



# **Qualità dell'Aria**

## **Stazioni della Provincia di Belluno**

### **Relazione Annuale 2020 (dati 2019)**

**ARPAV**  
**Direttore Generale**  
**Luca Marchesi**

**Dipartimento Provinciale di Belluno**  
**Anna Favero**

**Progetto e realizzazione**  
**Servizio Monitoraggio e Valutazioni**

**Simonetta Fuser**  
**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 Unità Operativa Meteorologia, Ufficio Agrometeorologia e  
Meteorologia Ambientale**

**Maria Sansone**

**Belluno, aprile 2020**

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. Premessa.....	5
2 - Caratteristiche dei siti di monitoraggio.....	8
3 - Inquinanti monitorati.....	10
Ossidi di Zolfo (SO <sub>x</sub> ).....	10
Monossido di Carbonio (CO) .....	10
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ) .....	11
Ozono (O <sub>3</sub> ).....	12
Polveri (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2.5</sub> ).....	13
Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene (BTEX).....	15
IPA e Benzo(a)Pirene (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> ).....	16
Metalli 17	
4 - Normativa di riferimento.....	19
5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi .....	21
6 - Efficienza di campionamento.....	22
7 - Commento meteorologico e valutazione di alcuni parametri meteorologici utili alla dispersione degli inquinanti atmosferici.....	23
7.1 Analisi della situazione meteorologica dell'anno 2019 .....	23
7.2 Sintesi della situazione meteorologica ed effetti sulle capacità dispersive dell'atmosfera .....	23
7.3 Valutazione sintetica della capacità dispersiva dell'atmosfera .....	24
7.3.1 Valutazione della capacità dispersiva dell'atmosfera presso l'area comunale di Belluno, Feltre e Pieve D'Alpago.....	25
7.4 Episodi di inquinamento acuto da PM <sub>10</sub> . .....	34
7.4.1 Episodio del periodo 5-9 gennaio 2019.....	34
7.4.2 Episodio del periodo 28 febbraio – 5 marzo 2019.....	34
7.4.3 Episodio del periodo 15 – 18 dicembre 2019.....	34
8 - Analisi degli inquinanti rilevati .....	35
8.3 - Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	35
8.2 - Monossido di carbonio (CO).....	36
8.1 – Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ).....	37
8.4 - Ozono (O <sub>3</sub> ).....	41
8.5 - PM <sub>10</sub> .....	45
8.6 – PM <sub>2.5</sub> .....	48

8.6 – Benzene .....	50
8.7 – Benzo(a)Pirene.....	51
8.8 – Metalli.....	53
9 - Gli Indici Sintetici per la Qualità dell’Aria .....	54
9.1 Applicazione dell’indice di qualità dell’aria alle stazioni della provincia di Belluno .....	57
10 - Analisi dell’andamento interannuale dei principali inquinanti.....	58
11 – Sintesi.....	65
12 – Conclusioni.....	68
INEMAR .....	69
GLOSSARIO.....	71
ALLEGATO 1: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....	75

## 1. Premessa

La presente relazione sintetizza, per l'anno 2019, i dati relativi al monitoraggio della qualità dell'aria eseguito nel territorio provinciale di Belluno; essa si basa sui dati raccolti dalla rete di Monitoraggio ARPAV presente sul territorio provinciale di Belluno e attiva dal 1999, anno in cui le centraline, prima di proprietà dell'Amministrazione provinciale, furono trasferite all'Agenzia. Negli ultimi anni, la Rete di Monitoraggio della qualità dell'aria ha subito a livello regionale un processo di adeguamento alle disposizioni del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Nel processo di adeguamento si è cercato di ottimizzare il numero delle stazioni tenendo conto degli aspetti peculiari del territorio e, al contempo, dei criteri di efficienza, efficacia ed economicità.

La riconfigurazione della rete di monitoraggio, con l'aggiunta di una quarta stazione fissa da traffico nel territorio comunale di Belluno nel febbraio 2016, ha portato alla nuova situazione riassunta dalla tabella sottostante. Dal 2017 è quindi disponibile l'intera serie annuale di dati di questa seconda stazione del capoluogo.

Si ricorda che le stazioni fisse di monitoraggio vengono classificate, secondo quanto riportato nel D.Lgs 155/2010 all'Allegato III, come segue:

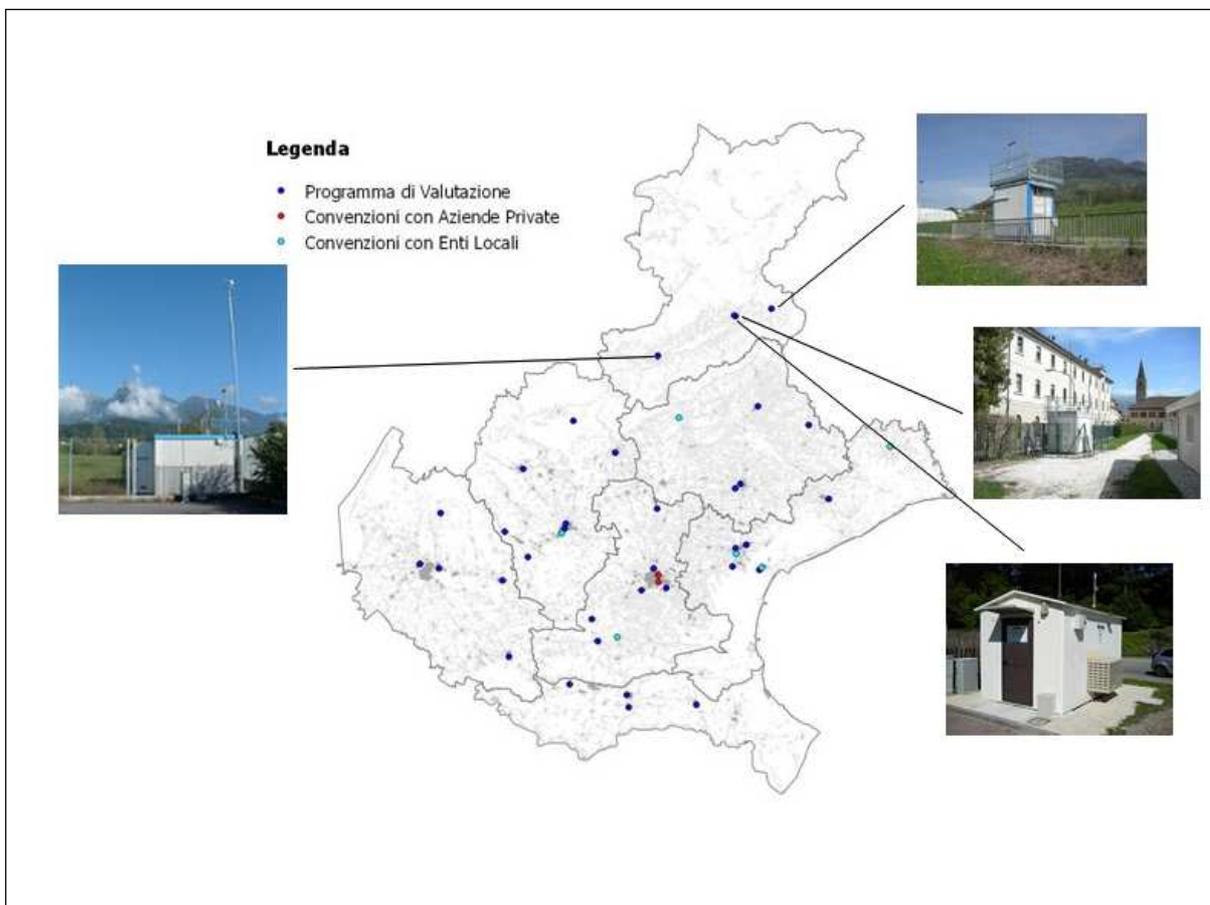
- Stazioni di misura di traffico (T): stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta;
- Stazioni di misura di fondo (B): stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industriale, traffico, riscaldamento residenziale, ecc) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.
- Siti di campionamento urbani (U): siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante.
- Siti fissi di campionamento suburbani (S): siti fissi inseriti in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate.
- Siti fissi di campionamento rurali (R): siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da quelle precedenti. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 Km dalle fonti di emissione.

Tabella 1: Classificazione delle stazioni ARPAV per il controllo della Qualità dell'Aria in provincia di Belluno – anno 2019

STAZIONE	COLLOCAZIONE	ANNO DI ATTIVAZIONE	TIPOLOGIA
Belluno città	Parco "Città di Bologna"	2004	fondo urbano (BU)
BI_La Cerva	Incrocio "La Cerva"	2016	traffico (TU)
Area Feltrina	Feltre via Colombo	2004	fondo suburbano (BS)
Pieve d'Alpago	via Samuel Friedrich Hahnemann	2006	fondo rurale (BR)

La seguente figura mostra l'ubicazione nel territorio regionale delle 35 centraline previste dal Progetto di adeguamento della rete (indicate in blu) e delle 8 centraline in convenzione (con gli Enti Locali, indicate azzurro, o con aziende private, indicate in rosso).

Per quanto riguarda la rete di Belluno sono riportate a lato le immagini delle stazioni gestite dal Dipartimento provinciale.



Nella presente relazione vengono inoltre confrontati i dati relativi all'anno 2019 con quelli osservati negli anni precedenti, valutandone l'andamento.

Per una visione dello stato della qualità dell'aria a livello regionale si rimanda alla Relazione Regionale della Qualità dell'Aria redatta dall'ARPAV- Osservatorio Regionale Aria ai sensi della L.R.11/2001 scaricabile all'indirizzo

<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/riferimenti/documenti>

Oltre che con le stazioni fisse, la qualità dell'aria nel territorio provinciale di Belluno viene monitorata tramite l'utilizzo di strumentazione portatile. La seguente tabella 2 riassume gli inquinanti monitorati con tale strumentazione e i territori comunali all'interno dei quali sono state eseguite, durante l'anno 2019, delle campagne di monitoraggio. Si ricorda che le relazioni tecniche di valutazione dei dati raccolti durante ciascuna campagna sono scaricabili dal sito di ARPAV all'indirizzo

<http://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-belluno/aria/Qualita-dellaria-prov-bl>

Tabella 2: Campagne di monitoraggio con mezzi mobili li per il controllo della Qualità dell'Aria in provincia di Belluno nell'anno 2019

Nome Stazione	Inquinanti monitorati in automatico	Inquinanti determinati in laboratorio	Territori comunali monitorati nel 2019
Laoratorio Mobile Ford	PM10, SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, O <sub>3</sub> , BTEX	IPA tra cui B(a)P sui filtri campionati dall'analizzatore automatico	Auronzo (Palus San Marco e Palaghiaccio), Fonzaso, Belluno (Cirvoi)
Laboratorio mobile Doblò	O <sub>3</sub>	PM10 e IPA tra cui B(a)P sui filtri campionati da campionatore manuale. Benzene su fiale da campionatore manuale	Trichiana, Belluno (Tiso), Belluno (Castion), Lamon, Longarone (zona industriale)

Per tutte le stazioni fisse della rete Regionale e le stazioni attivate su convenzione, i dati di PM10/PM2.5, Ozono e IPA rilevati con strumentazione automatica, ancora prima di essere controllati e validati dall'operatore ARPAV, vengono acquisiti dal sistema informativo ogni 2 ore e vengono visualizzati sul sito internet dell'Agenzia alla voce "dati in diretta" all'indirizzo:

<http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/bollettini/aria-2/dati-in-diretta>.

Il gestore della rete di monitoraggio effettua quotidianamente il controllo e la validazione di tutti i dati acquisiti il giorno precedente da tutte le stazioni della rete, fisse e mobili. I dati validati delle stazioni fisse vengono quindi inseriti nel "bollettino della qualità dell'aria – dati validati" per permettere il confronto con i limiti di legge giornalieri:

[http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/bollettini/aria/aria\\_dati\\_validati.php?provincia=Belluno](http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/bollettini/aria/aria_dati_validati.php?provincia=Belluno).

**QUALITÀ DELL'ARIA - DATI VALIDATI**

**Dati Validati - Provincia di Belluno**

Bollettino del 14/02/2020  
Dati riferiti al 13/02/2020

IQA	Ubicazione	Tipo stazione	NO <sub>2</sub>		PM10		O <sub>3</sub>		SO <sub>2</sub>		CO	
			max ora	media giorn.	max ora	media giorn.	max ora	media giorn.	max ora	media giorn.		
-	DL - La Cerva	TU	93	18	-	M	-	-	3	9	-	0.6
●	BL - Parco Citta di Bologna	BU	63	19	-	19	2	69	14	-	-	-
●	Area Feltrina	BU	52	18	-	31	11	63	15	-	-	-
●	Pieve di Alpago	BS	25	19	-	12	1	76	23	-	-	-

**Legenda**

IQA Indice di qualità dell'aria

- Buona
- Accettabile
- Mediocre
- Scadente
- Pessima
- Indice non calcolabile

Alla tabella dei dati validati viene associato un Indice di Qualità dell'aria (IQA): una grandezza adimensionale che descrive sinteticamente lo stato complessivo dell'inquinamento atmosferico durante il periodo di campionamento.

L'indice, associato ad una scala di giudizio sulla Qualità dell'Aria, rappresenta uno strumento di immediata lettura che non utilizza esplicitamente le unità di misura e i limiti di legge, risultando quindi di facile comprensione anche per i non addetti ai lavori.

In particolare, l'indice di Qualità dell'Aria adottato da ARPAV fa riferimento a 5 classi di giudizio e viene calcolato in base a indicatori di legge relativi a tre inquinanti critici in Veneto: la concentrazione media giornaliera di PM10, il valore massimo orario di Biossido di Azoto e il valore massimo delle medie su 8 ore di Ozono.

Si specifica che per la definizione di questo indice si fa riferimento ai valori rilevati per verificare il rispetto della normativa vigente per la Qualità dell'Aria; lo stesso può definirsi un indice cautelativo poiché esprime un giudizio basato sempre sullo stato peggiore dei tre inquinanti considerati.

## **2 - Caratteristiche dei siti di monitoraggio**

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, al fine 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.

## Progetto di riesame della zonizzazione del Veneto D. Lgs. 155/2010

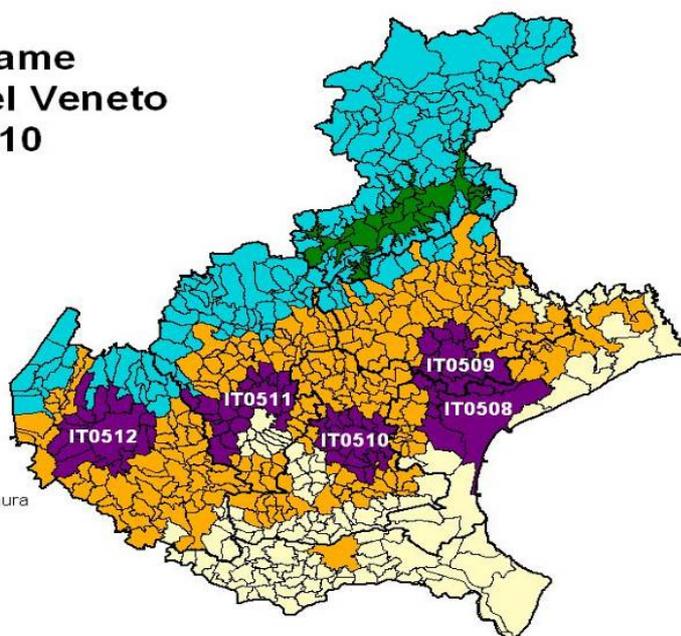
Legenda:

Zonizzazione

	IT0508 Agglomerato Venezia
	IT0509 Agglomerato Treviso
	IT0510 Agglomerato Padova
	IT0511 Agglomerato Vicenza
	IT0512 Agglomerato Verona
	IT0513 Pianura e Capoluogo bassa pianura
	IT0514 Bassa pianura e colli
	IT0515 Prealpi e Alpi
	IT0516 Valbelluna
	Confini Provinciali
	Confini Comunali



Scala 1: 1.200.000



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 >200 m, 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.

La stazione di parco città di Bologna ha coordinate GBO 1748534; 5114874 e ricade nella zona Val Belluna (IT0516), così come quella denominata BL\_La Cerva, situata presso l'incrocio de "La Cerva" avente coordinate GBO 1748144; 5115057, e quella denominata "Area feltrina", situata a Feltre in via Colombo, coordinate GBO 1724966; 5101654. La stazione di Pieve d'Alpago ricade invece nella zona Prealpi e Alpi (IT0515) e ha coordinate GBO 1759520; 5117620.

### 3 - Inquinanti monitorati

Nelle stazioni della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria vengono monitorati tutti gli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico, sia attraverso analizzatori in continuo per il campionamento e la misura in modo automatico, sia attraverso dispositivi per il prelevamento manuale dei campioni con successiva analisi di questi ultimi presso il laboratorio ARPAV di Venezia.

Nella Tabella 3 si riportano le sostanze inquinanti sottoposte a monitoraggio presso le stazioni fisse della Rete ARPAV.

Tabella 3: Dotazione strumentale delle stazioni ARPAV per il controllo della qualità dell'aria in provincia di Belluno – anno 2019.

STAZIONE	Inquinanti determinati in modo automatico						Inquinanti determinati in laboratorio				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM10 a	BTEX a	BTEX m	PM2.5 m	PM10 m	IPA	Metalli
Belluno città (BU)		0		0	0			0	0	0	
BL_La Cerva (TU)	0	0	0						0		
Area Feltrina (BS)		0		0	0		0	0	0	0	0
Pieve d'Alpago (BR)		0		0	0		0				

(a): campionamento e analisi automatici

(m): campionamento manuale e analisi in laboratorio

Le caratteristiche, le fonti di emissione e i risvolti sanitari di ogni inquinante monitorato sono così riassumibili:

#### Ossidi di Zolfo (SO<sub>x</sub>)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono le anidridi solforosa (SO<sub>2</sub>) e solforica (SO<sub>3</sub>), con predominanza della prima; questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>. 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, dovuta 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, essa tende a stratificare nelle zone più basse dell'atmosfera.

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 e 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.

#### Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore e 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: è maggiore nei motori a benzina rispetto ai motori diesel, i quali, operando in eccesso di ossigeno, ottengono una combustione più completa. La produzione di questo gas dipende inoltre dal regime del motore, risultando maggiore nelle fasi di avviamento, decelerazione e al minimo; è invece 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 di dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare e i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, a una riduzione delle emissioni.

### **Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)**

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<sub>2</sub>) 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 a 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<sub>2</sub> 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 formati, 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 e 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 e irritazioni).

### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

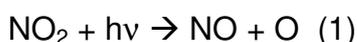
L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>) e un atomo di ossigeno estremamente reattivo



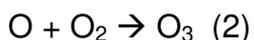
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli ossidi di azoto e i composti organici volatili (COV).

La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido di azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare,  $h\nu$ , con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in monossido d'azoto ed ossigeno atomico:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



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



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

In troposfera sono però presenti specie molto reattive chiamate "radicali perossilchilici", convenzionalmente indicati come RO<sub>2</sub>, prodotte dall'ossidazione di idrocarburi e altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



In presenza di radicali perossilchilici 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  $\text{NO}_x$  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, attraverso l'azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può variare da poche ore a qualche giorno. Questo fa sì che le concentrazioni di  $\text{O}_3$  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  $\text{O}_3$ , COV ed  $\text{NO}_x$  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 dell'episodio di accumulo di questo inquinante.

### **Polveri (PM10 e PM2.5)**

Materiale particolato (PM) è il termine usato per indicare presenze solide o di aerosol in atmosfera, generalmente formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, derivanti sia da fonti antropiche che naturali. Le differenti classi dimensionali conferiscono alle particelle caratteristiche fisiche e geometriche assai varie.

Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$ , mentre le PM2.5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10, rappresentano il particolato con un diametro inferiore a 2.5  $\mu\text{m}$ .

La IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune

sostanze della lista dei cancerogeni noti e fra questi ha ufficializzato l'entrata delle polveri sottili, e in genere dell'inquinamento atmosferico, inserendoli nella categoria 1, e quindi certamente cancerogeni per l'uomo.

Parte delle particelle che costituiscono le polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed antropiche (particelle primarie); parte invece deriva da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).

L'abbattimento e/o l'allontanamento delle polveri è legato in gran parte alla meteorologia. Pioggia e neve abbattono le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le allontanano.

Le più importanti sorgenti naturali sono così individuate:

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

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono:

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

Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro più sottile, ad esempio PM1, possono rimanere in circolazione per circa un mese.

Le polveri sottili nei centri urbani sono prodotte principalmente da fenomeni di combustione derivanti dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento.

Il particolato emesso dai camini di altezza elevata può essere trasportato dagli agenti atmosferici anche a grandi distanze. Per questo motivo parte dell'inquinamento di fondo riscontrato in una determinata città può provenire da una fonte situata anche lontana dal centro urbano. Nei centri urbani l'inquinamento da PM10, le più pericolose per la salute, è essenzialmente dovuto al traffico veicolare e al riscaldamento domestico.

Le dimensioni delle particelle in sospensione rappresentano il parametro principale che caratterizza il comportamento di un aerosol. Dato che l'apparato respiratorio è come un canale che si ramifica dal punto di inalazione, naso o bocca, sino agli alveoli con diametro sempre decrescente, si può immaginare che le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute nei primi stadi, mentre quelle sottili penetrano sino agli alveoli.

Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli. La deposizione si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Questo significa che, procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

In funzione della capacità delle particelle di penetrare nelle vie respiratorie, si distinguono tre frazioni:

- frazione inalabile: include tutte le particelle che riescono a entrare dalle narici e dalla bocca;
- frazione toracica: comprende le particelle che riescono a passare attraverso la laringe e a 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.

### **Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene (BTEX)**

Il benzene ( $C_6H_6$ ) è il più semplice dei composti organici aromatici: è un liquido incolore dal caratteristico odore pungente che diventa irritante a concentrazioni elevate e che volatilizza facilmente a temperatura ambiente. Il benzene presente nell'aria ambiente è prevalentemente di origine antropica e deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La più importante fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina, i quali emettono benzene oltre che dal tubo di scappamento anche dal serbatoio e dal carburatore: in questi ultimi due casi si tratta di perdite dovute all'evaporazione, legate cioè alla volatilità del combustibile e ai fenomeni fisici che la favoriscono. Questo inquinante è cancerogeno (IARC, WHO, Agents classified by the IARC monographs, Volume 1- 106, 2012), e la sua degradazione nell'atmosfera determina la formazione di altre sostanze tossiche e/o cancerogene. E' un precursore dell'ozono. L'industria petrolchimica in questi ultimi anni sta utilizzando in sostituzione del benzene il toluene ( $C_7H_8$ ), che è uno dei principali costituenti della benzina senza piombo. Esso infatti presenta caratteristiche chimico-fisiche molto simili a quelle del benzene ma risulta meno tossico. Lo xilene ( $C_8H_{10}$ ) è un gruppo di tre derivati del benzene (isomeri: orto-, meta- e para-) e come quest'ultimo è contenuto naturalmente nel petrolio. Una delle sue possibili fonti in un contesto urbano è il gasolio per autotrazione.

## **IPA e Benzo(a)Pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)**

Gli IPA sono una classe numerosa di composti organici che hanno origine principalmente dalla combustione incompleta e dalla pirolisi di materiale organico. La loro struttura è caratterizzata dalla fusione di due o più anelli aromatici. La loro presenza nell'ambiente è legata sia a sorgenti naturali sia ad attività antropiche, ma nelle zone altamente antropizzate le fonti principali sono il riscaldamento domestico, il traffico veicolare e i processi di combustione industriale. 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.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. La quantità e la qualità delle emissioni è naturalmente funzione sia della tipologia di combustibile utilizzata sia della struttura tecnica dell'impianto di riscaldamento. Ad esempio, è noto che il particolato prodotto dalla combustione del legname ha un maggior contenuto di IPA rispetto al particolato derivante dalla combustione del gasolio. È importante sottolineare come gli impianti di riscaldamento alimentati a metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla, risultando i più "puliti" per quanto riguarda questo inquinante.

Nelle zone urbane le emissioni di IPA dovute al traffico veicolare, in particolare dai processi di combustione dei motori diesel, risultano rilevanti. Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni. Nei processi combustivi si possono inoltre verificare reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.

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 e 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 (BaP) e gli altri IPA è relativamente stabile, la concentrazione di BaP 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<sup>3</sup>, quale valore obiettivo ambientale come media annuale per la qualità dell'aria.

## Metalli

### Piombo (Pb)

Il piombo è l'elemento chimico di numero atomico 82. È un metallo tenero, pesante, malleabile. Di colore bianco azzurrognolo appena tagliato, esposto all'aria si colora di grigio scuro.

Il piombo viene usato nella produzione di batterie per autotrazione e di proiettili per armi da fuoco. Questo metallo è un componente del peltro e di altre leghe usate per la saldatura. In natura è abbondantemente diffuso sotto forma di solfuro, nel minerale chiamato galena e in minerali di secondaria importanza, come la cerussite e l'anglesite.

Negli anni recenti, un'importante sorgente di assorbimento per la popolazione è stato il piombo aerodisperso proveniente dal traffico veicolare a benzina, in cui era presente come antidetonante, fino all'abolizione a partire dal 2002. Piccole quantità di piombo possono provenire da attività industriali o essere presenti in frammenti di vernici.

### Arsenico (As)

È l'elemento chimico di numero atomico 33. È un noto veleno ed un metalloide che si presenta in tre forme allotropiche diverse: gialla, nera e grigia.

Dal punto di vista chimico, l'arsenico è molto simile al suo omologo, il fosforo, al punto che lo sostituisce parzialmente in alcune reazioni biochimiche. Scaldato, si ossida rapidamente ad ossido arsenioso, dal tipico odore agliaceo. L'arsenico e alcuni suoi composti sublimano, passando direttamente dalla fase solida a quella gassosa.

L'arseniato di piombo è stato usato fino al XX secolo come pesticida sugli alberi da frutto, con gravi danni neurologici per i lavoratori che lo spargevano sulle colture, mentre l'arseniato di rame è stato usato come colorante per dolciumi nel XIX secolo.

Più recentemente l'arsenocromato di rame ha trovato utilizzo negli interventi conservativi del legname contro la marcescenza e gli attacchi degli insetti. Questa pratica in molti paesi è stata proibita dopo la comparsa di studi che hanno dimostrato il lento rilascio di arsenico per dilavamento e combustione da parte del legno trattato.

Altri usi:

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

### Nichel (Ni)

Il nichel è l'elemento chimico di numero atomico 28. È un metallo bianco argenteo, che può essere lucidato con grande facilità. Appartiene al gruppo del ferro, è duro,

malleabile e duttile. Si trova combinato con lo zolfo nella millerite e con l'arsenico nella niccolite.

Per la sua ottima resistenza all'ossidazione e la stabilità chimica esposto all'aria, si usa per coniare le monete di minor valore, per rivestire materiali ad esempio in ferro e ottone, in alcune attrezzature chimiche ed in certe leghe, come per esempio l'argento tedesco. È ferromagnetico e si accompagna molto spesso con il cobalto.

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

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

### Cadmio (Cd)

Il cadmio è l'elemento chimico di numero atomico 48. È un metallo di transizione relativamente raro, tenero, bianco-argenteo con riflessi azzurrognoli. Si trova nei minerali dello zinco.

Il cadmio è un metallo bivalente, malleabile, duttile e tenero, al punto che può essere tagliato con un normale coltello. Sotto molti aspetti assomiglia allo zinco, ma tende a formare composti più complessi di quest'ultimo.

Circa tre quarti della quantità di cadmio prodotta trova utilizzo nelle pile al nichel-cadmio, mentre la restante quota è principalmente usata per produrre pigmenti, rivestimenti e stabilizzanti per materie plastiche.

Tra gli altri usi del cadmio e dei suoi composti si segnalano:

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

Sono considerati tossici tutti quei metalli il cui eccessivo apporto determina effetti dannosi per la salute, tanto maggiori, quanto maggiore è la dose assorbita; lo stesso metallo può essere essenziale a basse dosi, ossia necessario per alcune funzioni dell'organismo, e diventare tossico a dosi più elevate. I metalli possono essere assorbiti per via respiratoria, per ingestione e, più raramente, attraverso la pelle. Nell'organismo si legano prima alle proteine del sangue, per poi distribuirsi nei diversi compartimenti a seconda delle loro proprietà. Il piombo, ad esempio, si distribuisce nell'osso e nei tessuti molli, mentre l'arsenico interferisce con l'attività enzimatica. Gli effetti dei metalli sono molteplici: possono determinare fenomeni irritativi, intossicazioni acute e croniche, possono avere azione mutagena o cancerogena. Anche gli organi o gli apparati colpiti sono molto diversi: si va dal sangue al rene, al

sistema nervoso centrale o periferico, al sistema respiratorio, all'apparato gastrointestinale, all'apparato cardiovascolare e alla cute. La maggior parte degli effetti tossici dovuti ai metalli sono stati osservati e descritti in lavoratori esposti a concentrazioni ambientali di gran lunga più elevate di quelle presenti nell'ambiente di vita, oppure in seguito a intossicazioni accidentali.

Tabella 4: 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 di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risolleamento
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali
Biossido di Azoto* NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare on road e off road, centrali termoelettriche, attività industriali (processi di combustione con ossigeno e azoto atmosferici)
Biossido di Zolfo* SO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili), veicoli diesel
Ozono** O <sub>3</sub>	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento

#### 4 - Normativa di riferimento

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

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

Per tutti gli inquinanti considerati, risultano in vigore i limiti individuati dal D.Lgs 155/2010 e s.m. e i., 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.

Tale decreto regola i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), monossido di carbonio (CO), particolato (PM10 e PM2.5), piombo (Pb) benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), oltre alle concentrazioni di ozono (O<sub>3</sub>) e ai livelli nel particolato PM10 di cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e Benzo(a)Pirene (BaP).

Con questo studio è stato verificato il rispetto dei valori limite e dei i valori obiettivo di tutti gli indicatori riportati in Tabella 5 per i seguenti parametri: NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM10, PM2.5, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, BaP, Pb, As, Ni, Cd.

Tabella 5: Valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione (D.Lgs.155/2010 s.m.i.).

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
<b>SO<sub>2</sub></b>	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale e Media invernale	<b>20</b> µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	<b>500</b> µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	<b>350</b> µg/m <sup>3</sup> da non superare più di <u>24</u> volte per anno civile
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	<b>125</b> µg/m <sup>3</sup> da non superare più di <u>3</u> volte per anno civile
<b>NO<sub>x</sub></b>	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale	<b>30</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	<b>400</b> µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	<b>200</b> µg/m <sup>3</sup> da non superare più di <u>18</u> volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	<b>40</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>PM10</b>	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	<b>50</b> µg/m <sup>3</sup> da non superare più di <u>35</u> volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	<b>40</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>PM2.5</b>	Valore limite per la protezione della salute umana	Media annuale	<b>25</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>CO</b>	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	<b>10</b> mg/m <sup>3</sup>
<b>Pb</b>	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	<b>0.5</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>B(a)P</b>	Valore obiettivo	Media annuale	<b>1.0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	<b>5.0</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>O<sub>3</sub></b>	Soglia di informazione	superamento del valore orario	<b>180</b> µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	<b>240</b> µg/m <sup>3</sup>
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	<b>120</b> µg/m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	<b>120</b> µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di <u>25</u> giorni all'anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>18000</b> µg/m <sup>3</sup> h da calcolare come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>6000</b> µg/m <sup>3</sup> · h
<b>Ni</b>	Valore obiettivo	Media Annuale	<b>20.0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>As</b>	Valore obiettivo	Media Annuale	<b>6.0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>Cd</b>	Valore obiettivo	Media Annuale	<b>5.0</b> ng/m <sup>3</sup>

## 5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti installati presso le stazioni di monitoraggio 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).

Le tecniche di analisi per i singoli parametri sono così riassumibili:

- Polveri PM10 e PM2.5: determinazione per assorbimento  $\beta$  delle polveri su nastro o su filtri da 47 mm in fibra di vetro previo frazionamento;
- Ossidi d'azoto, in particolare biossido d'azoto: determinazione per emissione a chemiluminescenza;
- Ozono: determinazione per assorbimento U.V.;
- Monossido di carbonio: determinazione per assorbimento I.R.;
- Biossido di zolfo: determinazione per emissione a fluorescenza;

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

Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al Benzo(a)Pirene) e del PM10 sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, rispettivamente mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008" e determinazione gravimetrica "metodo UNI EN 12341:2014".

La determinazione gravimetrica del PM10 è stata effettuata su tutti i filtri campionati, mentre le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite seguendo frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dal D.Lgs. 155/2010.

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri in quarzo mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite "metodo UNI EN 14902:2005 e UNI EN 15549:2008".

Il campionamento del benzene infine è stato effettuato su fiale di carbone attivo per un periodo di 24 ore; la determinazione analitica utilizza la gas-cromatografia, previo desorbimento termico del campione.

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

rilevabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato o della metodologia adottata. Inoltre si è deciso di escludere dalle elaborazioni statistiche successive i valori anomali e aberranti, i cosiddetti “outliers”, chiaramente distanti dalle altre osservazioni disponibili.

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

## 6 - Efficienza di campionamento

La Rete di Monitoraggio ARPAV fornisce, nel corso dell’anno, le misure in base alle quali è possibile valutare il rispetto degli standard di riferimento per la qualità dell’aria, come evidenziato nel paragrafo 4 di questo documento.

Alcuni analizzatori rendono disponibile un dato ogni ora, ottenuto come media delle misure elementari eseguite con scansione ogni 5 secondi nel corso dell’ora precedente.

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 di biossido di azoto, ossidi di azoto e particolato PM10, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell’arco dell’intero anno civile, mentre per l’ozono deve essere almeno pari al 90% d’estate e al 75% in inverno.

Per il benzene la frequenza di campionamento per le misurazioni indicative è stata fissata dal D. Lgs. 155/2010 in 52 campioni giornalieri.

Per le misurazioni con campionatori manuali, il periodo minimo di copertura per il Benzo(a)Pirene e gli IPA deve essere compreso tra il 14% (52 gg/anno) e il 33% (120 gg/anno) nell’arco dell’intero anno civile, con una resa del 90%, e le misurazioni devono essere uniformemente distribuite nell’arco dell’anno civile; per i metalli, infine, la copertura deve essere del 14% (52 gg/anno).

Nella Tabella 6 è possibile verificare l’efficienza della Rete di Monitoraggio del territorio provinciale per l’anno 2019, in relazione alla percentuale di dati validi disponibili per tutti gli inquinanti.

Tabella 6: resa della rete di monitoraggio, anno 2019.

STAZIONE	GRADO DI COPERTURA IN % DATI ORARI VALIDI NEL 2019				GRADO DI COPERTURA IN % DATI GIORNALIERI VALIDI NEL 2019				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	BTEX m	PM2.5 m	PM10	IPA	Metalli
Belluno città		95		93		95	99	35	
Bl_La Cerva	94	94	95						
Area Feltrina		96		96	14	97	99	36	18
Pieve d'Alpago		95		96	16		100		

## **7 - Commento meteorologico e valutazione di alcuni parametri meteorologici utili alla dispersione degli inquinanti atmosferici**

### **(A cura del Centro Meteorologico di Teolo)**

Il presente rapporto annuale illustra l'andamento meteorologico del 2019 con particolare riferimento ai territori comunali di Feltre, Belluno e Pieve d'Alpago. Ad un *excursus* introduttivo, nel quale è descritta la situazione meteorologica e gli effetti sulle capacità dispersive dell'atmosfera a livello regionale, segue un'analisi più dettagliata, relativamente alle aree comunali dove sono stati effettuati i monitoraggi mediante stazioni fisse (Belluno, Feltre, Pieve d'Alpago), di due variabili, la precipitazione e il vento, che sono particolarmente significative per la dispersione degli inquinanti atmosferici. I valori di precipitazione e vento rilevati nell'anno 2019 sono stati quindi messi a confronto con la serie climatologica (anni 2005-2018) e con alcuni valori degli ultimi anni.

### **7.1 Analisi della situazione meteorologica dell'anno 2019**

Le condizioni meteorologiche che causano un maggiore accumulo di inquinanti, e la cui persistenza può portare ad episodi acuti di inquinamento, sono generalmente associate alla presenza di alta pressione. In tali situazioni, infatti, da un lato mancano le precipitazioni che dilavano l'atmosfera e, dall'altro, l'intensità dei venti, che favorirebbe la dispersione degli inquinanti, è debole o molto debole. Inoltre, durante l'inverno, lo scarso rimescolamento dei bassi strati durante il giorno e la prolungata presenza di inversioni termiche, prevalentemente notturne, provocano un forte ristagno degli inquinanti, tra cui le polveri sottili.

Il passaggio di perturbazioni, invece, con le relative precipitazioni e con l'aumento della ventilazione favorisce il dilavamento dell'atmosfera, la dispersione degli inquinanti e la scomparsa dell'inversione termica; pertanto ai passaggi di perturbazioni sono generalmente connesse migliori capacità dispersive dell'atmosfera.

Nel successivo paragrafo si riportano una sintesi delle condizioni meteorologiche prevalenti nel corso dell'anno 2019 e alcune considerazioni sul loro effetto sulle capacità dispersive dell'atmosfera. Un'analisi meteorologica più completa dell'intero anno viene riportata nella relazione regionale annuale di qualità dell'aria. Per tali analisi ci si è basati sui commenti meteorologici stagionali, pubblicati sul sito internet dell'Agenzia alla pagina di Climatologia.

### **7.2 Sintesi della situazione meteorologica ed effetti sulle capacità dispersive dell'atmosfera**

In gennaio e febbraio prevalgono i periodi con tempo stabile che determinano condizioni favorevoli al ristagno delle polveri sottili. Fanno eccezione alcuni periodi (in gennaio i giorni 17 e 18, 23 e 27 e i primi tre giorni di febbraio), durante i quali il passaggio di perturbazioni, accompagnate da precipitazioni, ha favorito il

dilavamento atmosferico. Al tempo stesso, però, si verificano numerose giornate ventose per correnti da nord, con Foehn nelle valli, che hanno favorito un discreto rimescolamento e una parziale dispersione delle polveri sottili.

Nel mese di marzo le fasi con tempo stabile nel corso delle quali è favorito l'accumulo degli inquinanti sono intervallate da qualche episodio di instabilità (nei giorni 4, 11, 18 e 25) che ha favorito l'abbattimento delle polveri ed il rimescolamento. Inoltre, una modesta ventilazione ha contribuito ad una parziale dispersione degli inquinanti. In aprile e maggio, frequenti passaggi di perturbazioni con precipitazioni abbondanti hanno favorito la deposizione umida delle polveri sottili.

Nei mesi estivi, il rimescolamento termico favorito dal soleggiamento e alcune fasi di instabilità, soprattutto nelle prime due decadi del mese di giugno e in agosto, hanno determinato una buona dispersione delle polveri sottili.

In settembre e ottobre il passaggio di alcuni impulsi perturbati si alterna a fasi di tempo stabile, interrompendo i periodi di accumulo delle polveri sottili, mentre, in novembre, frequenti passaggi di perturbazioni creano condizioni atmosferiche molto dispersive.

In dicembre, il passaggio di alcune perturbazioni e il verificarsi di alcuni episodi di rinforzo delle correnti settentrionali contribuiscono a determinare condizioni in prevalenza favorevoli alla dispersione delle polveri sottili.

### **7.3 Valutazione sintetica della capacità dispersiva dell'atmosfera**

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari, divisi in due metà di uguale area, utilizzati per rappresentare la frequenza dei giorni con caratteristiche rispettivamente di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

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

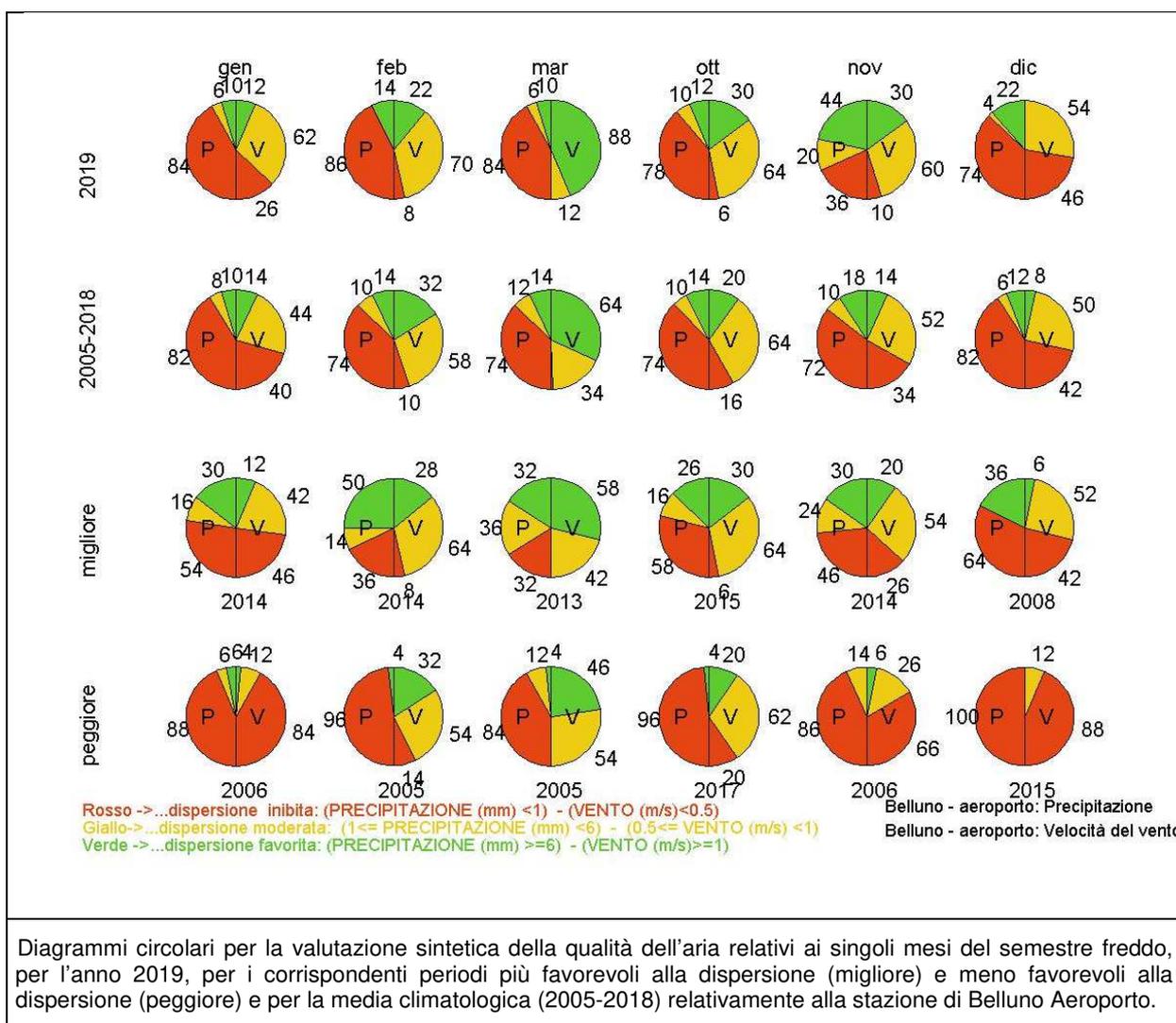
I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera empirica in base ad un campione pluriennale di dati.

Di seguito si riporta il confronto effettuato mediante diagrammi circolari dell'anno 2019 con la serie climatologica (2005-2018) e con i periodi corrispondenti, nei quali sono state registrate le condizioni più favorevoli alla dispersione (migliore) o più

critiche per l'accumulo (peggiore). Il confronto è effettuato sui dati delle stazioni di Belluno, Feltre e Torch (per Pieve d'Alpago) per i mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre, che risultano più problematici per l'inquinamento da polveri sottili, per la stagione invernale, per l'intero periodo problematico per l'inquinamento da polveri fini (gennaio-marzo, ottobre-dicembre) e per tutto l'anno.

### 7.3.1 Valutazione della capacità dispersiva dell'atmosfera presso l'area comunale di Belluno, Feltre e Pieve D'Alpago

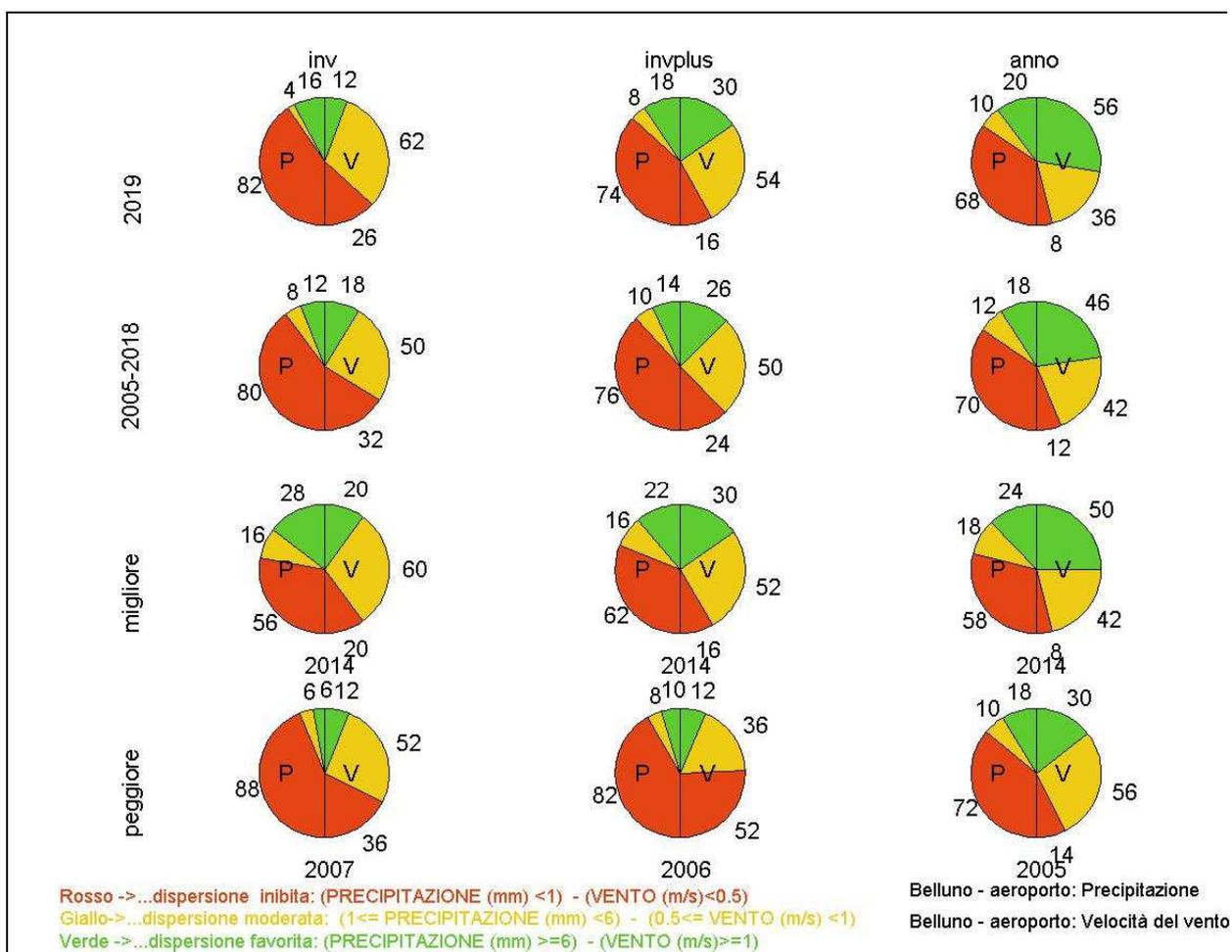
La stazione utilizzata per la valutazione delle capacità dispersive dell'atmosfera è quella di Belluno Aeroporto, presso la quale la quota di misura del vento è a 10 m.



Dal confronto riportato nella precedente figura, si evince che nell'anno 2019, presso la stazione di Belluno:

- in gennaio, le condizioni di dispersione inibita sono state un po' meno frequenti della media, grazie ad una minor numero di giornate poco ventilate;

- in febbraio le condizioni di dispersione inibita sono state un po' più frequenti della media, ma meno frequenti rispetto al corrispondente peggiore (2005);
- in marzo grazie ad un maggior numero di giornate molto ventose, la percentuale delle condizioni di dispersione favorita sono superiori anche a quelle del marzo migliore (2013), rispetto al quale però è molto più alto il numero delle giornate poco piovose.
- ottobre presenta una percentuale di condizioni di dispersione inibita un po' meno frequenti della media, ma più frequenti rispetto al corrispondente migliore (2015);
- in novembre la percentuale dei giorni con condizioni di dispersione favorita è più alta anche rispetto al corrispondente migliore (2014);
- in dicembre le condizioni di dispersione inibita sono un po' meno frequenti della media, ma più frequenti rispetto al dicembre migliore (2008).

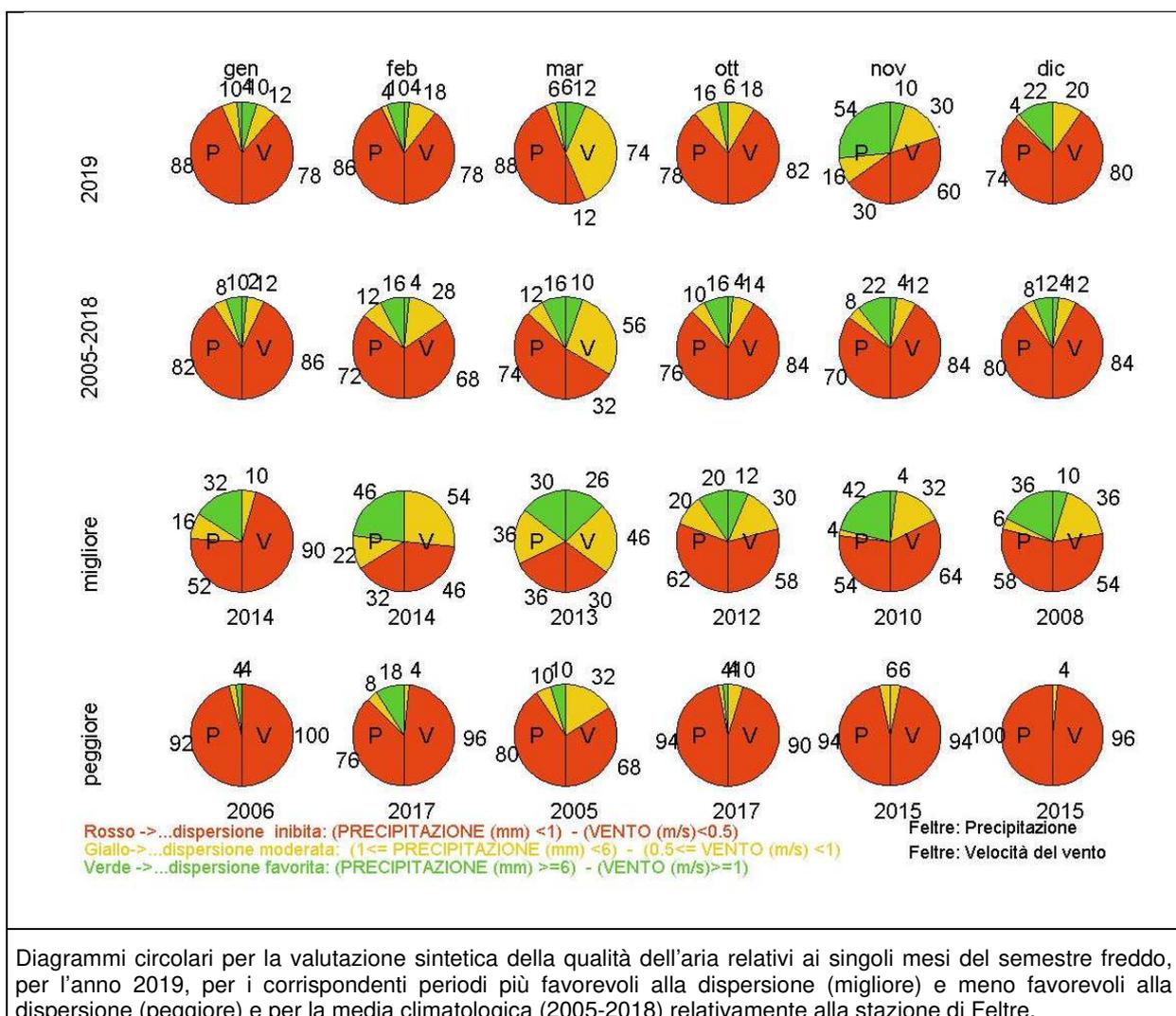


Diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria relativi ai mesi invernali + marzo e ottobre (invplus) e annuali, per l'anno 2019, per i corrispondenti periodi più favorevoli alla dispersione (migliore) e meno favorevoli alla dispersione (peggiore) e per la media climatologica (2005-2018), relativamente alla stazione di Belluno Aeroporto.

Dalla figura precedente si evince inoltre che presso la stazione di Belluno:

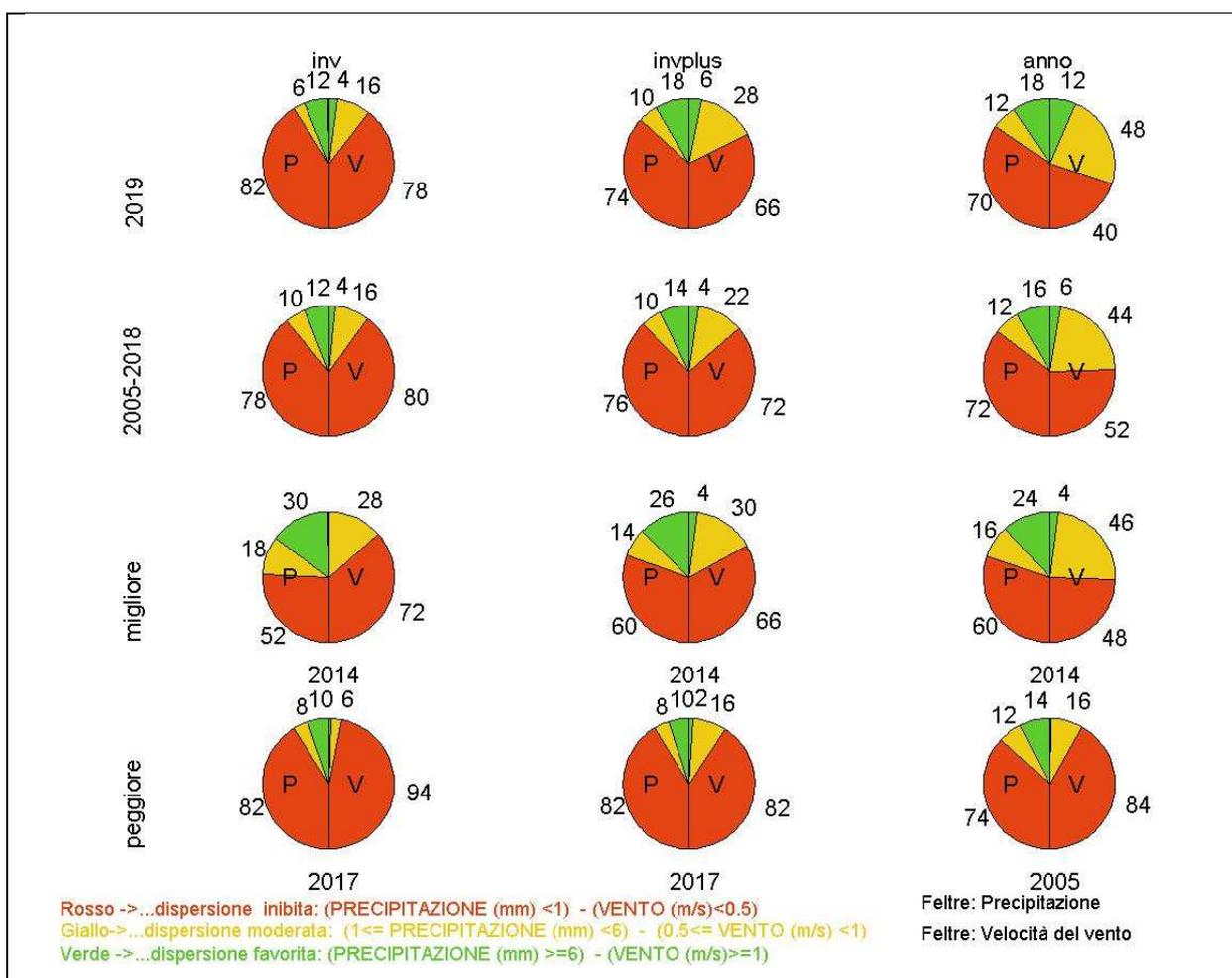
- la distribuzione delle condizioni di dispersività nei mesi invernali è simile alla media;
- nel periodo più critico per l'inquinamento (invplus: gennaio-marzo e ottobre-dicembre), le condizioni di dispersione inibita sono state meno frequenti della media, ma più frequenti rispetto al corrispondente periodo migliore (2014);
- la distribuzione delle condizioni dispersive dell'intero anno si colloca tra quella media e quella migliore (2014).

Per quanto riguarda invece l'area feltrina, la stazione utilizzata è quella di Feltre, presso la quale la quota di misura del vento è 5 m.



Dal confronto presentato nella figura precedente si evince che, relativamente all'anno 2019:

- in gennaio la distribuzione delle condizioni dispersive è in linea con quella media, soprattutto grazie alla maggior ventilazione;
- in febbraio la percentuale delle condizioni di dispersione inibita è più alta rispetto alla media, ma un po' inferiore rispetto al febbraio peggiore (2017);
- in marzo le condizioni di dispersione inibita sono un po' meno frequenti della media, soprattutto grazie ad una maggior ventilazione, ma più frequenti rispetto al marzo migliore (2013);
- in ottobre le condizioni di dispersione inibita si sono presentate con una frequenza simile a quella media;
- in novembre le condizioni di dispersione favorita sono state più frequenti anche rispetto al novembre migliore (2010);
- in dicembre le condizioni di dispersione inibita sono state meno frequenti della media, ma più frequenti rispetto al corrispondente migliore (2008).

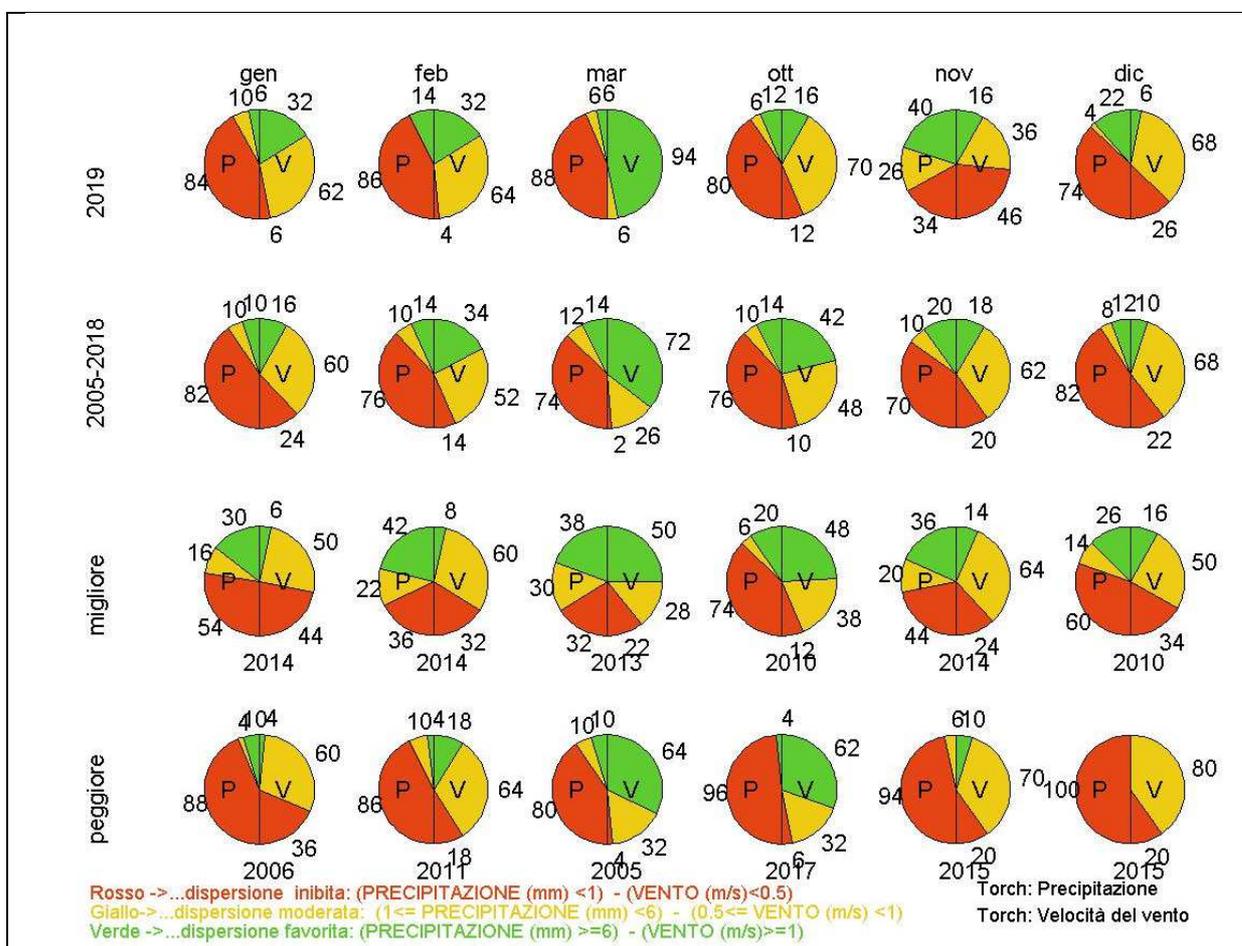


Diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria relativi ai mesi invernali, ai mesi invernali + marzo e ottobre (invplus) e annuali, per l'anno 2019, per i corrispondenti periodi più favorevoli alla dispersione (migliore) e meno favorevoli alla dispersione (peggiore) e per la media climatologica (2005-2018), relativamente alla stazione di Feltre.

Dalla figura precedente si può osservare che nel 2019, presso l'area di Feltre:

- durante il periodo invernale, la distribuzione delle condizioni di dispersività è stata simile a quella media;
- nei mesi critici per l'inquinamento da polveri sottili (invplus), le percentuali delle giornate con condizioni di dispersione inibita è minore della media, ma più alta rispetto a quella del corrispondente migliore (2014).
- nel corso dell'intero anno la distribuzione delle condizioni di dispersività è simile a quella del corrispondente migliore (2014).

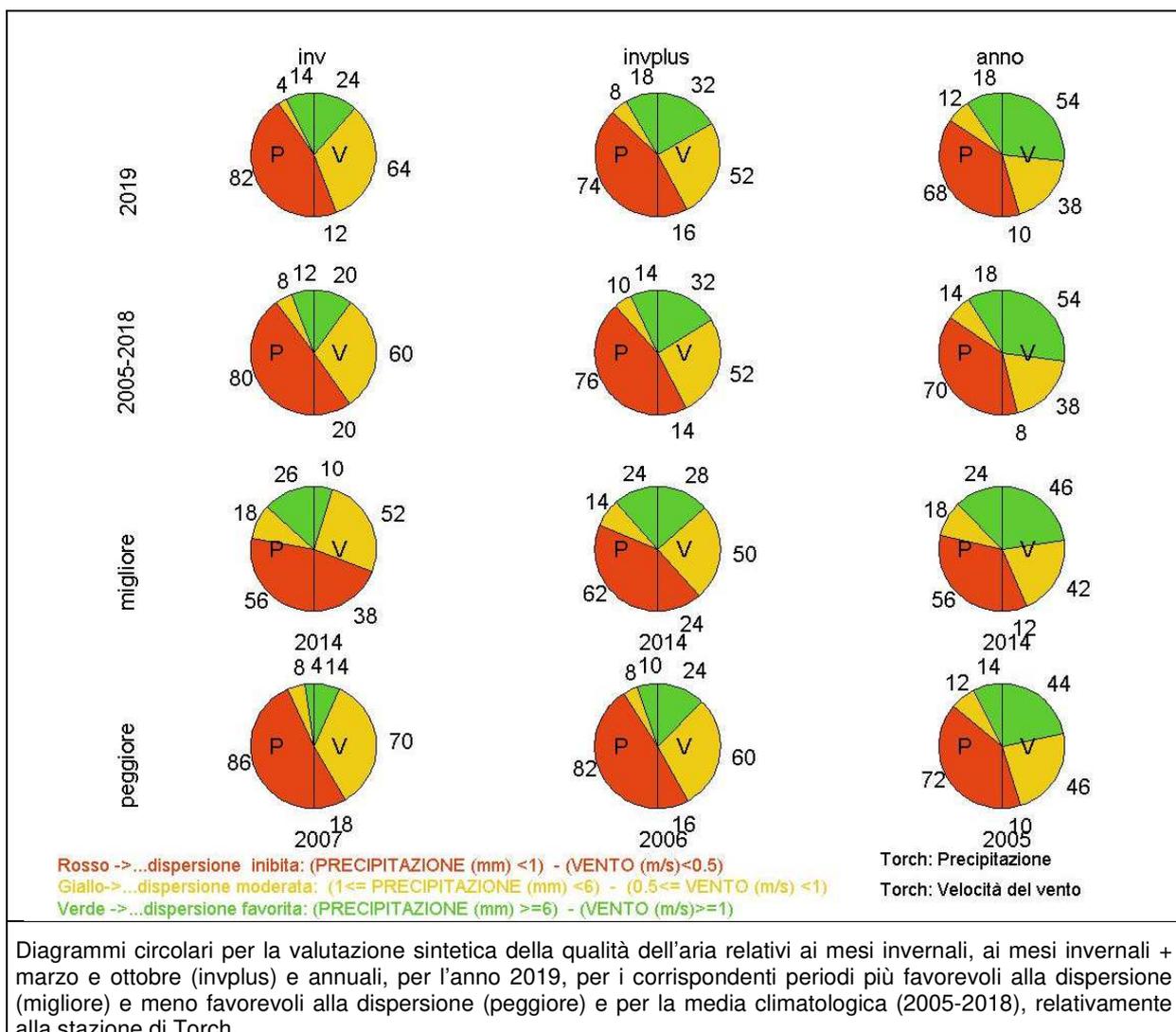
Per quanto riguarda infine la capacità dispersiva dell'atmosfera presso l'area comunale di Pieve d'Alpago, la stazione utilizzata come riferimento è quella di Torch, presso la quale la quota di misura del vento è di 5 m.



Diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria relativi ai singoli mesi del semestre freddo, per l'anno 2019, per i corrispondenti periodi più favorevoli alla dispersione (migliore) e meno favorevoli alla dispersione (peggiore) e per la media climatologica (2005-2018) relativamente alla stazione di Torch.

Nella precedente figura si può osservare che presso la stazione di Torch, nel corso del 2019:

- in gennaio, le condizioni di dispersione inibita si sono presentate con una frequenza un po' inferiore alla media grazie ad una maggiore ventilazione;
- in febbraio, le condizioni di dispersione inibita sono più frequenti della media, ma meno frequenti rispetto al corrispondente peggiore (2011);
- in marzo i giorni con dispersione favorita sono più frequenti della media, grazie ad una maggior ventilazione, tuttavia sono più frequenti rispetto alla media i giorni poco piovosi;
- in ottobre le condizioni di dispersione inibita sono state un po' più frequenti rispetto alla media, ma meno frequenti rispetto al corrispondente peggiore (2017);
- novembre presenta condizioni di dispersione favorita con una frequenza superiore rispetto anche al corrispondente migliore (2014);
- la distribuzione delle condizioni dispersive nel mese di dicembre si colloca tra quella media e quella del corrispondente migliore (2010).



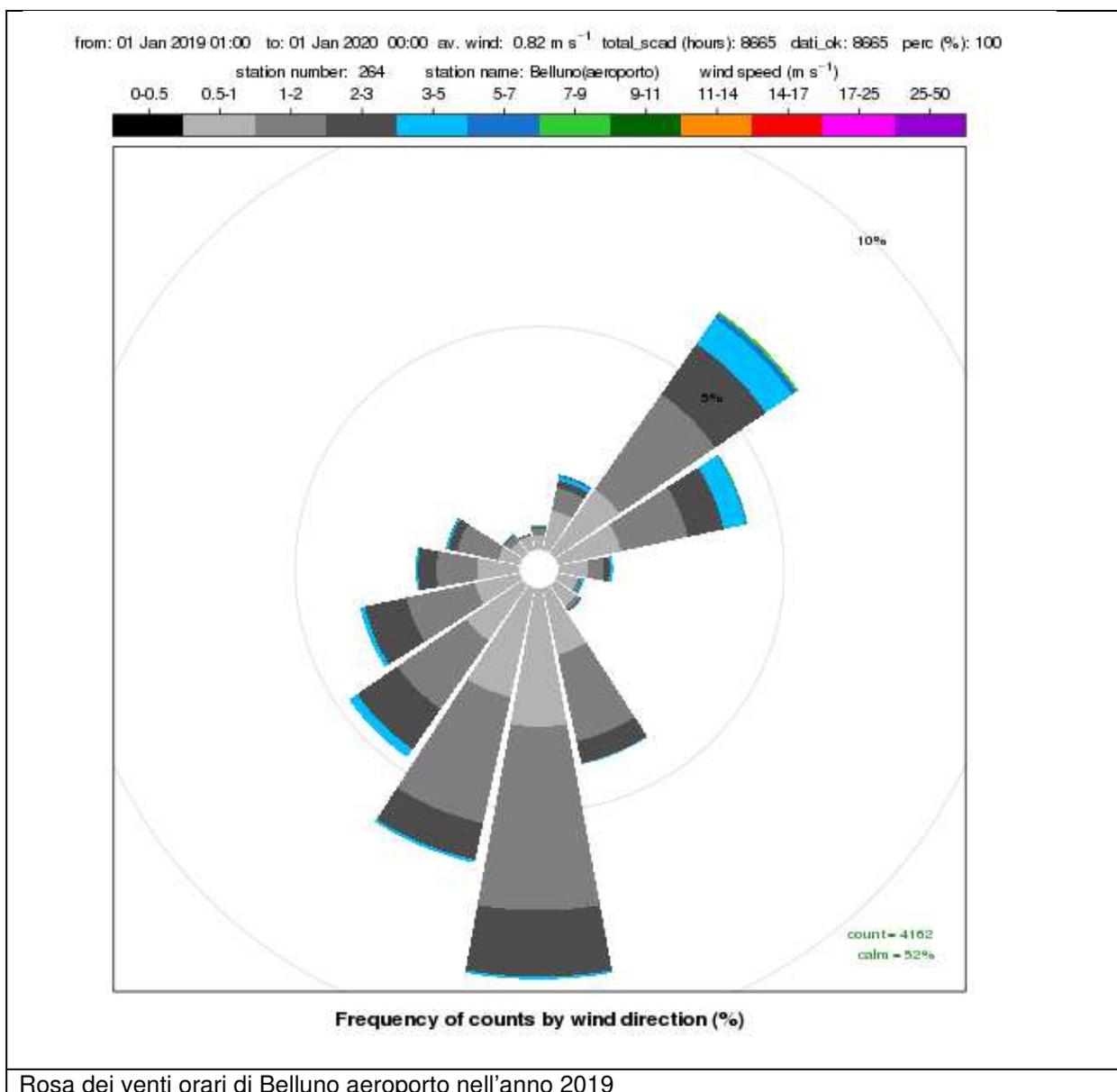
Diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria relativi ai mesi invernali, ai mesi invernali + marzo e ottobre (invplus) e annuali, per l'anno 2019, per i corrispondenti periodi più favorevoli alla dispersione (migliore) e meno favorevoli alla dispersione (peggiore) e per la media climatologica (2005-2018), relativamente alla stazione di Torch.

In quest'ultima analisi climatica, si può osservare che nel corso del 2019, presso la stazione di Torch:

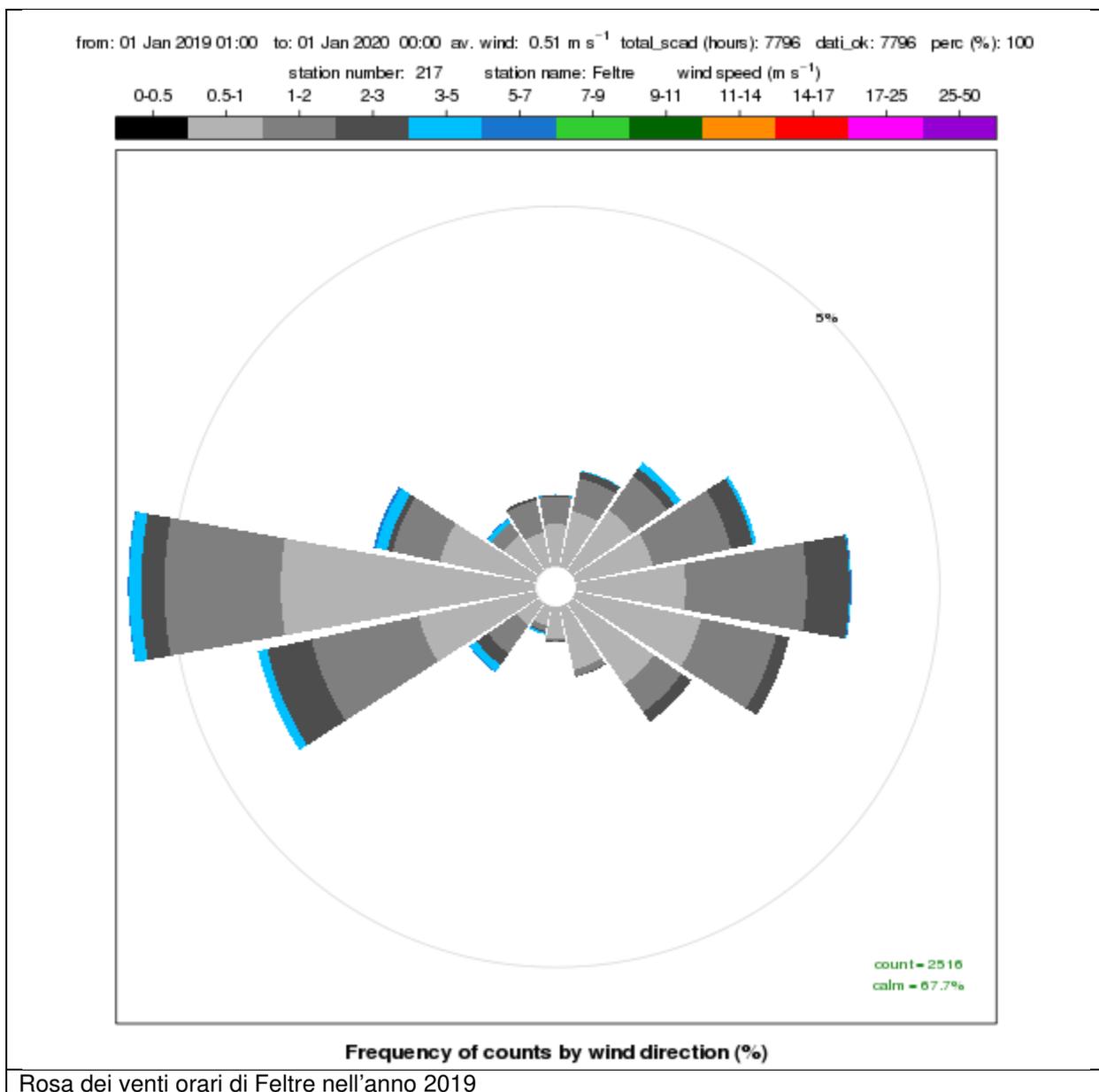
- durante l'inverno la distribuzione delle condizioni di dispersività si colloca tra quella media e quella del corrispondente periodo migliore (2014);
- durante il periodo più critico per il ristagno delle polveri fini (invplus) e nell'intero anno, la distribuzione delle capacità dispersive è stata simile alla media.

### Rose dei venti registrati nelle aree di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago.

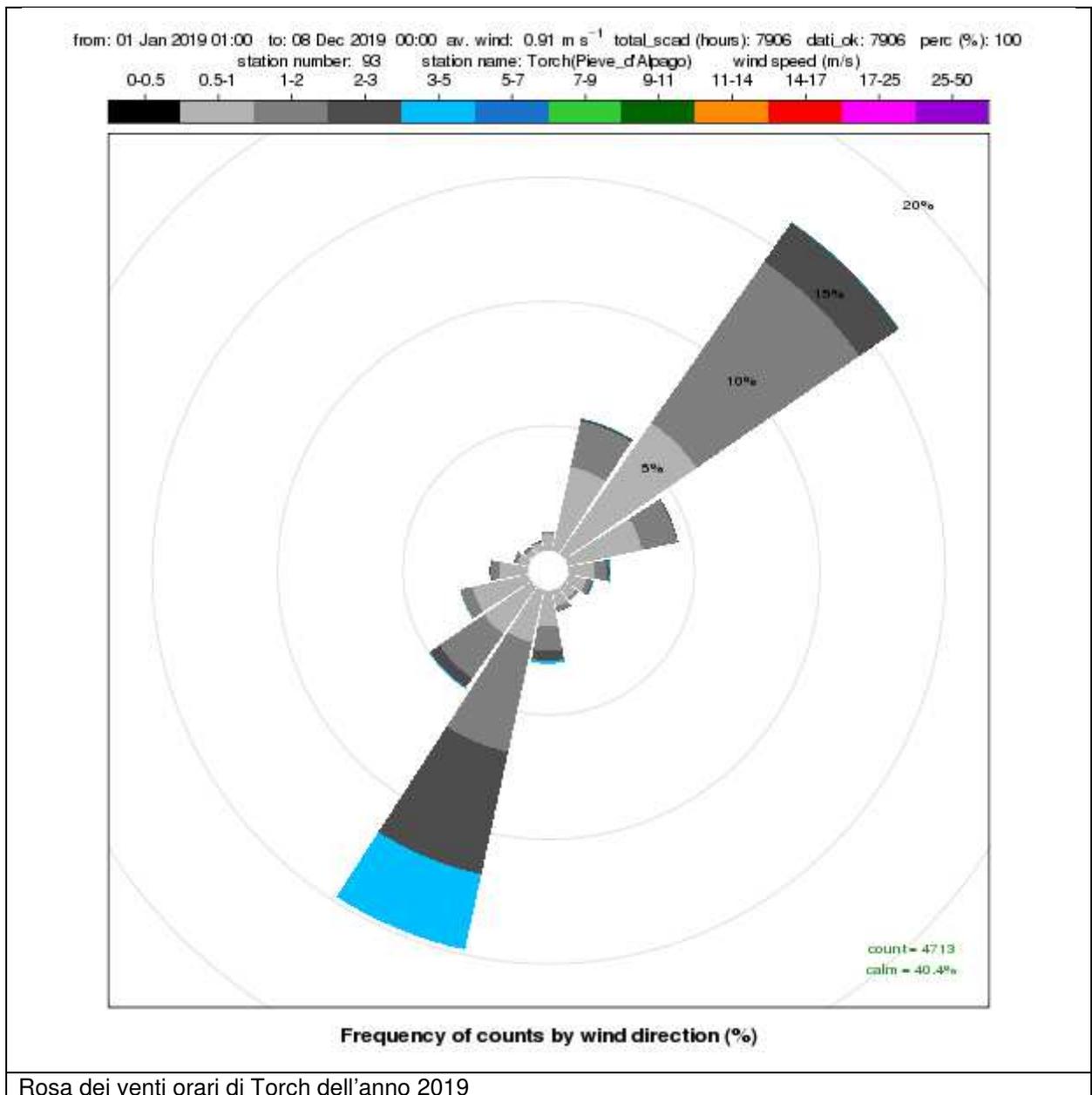
Di seguito si riportano le rose dei venti registrati nelle stazioni di Belluno, Feltre e Torch (stazione utilizzata come riferimento per la località di Pieve d'Alpago).



Dalla figura si evince che, nel corso dell'anno 2019, presso la stazione di Belluno aeroporto, la direzione prevalente di provenienza del vento è sud (circa 10% dei casi), seguita da sud-sudovest (circa 6%), nord-est, est-nordest e sud-ovest (tutte e tre circa 5%); i venti di intensità più elevata soffiano da nord-est ed est-nordest; prevalenti sono le calme di vento (vento di intensità inferiore a 0.5 m/s) con una frequenza che è pari a circa 52%;



Dalla figura si evince che, nel corso dell'anno 2019, presso la stazione di Feltre, a prevalere sono le calme (vento di intensità inferiore a 0.5 m/s) con una frequenza di circa il 68% dei casi; per venti di intensità superiore a 0.5 m/s, la direzione prevalente di provenienza del vento è ovest (quasi 6% dei casi), seguita da ovest-sudovest ed est (entrambe circa 4%) e dalle altre direzioni lungo l'asse est-ovest; la velocità media è di circa 0.5 m/s.



Rosa dei venti orari di Torch dell'anno 2019

Dalla figura si nota che, nel corso dell'anno 2019, presso la stazione di Torch, le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono nord-est (circa 16% dei casi), e sud-sudovest (circa 15%); la frequenza delle calme è pari a circa 40%, la velocità media pari circa a 0.9 m/s. (Si segnala che, a causa di un malfunzionamento del sensore di direzione del vento, la serie dei dati utilizzati per la rosa dei venti termina il 7 dicembre 2019, quindi mancano le ultime due decadi dell'anno).

#### **7.4 Episodi di inquinamento acuto da PM10.**

Di seguito saranno analizzate le condizioni meteorologiche dei periodi in cui si sono verificati alcuni episodi di inquinamento acuto da polveri sottili.

##### **7.4.1 Episodio del periodo 5-9 gennaio 2019**

La prima decade del mese di gennaio 2019 è caratterizzata dall'assenza di precipitazioni. La montagna veneta si trova sul confine tra un'alta pressione in espansione dall'Oceano Atlantico e alcune saccature di bassa pressione che transitano da nord verso sud sull'Europa centro-orientale. Tale configurazione produce dei rinforzi di venti settentrionali in alta quota, mentre in Val Belluna, soprattutto a partire dal giorno 3, la ventilazione è molto debole con frequenti calme di vento soprattutto il 7 e l'8 gennaio, quando i venti si attenuano anche in quota. Il 9 giunge sulla regione una depressione dall'Europa nord-orientale, alla quale non risultano associate precipitazioni significative; tuttavia il suo passaggio provoca nuovamente rinforzi dei venti settentrionali, questa volta con episodi di Foehn anche nei fondovalle prealpini, che favoriscono la dispersione delle polveri sottili.

##### **7.4.2 Episodio del periodo 28 febbraio – 5 marzo 2019**

Tra la fine di febbraio e l'inizio di marzo transita sulla regione una modesta saccatura atlantica che porta della nuvolosità ma senza precipitazioni e senza significativi rinforzi dei venti. Mancano quindi i fattori favorevoli a un efficace dispersione delle polveri sottili. La sera del giorno 4, un episodio di instabilità, associato al passaggio di una nuova e più marcata saccatura atlantica, con precipitazioni a carattere di rovescio favorisce il dilavamento atmosferico e la diminuzione delle concentrazioni di polveri sottili.

##### **7.4.3 Episodio del periodo 15 – 18 dicembre 2019**

A partire dal 14 dicembre un promontorio anticiclonico si espande dal Mediterraneo fino all'Europa centrale, portando tempo stabile senza precipitazioni e un rialzo delle temperature, soprattutto in quota, con conseguente intensificazione dell'inversione termica. Le condizioni meteorologiche sono quindi favorevoli a un progressivo accumulo delle polveri sottili. Il 17 transita una prima saccatura atlantica, in approfondimento sul Mediterraneo occidentale, accompagnata da debolissime precipitazioni; a questa segue una perturbazione atlantica più intensa che porta, a partire dal 19 e fino al 22 dicembre, precipitazioni consistenti che favoriscono l'abbattimento delle polveri sottili accumulate

## 8 - Analisi degli inquinanti rilevati

### 8.3 - Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) viene rilevato nella sola stazione da traffico di Belluno "La Cerva".

I valori medi di SO<sub>2</sub> sono molto bassi e ampiamente inferiori sia ai limiti legislativi di 125 µg/m<sup>3</sup> (limite di 24 ore) e 350 µg/m<sup>3</sup> (limite orario), sia al livello critico per la protezione della vegetazione di 20 µg/m<sup>3</sup>.

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Belluno "La Cerva"
media	3
min	<2
max	22
N ore	8169
rendimento (%)	93
N superamenti 350 (µg/m <sup>3</sup> )	0
N superamenti 125 (µg/m <sup>3</sup> )	0

## 8.2 - Monossido di carbonio (CO)

Anche il monossido di carbonio (CO) viene rilevato nell'unica stazione da traffico della rete provinciale di Belluno, "La Cerva".

I valori medi e massimi di concentrazione di CO sono molto bassi, 0.3 e 2 mg/m<sup>3</sup> rispettivamente, a fronte di un limite di rilevabilità dello strumento di misura pari a 0.1 mg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo misurato è pari a un quinto del limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup>.

CO (mg/m <sup>3</sup> )	Belluno "La Cerva"
media	0.3
min	< 0.1
max	2
N ore	2.3
rendimento (%)	95
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup> (media mobile 8 ore)	0

## 8.1 – Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Gli ossidi azoto sono rilevati presso tutte le centraline poste in provincia di Belluno. I valori medi annuali e i massimi più elevati si misurano presso la stazione di Belluno “La Cerva”, stazione di traffico urbano. La principale fonte emissiva per questo tipo di inquinanti è infatti proprio il traffico veicolare, che in base alle stime dell’inventario regionale ARPAV contribuisce a quasi la metà delle emissioni di ossidi di azoto in provincia di Belluno (ARPAV, INEMAR, 2015).

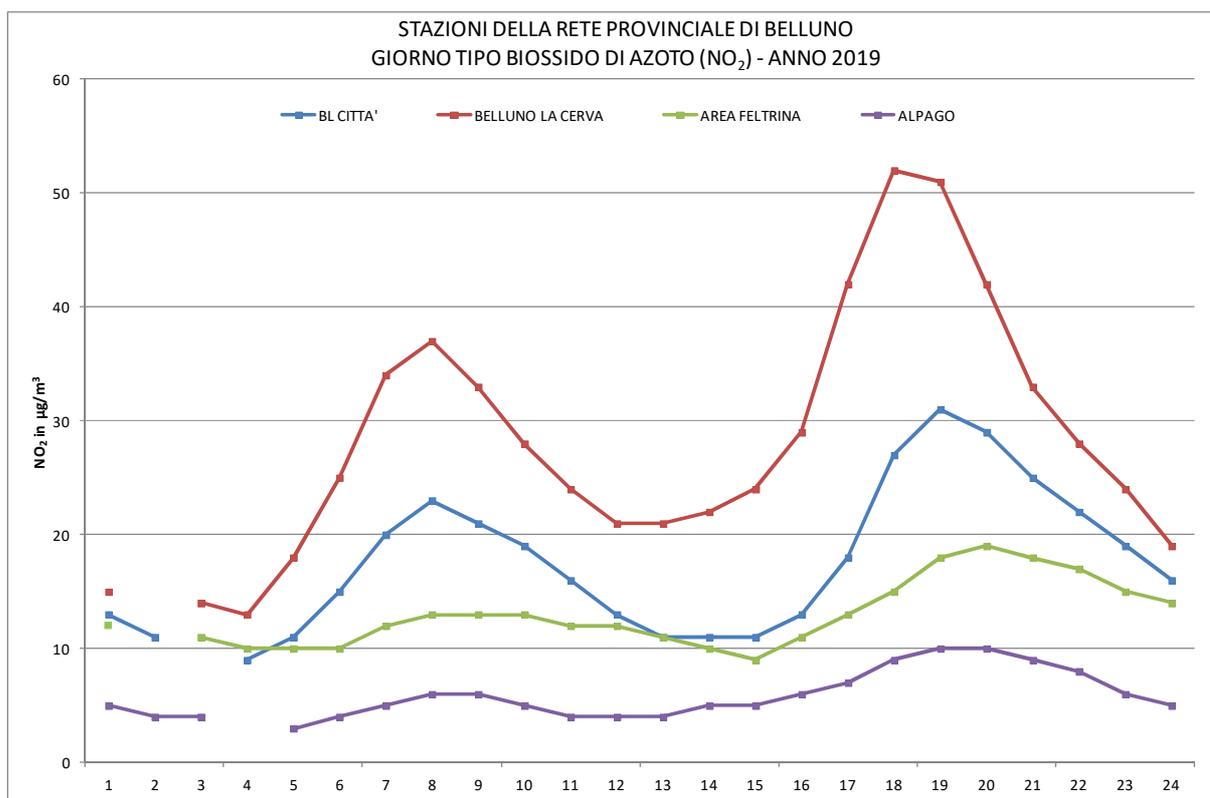
Il livello critico per la protezione della vegetazione, pari a una concentrazione di NO<sub>x</sub> di 30 µg/m<sup>3</sup>, in accordo con la normativa vigente deve essere valutato solo presso la stazione di fondo rurale di Alpago (Pieve d’Alpago); nell’anno 2019 questo limite non è stato superato.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Belluno "Parco città di Bologna"	Belluno "La Cerva"	Area Feltrina	Alpago
media	17	28	13	6
min	2	2	2	2
max	86	126	62	40
N ore	8364	8276	8369	8344
rendimento (%)	95	94	96	95
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0

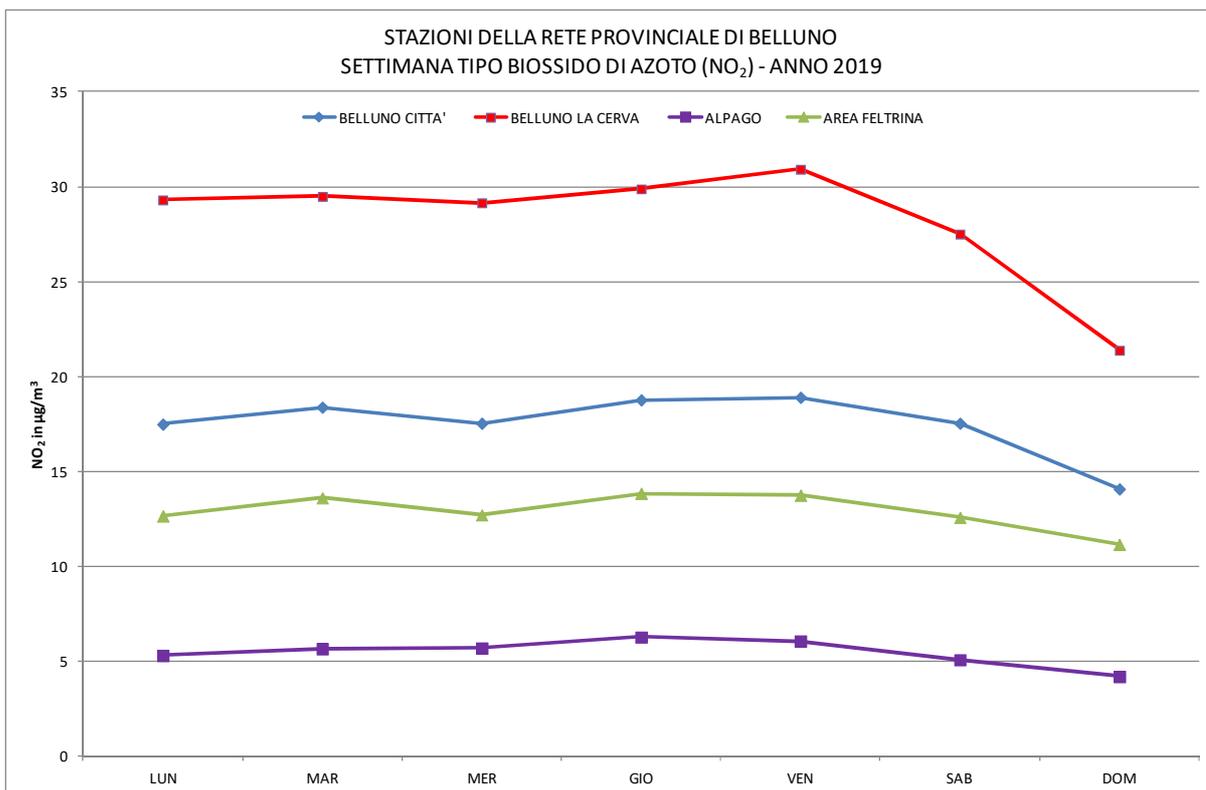
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Belluno "Parco città di Bologna"	Belluno "La Cerva"	Area Feltrina	Alpago
media	34	64	19	7
min	2	2	2	2
max	431	573	260	90
N ore	8364	8276	8369	8344
rendimento (%)	95	94	96	95

Nel grafico del giorno tipo della concentrazione di NO<sub>2</sub>, si nota che in tutte le stazioni sono visibili due picchi (il primo tra le ore 7:00 e le ore 9:00 e il secondo tra le 17:00 e

le 20:00) e un minimo nelle ore centrali della giornata. Questo profilo è determinato da più fattori. Nel primo mattino, quando il traffico è più intenso, le emissioni sono più elevate rispetto al resto della giornata, e causano un aumento della concentrazione di ossidi di azoto. Nelle ore centrali della giornata, lo strato mescolato (la parte dell'atmosfera più vicina alla superficie) aumenta in altezza rispetto al suolo, grazie ai moti convettivi che si innescano quando la superficie terrestre si scalda. Inoltre, specialmente nei mesi estivi, grazie alla radiazione solare si forma ozono per fotolisi degli ossidi di azoto e ossidazione di CO e COV: l'ozono tende a reagire con gli ossidi di azoto, diminuendone quindi la concentrazione. In serata, in seguito al raffreddamento della superficie terrestre, l'altezza dello strato mescolato diminuisce, causando un aumento delle concentrazioni di ossidi di azoto. L'andamento della concentrazione di NO<sub>2</sub> rilevato presso la stazione di fondo rurale di Pieve d'Alpago risulta apparentemente più appiattito per la minor quantità di inquinante presente in questo sito pedemontano distante da fonti locali di emissione. Le due stazioni cittadine di Belluno Città ("Parco Città di Bologna") e Belluno "La Cerva", localizzate in un contesto urbano, presentano i valori più elevati. In ogni serie di dati manca il dato orario relativo all'ora in cui viene eseguita la taratura giornaliera dello strumento, effettuata nelle prime ore della giornata, in cui le concentrazioni sono comunque molto basse.

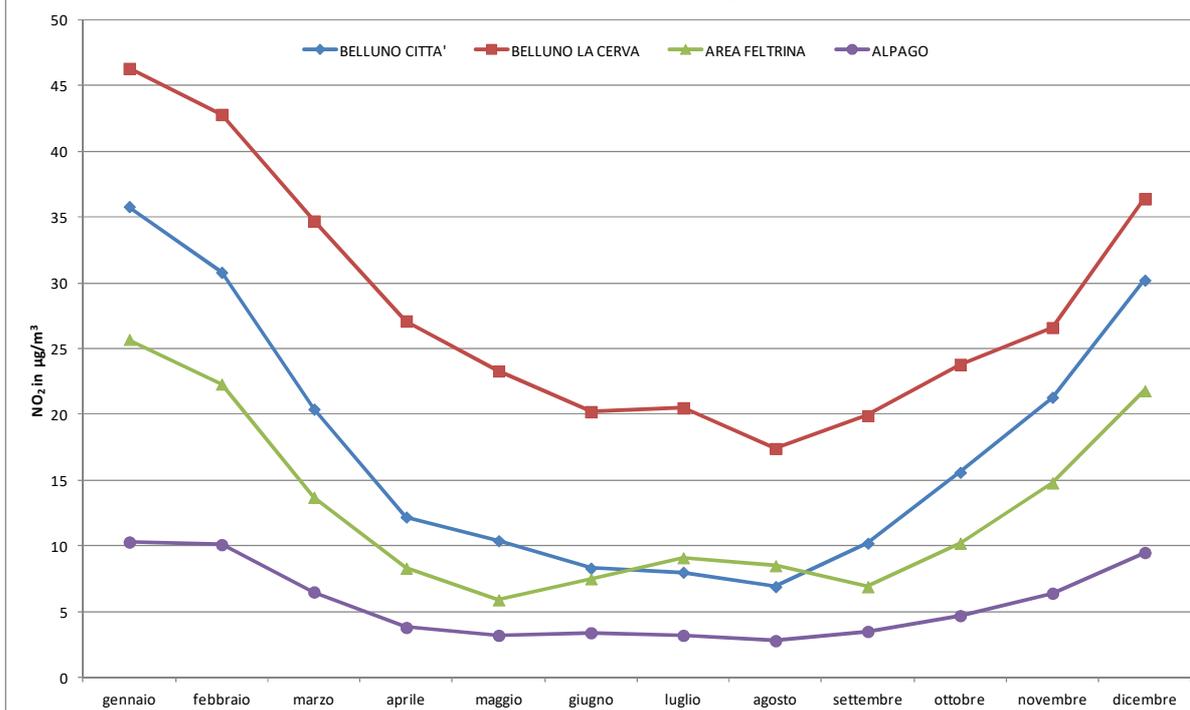


Osservando la settimana tipo, rappresentata nella sottostante figura, si osserva un progressivo aumento della concentrazione media giornaliera nella prima parte della settimana, legato probabilmente a un effetto di accumulo degli inquinanti, e una diminuzione il sabato e la domenica, quando il traffico è meno intenso.



La concentrazione di ossidi di azoto mostra anche un andamento stagionale, con valori più bassi nel semestre estivo (tra aprile e settembre), in corrispondenza di condizioni meteorologiche più favorevoli al rimescolamento dello strato atmosferico più vicino alla superficie, con conseguente dispersione degli inquinanti: questo è ben visibile nella seguente figura che mostra i valori medi mensili di concentrazione di NO<sub>2</sub> misurati dalle varie centraline. Anche in questo grafico, i valori assoluti delle concentrazioni rispecchiano quanto sottolineato nelle precedenti elaborazioni: andamenti più accentuati per le stazioni urbane e massimi registrati nell'unica stazione da traffico della rete provinciale.

STAZIONI DELLA RETE PROVINCIALE DI BELLUNO  
MEDIE MENSILI BISSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>) - ANNO 2019



## 8.4 - Ozono (O<sub>3</sub>)

La concentrazione di ozono è rilevata in tre stazioni della rete provinciale di qualità dell'aria: Belluno "Parco città di Bologna", Area Feltrina e Pieve d'Alpago.

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili (sia di origine antropica sia di origine biogenica), in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo e nelle ore centrali della giornata, quando la radiazione solare è più intensa. In particolare, nel 2019, il mese più critico è stato giugno, come visibile dal grafico delle concentrazioni medie mensili a pag.43.

Il valore medio più elevato si è misurato a Pieve d'Alpago, stazione di fondo rurale situata in zona pedemontana.

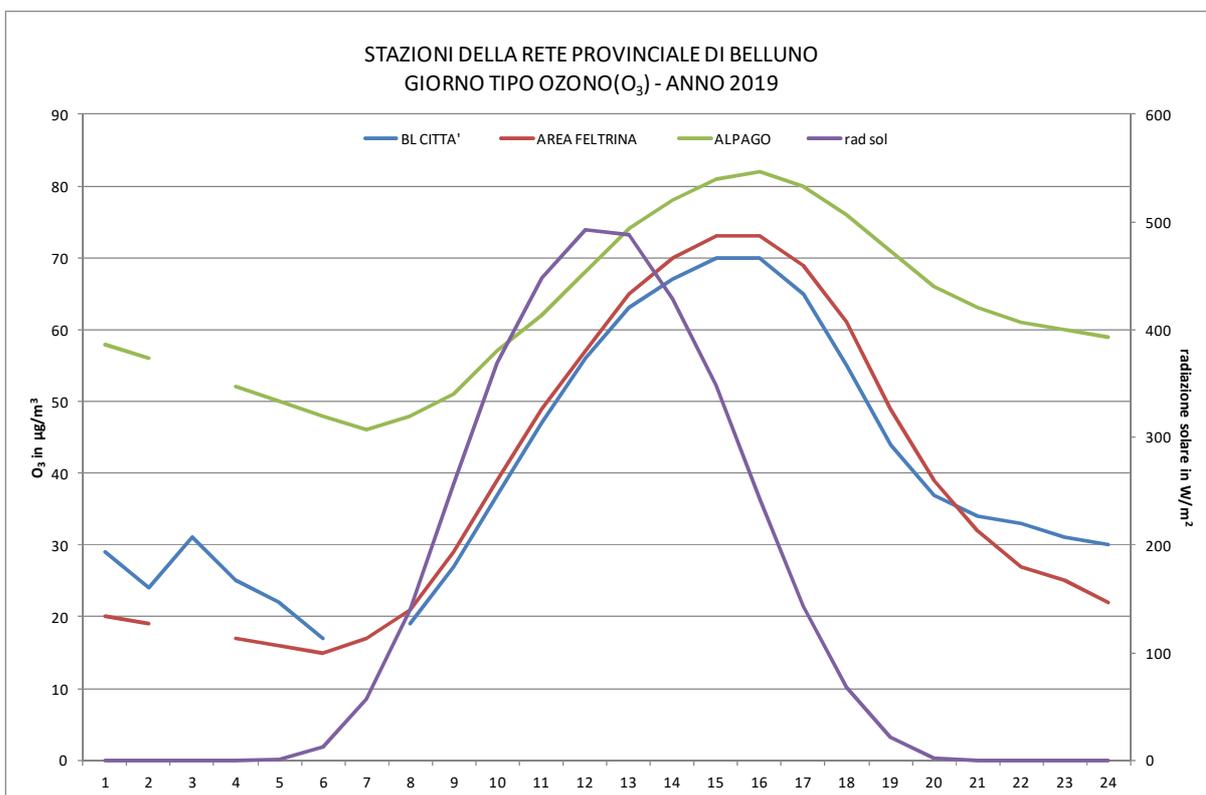
Nel corso dell'anno 2019 ci sono stati numerosi superamenti orari della soglia di informazione della popolazione di 180 µg/m<sup>3</sup>, oltre la quale vi è rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per i gruppi sensibili della popolazione. Non vi sono stati invece superamenti di quella di allarme di 240 µg/m<sup>3</sup>, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata. I superamenti della soglia di informazione alla popolazione si sono concentrati nei mesi di giugno e luglio, caratterizzati da elevate temperature e maggior durata del fotoperiodo.

Per quanto riguarda il limite di 120 µg/m<sup>3</sup>, relativo al massimo giornaliero della media mobile su 8 ore della concentrazione di ozono, presso la stazione di Alpago esso è stato superato per più delle 25 giornate consentite dalla normativa; a Feltre tale limite è stato superato un numero di giornate pari al limite consentito; infine, a Belluno "Parco città di Bologna" esso è stato superato in un numero di giornate inferiore al limite. Per quanto riguarda invece la media negli ultimi 3 anni del numero di giorni in cui il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore è superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>, nel 2019 è superato il limite di 25 giornate nelle stazioni di Belluno "Parco città di Bologna" e Alpago (Pieve).

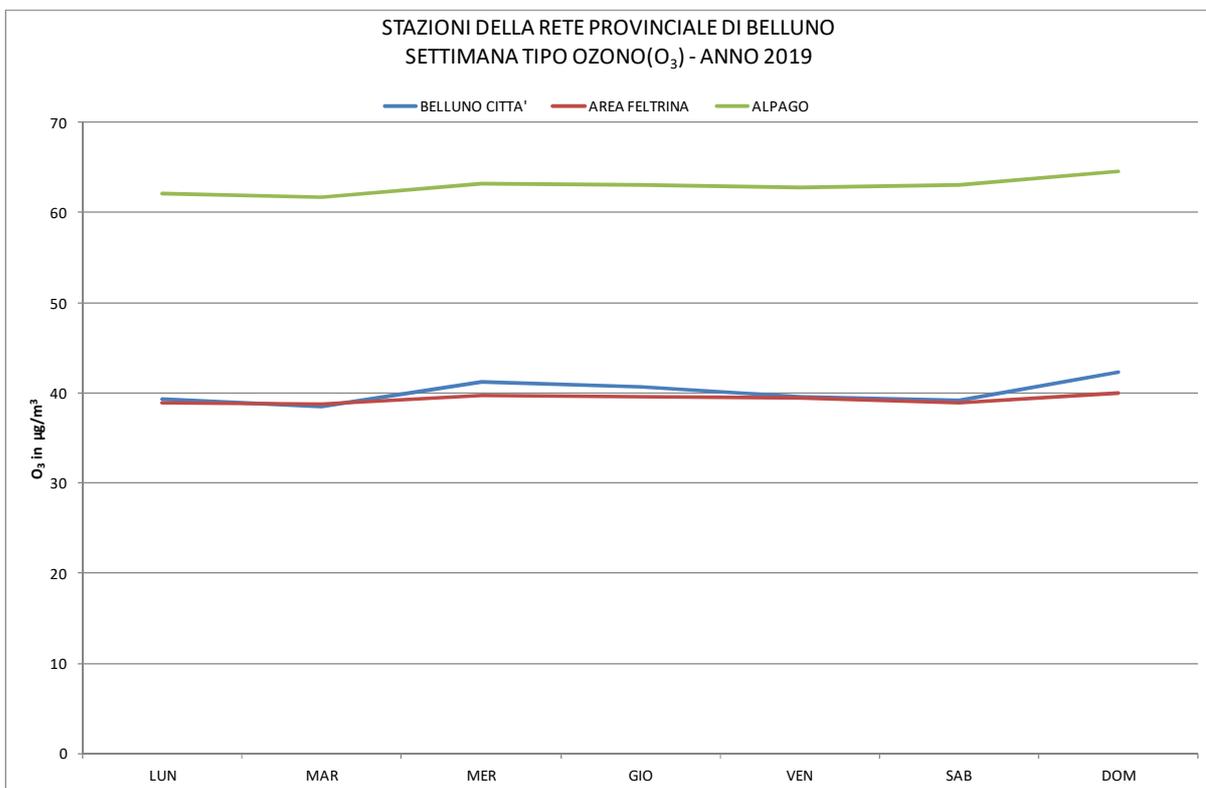
Il valore obiettivo per la protezione della vegetazione si esprime attraverso l'indice AOT40. Esso indica la somma delle ore in cui la concentrazione media di ozono supera i 120 µg/m<sup>3</sup>, nell'intervallo tra le ore 8:00 e le ore 20:00 dei giorni da maggio a luglio: il valore medio dell'AOT40 su 5 anni non deve superare il valore 18000 h\*µg/m<sup>3</sup>. Esso viene calcolato per le stazioni di fondo rurale al fine di valutare l'esposizione della vegetazione: nel caso della provincia di Belluno, l'AOT40 è valutato a Pieve d'Alpago, dove supera il valore obiettivo.

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Belluno "Parco città di Bologna"	Area Feltrina	Alpago
<b>media</b>	40	39	63
<b>min</b>	2	2	2
<b>max</b>	181	206	215
<b>N ore</b>	8183	8380	8300
<b>rendimento (%)</b>	93	96	95
<b>N superamenti O<sub>3</sub> media 8h 120 µg/m<sup>3</sup> (in giorni)</b>	22	25	32
<b>N superamenti O<sub>3</sub> media 8h 120 µg/m<sup>3</sup> (in giorni) - media 3 anni</b>	26	22	42
<b>AOT40 (µg/m<sup>3</sup>h) 2019</b>			25967
<b>AOT40 (µg/m<sup>3</sup>h) 2015-2019</b>			22882
<b>N superamenti dei 180 µg/m<sup>3</sup> (in ore)</b>	1	19	23
<b>N superamenti dei 240 µg/m<sup>3</sup> (in ore)</b>	0	0	0

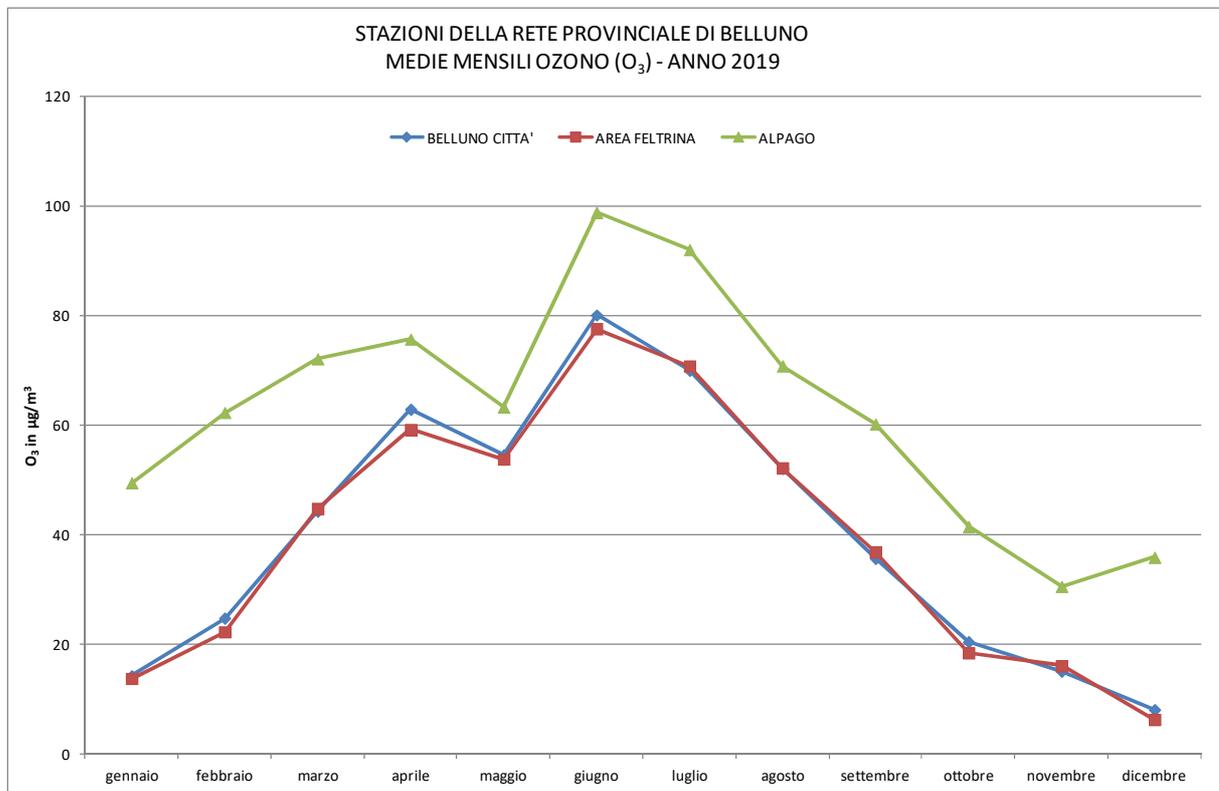
Il grafico dell'andamento giornaliero della concentrazione di ozono misurata nelle tre stazioni in cui viene rilevato questo inquinante è molto simile fra i tre siti, con valori superiori nella stazione di fondo rurale di Pieve d'Alpago, dove la forte radiazione solare, combinata con il carico di inquinanti precursori della sua formazione proveniente dal fondovalle, produce il massimo effetto nella generazione dell'ozono. L'andamento è associato a quello della radiazione solare; si evidenzia però che il picco di radiazione solare precede di qualche ora quello dell'ozono, il quale presenta le concentrazioni massime a metà pomeriggio. Nel grafico è stata indicata ad esempio la radiazione solare media della stazione meteo di Belluno Aeroporto. In ogni serie di dati manca il dato orario relativo all'ora in cui viene eseguita la taratura giornaliera dello strumento, effettuata nelle prime ore della giornata, quando le concentrazioni sono comunque molto basse.



Per quanto riguarda la settimana tipo dell'ozono, non si possono fare particolari considerazioni sull'andamento dell'inquinante, vista la natura secondaria della sua produzione dipendente da fattori anche molto distanti dal luogo del rilevamento. Tutte le stazioni hanno comunque un andamento simile e, soprattutto, caratterizzato da variazioni minime nel corso della settimana.



Il grafico delle concentrazioni medie mensili di ozono evidenzia la stagionalità di questo inquinante, tipico del periodo estivo. L'anomalia del mese di maggio, riscontrata nel 2019 come nel precedente anno, è dovuta anche in questo caso all'eccezionalità dell'andamento meteorologico, caratterizzato da ripetuti episodi di maltempo, con temperature molto basse per la stagione e scarso irraggiamento.



## 8.5 - PM10

Le concentrazioni di PM10 sono rilevate in tutte le stazioni della rete provinciale. Nelle stazioni di Belluno "Parco città di Bologna", Area Feltrina e Alpago (Pieve), la misurazione viene effettuata attraverso analizzatori automatici in grado di fornire il dato di polveri alla fine delle 24 ore di campionamento, mentre nella stazione di Belluno "La Cerva" le polveri sono raccolte, su filtri prepesati, da un campionatore e la determinazione del quantitativo di polvere viene effettuato in un secondo tempo in laboratorio.

Le polveri sottili sono un inquinante ubiquitario, in particolare nelle zone a intensa attività umana, essendo per buona parte (tra il 60 e l'80%) di natura secondaria e avendo lunghi tempi di permanenza in atmosfera; la loro distribuzione è quindi abbastanza uniforme su vaste aree. E' questo il motivo per cui la stazione di Feltre è stata denominata "Area Feltrina", in quanto appunto rappresentativa di una vasta area di fondovalle della Valbelluna. Numerose indagini condotte con i laboratori mobili in dotazione dell'Agenzia hanno certificato l'omogeneità della distribuzione di questo inquinante nella parte più prossima al corso del Piave, con un gradiente crescente da Belluno a Feltre.

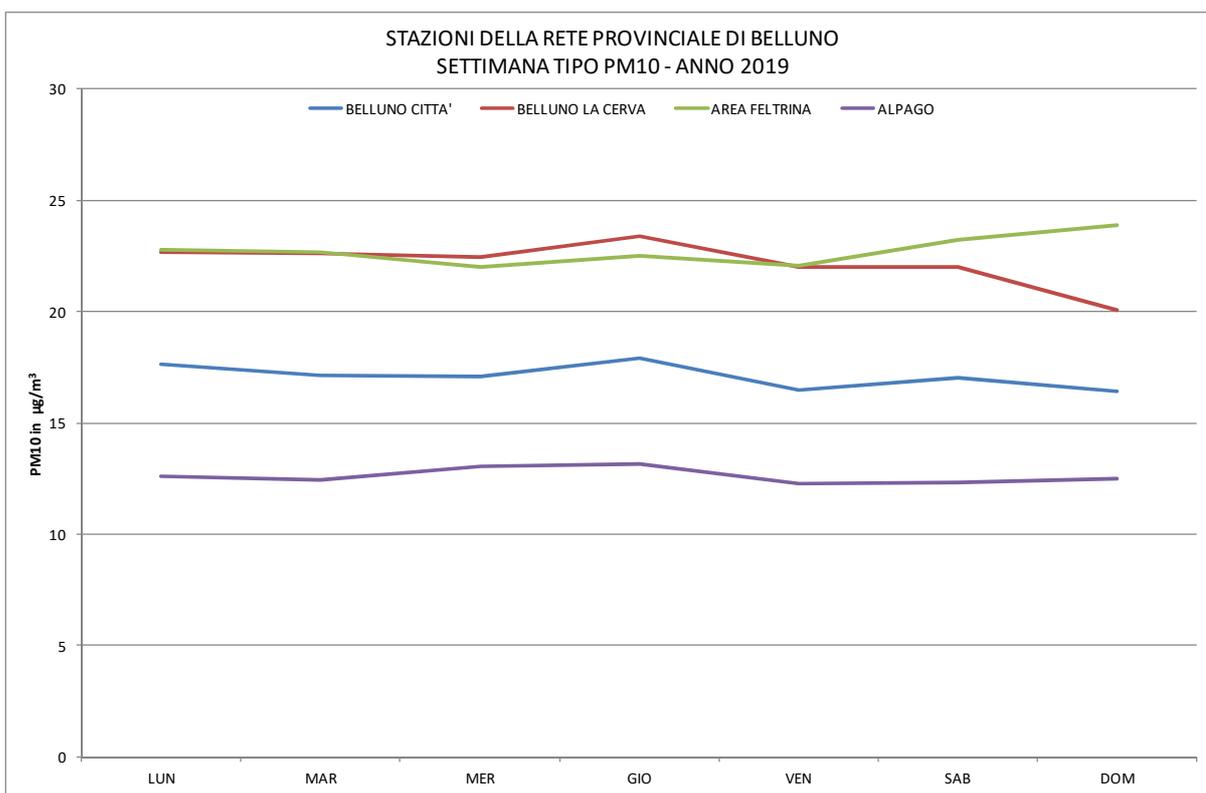
Anche nel 2019, infatti, presso la stazione di Feltre (Area Feltrina) si è riscontrato il maggior numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pur inferiore ai 35 ammessi dalla legge.

In nessuna delle stazioni della rete è stato superato il limite della media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Belluno "Parco città di Bologna"	Belluno "La Cerva"	Area Feltrina	Alpago (Pieve)
Media	17	22	23	13
min	2	2	2	2
max	67	71	91	76
N superamenti 50 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4	8	30	2
n giorni campionati	360	364	355	365
rendimento (%)	99	100	97	100

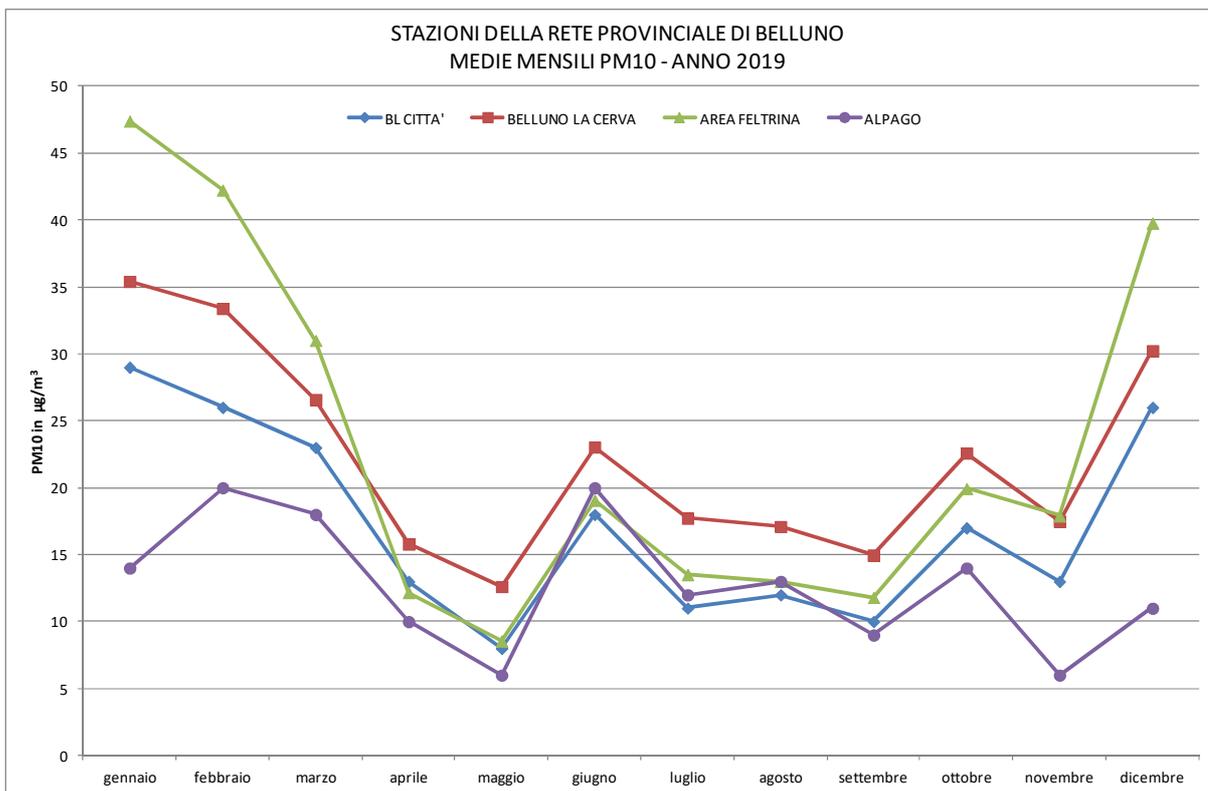
Nel caso delle polveri PM10, non è possibile valutare l'andamento giornaliero dell'inquinante, poiché esso viene campionato per 24 ore ininterrottamente, senza misurazioni intermedie.

Per quanto riguarda la settimana tipo, l'andamento di questo inquinante nel corso della settimana è praticamente costante. Solo nella stazione di Belluno "La Cerva" si può azzardare un collegamento tra i valori leggermente più bassi del fine settimana e la diminuzione dei passaggi veicolari nella vicina corda stradale.



Il grafico dell'andamento annuale delle polveri PM10 mostra un andamento simile per le quattro stazioni, con concentrazioni decisamente più elevate nei mesi invernali.

La stazione di Feltre presenta i valori più alti in assoluto. Nel periodo primaverile – estivo, però, è la stazione di Belluno "la Cerva" a far registrare i valori più elevati. Questo è legato sia al cambiamento delle condizioni di dispersione atmosferica degli inquinanti nel semestre caldo, che consentono un ampio rimescolamento degli strati d'aria a partire da quelli più prossimi al terreno, ma soprattutto alla prevalenza delle emissioni da traffico rispetto ad altre fonti inquinanti, in particolare per quanto concerne la stazione cittadina prossima a un incrocio a viabilità sostenuta..



## 8.6 – PM2.5

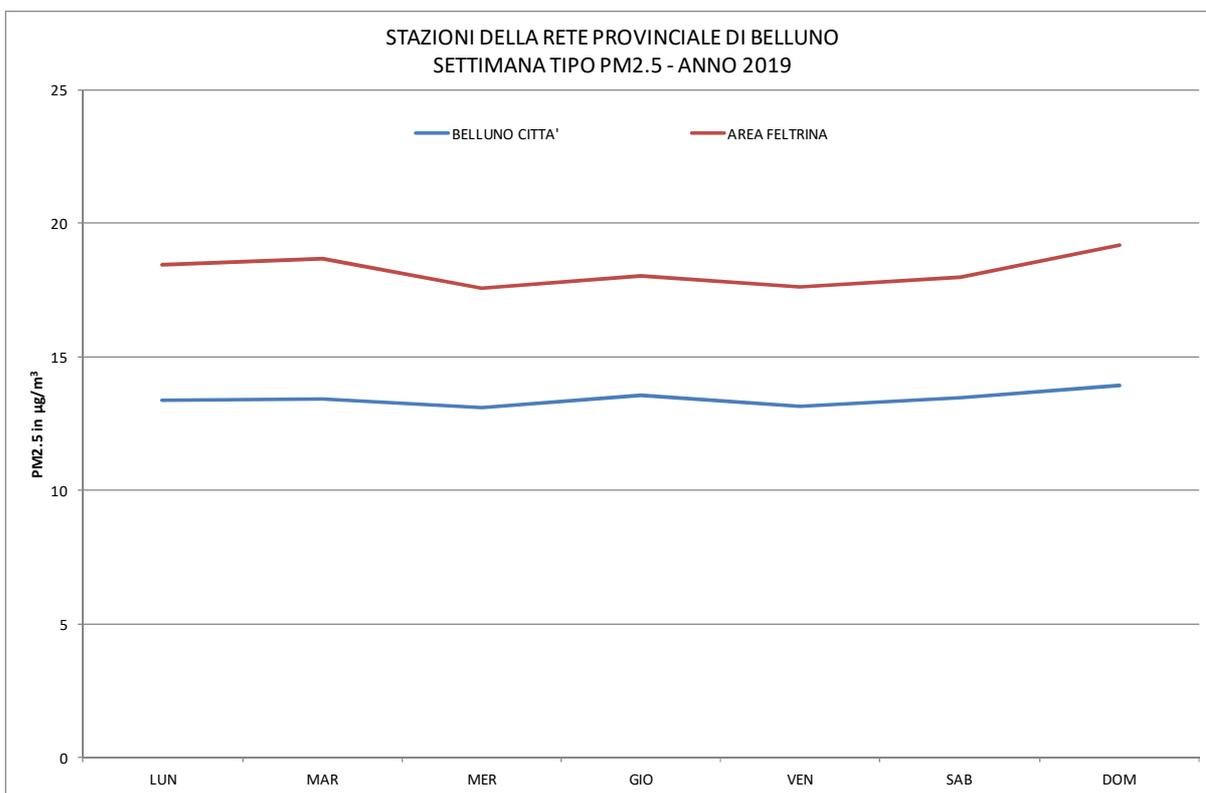
Il rilevamento della frazione inferiore ai 2.5 µm delle polveri sottili viene effettuato nelle stazioni di Belluno “Parco città di Bologna” e di Feltre “Area Feltrina”, tramite campionamento con stazioni sequenziali per il monitoraggio in continuo su filtri prepesati che vengono inviati al laboratorio per la successiva determinazione.

In entrambe le stazioni è stato rispettato il limite della media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> previsto dalla legge.

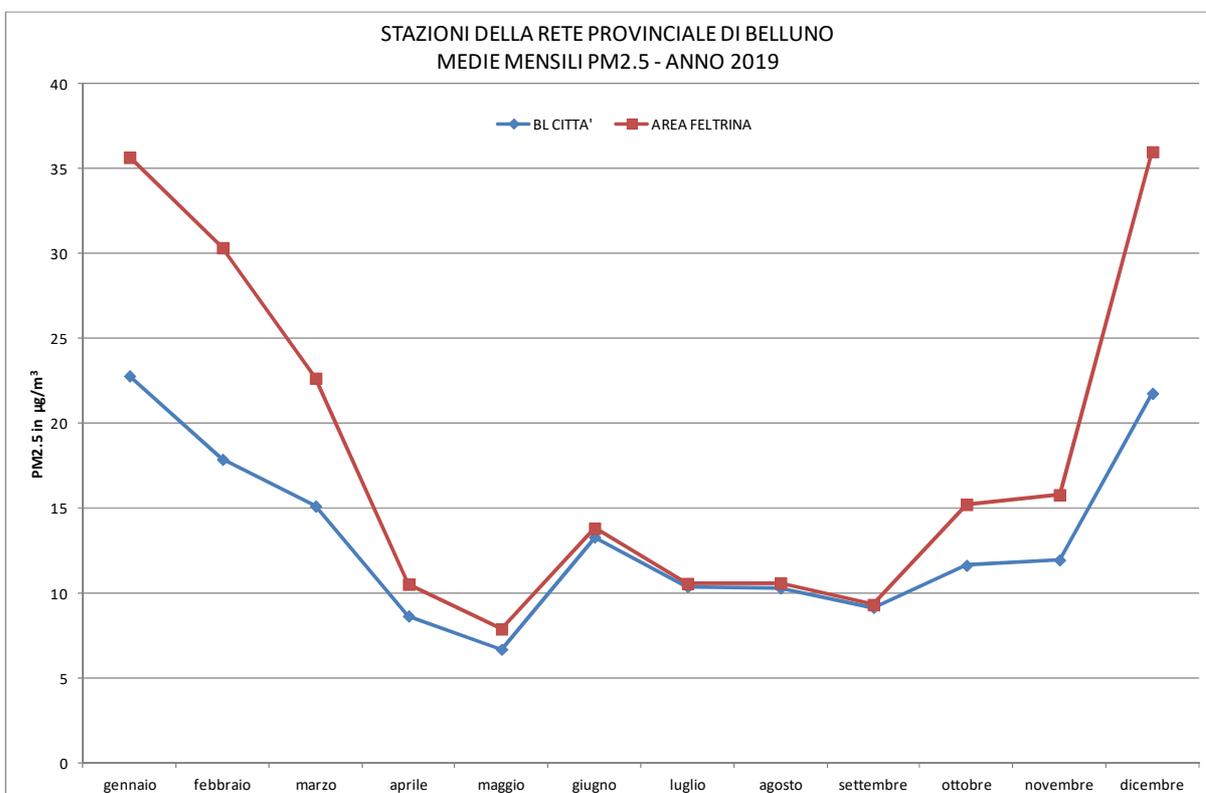
<b>PM2.5 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Belluno "Parco città di Bologna"</b>	<b>Area Feltrina</b>
<b>Media</b>	13	18
<b>min</b>	2	2
<b>max</b>	46	83
<b>n giorni campionati</b>	348	360
<b>rendimento (%)</b>	95	99

Anche per le polveri PM10 non è possibile valutare l'andamento giornaliero dell'inquinante, che viene campionato per 24 ore ininterrottamente senza misurazioni intermedie.

Per quanto riguarda la settimana tipo, l'andamento nelle stazioni di Belluno “Parco città di Bologna” e di Feltre “Area Feltrina” è parallelo e simile a quello riscontrato per le polveri PM10.



Il grafico dell'andamento annuale delle polveri PM2.5 evidenzia anche in questo caso la presenza più marcata di questo inquinante nei mesi invernali, con valori che da aprile a settembre si appiattiscono su medie mensili molto basse.



## 8.6 – Benzene

La rilevazione di questo inquinante, unico normato per la qualità dell'aria tra i BTEX, viene effettuata nelle stazioni di Feltre "Area Feltrina" e Alpago (Pieve) attraverso il campionamento su fiale di carbone attivo e il loro successivo invio al laboratorio per la determinazione.

In entrambe le stazioni, il valore medio annuale si è mantenuto molto al di sotto del limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  previsto dalla legge. I valori di Feltre, visto il contesto più urbanizzato della localizzazione e le condizioni di maggior ristagno invernale degli inquinanti, risultano comunque superiori a quelli riscontrati in Alpago.

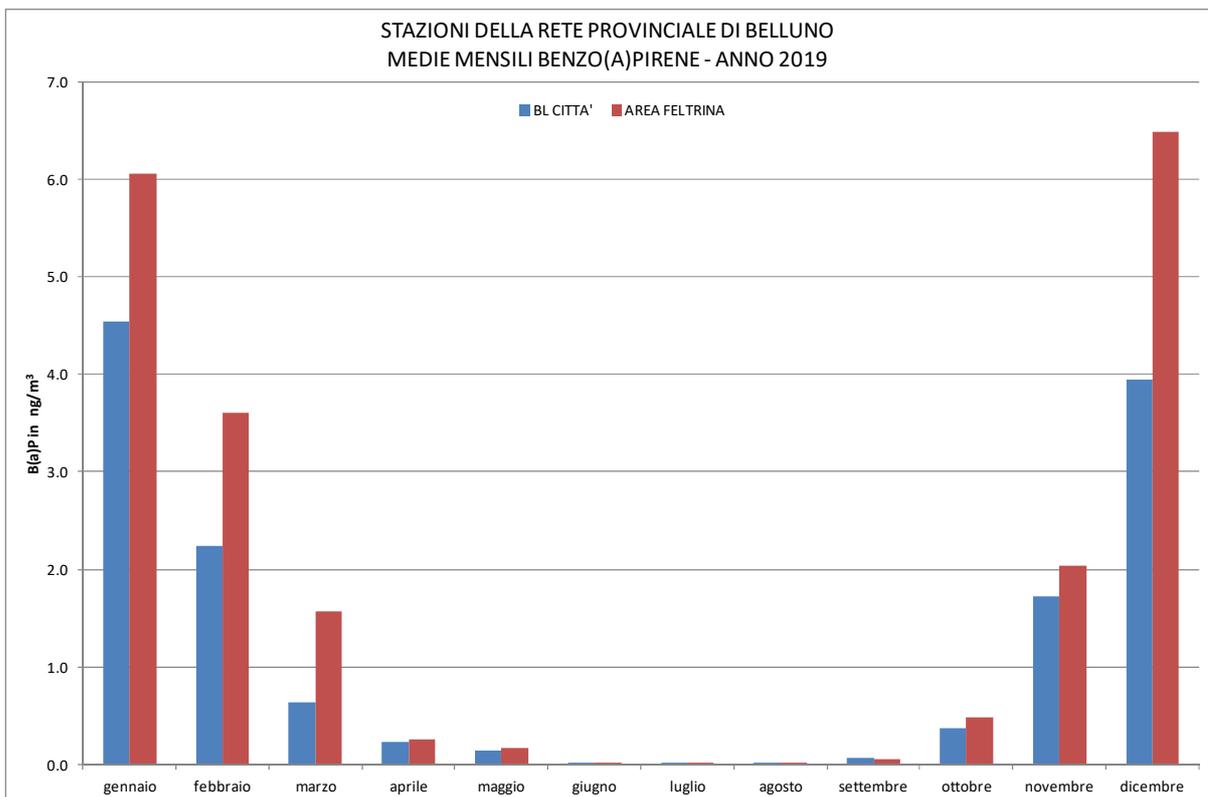
2019		
Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Area Feltrina	Alpago
media	0.7	0.5
N. campioni	50	57
max	6.1	1.9
min	< 0.5	< 0.5

## 8.7 – Benzo(a)Pirene

Il Benzo(a)Pirene, unico tra gli IPA ad essere normato per quanto riguarda la qualità dell'aria, è misurato nelle stazioni di Feltre "Area Feltrina" e di Belluno "Parco città di Bologna". Anche in questo caso il valore medio annuale registrato a Feltre supera quello di Belluno, confermando la situazione di gradiente crescente lungo la Valbelluna sottolineata per le polveri PM10. Nonostante il 2019 sia stato un anno favorevole per la dispersione degli inquinanti nel periodo invernale, entrambe le stazioni hanno superato il valore obiettivo annuale fissato in 1 ng/m<sup>3</sup>.

Benzo(a)Pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Belluno "Parco città di Bologna"	Area Feltrina
media	1.3	1.8
N campioni	127	132
max	7	20
min	<0.02	<0.02

L'andamento mensile delle concentrazioni di B(a)P riflette quanto illustrato per gli inquinanti che più risentono della stagionalità, quali le polveri PM10, nella frazione più fine delle quali si rileva proprio la maggior parte degli IPA. Il maggior carico antropico invernale, dovuto in massima parte al riscaldamento domestico, e le condizioni di dispersione atmosferica sfavorevoli comportano un accumulo pesante di questo inquinante nei mesi invernali, che va scemando nel periodo primaverile, fino ad annullarsi in quello estivo.



## 8.8 – Metalli

I metalli sono stati misurati presso la stazione di Feltre "Area Feltrina". Le specie considerate sono Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.

In tabella sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di questi metalli. Le concentrazioni rilevate sono ampiamente inferiori ai limiti di legge. I valori di concentrazione più elevati, anche per questi inquinanti, si trovano nei mesi invernali, ma sono comunque inferiori ai limiti legislativi.

<b>Feltre "Area Feltrina"</b>				
	<b>Arsenico (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cadmio (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nichel (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Piombo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>media</b>	<1.0	<0.2	1.5	0.003
<b>min</b>	<1.0	<0.2	<1.0	0.001
<b>max</b>	<1.0	0.3	5.3	0.007
<b>N</b>	64	64	64	64
<b>Limite esposizione cronica</b>	6	5	20	0.5
<b>Limite di rivelabilità</b>	1	0.2	1	0.001

## 9 - 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, piombo e monossido di carbonio, oggi affrontano problematiche legate a 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, 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<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il particolato (PTS, PM10 o PM2.5). Tale scelta nasce dal fatto che gli indici sono formulati per dare informazioni quotidiane alla popolazione al fine di evitare gli effetti acuti sulla salute, 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<sub>2</sub> e l'O<sub>3</sub> 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<sub>2</sub> 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 si calcola il relativo sottoindice (Ip) secondo la seguente formula:

$$I_p = C_p / L_p \times 100$$

I<sub>p</sub> = sottoindice per l'inquinante p

C<sub>p</sub> = concentrazione dell'inquinante p

L<sub>p</sub> = valore di riferimento dell'inquinante p

I livelli di riferimento per la standardizzazione sono i seguenti:

**PM10:** media giornaliera. Valore di riferimento: 50 µg/m<sup>3</sup>.

**O<sub>3</sub>:** valore massimo delle medie calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00. Valore di riferimento: 120 µg/m<sup>3</sup>.

**NO<sub>2</sub>:** valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: 200 µg/m<sup>3</sup>.

La definizione dell'indice sintetico IQA è basata sull'assegnazione del valore assunto dal sotto-indice peggiore per le seguenti 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 a indicatori di legge relativi ai tre 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 i relativi giudizi legati all'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV.

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 sul peggiore stato dei tre inquinanti considerati.

Le prime due classi informano che non sono stati registrati superamenti dei relativi indicatori di legge per nessuno dei tre inquinanti e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria per la stazione considerata. In particolare, se la classe è

buona, significa che le concentrazioni di tutti e tre gli inquinanti sono inferiori alla metà del relativo valore limite, evidenziando quindi una situazione particolarmente favorevole della qualità dell'aria. Le altre tre classi, invece, indicano che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche:

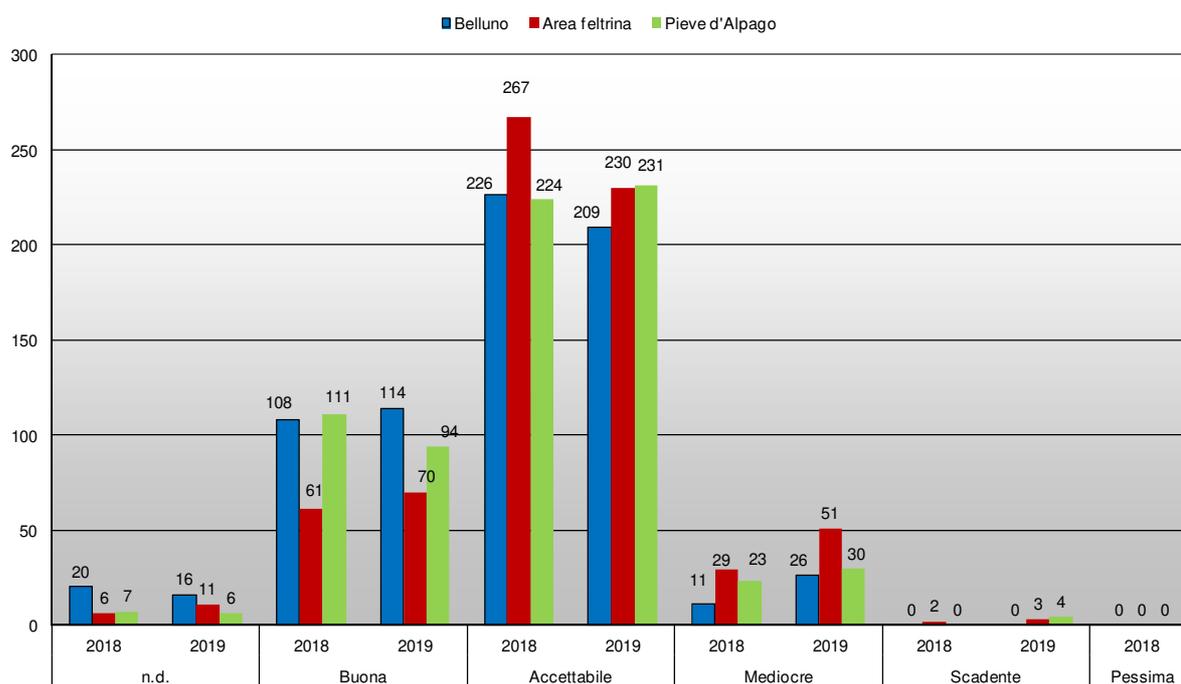
- classe mediocre: l'inquinante peggiore ha raggiunto concentrazioni fino a una volta e mezzo il valore limite;
- classe scadente: l'inquinante peggiore ha raggiunto concentrazioni fino a due volte il valore limite;
- classe pessima: l'inquinante peggiore ha raggiunto concentrazioni superiori al doppio del valore limite.

## 9.1 Applicazione dell'indice di qualità dell'aria alle stazioni della provincia di Belluno

Tabella 7. Ripartizione delle classi di qualità dell'aria per la rete di monitoraggio provinciale:

giudizio sintetico	n.d.		buona		accettabile		mediocre		scadente		pessima	
	%	n° giorni	%	n° giorni	%	n° giorni	%	n° giorni	%	n° giorni	%	n° giorni
STAZIONI												
Belluno	4.4%	16	31.2%	114	57.3%	209	7.1%	26	0.0%	0	0.0%	0
Area feltrina	3.0%	11	19.2%	70	63.0%	230	14.0%	51	0.8%	3	0.0%	0
Pieve d'Alpago	1.6%	6	25.8%	94	63.3%	231	8.2%	30	1.1%	4	0.0%	0

Indice di qualità dell'aria - CONFRONTO STAZIONI: ANNI 2018 - 2019

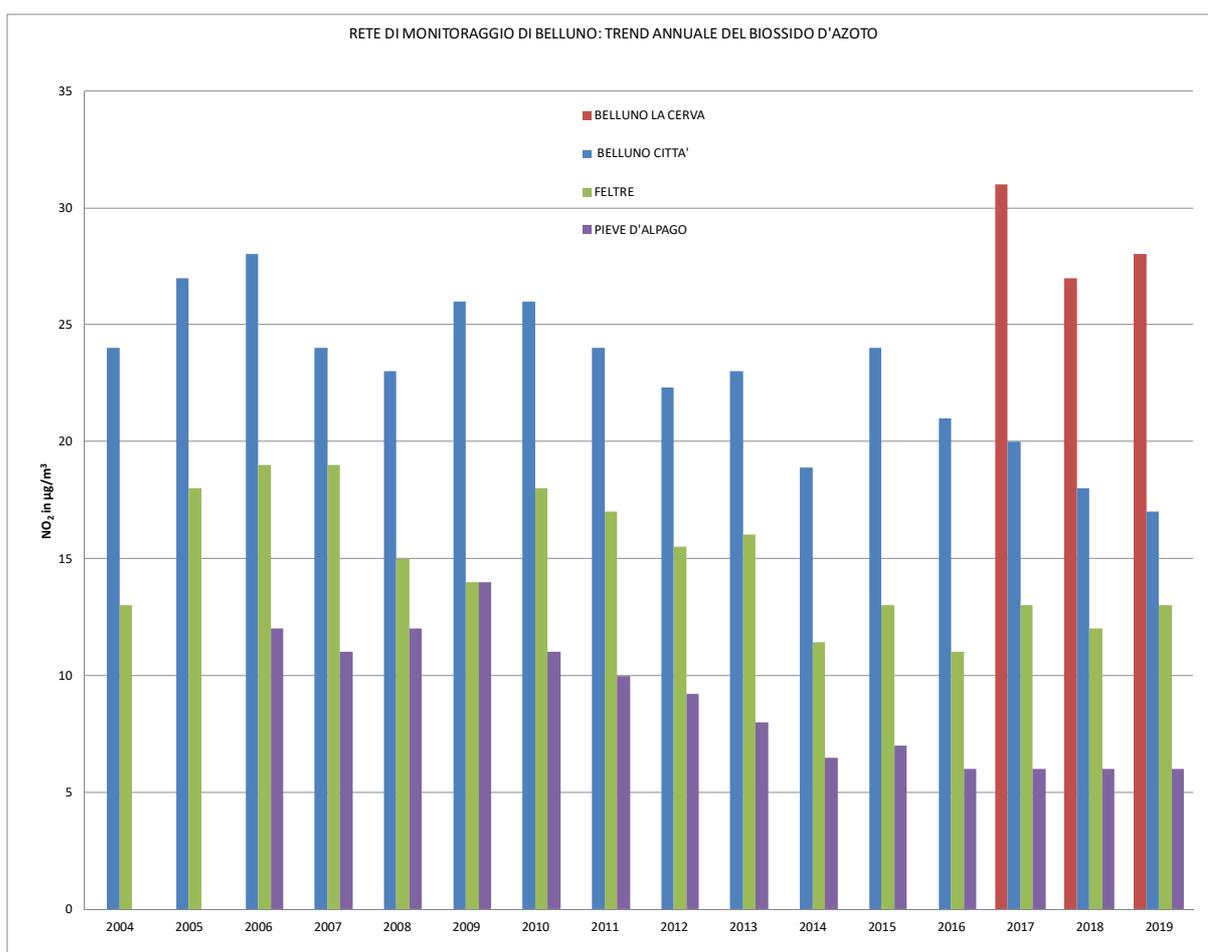


La valutazione della qualità dell'aria delle stazioni della rete della provincia attraverso l'applicazione dell'indice evidenzia nel 2019 un peggioramento rispetto all'anno precedente: le giornate con valori di qualità dell'aria ascrivibili alle classi mediocre e scadente sono aumentate per tutte e tre le stazioni: nelle stazioni di Belluno e Area Feltrina a scapito della classe accettabile, mentre a Pieve d'Alpago c'è stato uno spostamento di giornate dalla classe buona a quelle più degradate. Per quanto riguarda in particolare la classe scadente, è la stazione di Pieve d'Alpago a totalizzare il maggior numero di giornate a causa della maggiore criticità in questa stazione per l'ozono. Nessuna giornata nell'anno ha avuto un indice di qualità dell'aria pari a 'pessima'. L'assenza di giudizio per la stazione di Belluno "La Cerva" è dovuta al fatto che in questo sito non viene monitorato l'ozono, parametro essenziale per il calcolo dell'indice.

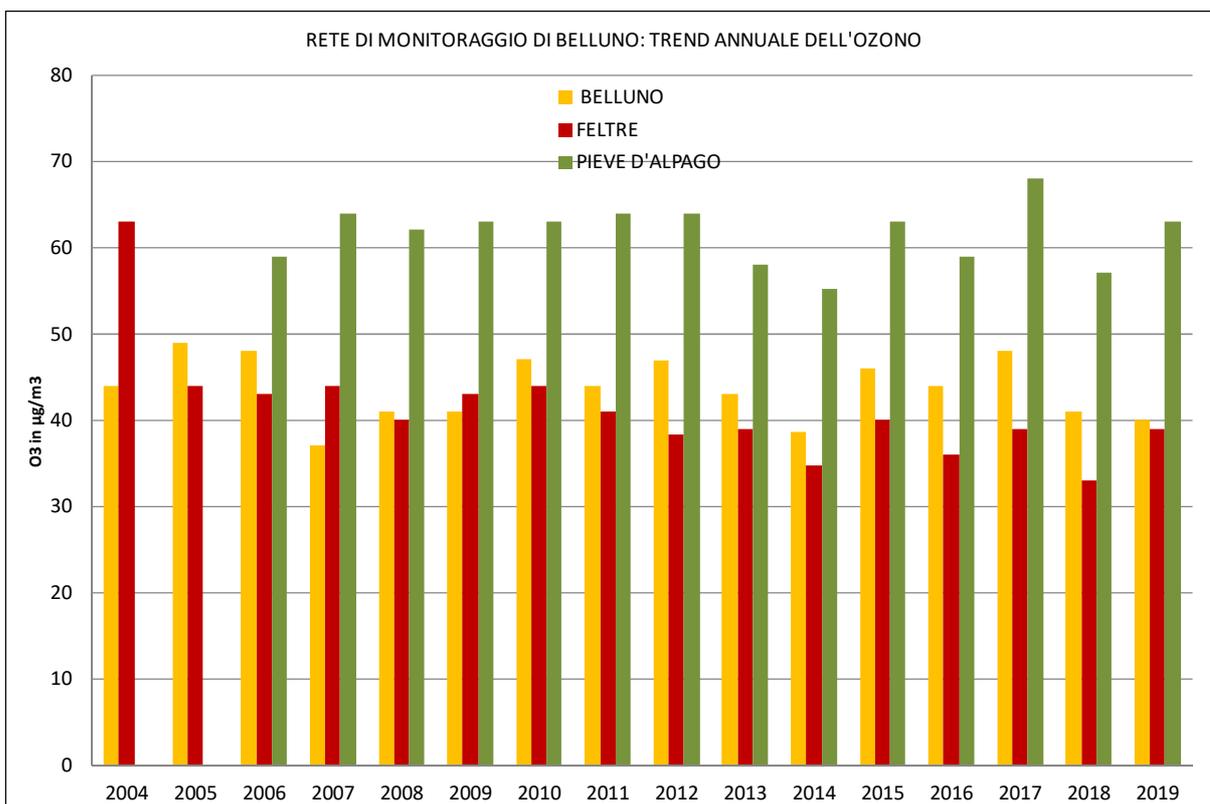
## 10 - Analisi dell'andamento interannuale dei principali inquinanti

Vengono ora presentati in forma grafica e comparata tra le diverse stazioni i trend annuali dei diversi inquinanti già illustrati in forma tabellare per singole stazioni.

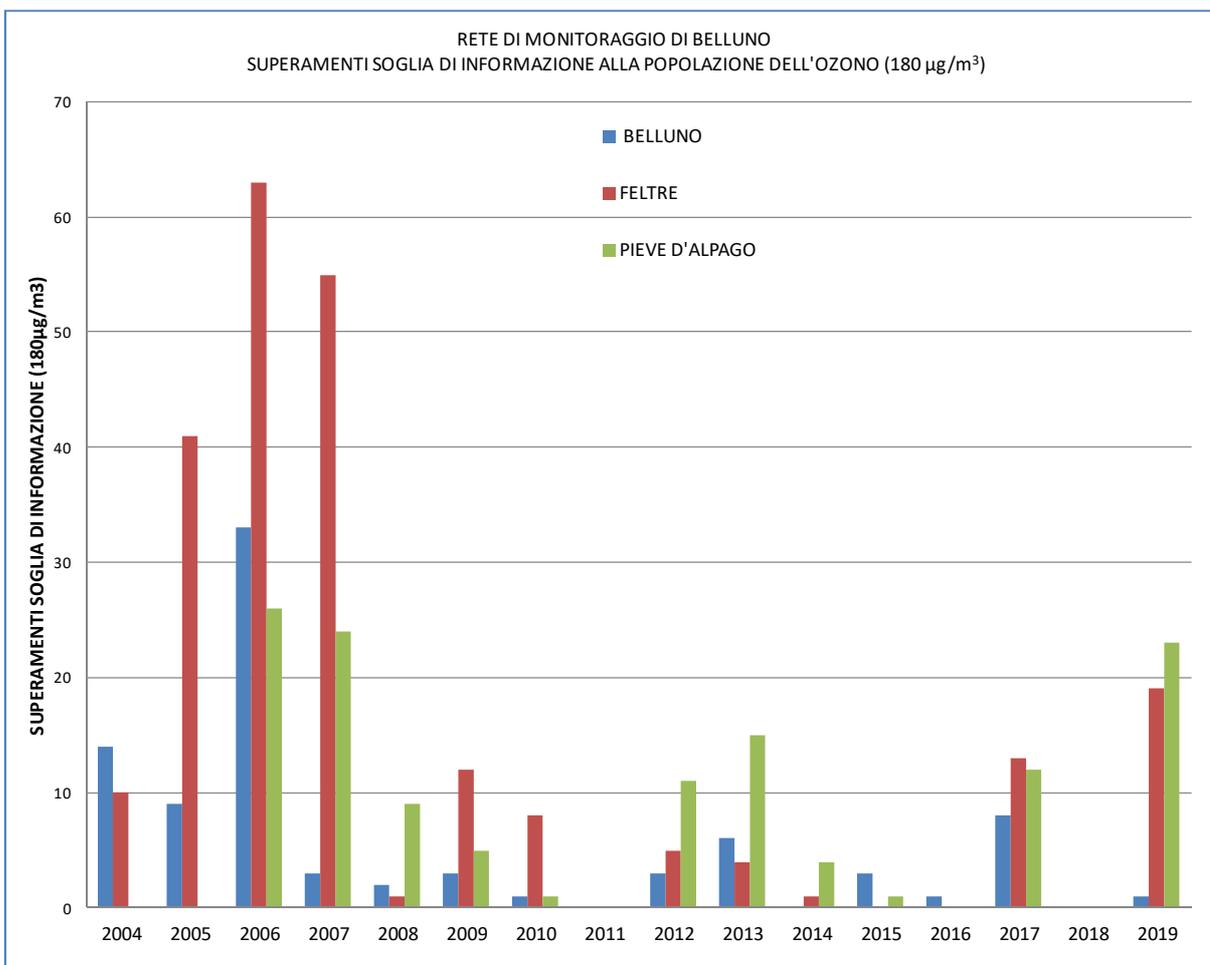
Per quanto riguarda anidride solforosa e monossido di carbonio, non si è ritenuto opportuno elaborare grafici di tendenza, vista la ridottissima presenza di questi inquinanti in tutte le stazioni dove essi vengono misurati, con valori appiattiti nell'intorno del limite di rilevabilità.



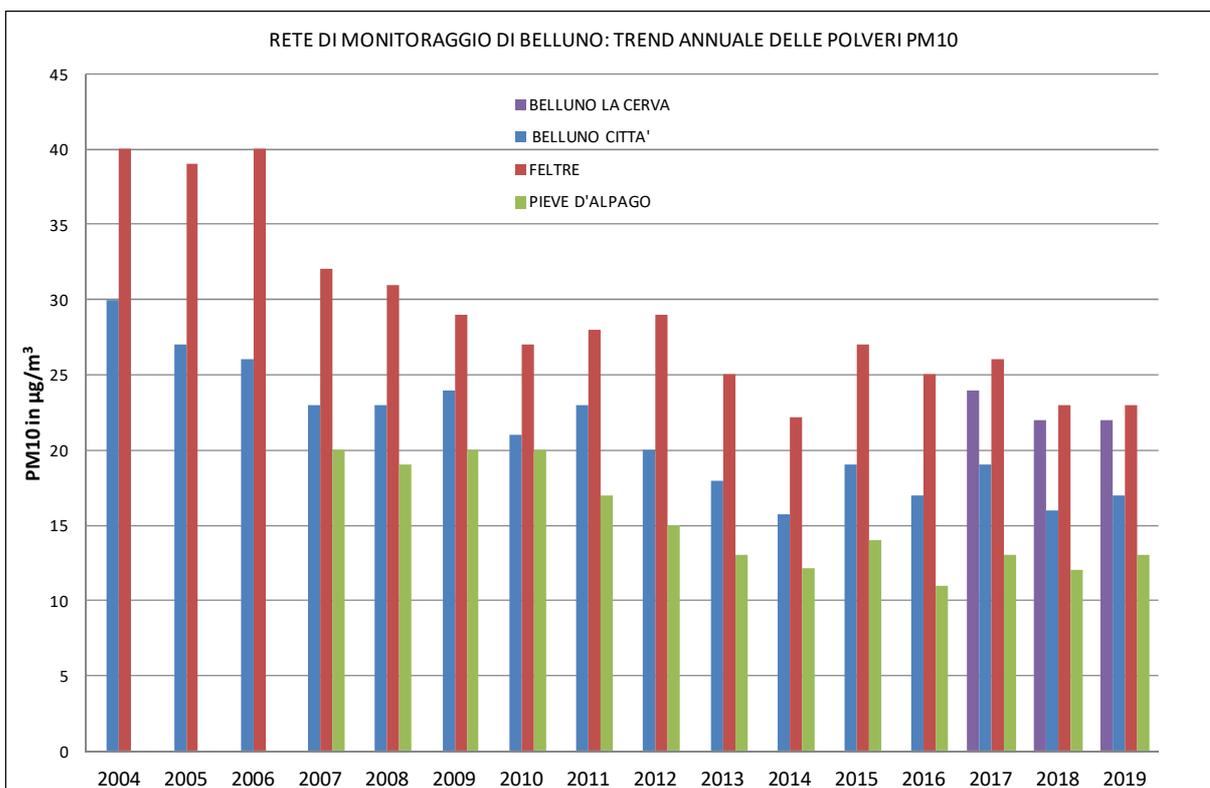
Il grafico del biossido d'azoto ( $\text{NO}_2$ ) mostra una diminuzione di questo inquinante rispetto all'anno precedente per la stazione di Belluno Città e un leggero aumento per le stazioni di Feltre e Belluno "La Cerva". A Pieve d'Alpago i valori sono costantemente appiattiti su livelli molto bassi.



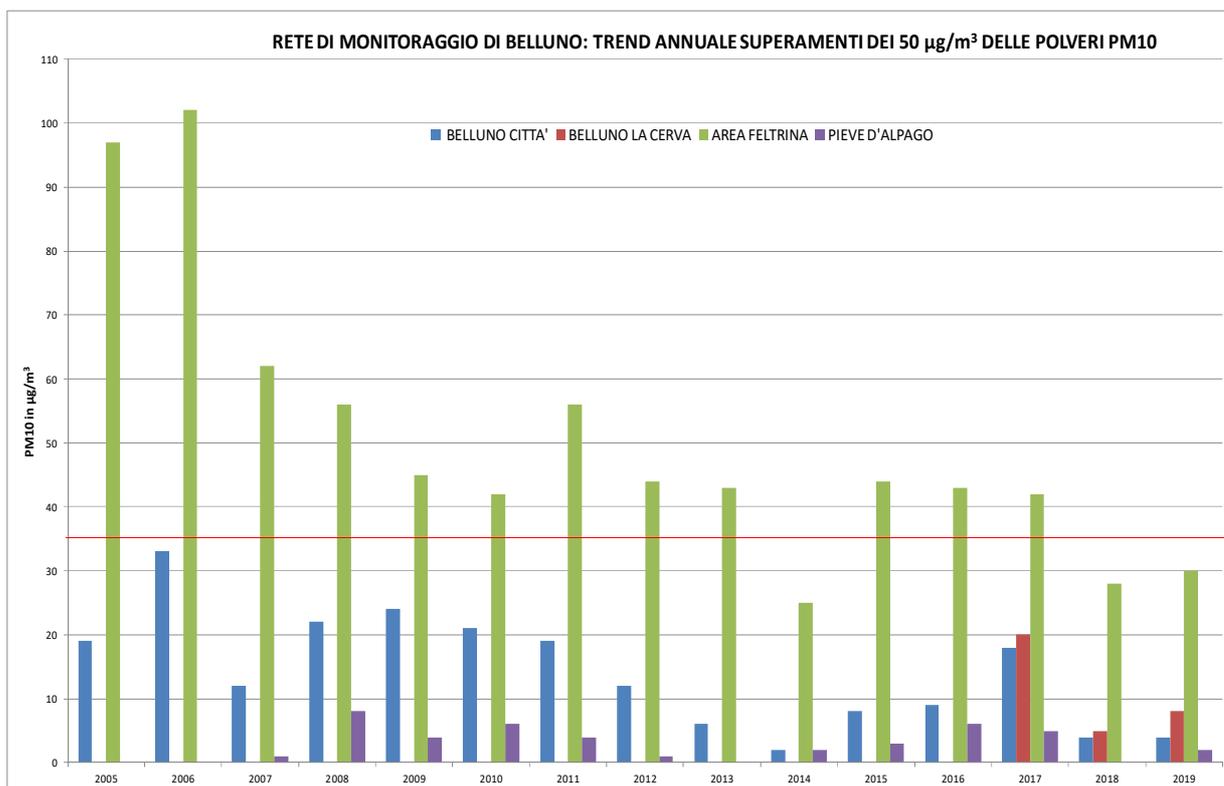
Per quanto riguarda l'ozono, i valori medi del 2019 hanno fatto segnare un aumento nelle stazioni di Feltre e Pieve d'Alpago, mentre a Belluno Città il dato medio risulta lievemente inferiore all'anno precedente. La stazione di Pieve d'Alpago presenta i valori più elevati a causa del suo posizionamento in zona rurale pedemontana.



I superamenti della soglia di informazione alla popolazione per l'ozono si sono ridotti negli ultimi anni rispetto ai primi anni di rilevamento. Tuttavia il 2019, a causa delle condizioni meteorologiche nel periodo di massimo irraggiamento favorevoli alla formazione di questo inquinante, ha fatto registrare numerosi superamenti della soglia di attenzione su tutta la rete provinciale.



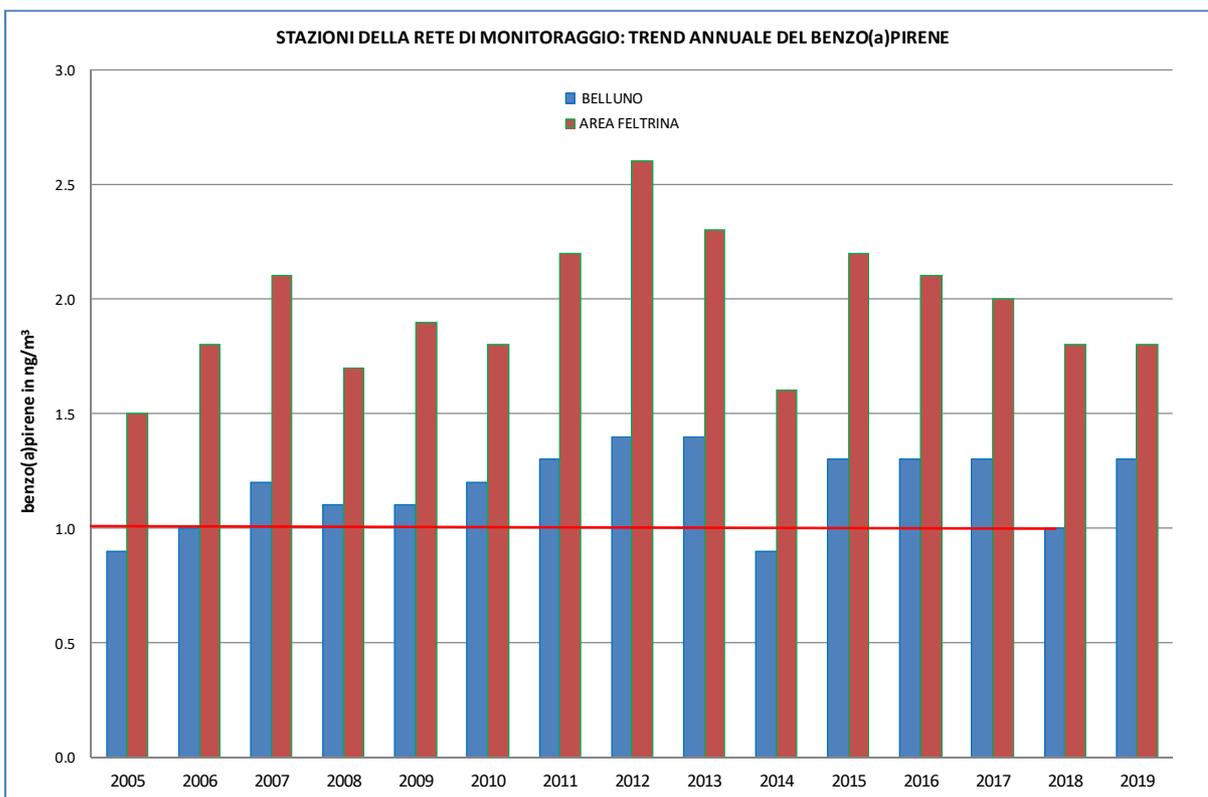
Il trend annuale delle polveri PM10 aggiornato al 2019 conferma la sostanziale stabilizzazione delle concentrazioni medie di questo inquinante, con variazioni contenute legate soprattutto alle condizioni meteo climatiche del periodo invernale.



Per quanto riguarda il numero di superamenti giornalieri dei  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10, il 2019 è stato un anno positivo, al pari del 2018: la combinazione favorevole degli eventi piovosi, gli episodi di vento intenso e le temperature più elevate della media nei sei mesi più freddi dell'anno hanno portato per la stazione Area Feltrina a un numero di superamenti del limite giornaliero inferiore ai 35 tollerati dalla legge per il terzo anno dall'inizio della seria storica.



Analogamente a quanto evidenziato per le polveri PM10, anche per il particolato PM2.5 i valori degli ultimi anni si sono stabilizzati su concentrazioni annuali medie con minime variazioni, dovute essenzialmente alle condizioni meteorologiche invernali.



Il Benzo(a)Pirene nella stazione di Feltre ha confermato il valore dell'anno precedente, nettamente superiore al valore obiettivo. Il trend di diminuzione in corso da alcuni anni si è quindi momentaneamente assestato sul valore di 1.8 ng/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda invece la stazione di Belluno Città, il 2019 ha rispecchiato l'andamento degli ultimi anni, superiore al valore obiettivo e al valore di 1 ng/m<sup>3</sup> misurato nel 2018.

## 11 – Sintesi

Il 2019, per le stazioni della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria, è stato un anno mediamente positivo. Le condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti del periodo invernale hanno concorso ad una stabilizzazione dei valori di concentrazione delle polveri PM10 e PM2.5 su medie annuali molto basse, in linea con quelle registrate nel 2018 e tra le minime di tutta la serie storica.

Il Benzo(a)Pirene ha confermato a Feltre il valore dello scorso anno e ha subito un incremento nella stazione di Belluno, superando in entrambe le stazioni il valore obiettivo di 1 ng/m<sup>3</sup>.

L'ozono, a causa delle condizioni favorevoli di temperatura e irraggiamento che hanno caratterizzato i mesi di giugno e luglio, ha superato in più occasioni il limite orario acuto in tutte le stazioni in cui viene misurato questo inquinante e ha fatto registrare valori superiori al limite cronico per la salute umana; rimane inoltre superiore al limite per la protezione della vegetazione come media di tre anni presso la stazione di Alpago (Pieve).

Inquinante	Limite esposizione acuta	Limite esposizione cronica salute umana	Limite esposizione cronica ecosistemi	Tendenza 2005 - 2018	Tendenza 2018 - 2019
PM10	RISPETTATO	RISPETTATO			
PM2.5		RISPETTATO			
O3	SUPERATO	SUPERATO	SUPERATO		
NO2	RISPETTATO	RISPETTATO			
NOX			RISPETTATO		
SO2	RISPETTATO		RISPETTATO		
CO	RISPETTATO				
Benzene		RISPETTATO			
Benzo(a)pirene		SUPERATO			
Arsenico		RISPETTATO			
Nichel		RISPETTATO			
Cadmio		RISPETTATO			
Piombo		RISPETTATO			

Inquinante	Belluno Città	Belluno "La Cerva"	Area Feltrina	Alpago
PM10 media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	17	22	23	13
PM10 N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	4	8	30	2
PM2.5 media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	13		18	
O <sub>3</sub> N superamenti $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1		19	23
O <sub>3</sub> N superamenti media 8h $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in giorni) - media 3 anni	26		22	42
O <sub>3</sub> AOT40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) 2015 - 2019				22882
NO <sub>2</sub> media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	17	28	13	6
NO <sub>x</sub> media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	34	64	19	7
SO <sub>2</sub> media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		3		
CO media ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )		0.3		
Benzene media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			0.7	0.5
BaP media ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	1.3		1.8	
Arsenico media ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )			<1.0	
Cadmio media ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )			<0.2	
Nichel media ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )			1.5	
Piombo media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			0.003	

## 12 – Conclusioni

Il 2019 è stato un anno positivo per la qualità dell'aria in tutte le stazioni della rete fissa provinciale.

In inverno, le **polveri PM10** hanno rispettato il valore limite annuale e anche i superamenti del limite giornaliero sono rimasti all'interno delle 35 giornate consentite, per tutta la rete, analogamente al 2018 e per la terza volta dall'inizio della serie storica. La frazione **PM2.5** delle polveri ha registrato valori annuali inferiori al limite di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sia a Feltre sia a Belluno. Il **Benzo(a)Pirene** ha confermato il valore dello scorso anno nella stazione di Feltre e ha subito un incremento a Belluno, superando in entrambi i siti il valore obiettivo di 1 nanogrammo/ $\text{m}^3$ . Questo inquinante, per la sua natura e per i meccanismi di produzione, conferma una certa rigidità nell'andamento rispetto alle polveri PM10 e risulta difficilmente abbattibile, anche in situazioni meteo climatiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Nel periodo estivo l'**ozono** ha ripetutamente superato la soglia di informazione alla popolazione. Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della salute umana, il numero di superamenti come valore massimo giornaliero della media mobile sulle otto ore è risultato superiore al limite di 25 giorni nella stazione di Pieve d'Alpago, pari a 25 in quella di Feltre e inferiore al limite a Belluno. Nonostante un leggero aumento, la media del triennio 2017-2019 nella stazione Area Feltrina è rientrata nei 25 superamenti, confermandosi unica del Veneto a raggiungere questo risultato. Il dato del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, calcolato per la stazione di fondo rurale di Pieve d'Alpago sulla media del quinquennio 2015 – 2019 rimane abbondantemente superiore a quanto previsto dalla normativa.

**Anidride solforosa, biossido di azoto e monossido di carbonio**, dove monitorati, hanno rispettato i limiti di legge.

L'applicazione dell'indice sintetico di qualità dell'aria adottato da ARPAV, costruito sulla base delle concentrazioni di polveri PM10, biossido di azoto e ozono, per le tre stazioni ha denunciato un leggero peggioramento nel corso del 2019, soprattutto a causa dei picchi estivi di ozono che hanno caratterizzato lo scorso anno.

## INEMAR

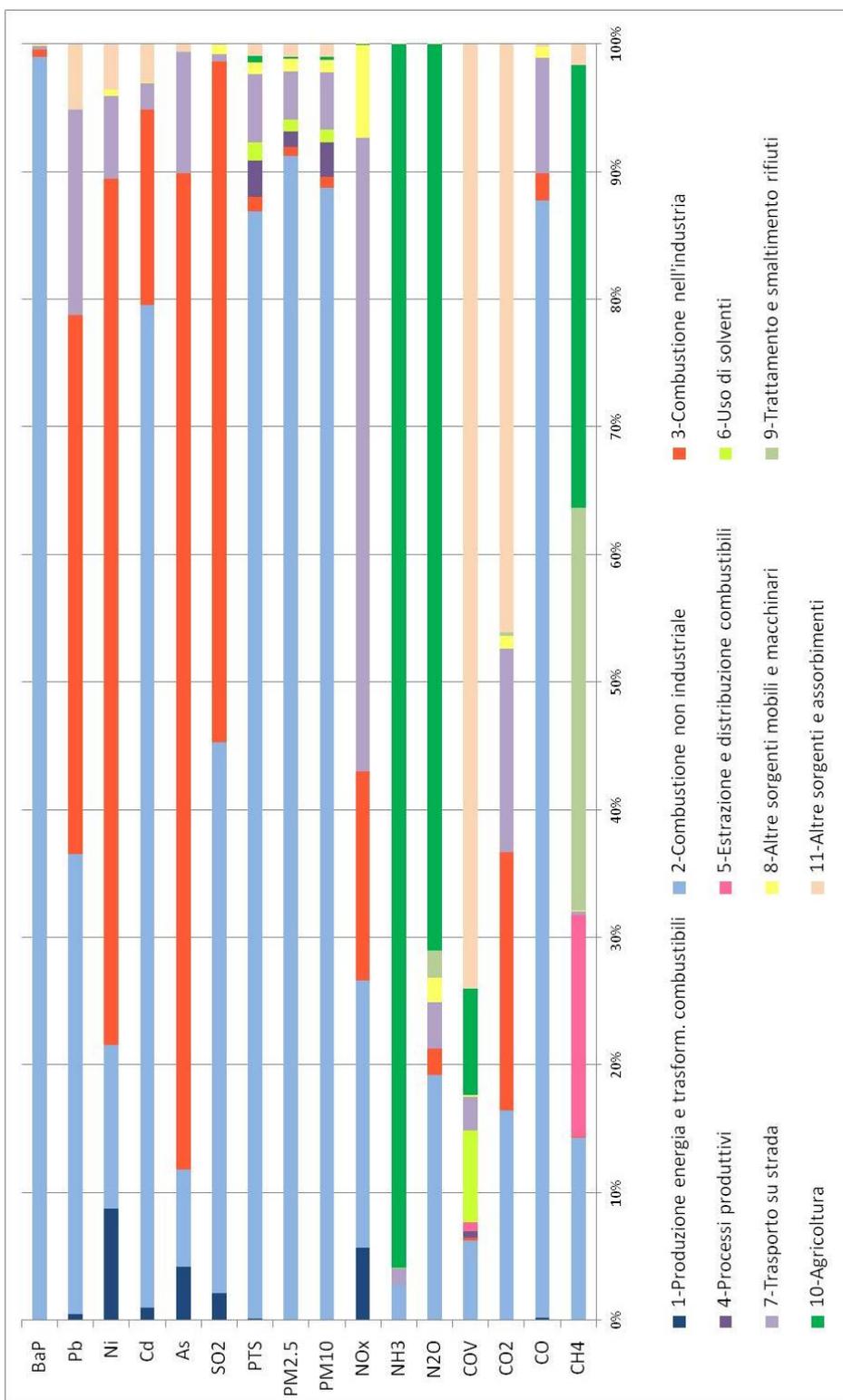
INEMAR (acronimo di INventario EMissioni ARia) è un sistema di calcolo e raccolta dei valori delle emissioni dei principali inquinanti in atmosfera. Esso è utilizzato in Italia in diverse regioni e province autonome e permette di ricostruire i contributi emissivi provenienti dalle attività antropiche e naturali fino al livello comunale. E' disponibile anche per la regione Veneto, e quindi per tutti i comuni della Provincia di Belluno, con dati che non derivano da un calcolo esatto, non effettuabile data la complessità e la quantità delle sorgenti esistenti, bensì da una stima o ricostruzione dei contributi delle diverse attività antropiche e naturali attraverso un metodo messo a punto dalla Regione Lombardia con la collaborazione della Regione Piemonte.

Secondo la metodologia EMEP/CORINAIR utilizzata da INEMAR le attività sono suddivise in 11 macrosettori, a loro volta costituiti da 76 settori e 378 attività. Nella seguente tabella si riportano gli 11 macrosettori in cui sono suddivise le possibili fonti di emissioni.

<b>Macrosettore CORINAIR</b>	<b>Descrizione</b>
M01	Combustione – Energia e Industria di Trasformazione
M02	Combustione non industriale
M03	Combustione nell'industria
M04	Processi produttivi
M05	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica
M06	Uso di solventi e altri prodotti
M07	Trasporto su strada
M08	Altre sorgenti mobili e macchinari
M09	Trattamento e smaltimento rifiuti
M10	Agricoltura
M11	Altre sorgenti e assorbimenti

L'inventario delle emissioni risulta quindi un utile strumento per valutare a livello locale e regionale i macrosettori su cui indirizzare le misure e le azioni per la riduzione delle emissioni inquinanti.

Si riporta di seguito il grafico dei contributi emissivi percentuali dei principali inquinanti in provincia di Belluno per macrosettore, riferito alle stime per l'anno 2015.



## **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<sup>2</sup> superiore a 3.000 abitanti.

### **AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)**

espresso in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )\*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 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).

### **Background (stazione di)**

Punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento medi caratteristici dell'area monitorata.

### **Campagne con mezzi mobili**

monitoraggio della qualità dell'aria in aree del territorio non completamente coperte dalle centraline fisse. Relazioni consultabili all'indirizzo:  
<http://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-belluno/aria/Qualita-dellaria-prov-bl>

### **Condizioni al contorno**

Valori di concentrazione dei vari inquinanti presenti ai bordi del dominio di calcolo; sono input necessari nei modelli euleriani. Generalmente sono stimati con l'utilizzo di altri modelli euleriani a minor risoluzione, implementati su una scala più ampia del dominio di calcolo (es: scala continentale).

### **Fattore di emissione**

Valore medio (su base temporale e spaziale) che lega la quantità di inquinante rilasciato in atmosfera con l'attività responsabile dell'emissione (ad es. kg di inquinante emesso per tonnellata di prodotto o di combustibile utilizzato). Rappresenta l'emissione riferita all'unità di attività della sorgente, espressa ad esempio come quantità di inquinante emesso per unità di prodotto processato, o come quantità di inquinante emesso per unità di combustibile consumato.

### **Industriale (stazione)**

Punto di campionamento per il monitoraggio di fenomeni acuti posto in aree industriali con elevati gradienti di concentrazione degli inquinanti. Tali stazioni sono

situate in aree nelle quali i livelli d'inquinamento sono influenzati prevalentemente da emissioni di tipo industriale.

### **Input**

valore di una o più variabili in ingresso al modello, necessarie per risolvere le equazioni del trasporto e della dispersione. Nei modelli euleriani gli input meteorologici devono essere forniti per ogni cella del dominio tridimensionale di simulazione, mentre gli input emissivi devono essere forniti almeno per tutte le celle del primo livello.

### **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.

### **Inventario delle emissioni**

Raccolta, realizzata secondo procedure e metodologie verificabili e aggiornabili, di informazioni e dati tecnologici, economici, territoriali, che permette di individuare le fonti di inquinamento, la loro localizzazione con disaggregazione provinciale e comunale, la quantità e la tipologia di inquinanti emessi.

### **IQA (Indice di Qualità dell'Aria)**

E' una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria.

### **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 giornaliera corrisponde alla media mobile su 8 ore che, nell'arco della giornata, ha assunto il valore più elevato.

### **Modelli deterministici**

Sono basati sulla ricostruzione matematica delle relazioni del tipo causa – effetto.

## **Modelli di dispersione degli inquinanti**

Sono algoritmi matematici che stimano l'andamento nel tempo e nello spazio delle concentrazioni degli inquinanti. Possono essere deterministici o stocastici. I modelli deterministici di dispersione degli inquinanti risolvono l'equazione di conservazione della massa di ogni inquinante sulla base dei valori assunti, in ogni punto del dominio di calcolo, dalle variabili meteorologiche, che ne descrivono il trasporto e la dispersione, e dalle emissioni dell'inquinante (e/o dei suoi precursori).

## **Modelli euleriani**

Nei modelli euleriani il calcolo delle concentrazioni viene riferito ad una griglia tridimensionale regolare, il cui sistema di riferimento è fissato per l'intera durata della simulazione.

## **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

## **Percentile**

I percentili o quantili, sono parametri di posizione che dividono una serie di dati in gruppi non uguali, ad esempio un quantile 0.98 (o 98° percentile), è quel valore che divide la serie di dati in due parti, nella quale una delle due ha il 98% dei valori inferiore al dato quantile. La mediana rappresenta il 50° percentile. I percentili si calcolano come la mediana, ordinando i dati in senso crescente e interpolando il valore relativo al quantile ricercato.

## **Proxy**

Variabili di disaggregazione spaziale delle emissioni, il cui valore deve essere noto sia sull'area più estesa (es: popolazione della provincia/regione) sia al dettaglio territoriale di interesse (es: popolazione comunale).

## **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 (spray marino, foreste, ecc.) o antropica (infrastrutture e servizi). A seconda delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, diffusa, lineare.

**Traffico (stazione di)**

Punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento massimi caratteristici dell'area monitorata influenzato prevalentemente da emissioni da traffico provenienti dalle strade limitrofe.

**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 1: 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 ( $\text{SO}_2$ ), degli ossidi di azoto ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ), dell'ozono ( $\text{O}_3$ ) e del monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ) 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).

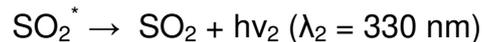
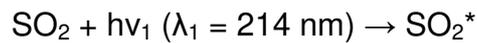
Un analizzatore è tipicamente costituito da un sistema di aspirazione dell'aria (una pompa) che ne preleva una parte immettendola in una piccola camera, detta "cella di misura" e che contiene i dispositivi per la misura.

### 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  $4.67 \mu\text{m}$ .  
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 $\text{SO}_2$

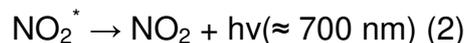
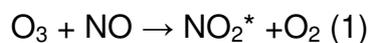
- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14212:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta".
- Principio di misura: fluorescenza
- Modalità di funzionamento: Nella camera di misura, attraversata dal flusso di aria campione, una lampada UV emette, con una certa frequenza, una radiazione alla lunghezza d'onda di 214 nm. Le molecole di  $\text{SO}_2$  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):



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  $\text{SO}_2$ .

#### Analizzatore di NO - NO<sub>2</sub>- NO<sub>x</sub>

- 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:



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  $\text{NO}_2^*$  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  $\text{NO}_2$ , l'aria campione, prima di giungere in camera di misura, viene alternativamente fatta passare attraverso un convertitore catalitico in grado di ridurre l' $\text{NO}_2$  presente in NO. In questo modo si ottiene in camera di misura la concentrazione totale degli ossidi di azoto,  $\text{NO}_x$ . Dalla differenza tra gli ossidi totali e il solo NO si ottiene infine la misura di  $\text{NO}_2$ .

#### Analizzatore di O<sub>3</sub>

- 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  $\lambda=254 \text{ nm}$  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  $\beta$
- 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 ( $20^{\circ} \text{C} \pm 1$ ) e di umidità ( $50 \pm 5\%$ ). 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  $\beta$  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  $10 \mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- **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 PM2.5

- 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  $\beta$ .
- 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 ( $20^{\circ}\text{C} \pm 1$ ) e di umidità ( $50 \pm 5\%$ ). 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  $\beta$  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 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) 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 PM10, 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 PM10, 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  
35121 Padova  
Italy  
Tel. +39 049 823 93 01  
Fax +39 049 660 966  
E-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)  
E-mail certificata: [protocollo@arpav.it](mailto:protocollo@arpav.it)  
[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)