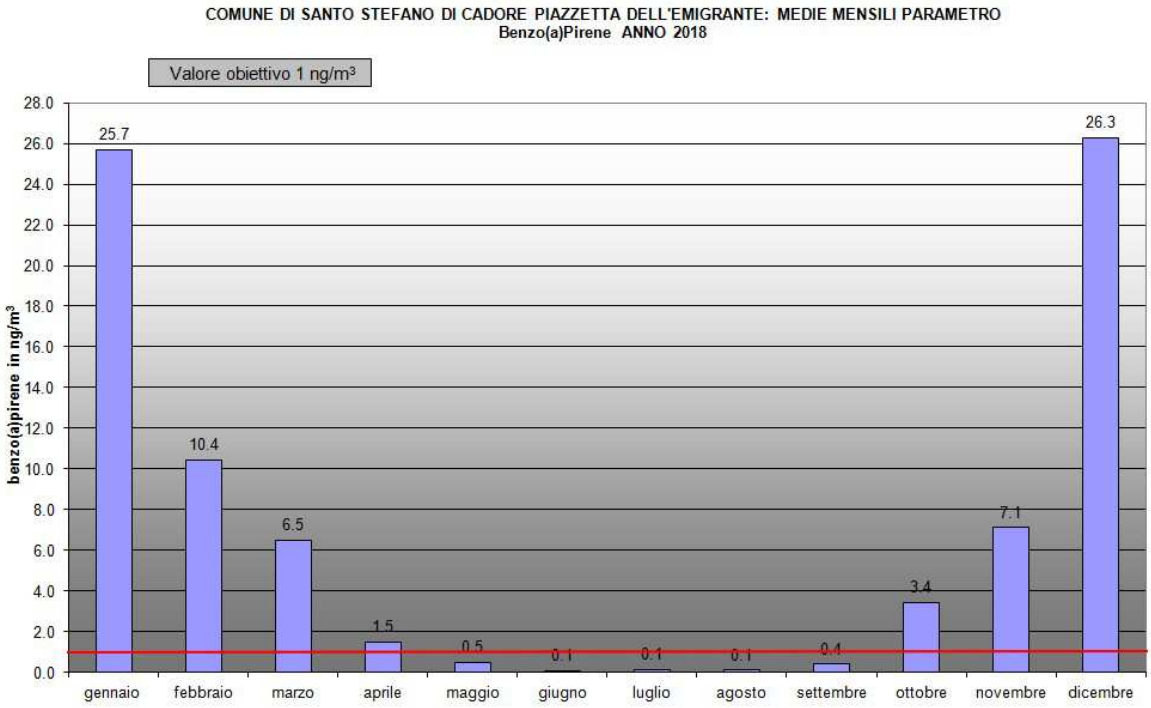


Dal grafico delle medie giornaliere e mensili delle polveri PM10 si evince la loro consueta variazione stagionale; nella stagione estiva si sono raggiunti i livelli minimi mentre il periodo invernale ha fatto registrare valori anche molto elevati.

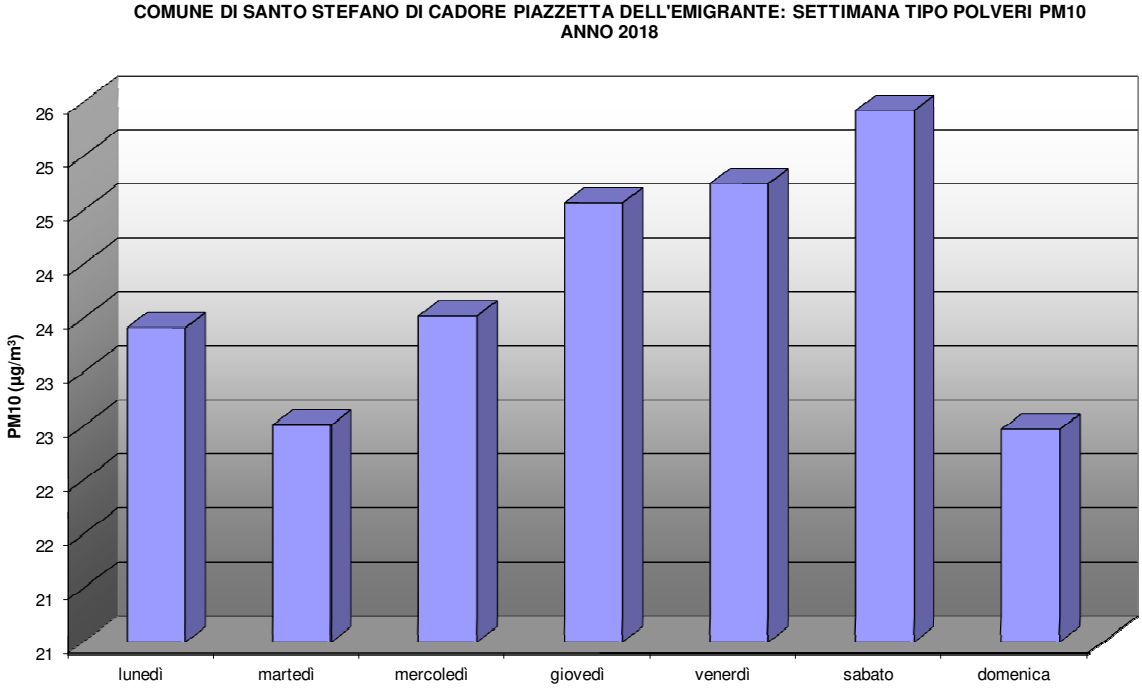




Anche la rappresentazione grafica delle medie giornaliere e mensili del Benzo(a)Pirene, ha lo stesso andamento delle polveri PM10; i valori misurati d'estate sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale, mentre la stagione invernale ha raggiunto valori elevati e molto superiori al valore obiettivo di 1 ng/m^3 espresso come media annuale.



La base dati delle polveri PM10 è stata quindi elaborata per costruire una settimana tipo, nella quale il martedì e la domenica sono risultate le giornate mediamente a minor concentrazione di inquinante.



8 - Conclusioni

Il monitoraggio annuale eseguito a Santo Stefano di Cadore, ha confermato la presenza significativa di polveri PM10 e di Benzo(a)Pirene, che nel periodo invernale raggiungono valori molto elevati.
Le polveri PM10 hanno rispettato il valore limite della media annuale, tuttavia, ci sono stati 35 superamenti del limite giornaliero, pari al numero massimo consentito nell'arco di un anno.
La media annuale del Benzo(a)Pirene, invece, ha ampiamente superato il valore obiettivo fissato dal D.Lgs.155/2010.
Le motivazioni di quanto rilevato possono essere ricondotte alla particolare conformazione orografica della valle che, associata alle temperature invernali talvolta rigide, determina l'instaurarsi di condizioni di inversione termica spinta, caratterizzata da assenza di rimescolamento dell'aria negli strati più bassi dell'atmosfera. Questa condizione, peraltro confermata dall'analisi meteorologica, provoca il ristagno degli inquinanti e l'innalzamento della loro concentrazione. Si è già detto, nei capitoli precedenti, che l'origine principale delle polveri PM10 e del Benzo(a)Pirene è ascrivibile alle combustioni di biomassa, peraltro caratteristiche delle zone di montagna. E' utile, a tal proposito, informare e sensibilizzare la popolazione sul corretto uso della biomassa per il riscaldamento domestico e sulla necessità di pulire periodicamente condotte da fumo, stufe e camini. Altrettanto importanti sono le misure di risparmio energetico e il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici e degli apparecchi di combustione.
Come sintesi finale di valutazione dei dati è stata infine elaborata una scheda dello stato di qualità dell'aria, nella quale sono riportati i parametri misurati e il relativo giudizio sintetico rispetto ai limiti previsti dal D.Lgs.155/2010.

Polveri (PM10)	😐	*35 superamenti del valore limite giornaliero pari al limite annuale. Concentrazione media annuale inferiore al limite annuale.*
Benzo(a)Pirene (IPA)	☹	*Concentrazione media annuale decisamente superiore al valore di obiettivo annuale previsto dalla normativa*

	Giudizio sintetico
☺	Positivo
😐	Intermedio
☹	Negativo

ALLEGATO 1: 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.

ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Per ciascun inquinante la normativa individua lo specifico metodo di riferimento per la misurazione, il principio chimico-fisico di misura e le modalità di funzionamento della strumentazione utilizzata per il monitoraggio.
Il monitoraggio di biossido di zolfo (SO_2), degli ossidi di azoto (NO e NO_2), dell'ozono (O_3) e del monossido di carbonio (CO) viene realizzato mediante l'impiego di strumentazione automatica (analizzatori) contenuta nelle centraline fisse e/o mobili. Il campionamento dell'aria avviene con frequenza oraria e ciascuno strumento determina la concentrazione dell'inquinante specifico mediante un principio analitico caratteristico. I metodi di riferimento per la valutazione di biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio sono descritti nel Decreto Legislativo 155/2010 (Allegato VI).
Un analizzatore è tipicamente costituito da un sistema di aspirazione dell'aria (una pompa) che ne preleva una parte immettendola in una piccola camera, detta "cella di misura" e che contiene i dispositivi per la misura.

Analizzatore di CO

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14626:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva".
- Principio di misura: Assorbimento I.R.
- Modalità di funzionamento: Gli analizzatori di CO operano secondo il principio dell'assorbimento IR in accordo alla legge di Lambert-Beer; sfruttando un massimo di assorbimento del CO a 4.67 µm.
  Alla medesima lunghezza d'onda assorbono anche composti assai comuni come l'acqua e l'anidride carbonica. Per eliminare tali interferenze, viene impiegato un dispositivo chiamato "Ruota di correlazione", costituito da una ruota divisa in due mezzelune: una contiene azoto e l'altra una miscela di CO in azoto a concentrazione nota.
  Nella camera di misura, facendo girare tale ruota con una certa frequenza, i raggi IR passano alternativamente nelle due mezze lune arrivando poi al detector. Dalla differenza dei segnali e la successiva elaborazione si ottiene quindi la sola misura del CO, eliminando le interferenze e consentendo inoltre una elevata sensibilità.

Analizzatore di SO_2

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14212:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta".
- Principio di misura: fluorescenza
- Modalità di funzionamento: Nella camera di misura, attraversata dal flusso di aria campione, una lampada UV emette, con una certa frequenza, una

radiazione alla lunghezza d'onda di 214 nm. Le molecole di SO_2 assorbono energia, a questa lunghezza d'onda, passando ad uno stato eccitato e permanendo in tale stato per delle frazioni di secondo. Successivamente, parte di queste molecole eccitate ritorna allo stato fondamentale con emissione di radiazione alla lunghezza d'onda di circa 330 nm (fluorescenza):

$$SO_2 + hv_1\ (\lambda_1 = 214\ nm) \rightarrow SO_2^*$$

$$SO_2^* \rightarrow SO_2 + hv_2\ (\lambda_2 = 330\ nm)$$

La radiazione emessa viene misurata da un detector ed elaborata insieme al segnale registrato in assenza di radiazione eccitante. Si ha così la misura della concentrazione di SO_2.

Analizzatore di NO - NO_2- NO_x

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14211:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza
- Principio di misura: chemiluminescenza
- Modalità di funzionamento: in questo analizzatore si sfrutta la reazione di chemiluminescenza tra l'NO e l'ozono:

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2^* + O_2\ (1)$$

$$NO_2^* \rightarrow NO_2 + hv(\approx 700\ nm)\ (2)$$

Nella camera di misura entrano contemporaneamente l'aria ambiente ed un flusso di ozono generato a parte dall'analizzatore. Ozono e monossido di azoto reagiscono istantaneamente per produrre NO_2^* eccitato (1), che successivamente torna nel suo stato fondamentale (2) emettendo una radiazione elettromagnetica nella regione dell'UV (chemiluminescenza).
La radiazione emessa per chemiluminescenza è correlata con la concentrazione di NO e viene quindi registrata da un detector.
Per poter misurare anche NO_2, l'aria campione, prima di giungere in camera di misura, viene alternativamente fatta passare attraverso un convertitore catalitico in grado di ridurre l'NO_2 presente in NO. In questo modo si ottiene in camera di misura la concentrazione totale degli ossidi di azoto, NO_x. Dalla differenza tra gli ossidi totali e il solo NO si ottiene infine la misura di NO_2.

Analizzatore di O_3

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14625:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta".
- Principio di misura: assorbimento UV

- Modalità di funzionamento: l'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento di questo gas nell'UV a λ =254 nm e poi ne calcola la concentrazione mediante la legge di Lambert-Beer.Nella camera di misura entra in modo alternato aria ambiente tal quale ed aria ambiente preventivamente passata attraverso un filtro selettivo per l'ozono. Una lampada UV, in grado di emettere alla lunghezza d'onda appropriata, fa sì che parte della radiazione venga assorbita dalle molecole di ozono, causando una diminuzione di intensità che viene registrata da un detector. Dall'alternanza delle misure con e senza ozono, lo strumento ne determina la concentrazione in aria ambiente.

Misure di PM10

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 12341:2014 "Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5.
- Principio di misura: gravimetria, assorbimento radiazione β
- Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM10 si basa sulla raccolta della "frazione PM10 " su apposito filtro e successiva determinazione della sua massa per via gravimetrica, in laboratorio, dopo che è avvenuto il condizionamento del filtro in condizioni controllate di temperatura (20° C ± 1) e di umidità (50 ± 5%). Oltre al metodo di riferimento, ci sono i metodi equivalenti per la misura del PM10 (ad esempio strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione β da parte della polvere campionata). La determinazione del particolato fine in atmosfera (PM10) viene eseguito mediante diversi tipi di strumenti, di seguito descritti:
- Campionatori di PM10

Questi strumenti sono costituiti da una pompa che aspira l'aria ambiente attraverso una testa di prelievo, la cui geometria è stata normata a livello internazionale ed è in grado di selezionare le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm. con una efficienza del 50%. La componente del particolato selezionata dalla testa viene quindi fatta passare attraverso una membrana filtrante di opportuna porosità e costituita da diversi materiali (quarzo, fibra di vetro, teflon, esteri di cellulosa, ecc.) dipendentemente dal tipo di analisi richiesta sul filtro. La membrana viene poi pesata in laboratorio e per differenza con la tara (filtro bianco) si ha la massa del particolato. Il campionatore contiene anche un contatore volumetrico in grado di registrare il volume di aria aspirata, corretto in modo continuo mediante vari sensori di temperatura e pressione interni ed esterni, per ricondurlo alle condizioni ambientali. Dalla conoscenza quindi del volume di aria campionata e della massa del particolato si calcola la concentrazione di PM10 in $\mu g/m^3$.

- Analizzatori di PM10

Questi strumenti, analogamente ai campionatori, registrano un volume di aria passato attraverso una membrana filtrante. Sono però anche in grado di determinare la massa del particolato, sfruttando il principio dell'attenuazione dei

raggi beta emessi da una piccola sorgente radioattiva. Questi analizzatori possono avere un sistema di campionamento basato su filtri singoli (come i campionatori) oppure avere un nastro che scorre ad intervalli di tempo selezionabili e regolari, sui cui "tratti" viene depositato il particolato. Unendo i dati di volume e quelli di massa, tali strumenti forniscono direttamente il valore di concentrazione di PM10.

Misure di $PM_{2.5}$

- Norma tecnica di riferimento: Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 12341:2014 "Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5.
- Principio di misura: gravimetria, assorbimento radiazione β.
- Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM2.5 si basa sulla raccolta della "frazione PM2.5 " su apposito filtro e successiva determinazione della sua massa per via gravimetrica, in laboratorio, dopo che è avvenuto il condizionamento del filtro in condizioni controllate di temperatura (20° C ± 1) e di umidità (50 ± 5%). Oltre al metodo di riferimento, ci sono i metodi equivalenti per la misura del PM2.5 (ad esempio strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione β da parte della polvere campionata). La determinazione del particolato fine in atmosfera (PM2.5) viene eseguito mediante diversi tipi di strumenti: campionatori gravimetrici o analizzatori automatici.

Misure di Benzene

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3, "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzene".
- Principio di misura: gascromatografia
- Modalità di funzionamento: il monitoraggio del benzene (C_6H_6) viene realizzato mediante strumentazione automatica (analizzatore BTEX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza oraria e successiva analisi gascromatografica o mediante campionamento dell'aria su fiale di carbone per un periodo di 24 h, successivo desorbimento del campione raccolto mediante desorbimento termico e infine analisi gascromatografica da realizzarsi in laboratorio.

Misure di Benzo(a)pirene

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 15549:2008 "Qualità dell'aria. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente".

- Principio di misura: cromatografia HPLC.
- Modalità di funzionamento: il Benzo(a)pirene è determinato sul campione di PM_{10}, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (cromatografia HPLC per il B(a)P).

Misure di Metalli

- Norma tecnica di riferimento: Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione".
- Principio di misura: spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo.
- Modalità di funzionamento: i metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel) sono determinati sul campione di PM_{10}, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo, ICP-MS).

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