# Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

## Comune di Belluno
## Via Lazzarini

Periodi di attuazione:

14 aprile – 18 giugno 2017

6 settembre – 7 novembre 2017

# Relazione tecnica

**Realizzato a cura di:**
**A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Belluno**

**dr. R. Bassan (direttore)**

**Servizio Stato dell'Ambiente**

**dr.ssa A. Favero (dirigente responsabile)**

**Ufficio Monitoraggio dello Stato e Supporto Operativo**

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

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

**Si ringrazia per il supporto fornito:**

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

**Belluno marzo 2018**

**NOTA: La presente relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Belluno e la citazione della fonte stessa.**

# INDICE

**INTRODUZIONE** ..... **4**

**1 – Articolazione della campagna di monitoraggio** ..... **4**

**2 - Caratteristiche del sito** ..... **4**

**3 - Contestualizzazione meteo climatica** ..... **7**

**4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento** ..... **11**

**4.1 Inquinanti monitorati** ..... **11**

**4.2 Normativa di riferimento** ..... **16**

**5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi** ..... **19**

**6 - Efficienza di campionamento** ..... **20**

**7 - Analisi dei dati rilevati** ..... **20**

**7.1 - Rappresentazione grafica dei dati** ..... **22**

**8 - Valutazione attraverso gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria** ..... **29**

**8.1 Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria) applicato al monitoraggio eseguito Belluno in via Lazzarini** ..... **31**

**9 - Conclusioni** ..... **32**

**ALLEGATO1: GLOSSARIO** ..... **33**

## INTRODUZIONE

Il dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno, su richiesta del comune capoluogo ha effettuato una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria in via Lazzarini.

### 1 – Articolazione della campagna di monitoraggio

La relazione illustra in modo sintetico i risultati rilevati nelle due fasi dell'indagine condotta tra la primavera e l'autunno 2017, in riferimento ai limiti di legge vigenti e ne offre una breve rappresentazione grafica, per meglio evidenziare l'andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.
La campagna di monitoraggio è stata articolata in due fasi per avere una maggiore copertura di dati, senza la necessità di monitorare il periodo invernale, viste le finalità non legate alla valutazione degli effetti del riscaldamento domestico. Per il monitoraggio è stato utilizzato un laboratorio mobile attrezzato con specifiche apparecchiature aventi le caratteristiche tecnico analitiche di seguito descritte.

### 2 - Caratteristiche del sito

In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE), la zonizzazione del territorio nazionale è il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente. A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è classificata allo scopo di individuare le modalità di valutazione mediante misurazioni e mediante altre tecniche in conformità alle disposizioni del decreto.
La Regione Veneto con DGR n. 3195/2006 aveva provveduto alla zonizzazione del territorio di competenza, tuttavia tale zonizzazione necessitava di un riesame ai fini di rispettare tutti i requisiti richiesti dall'appendice I al D.Lgs. 155/2010, riconducibili principalmente alle caratteristiche orografiche e meteo climatiche, al carico emissivo ed al grado di urbanizzazione del territorio.
Il riesame della zonizzazione è stato effettuato da ARPAV-Osservatorio Regionale Aria per conto della Regione Veneto, con la supervisione del Ministero dell'Ambiente, necessaria ai fini di omogeneizzare ed integrare le diverse zone a livello sovra regionale.
La nuova zonizzazione del Veneto è stata approvata con delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, con efficacia dal gennaio 2013. Il Veneto risulta attualmente suddiviso in 5 agglomerati e 4 zone, di cui due di pianura e due di montagna.

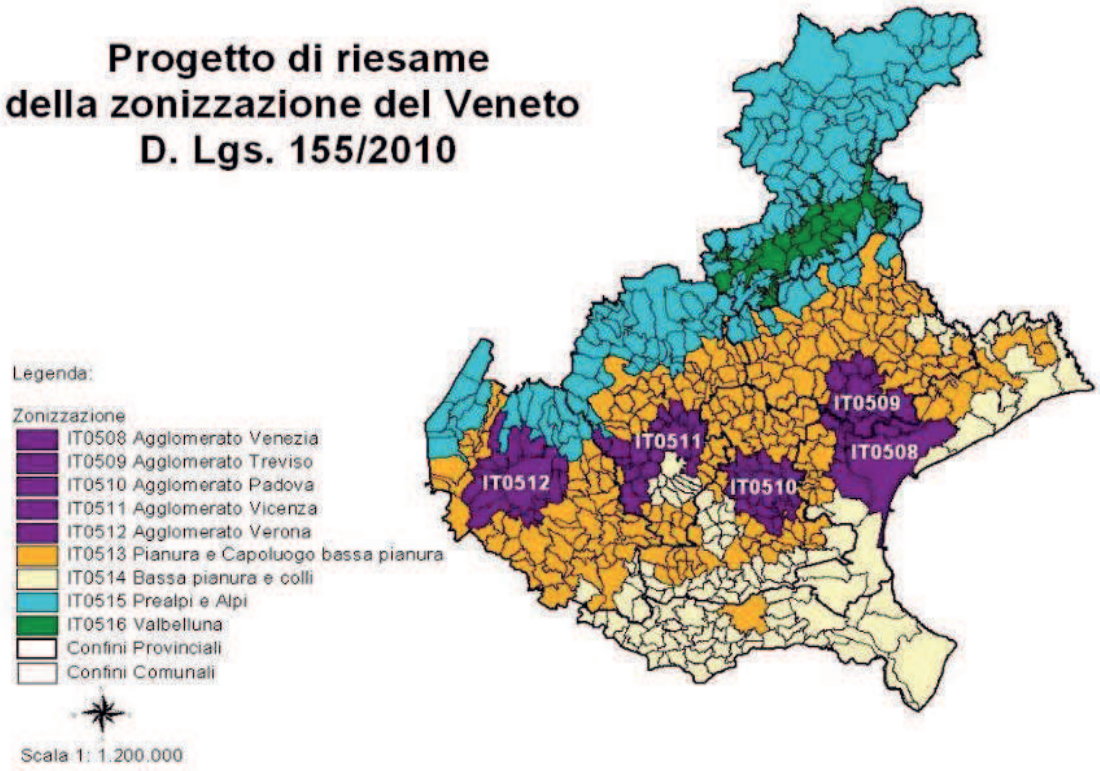



Figura 1: zonizzazione del Veneto per la qualità dell'aria

I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

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

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

Il sito della presente indagine ha coordinate geografiche 1747508;5114222 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

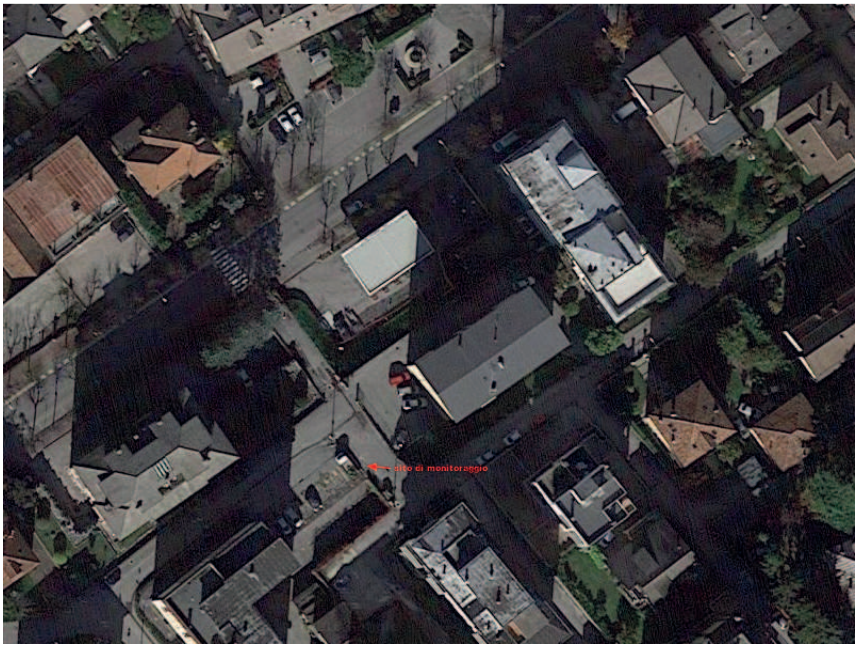



Figura 2: posizionamento del mezzo mobile in via Lazzarini

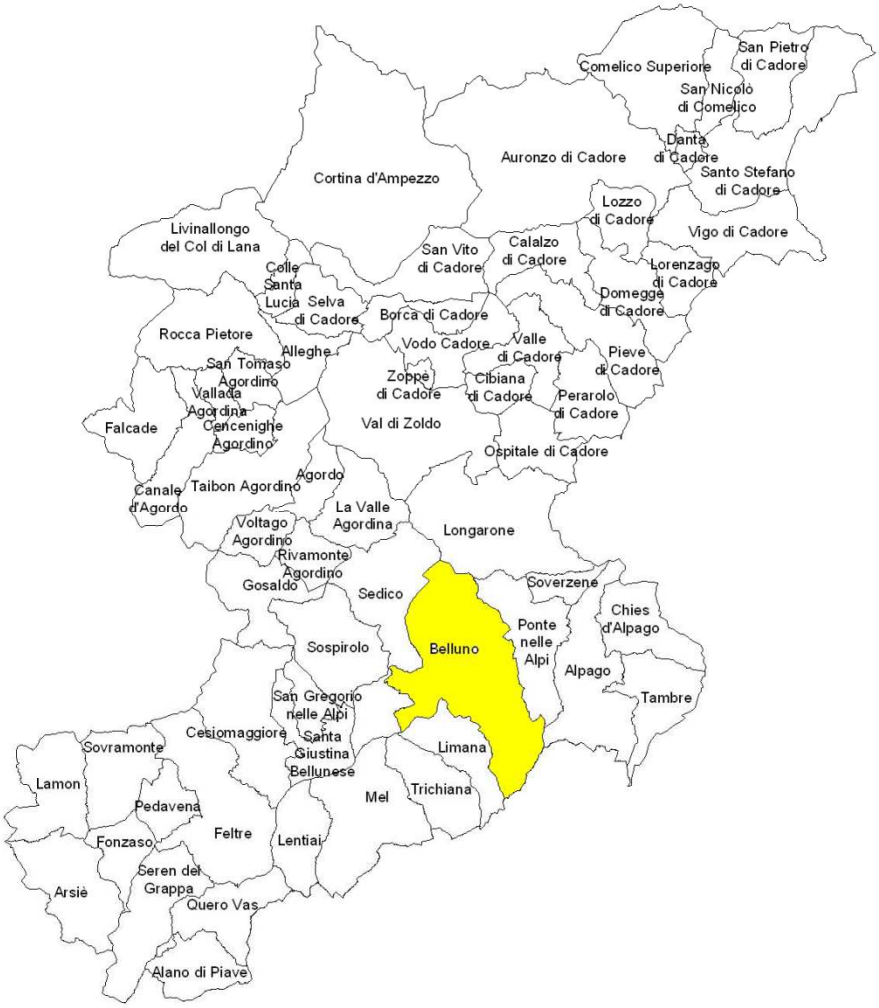



Figura 3: localizzazione del comune di Belluno nel territorio provinciale

## 3 - Contestualizzazione meteo climatica

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

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti;
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 1.5 m/s e 3 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

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

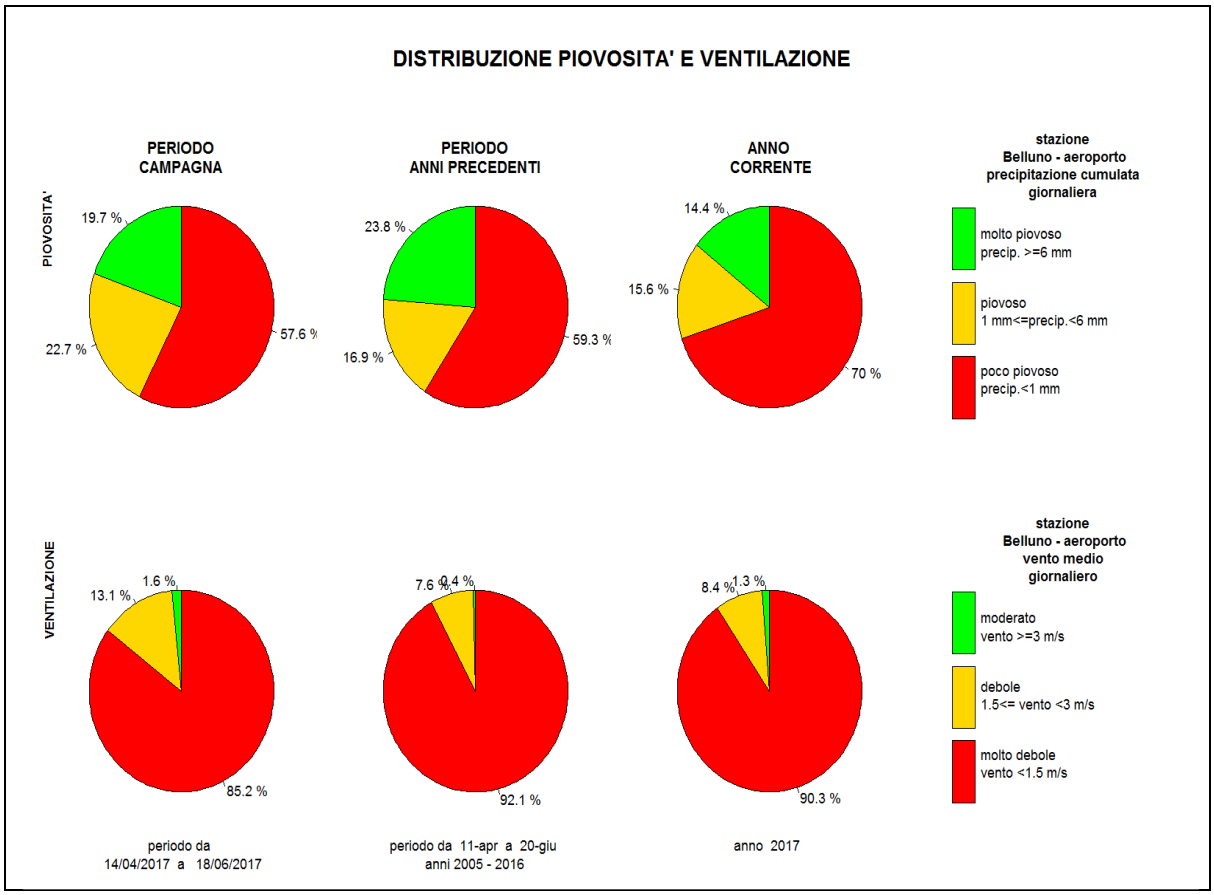



Figura 4: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella figura 4 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (264 Belluno Aeroporto[1]) in tre periodi:

[1] La stazione meteorologica di Belluno Aeroporto è fra quelle gestite da ARPAV la più vicina al sito della campagna di misura (distanza di poco inferiore a 5km): i dati da essa registrati sono

- 14 aprile - 18 giugno 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 11 aprile - 20 giugno dall'anno 2005 all'anno 2016 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2017 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni piovosi (situazione di dispersione intermedia) sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento; inoltre rispetto all'anno corrente sono meno frequenti i giorni poco piovosi;
- i giorni con vento molto debole risultano meno frequenti sia rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti che rispetto all'anno in corso.

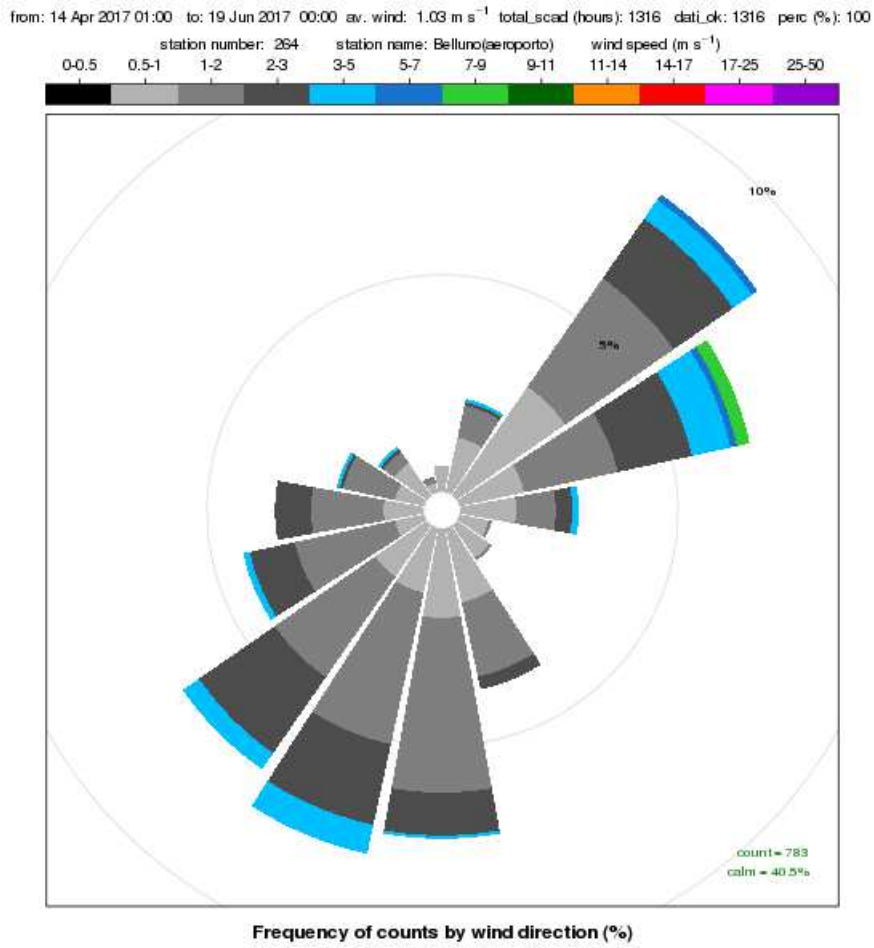



Figura 5: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Belluno - Aeroporto nel periodo 14 aprile 2017 - 18 giugno 2017

In figura 5 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Belluno - Aeroporto durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono nord-est e sud-sudovest (entrambe circa 8% dei casi) seguite da est-nordest, sud e sud-ovest (ognuna circa 7%). La

La stazione meteorologica di Belluno Aeroporto è fra quelle gestite da ARPAV la più vicina al sito della campagna di misura (distanza di poco inferiore a 5km): i dati da essa registrati sono rappresentativi per l'area della campagna di misura per quanto riguarda la precipitazioni e in parte anche per il vento, a meno di differenze, specie sulla direzione del vento, dovute al fatto che le due località si trovano in punti differenti della vallata, caratterizzati da strutture orografiche simili, ma non identiche.

frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 40%; la velocità media pari a circa 1 m/s. Si fa presente che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti fortemente influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire leggermente da quello del sito di svolgimento della campagna di misura.
Le analisi meteorologiche appena viste sono state elaborate anche per la seconda fase del monitoraggio, effettuata sullo stesso sito dal 6 settembre al 7 novembre 2017.
Per quanto riguarda la distribuzione della piovosità e della ventilazione, la situazione è descritta in figura 6.

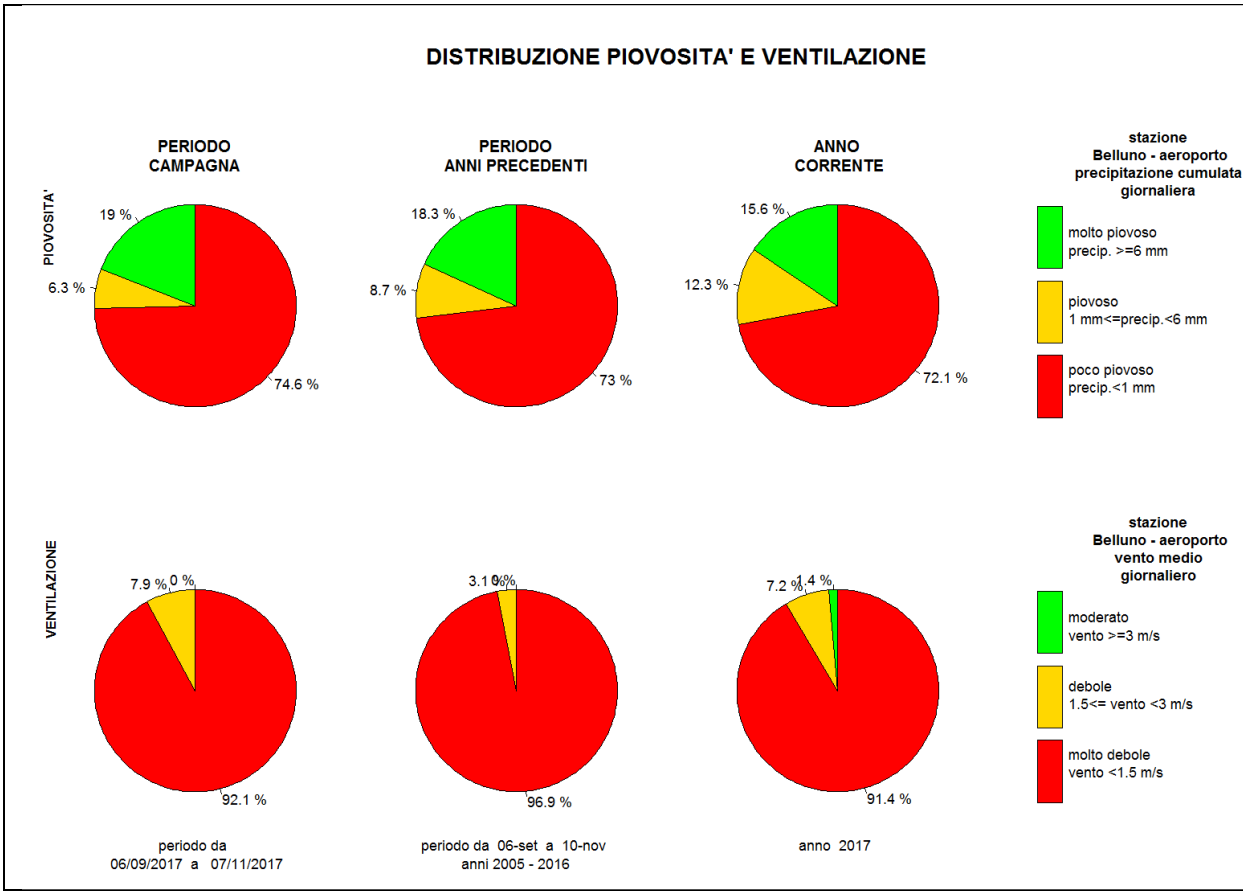



Figura 6: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella figura 6 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (264 Belluno Aeroporto) in tre periodi:

- 6 settembre - 7 novembre 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 6 settembre - 10 novembre dall'anno 2005 all'anno 2016 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2017 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è simile a quella di entrambi i periodi di riferimento, salvo una frequenza leggermente superiore dei giorni molto piovosi rispetto all'anno corrente;
- la distribuzione dei giorni in base alla ventosità è simile a quella di entrambi i periodi di riferimento, salvo una frequenza leggermente inferiore dei giorni con vento molto deboli rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti.

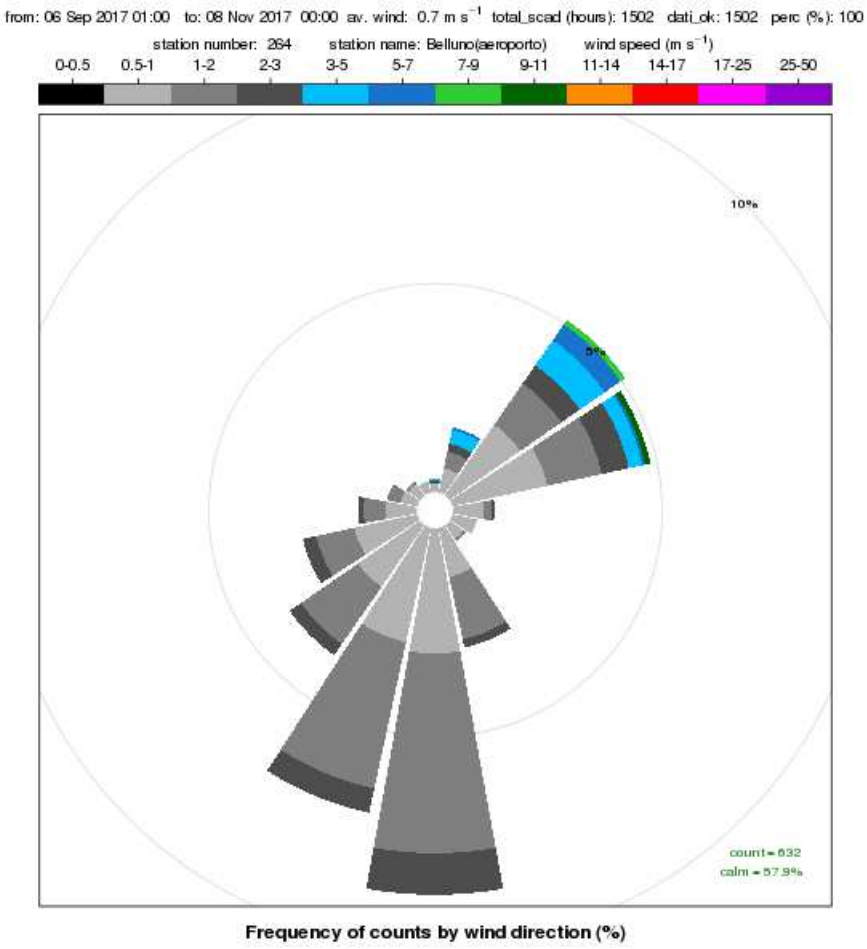



Figura 7: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Belluno - Aeroporto nel periodo 6 settembre - 7 novembre 2017

In fuigura 7 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Belluno - Aeroporto durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che a prevalere, con circa il 58% dei casi, sono le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s); per venti di intensità superiore alla soglia delle calme, le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono sud (circa 9% dei casi) e sud-sudovest (circa 7%), seguite da nord-est ed est-nordest (entrambe circa 5%). La velocità media è stata pari a circa 0.7 m/s. Si fa presente che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti fortemente influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire leggermente da quello del sito di svolgimento della campagna di misura.

# 4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

## 4.1 Inquinanti monitorati

La stazione rilocabile utilizzata è dotata di analizzatori in continuo per la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente e più precisamente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa ($SO_2$), biossido di azoto ($NO_2$), monossido e ossidi di azoto (NO - NOX), ozono ($O_3$), benzene ($C_6H_6$), polveri (PM10).
Inoltre, contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati inviati al nostro laboratorio di riferimento alcuni campioni di polveri PM10 per la successiva determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici IPA.

### Materiale particolato - Polveri (PM10)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. La sua tossicità

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

## Biossido di Azoto ($NO_2$)

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al monossido di azoto (NO), al biossido ($NO_2$) ed alla loro somma pesata.
La principale fonte antropogenica di ossidi di azoto è la combustione ad alta temperatura, come quella dei motori dei veicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido di azoto.
La quantità prodotta cresce con la temperatura di combustione e con la velocità di raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno.
Le miscele "ricche", cioè con poca aria, danno luogo ad emissioni con limitate concentrazioni di monossido d'azoto a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione, ma originano elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto della combustione incompleta. Miscele "povere", cioè con elevata quantità di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano una buona resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di biossido d'azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno. Altre importanti fonti di ossidi d'azoto sono gli insediamenti produttivi, gli impianti domestici e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati a causa dei processi ossidativi dell'ammoniaca.
L'$NO_2$ è un inquinante per lo più secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Una volta formatisi, questi inquinanti possono depositarsi al

suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione ed agli edifici.
Si tratta inoltre di un gas tossico irritante per le mucose e responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni).

## Ossidi di Zolfo ($SO_X$)

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

## Ozono ($O_3$)

L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ($O_2$) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo
$O_3 \rightarrow O_2 + O$
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.
L'ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili (COV).
La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido di azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare, $h\nu$, con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in monossido d'azoto ed ossigeno atomico:
$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ (1)
seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:
$O + O_2 \rightarrow O_3$ (2)
Una volta prodotto l'ozono può a sua volta reagire con il monossido di azoto formatosi dalla reazione (1) per riformare il biossido di azoto di partenza:
$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$ (3)
L'ozono viene quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

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

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

In presenza di radicali perossialchilici la reazione (4) risulta competitiva rispetto alla reazione (3) la quale non ha modo di avvenire, essendo uno dei reagenti, il monossido di azoto, rimosso dalla reazione (4); l'ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può quindi accumularsi in atmosfera.

I precursori coinvolti nel ciclo dell'ozono possono essere di origine antropogenica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.

Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti $NO_X$ e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il toluene, l'etene, il propene e l'isoprene. Dopo l'emissione i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l'azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può variare da poche ore a giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di $O_3$ in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona considerata. Inoltre, visto il tempo occorrente per la formazione di ozono, le masse d'aria contenenti $O_3$, COV ed $NO_X$ possono percorrere notevoli distanze, anche centinaia di chilometri, determinando effetti in aree diverse da quelle di produzione. Da ciò deriva che il problema dell'inquinamento da ozono non può essere valutato strettamente su base locale, ma deve essere considerato su ampia scala.

Le concentrazioni di ozono dipendono quindi notevolmente dalle condizioni atmosferiche; le reazioni che portano alla sua formazione sono reazioni fotochimiche e quindi le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare, mentre diminuiscono con l'aumentare della nuvolosità. La conseguenza è che i valori massimi di concentrazione di ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.

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

## Benzene ($C_6H_6$)

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da sei atomi di carbonio e sei atomi di idrogeno. Anche conosciuto come benzolo, rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici.

Il benzene a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. E' una sostanza altamente infiammabile.
La sua presenza nell'ambiente deriva sia da processi naturali che da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropogeniche e sono dovute essenzialmente agli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane.
Le principali cause di esposizione al benzene sono le combustioni incomplete.
Per quanto riguarda l'apporto dovuto al traffico, predominano le emissioni dei mezzi a benzina rispetto ai diesel. Per i veicoli a benzina, circa il 95% dell'inquinante deriva dai gas di scarico, mentre il restante 5% dall'evaporazione del carburante dal serbatoio e dal carburatore durante le soste e i rifornimenti.
Lo IARC classifica il benzene come sostanza cancerogena per l'uomo di classe I.

Tabella 1: Sorgenti emissive dei principali inquinanti (* = Inquinante Primario, ** = Inquinante Secondario).

| Inquinanti | Principali sorgenti di emissione |
|---|---|
| Particolato Fine*/** PM10 | Traffico autoveicolare on road e off road, impianti riscaldamento, centrali di potenza, impianti industriali, fenomeni di risollevamento |
| Monossido di Carbonio* CO | Traffico autoveicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti riscaldamento, centrali di potenza, impianti industriali |
| Biossido di Azoto* $NO_2$ | Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare on road e off road, centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione con ossigeno e azoto atmosferici) |
| Biossido di Zolfo* $SO_2$ | Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili), veicoli diesel |
| Ozono** $O_3$ | Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera |
| Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene) | Traffico autoveicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento |

## 4.2 Normativa di riferimento

L'esigenza di salvaguardare la salute e l'ambiente dai fenomeni di inquinamento atmosferico ha ispirato un corpo normativo volto alla definizione di:
- valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE.
Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. E'

importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato PM2,5, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nelle Tabelle 1.2 e 1.3 si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione. In Tabella 1.4 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della vegetazione.

Tabella 2: riferimenti di legge per l'esposizione acuta D.Lgs. 155/2010

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

* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive
** misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km$^2$ oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

Tabella 3: riferimenti di legge per l'esposizione cronica D.Lgs. 155/2010

| INQUINANTE | TIPOLOGIA | CONCENTRAZIONE | NOTE |
|---|---|---|---|
| PM10 | Valore limite<br>Media su anno civile | 40 µg/m$^3$ | |
| PM2.5 | Valore limite<br>Media su anno civile | 25 µg/m$^3$ | |
| $O_3$ | Valore obiettivo per la protezione della salute<br>Media massima giornaliera calcolata su 8 h da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni | 120 µg/m$^3$ | |
| $O_3$ | Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana<br>Media massima giornaliera calcolata su 8 h nell'arco dell'anno civile | 120 µg/m$^3$ | Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita |
| $NO_2$ | Valore limite<br>Anno civile | 40 µg/m$^3$ | |
| Pb | Valore limite<br>Media su anno civile | 0.5 µg/m$^3$ | |
| $C_6H_6$ | Valore limite<br>Media su anno civile | 5 µg/m$^3$ | |
| As | Valore obiettivo<br>Media su anno civile | 6 ng/m$^3$ | |
| Ni | Valore obiettivo<br>Media su anno civile | 20 ng/m$^3$ | |
| Cd | Valore obiettivo<br>Media su anno civile | 5 ng/m$^3$ | |
| B(a)P | Valore obiettivo<br>Media su anno civile | 1 ng/m$^3$ | |

Tabella 4: riferimenti di legge per la vegetazione D.Lgs. 155/2010

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

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

## 5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti, allestiti a bordo delle stazioni rilocabili, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) e realizzano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare). La determinazione del particolato inalabile PM10 è stata realizzata con analizzatore in continuo (mediante principio di misura ad attenuazione di raggi beta), che utilizza filtri da 47 mm di diametro in nitrato di cellulosa e cicli di prelievo di 24 ore.
Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al Benzo(a)Pirene) sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008.
Le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite seguendo frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'allegato I al D.Lgs. 155/2010.

## 6 - Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.
I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati ed al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica od alla manutenzione ordinaria della strumentazione. Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1 ottobre - 31 marzo) ed in quello estivo (1 aprile - 30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.
Anche per gli IPA e per gli altri metalli la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.
In relazione a quanto sopraesposto, nel corso della campagna di monitoraggio svolta a Belluno in via Lazzarini è stata raggiunta una resa per i parametri monitorati in continuo di circa il 91% con un grado di copertura del 35%.

## 7 - Analisi dei dati rilevati

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

**Polveri PM10:** durante le due fasi del monitoraggio non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di esposizione di 50 µg/m$^3$. Il dato massimo è stato di 46 µg/m$^3$. Il valore medio del periodo di è attestato sui 17 µg/m$^3$, al di sotto del limite annuale di 40 µg/m$^3$.

| | | PM10 (µg/m$^3$) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | BL Via Lazzarini | Staz. di riferimento Belluno Città | Staz. Di Belluno La Cerva |
| 14 aprile 2017 18 giugno 2017 - 6 settembre 2017 7 novembre 2017 | Media | 17 | 11 | 17 |
| | n° superamenti | 0 | 0 | 0 |
| | n° dati | 121 | 125 | 129 |
| | % superamenti | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Tabella 5: riepilogo dati PM10 nelle due campagne

Il confronto con la stazione di riferimento di Belluno Città, situata presso il parco "Città di Bologna" evidenzia una piccola differenza di concentrazione tra i due siti, mentre il valore medio è in linea con quello della stazione da traffico di Belluno "La Cerva".

Nel caso del PM10, poiché la normativa prevede valutazioni nel corso di un anno per il confronto con i termini di riferimento, data la limitatezza del periodo di monitoraggio, si è ritenuto opportuno applicare ai dati di monitoraggio rilevati un programma messo a punto dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV che consente di effettuare una stima sul probabile superamento dei limiti di legge.

Tale metodologia si articola nei seguenti passaggi:

1.per un sito di misura sporadico (campagna di monitoraggio) viene scelta una stazione fissa più rappresentativa (la stazione più vicina oppure una caratterizzata dalla stessa tipologia di emissioni e, statisticamente, dallo stesso tipo di meteorologia);

2.viene calcolato un fattore di correzione per passare dal periodo all'anno sulla base dei parametri della distribuzione dei dati misurati nella stazione fissa;

3.viene applicato il fattore di correzione per estrapolare il parametro statistico annuale incognito nel sito sporadico;

4.vengono confrontati il parametro statistico annuale estrapolato ed il valore limite di legge.

I parametri statistici di interesse sono la media ed il 90° percentile. Quest'ultimo viene utilizzato perché, in una distribuzione di 365 valori, il 90° percentile corrisponde al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite di 50 µg/m$^3$ su 24 ore, in una serie annuale di 365 valori giornalieri il rispetto del limite di legge è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 µg/m$^3$.

| Stazione fissa di Belluno Città dati 2017 / 2018; stazione mobile di Belluno via Lazzarini: dati dal 14 aprile al 18 giugno e dal 6 settembre al 7 novembre 2017 | STAZIONE FISSA | SITO SPORADICO | RISULTATO | |
|---|---|---|---|---|
| | Belluno Città | Belluno via Lazzarini | Valori Annuali Estrapolati | |
| data | PM10 | PM10 | Belluno via Lazzarini | |
| | (ug/m$^3$) | (ug/m$^3$) | 90° perc | 54 |
| giorni di rilevamento | 356 | 121 | media | 26 |
| n° superamenti del V.L. di 50 µg/m$^3$ | 12 | 0 | | |
| media | 17 | 17 | | |

Tabella 6. Confronto tra le campagne eseguite in via Lazzarini e la centralina di Parco "Città di Bologna"

La Tabella 1.6, relativa alla campagna eseguita in via Lazzarini a confronto con la stazione fissa di Parco "Cittlà di Bologna", evidenzia un valore del 90° percentile di 54 µg/m$^3$ ed una media di 25 µg/m$^3$ che indica una stima di superamenti del limite di legge leggermente superiore ai 35 consentiti ma una media annuale all'interno dei limiti.

**Ozono:** non si sono registrati superamenti del limite di informazione alla popolazione di 180 µg/m$^3$, e quindi nemmeno di quello di allarme di 240 µg/m$^3$. Il dato massimo orario rilevato è stato di 155 µg/m$^3$.

**Benzene:** il valore medio dei dati giornalieri di benzene, di 0,5 µg/m$^3$, è decisamente inferiore al limite annuale fissato in 5 µg/m$^3$.

**Benzo(a)Pirene:** la media dei valori riscontrati nel periodo di monitoraggio è stata di 0,4 ng/m$^3$, inferiore all'obiettivo annuale fissato in 1 ng/m$^3$.

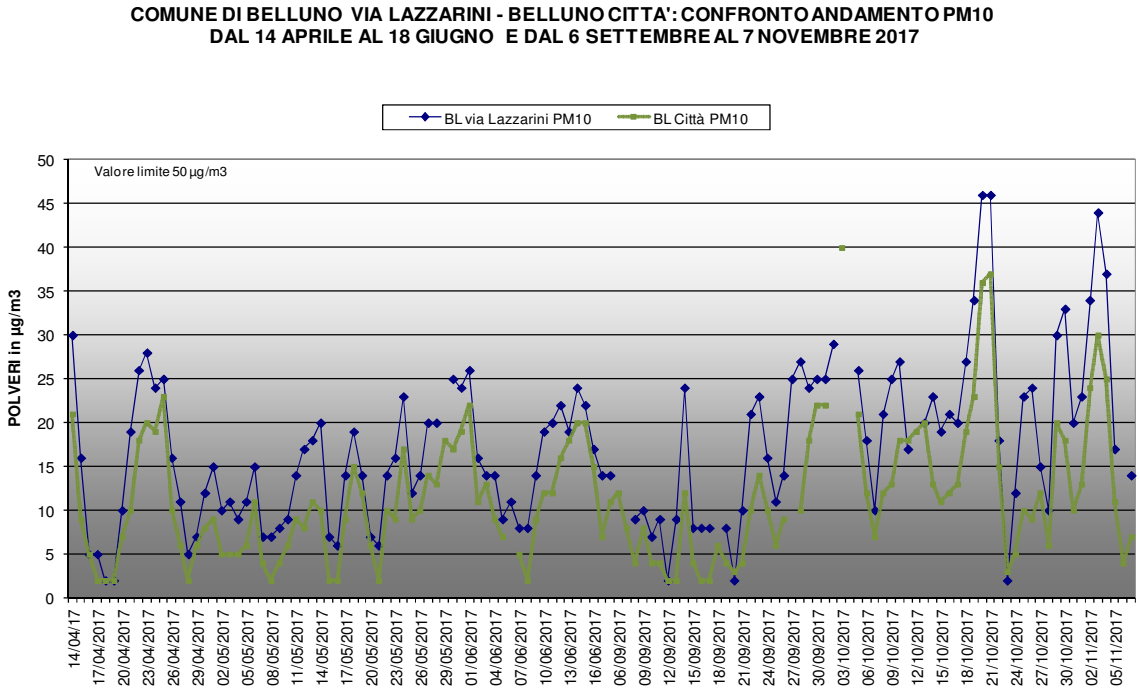
**Anidride solforosa:** le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 9 µg/m$^3$, da confrontarsi col limite di 350 µg/m$^3$.

**Biossido di azoto:** le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato nel periodo di monitoraggio è stato di 183 µg/m$^3$, da confrontarsi con un limite orario di 200 µg/m$^3$ da non superare più di 18 volte all'anno. Il dato medio del periodo è stato di 39 µg/m$^3$, appena inferiore al limite annuale per la protezione della salute umana fissato in 40 µg/m$^3$.

**Monossido di carbonio:** le concentrazioni rilevate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. La media mobile di otto ore massima rilevata nel periodo di campionamento è stata di 1,0 mg/m$^3$, a fronte di un limite massimo di 10 mg/m$^3$.

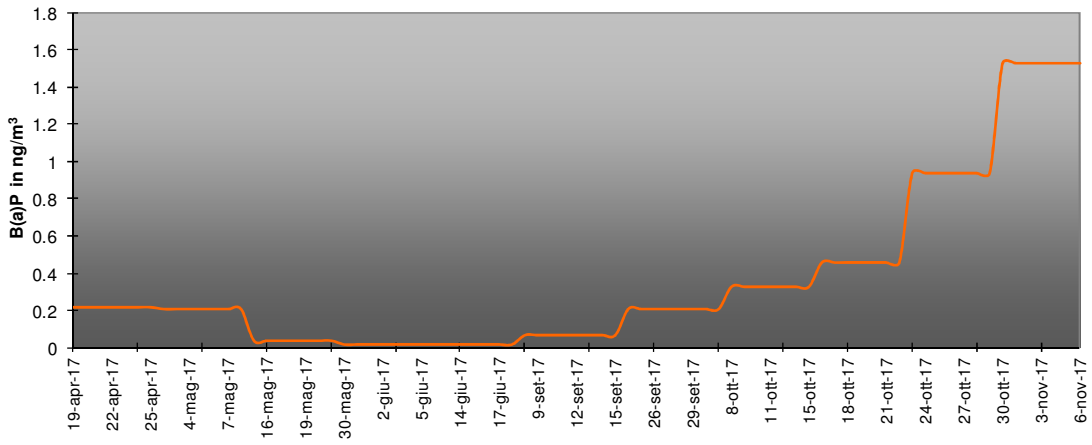
## 7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione.




L'andamento delle polveri PM10 nel periodo di monitoraggio evidenzia concentrazioni inferiori al limite giornaliero dei 50 µg/m$^3$; il confronto con la stazione di Belluno Città indica una buona correlazione tra i due siti di monitoraggio, pur con livelli di concentrazioni di polveri leggermente più elevate in via Lazzarini.

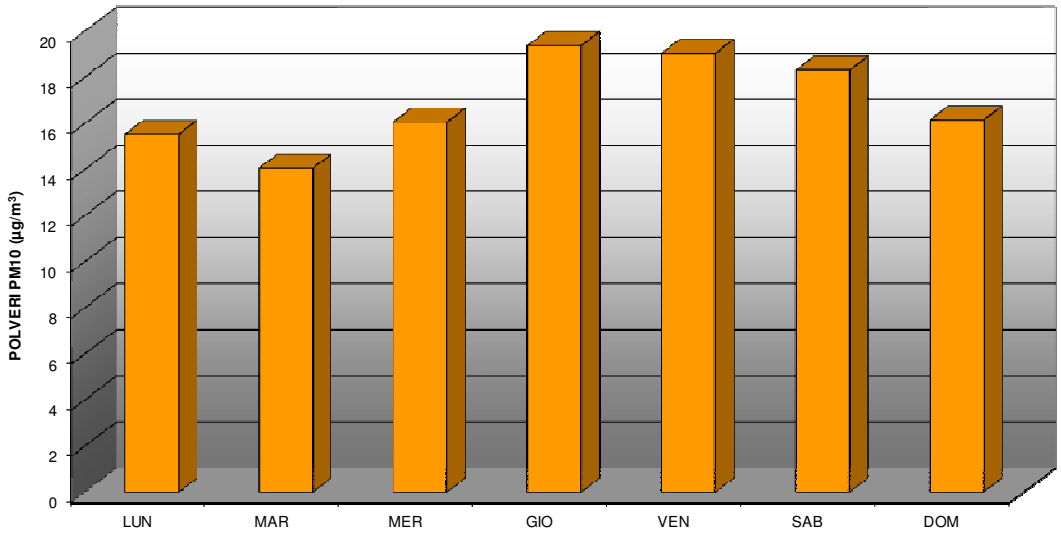
**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI: MEDIE GIORNALIERE DI BENZO(a)PIRENE DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**




Il grafico lineare del Benzo(a)Pirene, presenta un andamento stagionale con valori molto bassi tipici del periodo estivo per poi salire in modo abbastanza repentino nella stagione autunnale.

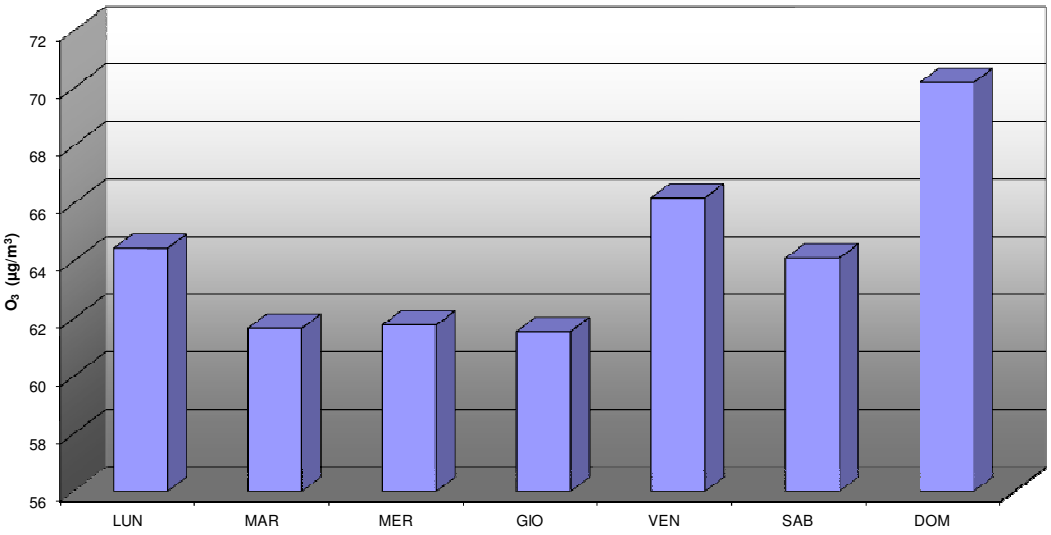
La base dati è stata quindi analizzata in modo da ottenere una settimana tipo, per verificare in quali giorni si sono riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI: PARAMETRO POLVERI PM10 SETTIMANA TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**



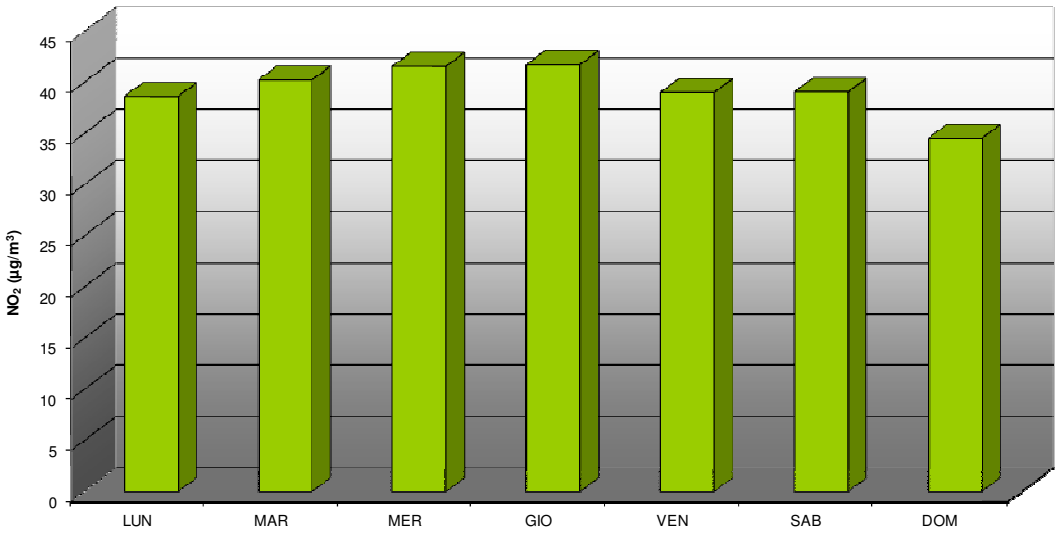

L'andamento delle polveri PM10 evidenzia concentrazioni con un intervallo di oscillazione piuttosto contenuto con valori leggermente superiori a metà settimana.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO OZONO ($O_3$)**
**SETTIMANA TIPO DAL DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO 2017**



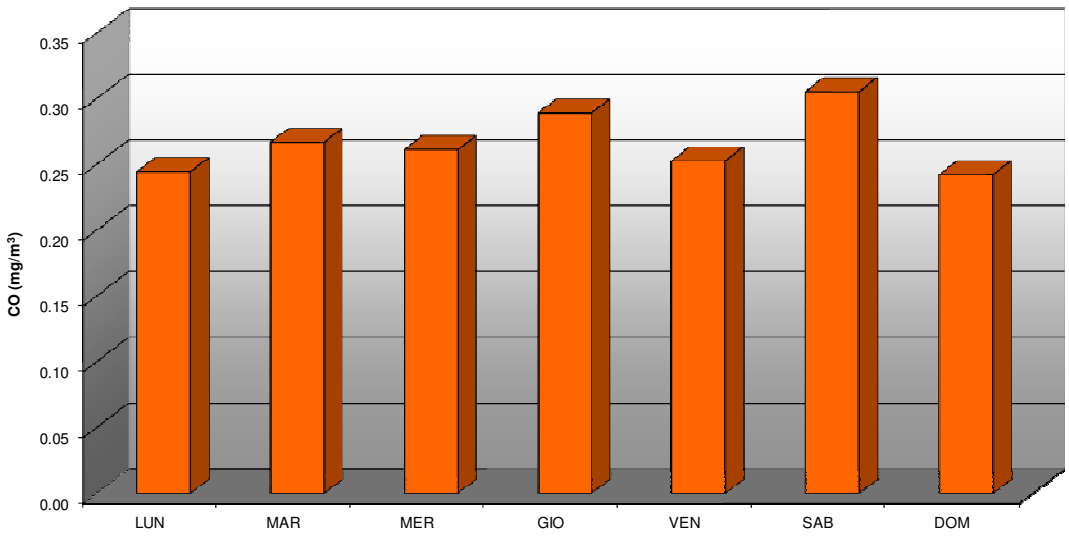

L'andamento settimanale dell'ozono presenta un intervallo di oscillazione contenuto con massimi relativi nel fine settimana.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO ($NO_2$)**
**SETTIMANA TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**



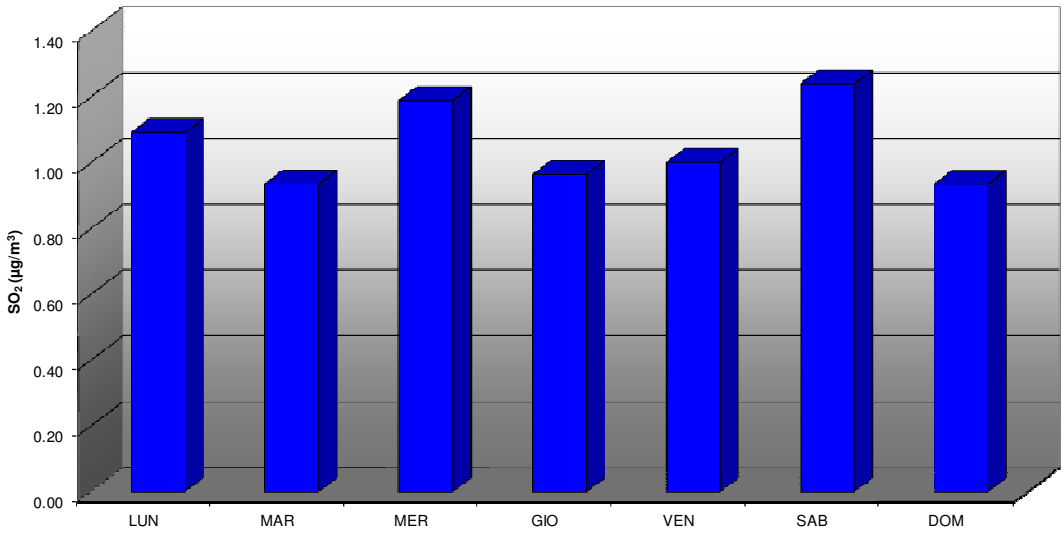

L'andamento settimanale del biossido d'azoto registra un andamento poco variabile con un minimo nella giornata di domenica.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)**
**SETTIMANA TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**



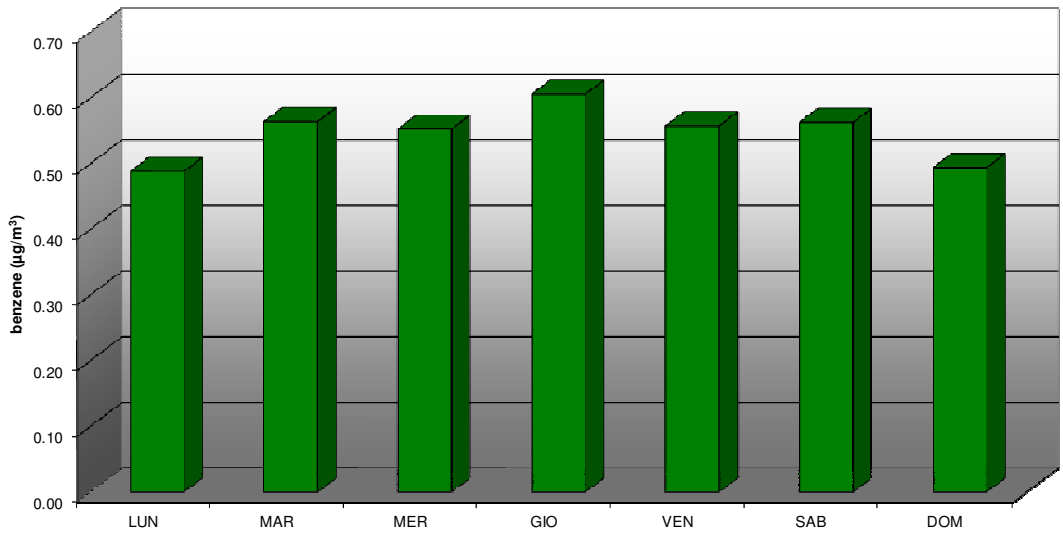

Il monossido di carbonio presenta un andamento altalenante nel corso della settimana, con un massimo relativo nella giornata di sabato.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA ($SO_2$)**
**SETTIMANA TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**




L'anidride solforosa presenta concentrazioni molto basse pari al limite di rilevabilità strumentale pertanto le differenze tra le diverse giornate sono poco significative.

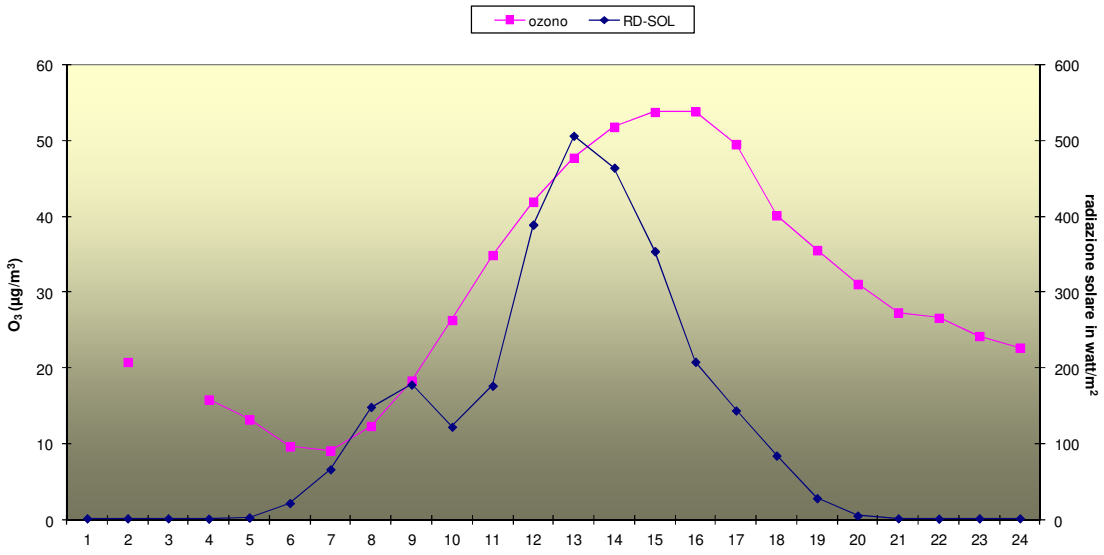
**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO BENZENE ($C_6H_6$)**
**SETTIMANA TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**




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

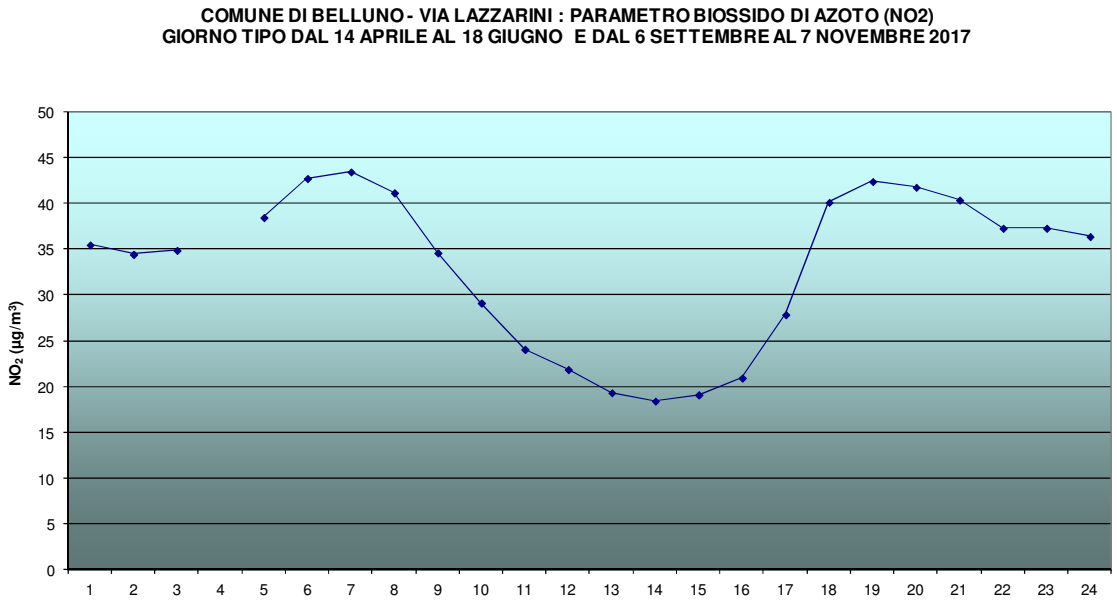
Nei seguenti diagrammi viene infine rappresentato il giorno tipo, per verificare l'andamento giornaliero degli inquinanti monitorati in continuo ed evidenziare così le fasce orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione nella linea dei grafici è dovuta alla mancanza del dato per il processo di taratura quotidiana dello strumento.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRI OZONO ($O_3$) E RADIAZIONE SOLARE**
**GIORNO TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**

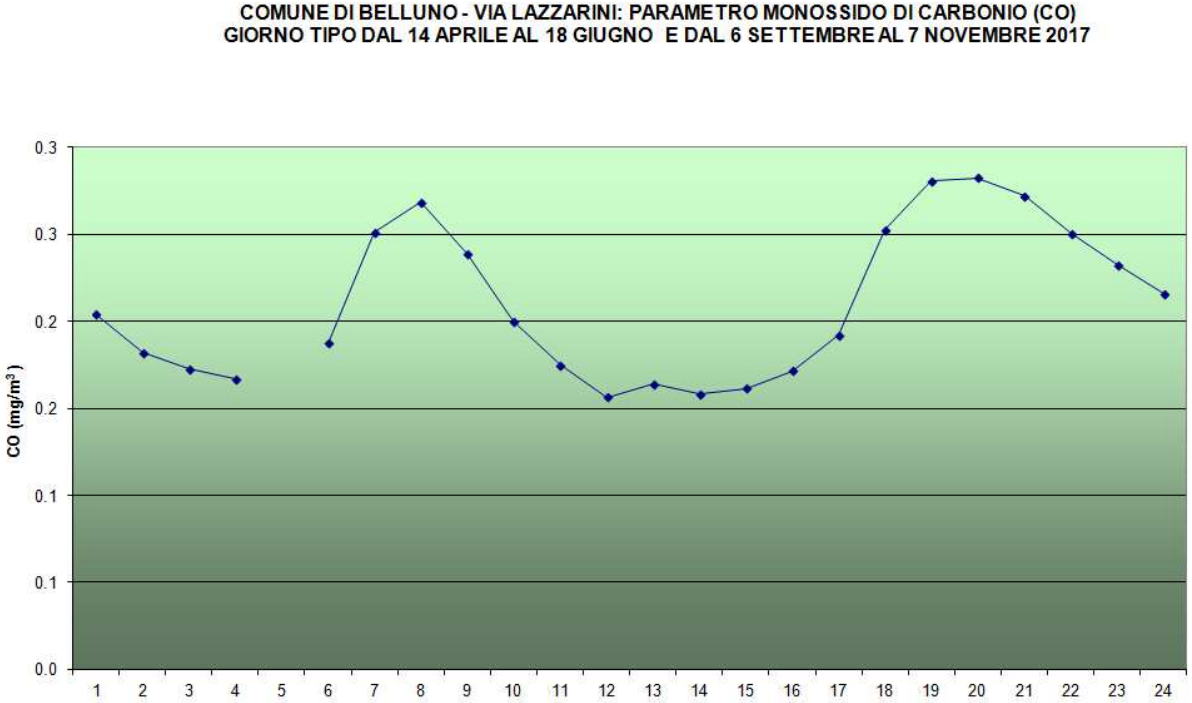



L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare. Infatti il picco della radiazione solare (tracciato blu) precede di un paio d'ore quello dell'ozono e

presenta le massime concentrazioni a metà pomeriggio. L'andamento della radiazione luminosa nella giornata non è perfettamente gaussiano a causa dell'effetto di mascheramento prodotto dagli alti edifici che circondano il sito di monitoraggio.

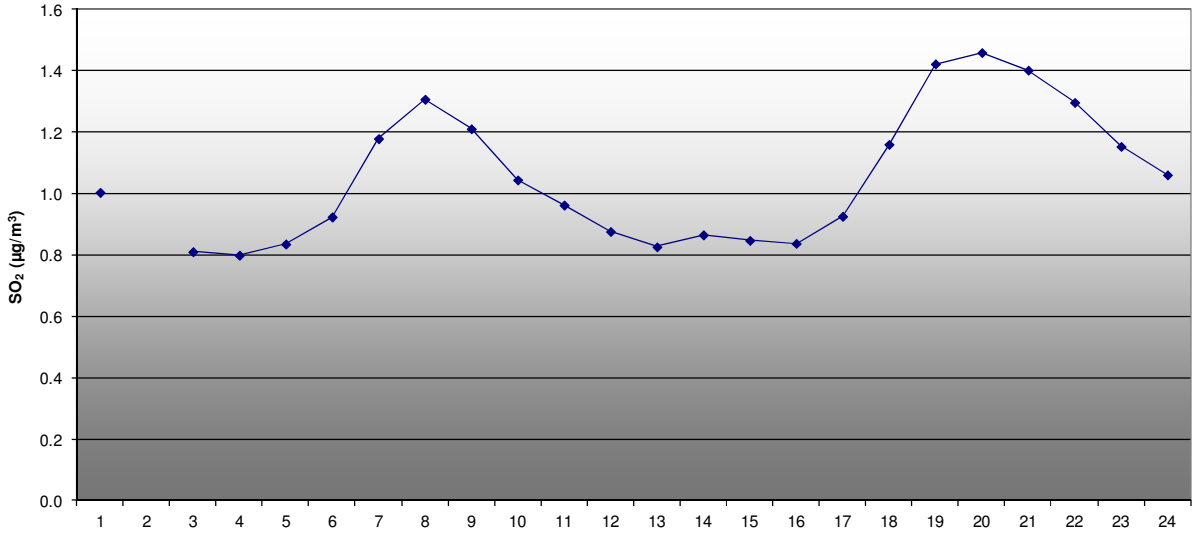



L'andamento del biossido d'azoto presenta un picco relativo in mattinata ed uno alla sera.



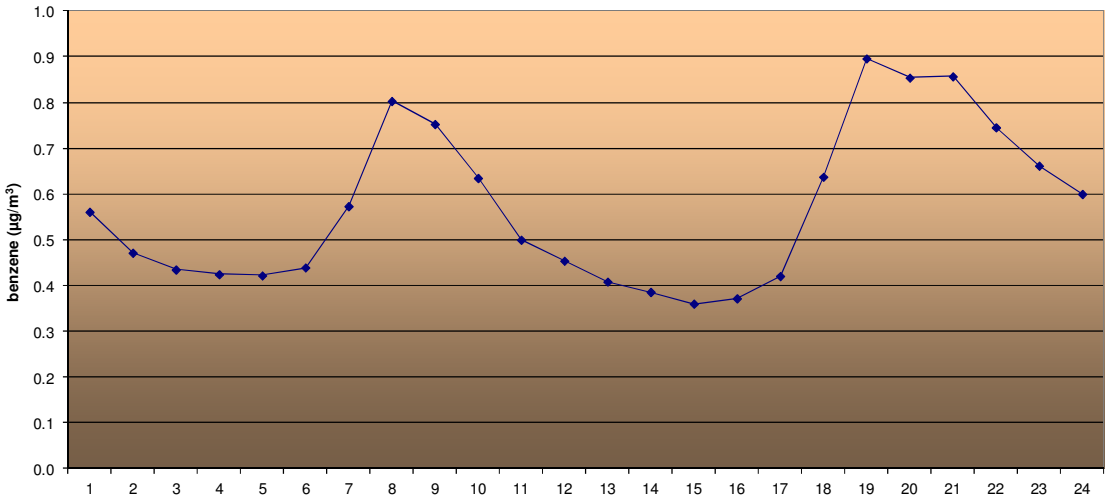

L'andamento del monossido di carbonio, presenta in modo analogo al biossido di azoto due picchi relativi alle ore della mattina e della sera.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA ($SO_2$)**
**GIORNO TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**




L'anidride solforosa presenta nelle stesse ore un andamento analogo al biossido di azoto con i due picchi del mattino e della sera.

**COMUNE DI BELLUNO - VIA LAZZARINI : PARAMETRO BENZENE ($C_6H_6$)**
**GIORNO TIPO DAL 14 APRILE AL 18 GIUGNO E DAL 6 SETTEMBRE AL 7 NOVEMBRE 2017**




Anche il benzene, come gli altri inquinanti primari, presenta due picchi giornalieri al mattino ed alla sera.

Non è stato possibile effettuare questo tipo di elaborazioni per il PM10 in quanto lo strumento fornisce solamente le medie giornaliere come previsto dalla normativa.

## 8 - Valutazione attraverso gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria

Negli ultimi anni, a seguito di un'intensa attività di ricerca scientifica rivolta allo studio degli effetti degli agenti inquinanti, si è affermata la necessità di sviluppare azioni e politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Tali politiche, che nel corso degli ultimi anni hanno prodotto numerosi risultati positivi quali l'abbattimento delle concentrazioni di biossido di zolfo, di piombo e di monossido di carbonio, oggi affrontano problematiche legate ad inquinanti atmosferici quali il biossido di azoto, il PM10 e l'ozono per i quali solo recentemente si è presa coscienza dell'effettiva criticità.
Per supportare l'azione preventiva risulta necessaria l'informazione della popolazione attraverso la comunicazione del rischio cui è sottoposta. A tal fine in diversi Paesi viene utilizzato un sistema di indici semplice e di comprensione immediata. Qualsiasi sia la metodologia di calcolo utilizzata, un simile indice non descrive la misura di un inquinante rilevato dalla singola stazione di monitoraggio, ma permette di informare il cittadino in merito allo "stato" della qualità dell'aria per zone estese, in cui le concentrazioni di inquinanti e quindi i livelli di rischio per la salute sono confrontabili.
Gli inquinanti solitamente inclusi nella definizione dei così detti "indici di qualità dell'aria" sono quelli che hanno effetti a breve termine, quali il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto ($NO_2$), l'ozono ($O_3$), il biossido di zolfo ($SO_2$), il particolato (PTS, PM10 o PM2.5). Tale scelta nasce dal fatto che gli indici sono formulati con l'intenzione di dare informazioni quotidiane alla popolazione per evitare proprio tali tipi di effetti, in genere di tipo respiratorio o cardiovascolare.
Per quanto riguarda l'utilizzo di indici di qualità dell'aria nel panorama italiano, le principali esperienze sono state condotte da Emilia Romagna e Piemonte.
Nel calcolo dell'"Indice di Qualità dell'Aria" (IQA) ARPA Emilia-Romagna ha deciso di includere solo il PM10, l'$NO_2$ e l'$O_3$ che tra gli inquinanti con effetti a breve termine sono quelli che in regione presentano le maggiori criticità, escludendo invece il CO e l'$SO_2$ che hanno conosciuto negli ultimi decenni una drastica diminuzione delle loro concentrazioni tanto da presentarsi ormai stabilmente e ampiamente sotto ai limiti di legge.
L'approccio utilizzato è basato sulla standardizzazione rispetto ai limiti di legge, ossia per ciascuno degli inquinanti considerati viene calcolato il relativo sottoindice (Ip) secondo la seguente formula:

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

I livelli di riferimento per la standardizzazione sono i seguenti:
- PM10: media giornaliera. Valore di riferimento: 50 $\mu g/m^3$.
- $O_3$: valore massimo delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00. Valore di riferimento: 120 $\mu g/m^3$.
- $NO_2$: valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: 200 $\mu g/m^3$.

La definizione dell'indice sintetico IQA è basata sull'assegnazione del valore assunto dal sottoindice peggiore secondo le seguenti principali motivazioni:
- è l'approccio più utilizzato in ambito internazionale;
- non crea troppe illusioni sul grado di scientificità dell'indice;

- è sufficiente che un sotto-indice sia sopra il limite di legge perché l'indice complessivo assuma un valore superiore a 100;
- è più facilmente utilizzabile in ambito previsionale.

La scala di valori dell'indice è stata scelta con una gradazione a step uniformi pari a 50 unità ed è composta da 5 classi. L'adozione di un numero limitato di classi è legata sia alle capacità previsionali dei modelli di previsione della qualità dell'aria (utilizzo di primaria importanza dell'indice), sia a scelte di natura comunicativa.
L'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV, come quello di ARPA Emilia Romagna, fa riferimento a 5 classi di giudizio a cui sono associati altrettanti cromatismi (vedi tabella di seguito) e viene calcolato in base ad indicatori di legge relativi a 3 inquinanti critici in Veneto:

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

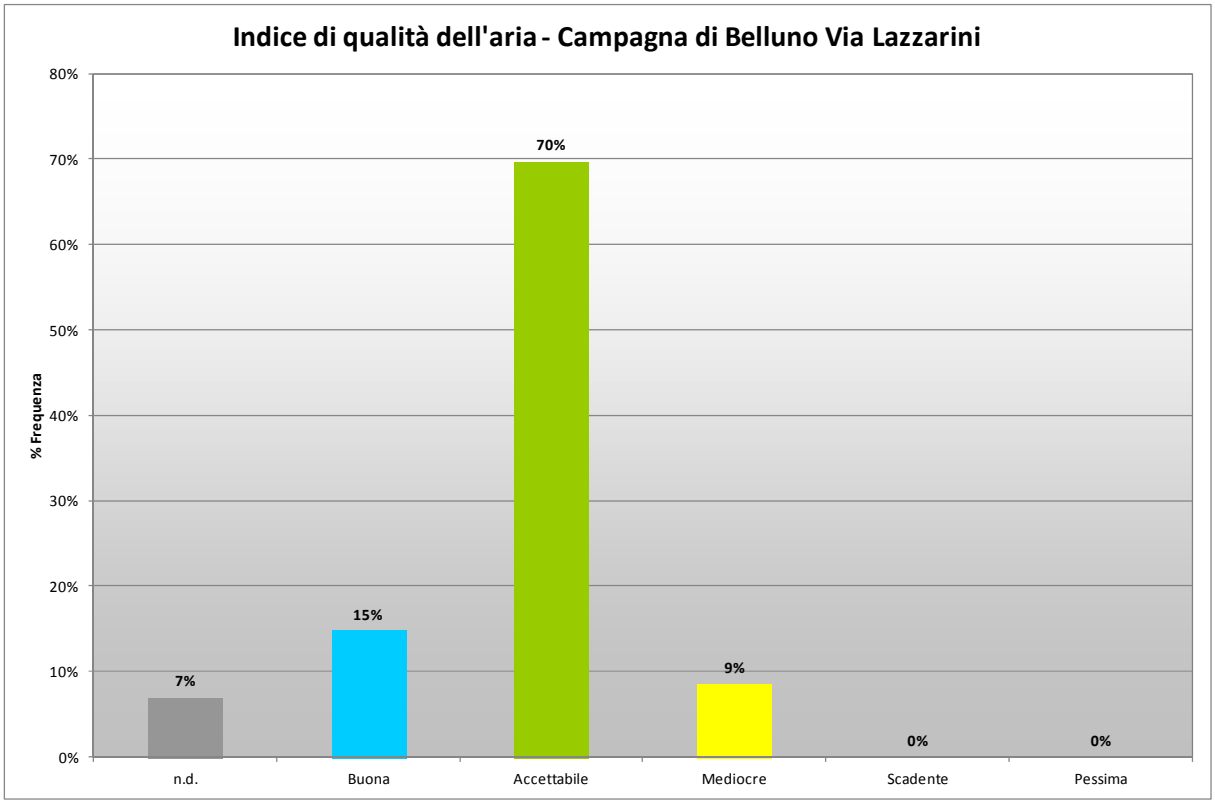
Se la misura di uno dei tre inquinanti non risulta valida per un dato giorno, l'indice di qualità dell'aria non viene calcolato per quel giorno (n.d. non determinato).
Nella tabella 7 vengono riportati i cromatismi e relativi giudizi legati all'indice di qualità dell'aria.

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

Tabella 7: legenda cromatismi indice sintetico IQA

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

## 8.1 Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria) applicato al monitoraggio eseguito Belluno in via Lazzarini




| Belluno via Lazzarini | | |
|---|---|---|
| giudizio sintetico | Indice IQA | |
| | % di frequenza | n° giorni |
| buona | 14.7% | 19 |
| accettabile | 69.8% | 90 |
| mediocre | 8.5% | 11 |
| scadente | 0.0% | 0 |
| pessima | 0.0% | 0 |
| Classe non determinata (N.D.) | 7.0% | 9 |

L'applicazione dell'indice IQA a Belluno in via Lazzarini può dirsi soddisfacente. L'85% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime due classi e nessun giorno è stato classificato scadente o pessimo per la qualità dell'aria.

## 9 - Conclusioni

Il monitoraggio effettuato a Belluno in via Lazzarini nelle due fasi primaverile-estiva e autunnale ha fornito un quadro positivo per la qualità dell'aria.
Anidride solforosa, monossido di carbonio, biossido d'azoto e ozono si sono sempre mantenuti al di sotto dei limiti di legge per l'esposizione sia acuta sia cronica.
Anche le polveri PM10, il Benzo(a)Pirene e il benzene, principale parametro oggetto dell'indagine, hanno ampiamente rispettato i limiti di legge. La valutazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) può dirsi soddisfacente.

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

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

| | Giudizio sintetico |
|---|---|
| ☺ | Positivo |
| 😐 | Intermedio |
| ☹ | Negativo |

# ALLEGATO1: GLOSSARIO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto
Direzione Generale
Via Ospedale Civile 24
35137 Padova
Italy
Tel. +39 049 823 93 01
Fax +39 049 660 966
E-mail: urp@arpa.veneto.it
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it