Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

REGIONE DEL VENETO

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

Comune di Longarone

Zona Industriale Loc. Fortogna

Periodo di attuazione:
20 maggio – 1 settembre 2020

Relazione tecnica

Progetto e realizzazione
Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Responsabile: Rodolfo Bassan
Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
Responsabile Dirigente: Maria Rosa
Autore: Massimo Simionato

Con la collaborazione di:
Dipartimento Regionale Laboratori
Responsabile: Alessandro Benassi
Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio
Responsabile: S. Micheletti
Ufficio Previsioni Meteorologiche Maria Sansone

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

Belluno, gennaio 2021

INDICE

1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio 4

2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione 4

3 - Contestualizzazione meteo climatica..... 5

4.1 Inquinanti monitorati..... 8

4.2 Normativa di riferimento 16

5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite 18

6 - Efficienza di campionamento 19

7 - Analisi dei dati rilevati..... 19

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati 21

8- Conclusioni 24

ALLEGATO 1: GLOSSARIO 26

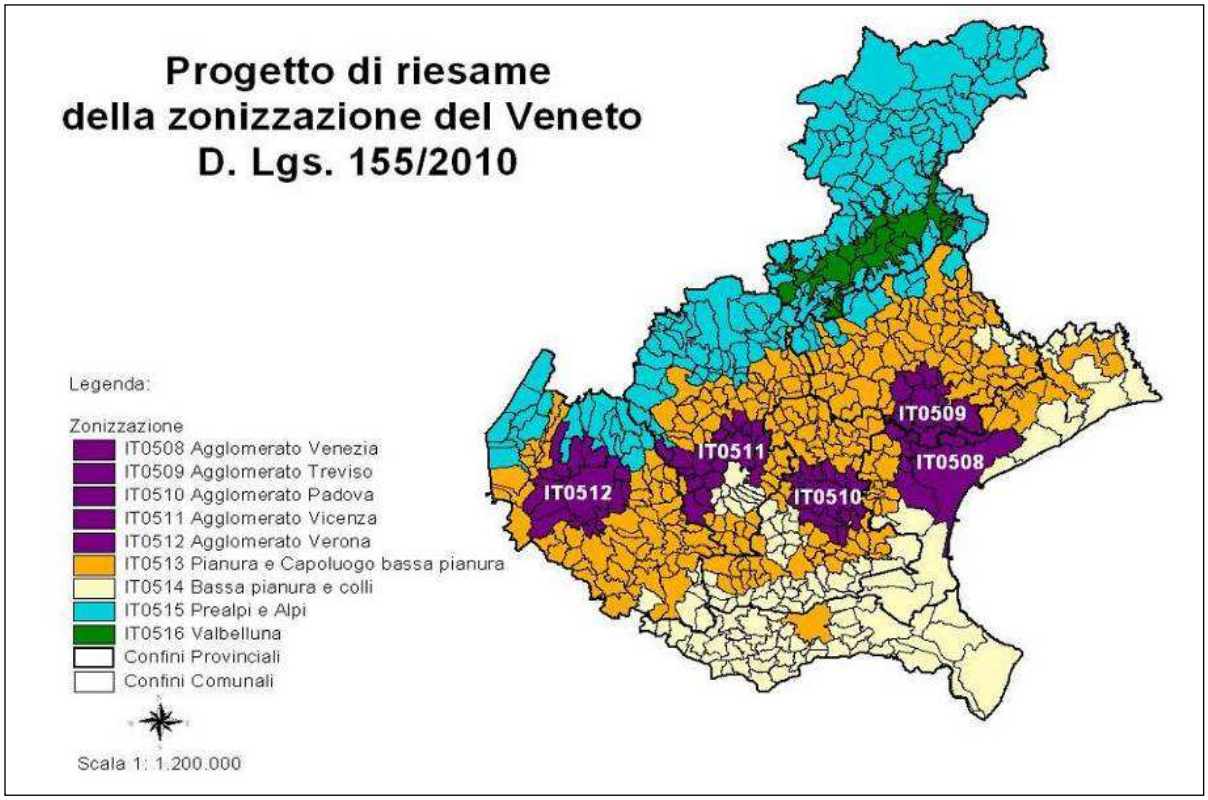
ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI 28

1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio

Il Dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno, su richiesta del comune di Longarone, ha programmato per gli anni 2019 e 2020 uno studio della qualità dell'aria presso due siti sensibili di natura industriale, localizzati in Zona Industriale Villanova e Fortogna. Il primo monitoraggio è stato eseguito in Zona Industriale Villanova da luglio 2019 a gennaio 2020, presso i magazzini comunali. Il secondo, monitoraggio eseguito a Fortogna, oggetto della presente relazione, è stato condotto dal 20 maggio all'1 settembre 2020.
Il report dà conto in modo sintetico dei risultati analitici in riferimento ai limiti di legge vigenti e offre una rappresentazione grafica dei trend degli inquinanti misurati.
Per il monitoraggio è stato utilizzato un laboratorio mobile attrezzato con specifiche apparecchiature le cui caratteristiche tecnico analitiche sono descritte di seguito.

2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione

In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa), 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 individuarne le modalità di valutazione, mediante misurazioni e 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 e al grado di urbanizzazione del territorio.
Il riesame della zonizzazione è stato effettuato dalla Regione Veneto, con il supporto tecnico di ARPAV e la supervisione del Ministero dell'Ambiente, al fine di omogeneizzare e integrare le diverse zone a livello sovra regionale.
La nuova zonizzazione del Veneto è stata approvata con delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, efficace dal gennaio 2013. Il Veneto risulta attualmente suddiviso in 5 agglomerati e 4 zone, di cui due di pianura e due di montagna.



I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

Prealpi e Alpi (IT0515). Coincide con la zona montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale maggiore di 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 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.

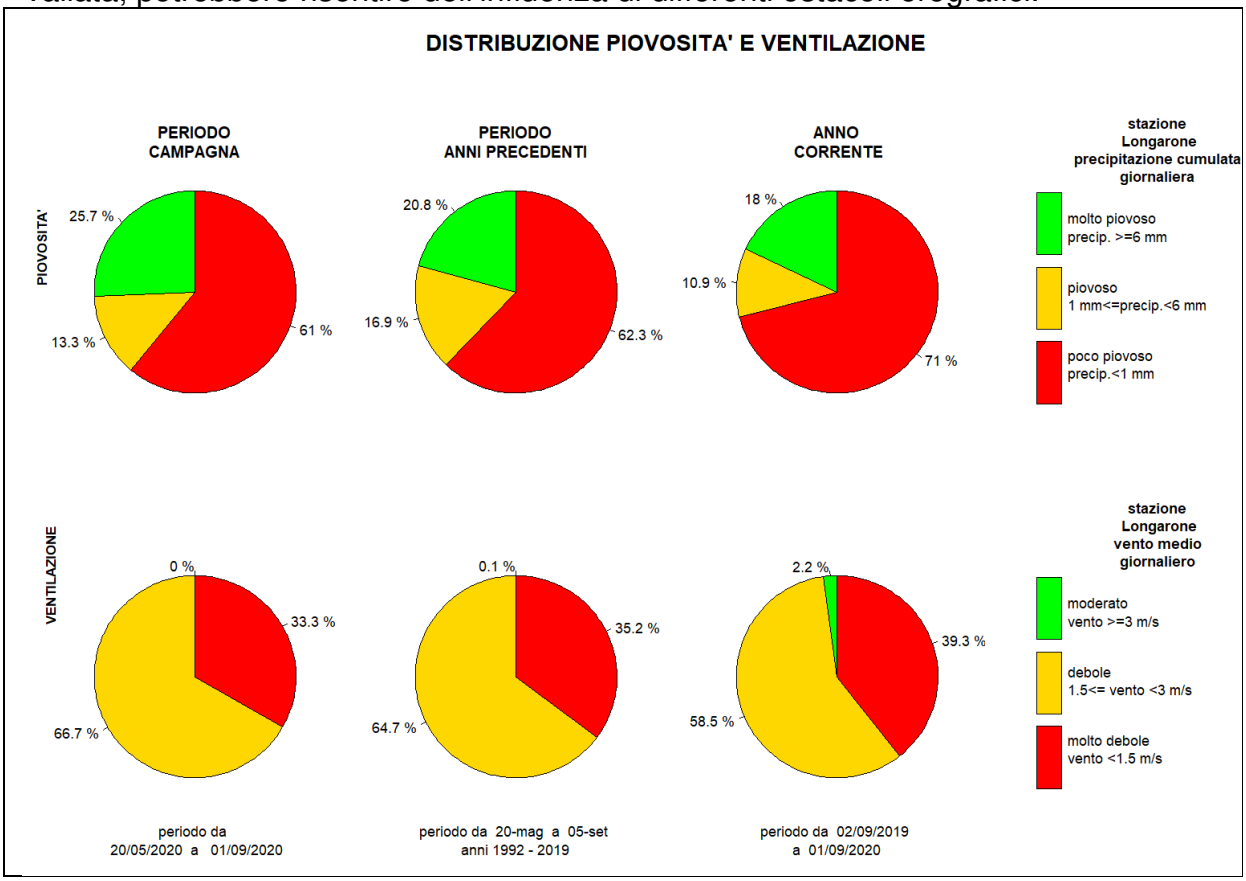
Il sito della presente indagine ha coordinate Gauss Boaga Ovest 1753707, 5125422 e, con un'altitudine di 424 m, ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

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 stati individuati in base alla distribuzione di un campione pluriennale di dati. Per analizzare la situazione meteorologica si è utilizzata la stazione ARPAV di Longarone (cod. 199), dotata di anemometro a 5 m, che dista dal luogo di svolgimento della campagna di misura meno di 5 km e può essere ritenuta rappresentativa per la piovosità e per la ventosità. Sono invece possibili degli scostamenti nella rappresentatività della direzione del vento, dal momento che le due località (stazione meteorologica e sito della campagna di misura), pur trovandosi in due punti poco distanti della stessa vallata, potrebbero risentire dell'influenza di differenti ostacoli orografici.



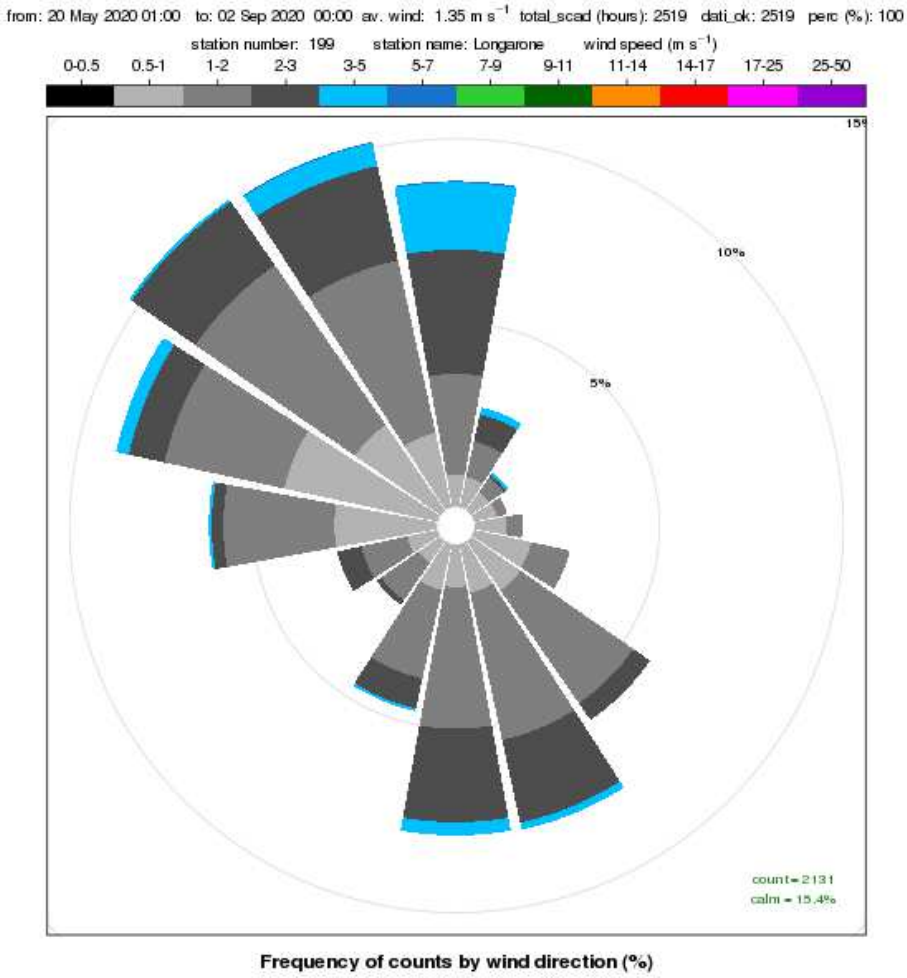
Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni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

Nei diagrammi circolari si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica di Longarone in tre periodi:

- 20 maggio – 1 settembre 2020, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 20 maggio – 5 settembre dall'anno 1992 all'anno 2019 (pentadi di riferimento, identificato in legenda come "PERIODO ANNI PRECEDENTI");
- 2 settembre 2019- 1 settembre 2020: periodo riferito all'anno in corso (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni molto piovosi sono stati leggermente più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti che all'anno corrente;
- la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è stata simile a quella dello stesso periodo degli anni precedenti, mentre rispetto all'anno corrente sono lievemente meno frequenti i giorni con vento molto debole e vento moderato.



Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Longarone nel periodo 20 maggio – 1 settembre 2020

La rosa dei venti registrati presso la stazione di Longarone durante lo svolgimento della campagna di misura mostra che le direzioni prevalenti di provenienza del vento

sono nord-nordovest e nord-ovest (entrambe circa 10% dei casi), seguite da ovest-nordovest e nord (entrambe circa 9%) e sud e sud-sudest (entrambe circa 8%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata riscontrata in circa il 15% delle misure; mentre la velocità media del vento si è attestata intorno a 1.35 m/s.

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione rilocabile utilizzata è dotata di analizzatore in continuo per la misura dell'ozono (O_3) e campionatori per benzene (C_6H_6) e polveri (PM10).
I campioni di questi due ultimi inquinanti raccolti nel corso della campagna di monitoraggio sono stati inviati al laboratorio ARPAV per la determinazione analitica. Sul PM10 sono stati quantificati anche gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), in particolare il Benzo(a)pirene, normato dal D.Lgs.155/2020, oltre ad alcuni metalli.

4.1 Inquinanti monitorati

Polveri (PM10)

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

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

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

Le più importanti sorgenti naturali di polveri sono:

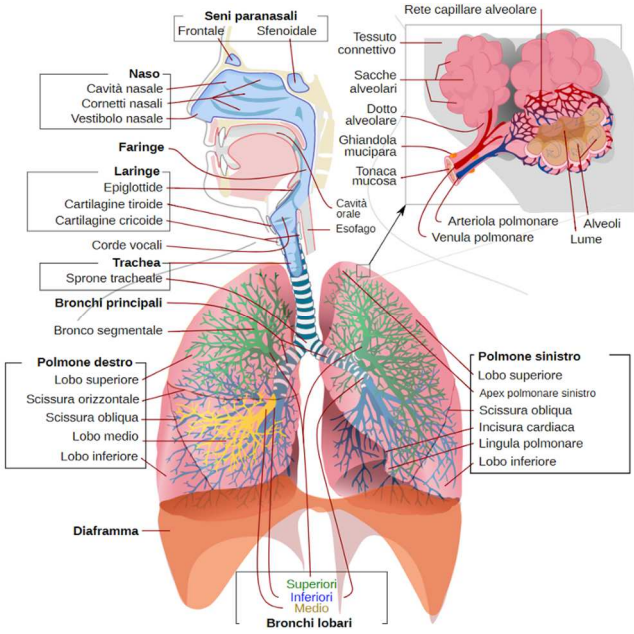
- incendi boschivi;
- risollevamento dal suolo e trasporto ad opera del vento;
- aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- emissioni vulcaniche;
- aerosol marino.

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono invece:

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

aeroplani, treni, ecc.).

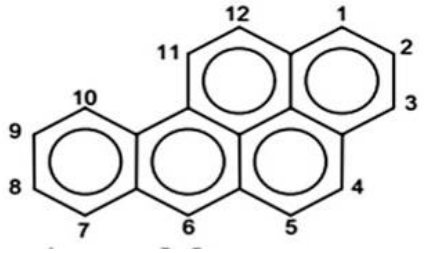
Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro più sottile, ad esempio PM1, possono rimanere in circolazione per circa un mese.
Le polveri sottili nei centri urbani sono prodotte, principalmente, da fenomeni di combustione 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 anche da fonti lontane dal centro urbano. Le dimensioni delle particelle in sospensione sono il parametro principale che ne caratterizza il comportamento.
L'apparato respiratorio è un canale che si diparte dalle prime vie aeree, naso e bocca, cui seguono la faringe, la laringe e la trachea; quest'ultima prosegue nei due bronchi principali che si dividono, poi, all'interno dei polmoni, a costituire l'albero bronchiale. Con successive ramificazioni e riduzioni del lume, l'albero bronchiale finisce con i bronchioli alveolari che, negli alveoli polmonari, garantiscono lo scambio gassoso fra il sangue e l'ossigeno atmosferico. E' facile quindi immaginare che le particelle di dimensioni maggiori siano trattenute nelle prime vie respiratorie, mentre quelle più sottili riescano a penetrare sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla loro deposizione, che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.
La deposizione si verifica quando la velocità delle particelle si azzera per effetto delle forze di resistenza inerziale che annullano la velocità di trascinamento dell'aria; questa decresce dal naso sino agli alveoli polmonari. Pertanto, procedendo dal naso, o dalla bocca, attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.



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

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

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



Product Name:	BENZO[A]PYRENE
CAS:	**50-32-8**
MF:	$C_{20}H12$
MW:	252.31
EINECS:	200-028-5
Tratto da /www.chemicalbook.com	

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

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza degli IPA, soprattutto durante i mesi freddi e nelle aree contraddistinte da climi rigidi, come la provincia di Belluno. Le caratteristiche delle emissioni variano in funzione sia della tipologia di combustibile utilizzato sia della configurazione tecnica del sistema di combustione a servizio dell'impianto di riscaldamento.
Ad esempio, è noto che il particolato prodotto dalla combustione del legname ha un maggior contenuto di IPA rispetto al particolato derivante dalla combustione del gasolio. È importante anche ricordare che i sistemi di riscaldamento che bruciano metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla.
Nelle zone urbane, sono rilevanti le emissioni di IPA dovute ai processi di combustione che sostengono i veicoli a motore, quindi al traffico veicolare, in particolare i motori diesel.
Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni.

Nei processi combustivi si possono verificare, inoltre, reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.
Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che bruciano oli combustibili o gasoli.
In genere gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole.
I composti di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso e si depositano, poi, al suolo.
Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle polveri, possono essere trasportati anche a grandi distanze dal luogo di produzione.

Ozono (O_3)

L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno, che si scindono facilmente, liberando ossigeno molecolare (O_2) e 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 materiali sia organici sia inorganici.
Normalmente si forma nella stratosfera dove svolge un ruolo essenziale per la vita terrestre, in quanto fornisce un eccellente schermo in grado di filtrare le radiazioni ultraviolette (UV), potenzialmente cancerogene. Tuttavia circa il 10% dell'Ozono è contenuto nello strato atmosferico più vicino alla superficie terrestre, la troposfera.
L'ozono presente nella bassa troposfera è, principalmente, il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, chiamati precursori, nelle quali interviene l'irraggiamento solare. I principali precursori sono gli ossidi di azoto e i composti organici volatili (COV).

La reazione chimica di produzione di ozono in troposfera ha inizio con la fotolisi del biossido di azoto: questa molecola si scinde per effetto della radiazione solare, $h\nu$, con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, e produce monossido d'azoto e ossigeno atomico:

$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ (1)

Segue la combinazione dell'ossigeno atomico con l'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 e altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:

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

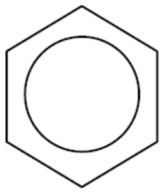
In presenza di radicali perossialchilici, la reazione (3) è inibita dalla reazione (4) che le sottrae il reagente monossido di azoto; pertanto, l'ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può accumularsi in atmosfera.

I precursori coinvolti nel ciclo dell'ozono possono essere di origine antropica, 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 che coinvolgono 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.

Il tempo necessario affinché la radiazione solare agisca sui precursori e formi quantità apprezzabili di ozono può variare da poche ore a qualche giorno. Per questo motivo non c'è una correlazione lineare fra le concentrazioni di O_3 in un dato luogo e la quantità di precursori ivi presenti. Inoltre, il tempo necessario alla formazione di ozono permette alle masse d'aria e agli inquinanti in esse contenuti di percorrere notevoli distanze, fino a centinaia di chilometri, riversando i loro effetti in aree diverse da quelle di produzione. Quindi, il problema dell'inquinamento da ozono non può essere considerato un fenomeno esclusivamente locale, bensì di ampia scala.

Le concentrazioni di ozono sono fortemente influenzate dalle condizioni atmosferiche; poiché le reazioni che portano alla sua formazione sono di tipo fotochimico, le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare. Ne consegue che i valori massimi di concentrazione di ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.
L'ozono è una molecola altamente reattiva che, a concentrazioni elevate, può produrre importanti effetti irritanti sui tessuti animali e degenerazione dei tessuti vegetali. L'esposizione dell'organismo umano ad alte concentrazioni di ozono, tipicamente per brevi periodi, provoca irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e all'apparato respiratorio, più marcate nel caso di attività fisica particolarmente intensa. Può, inoltre, accentuare i sintomi di patologie esistenti, quali allergie, asma e altre malattie dell'apparato respiratorio. Va detto, infine, che gli effetti dell'ozono tendono rapidamente a cessare con l'esaurirsi del fenomeno di accumulo.

Benzene (C_6H_6)



Product Name:	BENZENE
CAS:	**71-43-2**

MF:	C_6H_6
MW:	78.11
EINECS:	200-753-7

Il benzene è un idrocarburo aromatico a struttura esagonale. Conosciuto anche come benzolo, è la molecola aromatica più semplice e per questo lo si può definire il composto base della classe degli idrocarburi aromatici.
A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore a rapida evaporazione e altamente infiammabile.
La sua origine in ambiente è sia naturale sia antropica; fra le fonti naturali, che peraltro hanno un ruolo minimo, si ricordano gli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è, invece, un sottoprodotto delle attività umane e, fra queste, principalmente le combustioni parziali.

Per quanto riguarda l'apporto dovuto al traffico, le emissioni dei mezzi a benzina prevalgono rispetto ai diesel e provengono, per circa il 95%, dai gas di scarico; il restante 5% è causato dall'evaporazione del carburante dal serbatoio e dal motore durante le soste e i rifornimenti.
Lo IARC classifica il benzene come sostanza cancerogena per l'uomo di classe I.

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 ed 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 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 ad intossicazioni accidentali.

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

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

Inquinante	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico veicolare on road e off road, impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risollevamento
Monossido di Carbonio* CO	Traffico veicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali
Biossido di Azoto* NO_2	Impianti di riscaldamento, traffico veicolare on road e off road, centrali termoelettriche, attività industriali (processi di combustione con ossigeno e azoto atmosferici)
Biossido di Zolfo* SO_2	Impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, 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 veicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento
Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo	Sorgenti sia naturali sia antropiche (processi industriali quali produzioni di vernici, finiture, combustione di materiali plastici in PVC, trasporto)

4.2 Normativa di riferimento

L'esigenza di evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente è la principale finalità della vigente normativa in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, ossia del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della Direttiva Europea 2008/50/CE.
A tal fine, il Decreto individua gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, stabilisce metodi e criteri di valutazione uniformi sul territorio nazionale, utilizza le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente per individuarne gli effetti sulla salute umana e sull'ambiente e per stabilire le azioni di contrasto, prevedendo altresì il monitoraggio delle tendenze a lungo termine e gli eventuali miglioramenti determinati dalle azioni intraprese.
La norma individua quindi:
- i valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- i livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- i valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- le soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

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

Nella Tabella che segue 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. Sono infine indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della vegetazione.

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

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
SO_2	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale e Media invernale	20 µg/m^3
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	500 µg/m^3
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	350 µg/m^3 da non superare più di 24 volte per anno civile
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte per anno civile
NO_X	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale	30 µg/m^3
NO_2	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 µg/m^3
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	200 µg/m^3 da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m^3
PM10	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	50 µg/m^3 da non superare più di 35 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m^3
PM2.5	Valore limite per la protezione della salute umana	Media annuale	25 µg/m^3
CO	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	10 mg/m^3
Pb	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0.5 µg/m^3
B(a)P	Valore obiettivo	Media annuale	1.0 ng/m^3
Benzene C_6H_6	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5.0 µg/m^3
O_3	Soglia di informazione	superamento del valore orario	180 µg/m^3
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	240 µg/m^3
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m^3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m^3 da non superare per più di 25 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	18000 µg/m^{3}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	6000 µg/m^3 · h
Ni	Valore obiettivo	Media Annuale	20.0 ng/m^3
As	Valore obiettivo	Media Annuale	6.0 ng/m^3
Cd	Valore obiettivo	Media Annuale	5.0 ng/m^3

5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite

Le campagne di monitoraggio descritte in questa relazione hanno misurato gli inquinanti di seguito indicati:

- Polveri (PM10);
- Benzo(a)pirene ($C_{20}H_{12}$) nelle polveri PM10;
- Ozono;
- Benzene;
- Metalli nelle polveri PM10 (cadmio, nichel, arsenico, piombo).

L'analizzatore in continuo per la determinazione dell'ozono, presente a bordo della stazione rilocabile, utilizza la fotometria ultravioletta e ha caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010. Esso esegue in automatico acquisizione del campione d'aria, misura e registrazione dei risultati, con riferimento all'ora solare: i volumi d'aria prelevati sono normalizzati a una temperatura di 20°C e una pressione di 101,3 kPa.

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

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

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate su filtri in quarzo, utilizzando la spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e la spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite - metodo UNI EN 14902.

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

6 - Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità dei dati di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.
I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione. Per le misurazioni di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo presso stazioni fisse la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile.
Altresì, per le misure effettuate con mezzi mobili, 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%. 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) e 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 è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri il rispetto dell'incertezza estesa nel calcolo della media annuale. Si deve doverosamente segnalare che durante il periodo di monitoraggio si sono verificati molteplici distacchi dell'energia elettrica anche per cause naturali (temporali), che hanno abbassato la il rendimento complessivo della campagna di monitoraggio.
In relazione a quanto sopraesposto, nel corso della campagna di monitoraggio svolta a Longarone, per i parametri monitorati polveri PM10, ozono e benzene è stata raggiunta una resa del 91%, mentre per il Benzo(a)Pirene la resa è stata del 96%. Infine, il grado di copertura annuale è stato del 26%.

7 - Analisi dei dati rilevati

In questo paragrafo sono illustrati i risultati ottenuti per ciascun inquinante monitorato; questi sono poi confrontati con i limiti e i valori obiettivo previsti dalla normativa con uno sguardo al loro andamento stagionale, rappresentato in forma grafica nel sottoparagrafo 7.1.

Polveri PM10: nel corso del monitoraggio non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3 fissato dal D.Lgs 155/2010; la media è risultata 12 µg/m^3, inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m^3. Anche presso le altre stazioni di monitoraggio di Belluno e Alpago sono state rilevate concentrazioni di polveri molto simili, che sono in linea con i livelli tipici delle polveri durante il semestre estivo.

		PM10 (µg/m^3)		
		Stazione rilocabile Fortogna	Stazione Parco Bologna	Stazione Pieve d'Alpago
Periodo 20/05/2020 01/09/2020	Media	12	10	10
	n° superamenti	0	0	0
	n° dati	98	103	103
	% superamenti	0	0	0

Riepilogo delle concentrazioni di polveri PM10 misurate a Longarone, Belluno Parco Bologna e Alpago loc. Villa.

Ozono: per questo inquinante, tipicamente estivo, non si sono registrati superamenti orari della soglia di informazione, pari a 180 µg/m^3: il dato massimo è stato rilevato il 10 luglio alle ore 19 con 119 µg/m^3.

Benzene: le concentrazioni registrate sono state quasi sempre al di sotto della soglia minima di rilevabilità strumentale. La media di campagna calcolata è di 0.3 µg/m^3, molto inferiore al limite annuale di 5 µg/m^3.

		Benzene (µg/m^3)
		Stazione rilocabile Fortogna
Periodo 20/05/2020 01/09/2020	MEDIA	0,3
	n° dati	92

Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati è risultata di 0,02 ng/m^3, molto inferiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana, fissato in 1 ng/m^3. Valori pressoché analoghi son stati rilevati presso la stazione di Belluno Parco Città di Bologna, in linea con i livelli estivi di questo inquinante.

		Benzo(a)pirene (ng/m^3)	
		Stazione rilocabile Fortogna	Stazione Parco Bologna
Periodo 20/05/2020 01/09/2020	Media	0,02	0,03
	n° dati	70	36

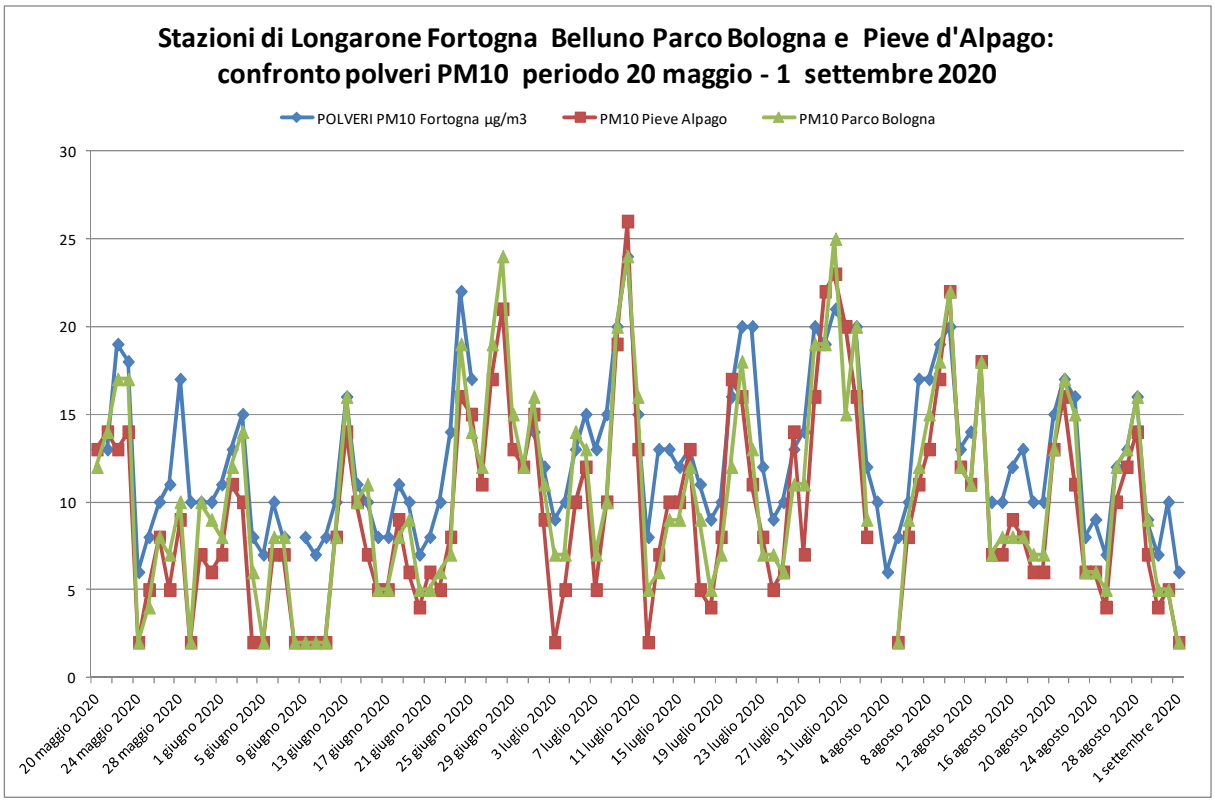
Determinazione dei metalli contenuti nelle polveri PM10.
Le concentrazioni dei metalli nei campioni di polveri PM10 si sono mantenute sempre su valori molto bassi, a volte al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, non evidenziando alcuna criticità.

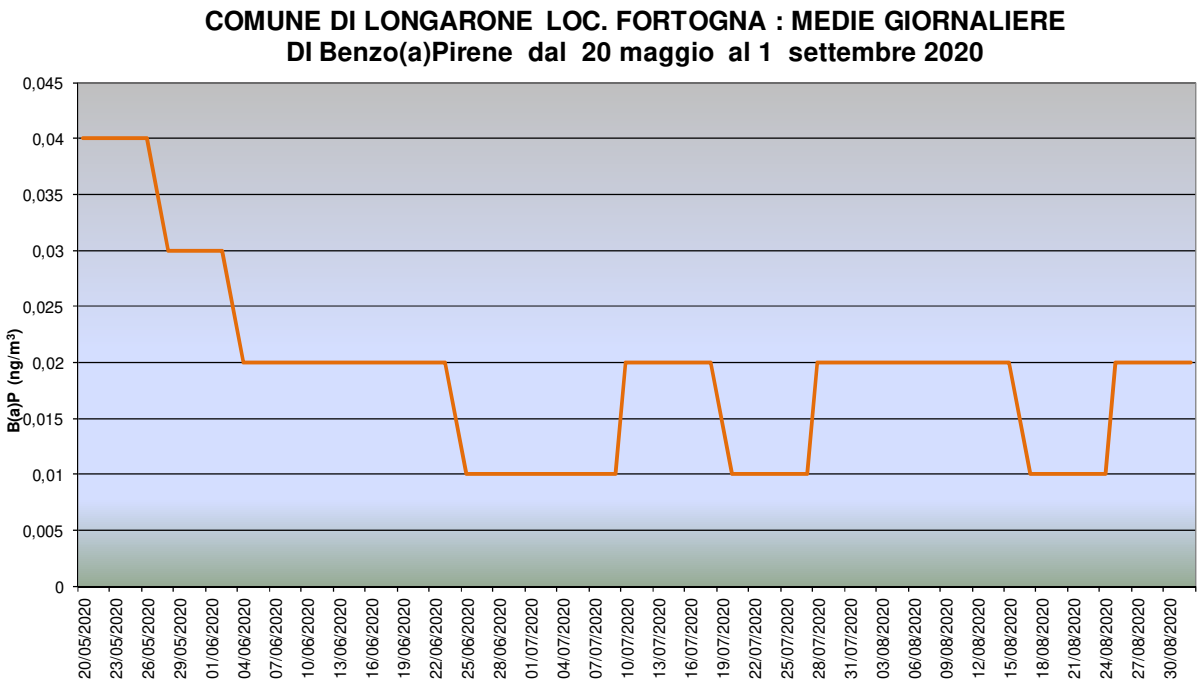
Periodo 20/05/2020 01/09/2020	Metallo	Stazione rilocabile Fortogna
		ng/m^3
	Arsenico	0,5
	Cadmio	0,1
	Nichel	2,3
	Piombo	0,004

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

Questo paragrafo contiene alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati; in esso si evidenziano inoltre le eventuali correlazioni fra gli inquinanti e i fattori climatici e le fonti di emissione. La durata della campagna di monitoraggio ha consentito di valutare l'andamento settimanale e giornaliero degli inquinanti, di seguito rappresentato in forma grafica.

Il confronto della concentrazione di polveri PM10 con i valori misurati presso le stazioni di riferimento di Belluno Parco Bologna e Alpago loc. Villa indica una discreta correlazione fra i diversi siti, con analoghe concentrazioni e leggere differenze nei picchi di concentrazione massimi rilevati: si deve tenere comunque conto che si sta parlando di bassi livelli di particolato registrati durante tutta la campagna.

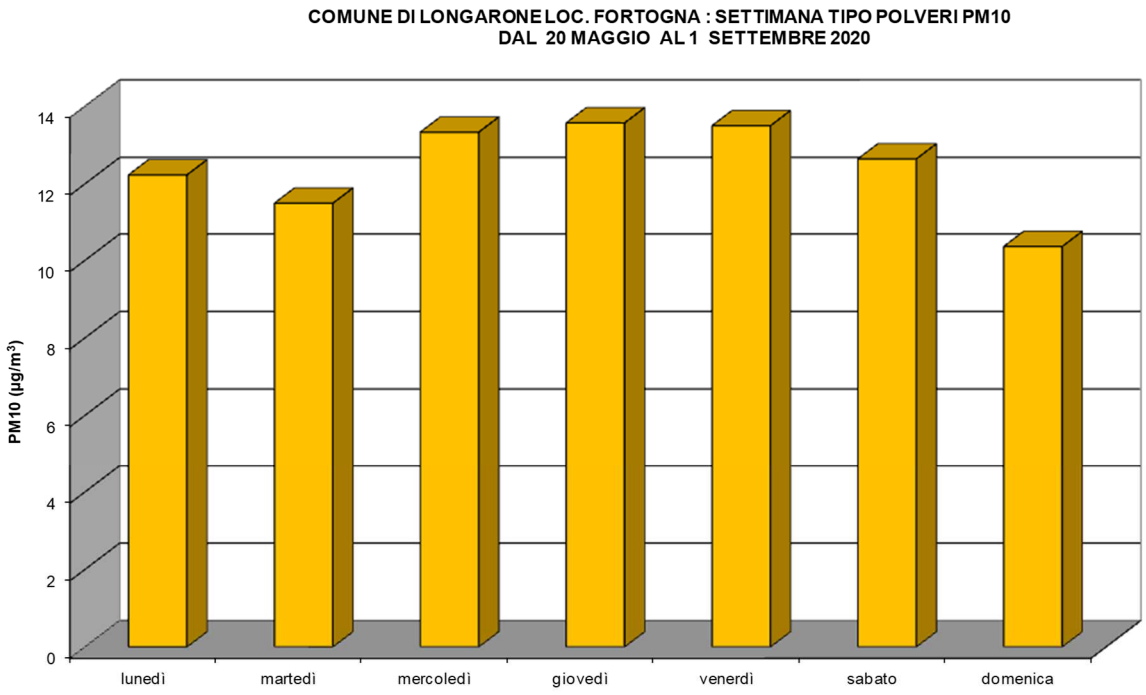




Il grafico lineare del Benzo(a)Pirene presenta valori che spesso si mantengono al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, situazione tipica del periodo estivo.

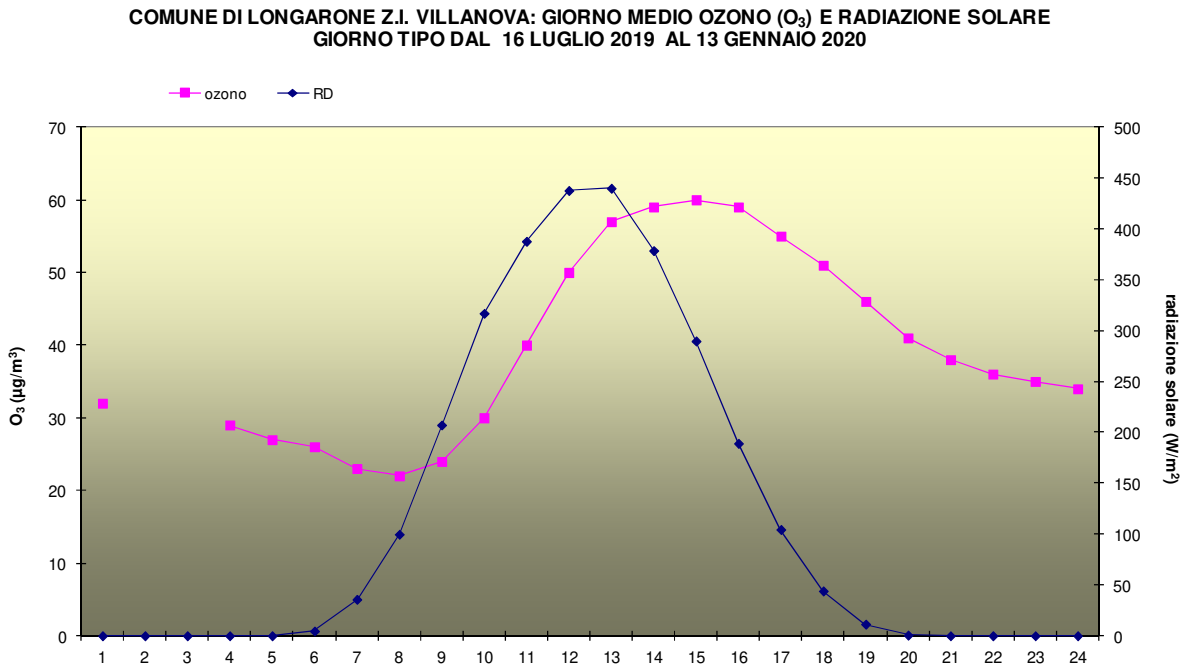
Il grafico del Benzene non è stato rappresentato, in quanto le concentrazioni rilevate si sono quasi sempre mantenute al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

Nei due grafici successivi i dati sono stati elaborati per mostrare la variazione delle concentrazioni di PM10 rilevate nei diversi giorni della settimana (settimana tipo) e di ozono durante le 24 ore della giornata (giorno tipo).



Il grafico settimanale delle polveri PM10 presenta i valori più bassi nella giornata di domenica e massimi tra mercoledì e venerdì.

Il diagramma che segue rappresenta il giorno tipo per l'ozono, inquinante monitorato in continuo; esso evidenzia le fasce orarie in cui si riscontrano le concentrazioni più elevate durante la giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione nella linea dei grafici è dovuta alla mancanza del dato in corrispondenza della fase di taratura quotidiana dello strumento, che avviene durante la notte.



L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare, il cui picco (tracciato blu) precede di alcune ore il livello più alto dell'ozono; quest'ultimo raggiunge la massima concentrazione nel pomeriggio, mentre si osservano livelli minimi durante la notte, in assenza di luce, confermando la stretta relazione tra la radiazione solare e questo inquinante, di chiara origine fotochimica.

8- Conclusioni

Il monitoraggio della qualità dell'aria effettuato a Longarone presso la Zona Industriale in loc. Fortogna ha mostrato concentrazioni di inquinanti in linea con quelle misurate nelle stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria e non ha evidenziato difformità rispetto ai livelli tipici di queste sostanze nel periodo estivo. L'analisi dei metalli effettuate sul PM10 ha rilevato sempre concentrazioni molto basse.
Nel complesso, questo monitoraggio ha fornito un quadro positivo per la qualità dell'aria.

9 - Scheda sintetica di valutazione del periodo di monitoraggio

La scheda ha l'obiettivo di presentare in forma sintetica una valutazione riassuntiva dello stato di qualità dell'aria nel Comune di Longarone, Zona industriale Villanova, presso i magazzini comunali durante il periodo di monitoraggio.
Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo (ove applicabile) e il relativo giudizio sintetico. Nella legenda seguente sono rappresentati i simboli utilizzati per esprimere in forma sintetica le valutazioni sopra ricordate.

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
Polveri PM10	D.Lgs. 155/10	☺	Nessun superamento del valore limite giornaliero. Concentrazione media del periodo inferiore al limite annuale.
Ozono (O_3)	D.Lgs. 155/10	☺	Nessun superamento orario della soglia di informazione alla popolazione. Nessun superamento della soglia di allarme.
Benzene (C_6H_6)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media del periodo inferiore al valore limite di qualità annuale.
Benzo(a)Pirene (IPA)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media inferiore al valore obiettivo previsto dalla normativa.
Piombo (Pb)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media inferiore al valore limite previsto dalla normativa.
Cadmio (Cd)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media inferiore al valore obiettivo previsto dalla normativa.
Nichel (Ni)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media inferiore al valore obiettivo previsto dalla normativa.
Arsenico (As)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media inferiore al valore obiettivo previsto dalla normativa.

Legenda dei simboli utilizzati e del rispettivo significato sintetico di valutazione.

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

ALLEGATO 1: GLOSSARIO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

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

Analizzatore di CO

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

Analizzatore di SO_2

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14212:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta".
- Principio di misura: fluorescenza
- Modalità di funzionamento: Nella camera di misura, attraversata dal flusso di aria campione, una lampada UV emette, con una certa frequenza, una radiazione alla lunghezza d'onda di 214 nm. Le molecole di SO_2 assorbono

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

$$SO_2 + h\nu_1\ (\lambda_1 = 214\ nm) \rightarrow SO_2^*$$

$$SO_2^* \rightarrow SO_2 + h\nu_2\ (\lambda_2 = 330\ nm)$$

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

Analizzatore di NO - NO_2- NO_x

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

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

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

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

Analizzatore di O_3

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14625:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta".
- Principio di misura: assorbimento UV
- Modalità di funzionamento: l'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento di questo gas nell'UV a λ=254 nm e poi ne calcola la concentrazione mediante la

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

Misure di PM10

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

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

- Analizzatori di PM10

Questi strumenti, analogamente ai campionatori, registrano un volume di aria passato attraverso una membrana filtrante. Sono però anche in grado di determinare la massa del particolato, sfruttando il principio dell'attenuazione dei raggi beta emessi da una piccola sorgente radioattiva. Questi analizzatori possono avere un sistema di campionamento basato su filtri singoli (come i

campionatori) oppure avere un nastro che scorre ad intervalli di tempo selezionabili e regolari, sui cui "tratti" viene depositato il particolato. Unendo i dati di volume e quelli di massa, tali strumenti forniscono direttamente il valore di concentrazione di PM10.

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

Misure di Benzene

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

Misure di Benzo(a)pirene

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

- Modalità di funzionamento: il Benzo(a)pirene è determinato sul campione di 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).

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
Via Lissa 6
30171 Mestre – Venezia
Italy
Tel. +39 041 5445542
Fax +39 041 5445671
E-mail: orar@arpa.veneto.it
Gennaio 2021

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