

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA - ANNO 2023 -

**Normativa di riferimento:**

- D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.
- D.G.R. 2605 del 30/11/2011

## COMUNE DI COLZATE (BG)

**Emissione del:** 21 Novembre 2023

**File:** 23EM00020A COMUNE DI COLZATE monitoraggio qualità aria 2023.doc

# Comune di Colzate (BG)

Campagna di Monitoraggio Qualità dell'Aria, Anno 2023

---

**Redazione tecnica:**

Dott. Ing. Fabio Donghi

*Fabio Donghi*

---

**Verifica:**

Dott. Sergio Brena

*Sergio Brena*

---

**Emissione del:**

21 Novembre 2023

---

# SOMMARIO

1. Dati identificativi .....	6
2. Premessa.....	7
3. Punti di misura .....	8
3.1 Modalità di conduzione delle misure .....	10
4. Parametri rilevati e caratteristiche del laboratorio mobile.....	11
4.1 Strumentazione.....	11
4.2 Sensori Meteo .....	12
4.3 Parametri Chimici.....	13
4.3.1 Ossidi d'azoto .....	13
4.3.2 Monossido di carbonio .....	13
4.3.3 Biossido di zolfo.....	13
4.3.4 Ozono .....	13
4.3.5 PM10-2.5 .....	14
4.3.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	14
4.3.7 Metalli .....	14
4.3.8 BTX.....	14
4.4 Range analitico degli strumenti.....	15
5. Controlli e tarature.....	16
6. Normativa - limiti in aria ambiente.....	17
7. Descrizione parametri di misura.....	19
7.1 Ossidi di azoto.....	19
7.1.1 Descrizione .....	19
7.1.2 Fonti.....	19
7.1.3 Effetti .....	20
7.2 Monossido di carbonio.....	21
7.2.1 Descrizione .....	21
7.2.2 Fonti.....	21
7.2.3 Effetti .....	21
7.3 Biossido di zolfo SO2 .....	23
7.3.1 Descrizione .....	23
7.3.2 Fonti.....	23
7.3.3 Effetti .....	23
7.4 Ozono O3 .....	23
7.4.1 Descrizione .....	23
7.4.2 Fonti.....	23
7.4.3 Effetti .....	24
7.5 PM10 .....	25
7.5.1 Descrizione .....	25
7.5.2 Fonti.....	25
7.5.3 Effetti .....	25

7.6	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	27
7.6.1	Descrizione	27
7.6.2	Fonti	27
7.6.3	Effetti	27
7.7	Metalli	28
7.7.1	Descrizione	28
7.7.2	Fonti	28
7.7.3	Effetti	28
7.8	BTX	29
7.8.1	Descrizione	29
7.8.2	Fonti	29
7.8.3	Effetti	29
8.	Risultati	30
8.1	Periodo Invernale	31
8.1.1	Parametri Meteo	31
8.1.2	Ossidi d'azoto	33
8.1.3	Monossido di carbonio	34
8.1.4	Biossido di zolfo	35
8.1.5	Ozono	36
8.1.6	PM10-PM2.5	37
8.1.7	Metalli	39
8.1.8	IPA	39
8.1.9	BTX	41
8.2	Periodo Estivo	42
8.2.1	Parametri Meteo	42
8.2.2	Ossidi d'azoto	44
8.2.3	Monossido di carbonio	46
8.2.4	Biossido di zolfo	47
8.2.5	Ozono	48
8.2.6	PM10-PM2.5	49
8.2.7	Metalli	51
8.2.8	IPA	51
8.2.9	BTX	53
9.	Confronto con dati ARPA	54
10.	Riassunto superamenti valori limite e obiettivo - Confronti tra i monitoraggi	56
11.	Conclusioni	57

## ALLEGATI

1. **Campagna invernale:** Rapporti di Prova 23LA00938, 23LA00939, 23LA00940, 23LA00941, 23LA00942, 23LA00943, 23LA00944, 23LA00945, 23LA00946, 23LA00947, elaborazione dati orari Parametri Chimici e Meteo.
2. **Campagna estiva:** Rapporti di Prova 23LA10123, 23LA10127, 23LA10128, 23LA10129, 23LA10130, 23LA10131, 23LA10132, 23LA10133, 23LA10134, 23LA10135, elaborazione dati orari Parametri Chimici e Meteo.

## 1. Dati identificativi

Comune di Colzate	
Indirizzo	Via Bonfanti 34, 24020 Colzate (BG)
Referente	Simonetta Cevenini

## 2. Premessa

La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria eseguito presso il Comune di Colzate. La valutazione è stata svolta sia in periodo freddo (gennaio–febbraio) che caldo (settembre), è quindi da ritenersi rappresentativa per tutto l'anno 2023.

I risultati ottenuti saranno confrontati all'interno del presente documento, per quanto possibile, con i limiti di legge vigenti, definiti dal D.Lgs. 155/2010.

### 3. Punti di misura

In entrambe le campagne di monitoraggio, il laboratorio mobile, provvisto di analizzatori per i parametri chimici e sensori meteo, è stato installato nei pressi della Scuola dell'Infanzia, via Roma 31/B, Colzate (BG). Nella medesima posizione sono stati installati due campionatori sequenziali per le frazioni di polveri PM10 e PM2.5.

In parallelo, presso due abitazioni private, sono stati installati due campionatori sequenziali per il PM10.

L'immagine satellitare in seguito riportata mostra l'esatta collocazione delle postazioni di monitoraggio:

**Figura 1 - Posizionamento Laboratorio Mobile - Campionatori Sequenziali**

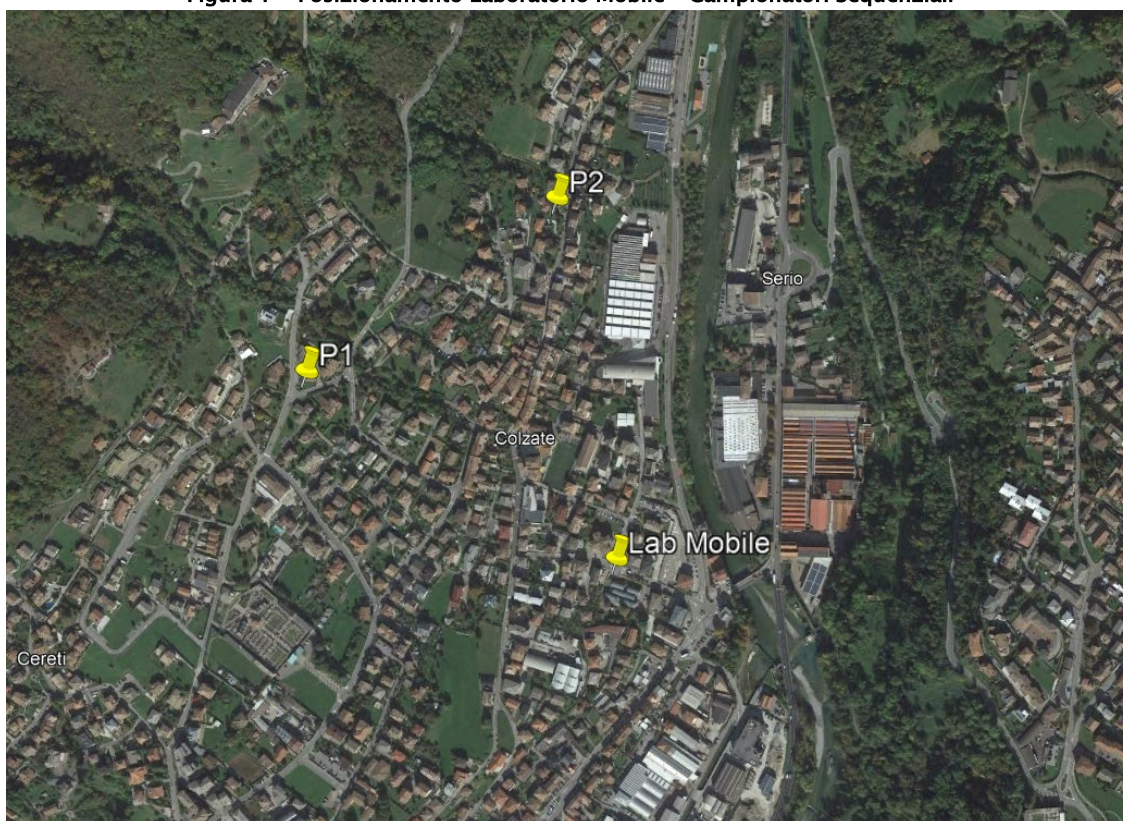





Tabella 1 – Laboratorio Mobile – Postazioni di misura

		
Postazione Lab Mobile	P1	P2
Via Roma 31/B	Via Aldo Moro 3	Via Bonfanti 59
566618 E – 5073786 N 413 m s.l.m.	566222 E – 5074026 N 473 m s.l.m.	566536 E – 5074255 N 433 m s.l.m.
Parametri Meteo CO – NO <sub>x</sub> –O <sub>3</sub> –SO <sub>2</sub> –BTX PM10–PM2.5	PM10 Metalli IPA	PM10 Metalli IPA

Secondo quanto definito dal D.G.R. 2605 del 30 novembre 2011 – “Qualità dell’aria: zonizzazione del territorio regionale”, il Comune di Colzate risulta inserito nella **zona C-D (montagna-fondovalle)**, più precisamente **zona C1 (zona prealpina e appenninica)**, secondo quanto descritto dall’ALL.1 della DGR 2605/2011 – “Zonizzazione del territorio regionale in zone e agglomerati per la valutazione della qualità dell’aria”, risultando pertanto caratterizzato da:

#### Zona C – Montagna:

- Minore densità di emissioni di PM10 primario, NO<sub>x</sub>, COV antropico e NH<sub>3</sub>;
- Importanti emissioni di COV biogeniche;
- Orografia montana;
- Situazione meteorologica più favorevole alla dispersione di inquinanti;
- Bassa densità abitativa;
- Esposta al trasporto di inquinanti provenienti dalla pianura, in particolare dei precursori dell’ozono (zona C1);

#### Zona D – Fondovalle:

- Porzioni di territorio dei Comuni ricadenti nelle principali vallate delle zone C ed A poste ad una quota sul livello del mare inferiore ai 500 m s.l.m.;
- Situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (frequenti casi di inversione termica);

### 3.1 Modalità di conduzione delle misure

Il monitoraggio è stato eseguito attraverso due differenti campagne, svolte nei mesi di gennaio/febbraio (periodo invernale) e settembre (periodo estivo) 2023:

- **Campagna invernale:** dalle 00:00 del 28/01/2023 alle 00:00 del 12/02/2023;
- **Campagna estiva:** dalle 00:00 del 05/09/2023 alle 00:00 del 19/09/2023.

Durante tali intervalli, il laboratorio mobile ha registrato in continuo una serie di parametri raccogliendo dati computati su medie orarie.

## 4. Parametri rilevati e caratteristiche del laboratorio mobile

I parametri rilevati con il laboratorio mobile sono i seguenti:

1. Monossido di carbonio (CO);
2. Ossidi d'azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>);
3. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>);
4. Ozono (O<sub>3</sub>);
5. Temperatura;
6. Umidità;
7. Pressione atmosferica;
8. Radiazione globale;
9. Precipitazioni;
10. Velocità e direzione del vento

### 4.1 Strumentazione

Il mezzo è dotato di impianto di condizionamento in grado di garantire:

+20 °C con T esterna di -10 °C.

+22 °C e 50% di UR, con T esterna di 32-36 °C e UR del 70%.

I sistemi di prelievo permettono il campionamento con sonda tradizionale a circa 3.5 metri dal suolo, mentre la velocità e la direzione del vento è misurata tramite asta telescopica all'altezza di 10 metri dal suolo. Tutta la strumentazione è corrispondente alle norme nazionali ed europee (D.Lgs. 155/2010).

## 4.2 Sensori Meteo

I sensori di velocità e direzione del vento sono posti su un'asta telescopica elevabile ad un'altezza da terra di 10 metri, mentre i restanti sono fissati sulla sommità del laboratorio mobile a una altezza di circa 4 metri.

Vengono determinati i seguenti parametri:

- **Velocità del vento** con un anemometro a tre coppe paraboliche. Trattasi di un anemometro a forza, funzionante in base alla differenza di pressione che si crea all'interno della superficie della coppa ortogonale alla direzione del vento e quella sulla superficie esterna della coppa a 120° dalla direzione del vento. Tale differenza di pressione crea una forza che fa girare le coppe. Dal numero di giri è calcolata la velocità del vento.
- **Direzione del vento** tramite una banderuola dotata di una superficie che prende vento e si sposta fino a posizionarsi in direzione parallela al vento. Un potenziometro legge la direzione.
- **Temperatura** tramite termocoppia che misura la variazione di resistenza elettrica della sonda al variare della temperatura. Nota la resistività della sonda si risale alla temperatura.
- **Umidità** con sensore tipo a cappello SRHS.
- **Irraggiamento solare** con sistema Starpyranometer che misura il differente riscaldamento di settori affiancati, uno nero adsorbente la luce, l'altro bianco riflettente, la differenza consente di risalire al valore d'irraggiamento solare.
- **Pressione atmosferica** tramite un liquido sensibile alla pressione che spinge una molla legata ad un trasduttore.
- Eventuali **precipitazioni piovose** tramite pluviometro totalizzatore, cilindro sormontato da un imbuto il quale riceve e convoglia nel sensore la pioggia, restituendo il dato in mm/ora.

## 4.3 Parametri Chimici

### 4.3.1 Ossidi d'azoto

Per la determinazione degli ossidi d'azoto si utilizza un metodo a chemiluminescenza. Il metodo (UNI EN 14211:2012) si basa sulla reazione chimica tra il monossido d'azoto e l'ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica, d'intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Un apposito rivelatore permette di misurare l'intensità della radiazione luminosa prodotta. La reazione è specifica per il monossido d'azoto; per misurare il biossido, invece, bisogna ridurlo a monossido, attraverso un convertitore al molibdeno. L'analizzatore è automaticamente predisposto per rilevare sia il monossido d'azoto sia il biossido d'azoto. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di ossidi d'azoto è il microgrammo al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 4.3.2 Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio è analizzato mediante assorbimento di radiazioni infrarosse (IR) – metodo UNI EN 14626:2012. La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR con conseguente variazione della loro intensità, proporzionale alla concentrazione dell'ossido di carbonio. Un sensore misura la variazione della radiazione luminosa e converte questo valore fornendo la concentrazione di CO presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni di monossido di carbonio è il milligrammo al metro cubo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### 4.3.3 Biossido di zolfo

La metodologia di analisi della concentrazione di SO<sub>2</sub> in atmosfera consiste nella misurazione della stessa attraverso fluorescenza ultravioletta, ovvero il fenomeno che porta all'emissione di radiazioni luminose da parte delle molecole di biossido eccitate da raggi UV, una volta che le stesse tornano al loro stadio energetico originario – metodo UNI EN 14212:2012. L'intensità della radiazione fluorescente è legata al numero di molecole contenute nel volume di riferimento, a sua volta proporzionale alla concentrazione del composto in atmosfera. L'unità di misura con la quale il composto è quantificato è il microgrammo/metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 4.3.4 Ozono

Il metodo UNI EN 14625:2012 descrive la procedura di quantificazione dell'ozono in aria ambiente, il quale avviene attraverso fotometria ultravioletta. L'aria aspirata è condotta in una cella di assorbimento in cui è irradiata da un fascio monocromatico di lunghezza d'onda prefissata. La radiazione Ultravioletta è misurata da un apposito fotodiodo che converte l'onda in segnale elettrico, proporzionale alla concentrazione in aria ambiente, restituendo il valore in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.3.5 PM<sub>10-2.5</sub>

In base a quanto descritto nella UNI EN 12341:2014, l'aria è convogliata con l'ausilio di un campionatore sequenziale automatico attraverso membrane in fibra di quarzo filtranti tarate. La polvere che è accumulata sulla membrana è in seguito pesata, dal cui peso netto è ricavata la concentrazione presente nell'aria (espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), noto il volume campionato registrato automaticamente. A monte delle membrane vi è un selettore ciclonico in grado di separare le polveri secondo la loro granulometria, nelle differenti frazioni  $<10-2.5 \mu\text{m}$ .

#### 4.3.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli IPA in aria ambiente si trovano adsorbiti alle particelle di aerosol urbano, motivo per il quale vengono ricercati tra il particolato raccolto sulle membrane del PM<sub>10</sub>. Nello specifico la media-zione temporale di ricerca è bisettimanale. Il decreto legislativo stabilisce una soglia di concentrazione per il solo Benzo(a)pirene, indicatore dell'andamento di tutta la classe. Tale valore si assesta a  $1 \text{ ng} / \text{m}^3$ .

#### 4.3.7 Metalli

Come accade per gli IPA, anche i metalli sono da ricercare all'interno della frazione di particolato PM<sub>10</sub>. Per quanto riguarda elementi come piombo, cadmio, arsenico e nichel la norma tecnica per la misurazione è descritta all'interno della UNI EN 14902, mentre il D.Lgs. 155/2010 fissa i valori obiettivo per ciascun metallo, da riferire all'anno civile.

#### 4.3.8 BTX

È utilizzata in questo contesto una rampa di campionamento automatica a fiale in carbone adsorbente. Queste ultime vengono analizzate in un secondo momento in laboratorio tramite GC-MS.

## 4.4 Range analitico degli strumenti

La seguente tabella illustra il range analitico di lavoro degli strumenti utilizzati.

**Tabella 2 – Range analitico strumentazione utilizzata**

Parametro	UM	Cifre significative	Range di misura
CO	mg/m <sup>3</sup>	000,0	0-50 ppm
NO <sub>x</sub>	µg/m <sup>3</sup>	000	0-500 ppb
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	000	0-500 ppb
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	000	0-500 ppb
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	000.0	1-150 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	000.0	1-120 µg/m <sup>3</sup>
BTX	µg/m <sup>3</sup>	000.0	0.5-50 µg/m <sup>3</sup>
IPA	µg/m <sup>3</sup>	0.0000	0.04-20 ng/m <sup>3</sup>
METALLI	ng/m <sup>3</sup>	0.00	Pb: 1-4000 ng/m <sup>3</sup>
		0.00	Cd: 0.1-50 ng/m <sup>3</sup>
		0.00	As: 0.5-350 ng/m <sup>3</sup>
		0.00	Ni: 2-100 ng/m <sup>3</sup>
TEMPERATURA	°C	00.0	0-99 °C
PRESSIONE	mbar	000	0-1500 mbar
UMIDITA	%	00.0	0-99 %
VELOCITÀ DEL VENTO	m/s	00.0	0-99 m/s
DIREZIONE DEL VENTO	°N	000	0-359 °N
PRECIPITAZIONI	mm/h	00.0	0-99 mm/h
RADIAZIONE GLOBALE	W/m <sup>2</sup>	000	0-1000 W/m <sup>2</sup>

Si riportano i dettagli degli strumenti installati sui laboratori mobili:

**Tabella 3 – Strumenti utilizzati su laboratorio mobile**

ANALIZZATORE	COSTRUTTORE	MODELLO
Analizzatore monossido di carbonio per infrarosso	ENVIRONNEMENT SA	CO12M
Analizzatore ossidi di azoto per chemiluminescenza	HORIBA	APNA 370
Analizzatore biossido di zolfo per fluorescenza ultravioletta	API DANI	100
Analizzatore ozono con spettrofotometria UV	API DANI	400
Campionatore Sequenziale PM10-2.5, IPA e Metalli	TECORA/DIGITEL/LECKEL	SKYPOST/DPA14/SEQ47-50
Unità di campionamento fiale BTX	TECORA	BRAVO PLUS
Pluviometro	MICROS	PLUV
Sensore pressione atmosferica	MICROS	BARI
Sensore radiazione solare globale	MICROS	PIR
Sensore umidità relativa	MICROS	SRH
Sensore temperatura	MICROS	STEP4/20
Sensore velocità/direzione del vento	MICROS	SVDV0/2

## 5. Controlli e tarature

Gli strumenti utilizzati nel monitoraggio in continuo sono stati tarati prima dell'inizio della campagna e alla fine. Tutti i risultati dei controlli sono risultati all'interno del range di accettabilità. I periodi di calibrazione sono stati successivamente eliminati dal computo delle medie orarie.

## 6. Normativa – limiti in aria ambiente

I limiti di riferimento sono individuati dal **Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155 e s.m.i.** in attuazione della Direttiva europea 2008/50/CE. Questo D. Lgs. costituisce un vero e proprio testo unico sulla qualità dell'aria il quale abroga il D.Lgs. 351/1999, il DM 60/2002, il D.Lgs. 183/2004 e il D.Lgs. 152/2007. Nelle tabelle seguenti si sintetizzano i limiti previsti dalla normativa per gli inquinanti monitorati.

**Tabella 4 – Valori Limite D.Lgs. 155/2010**

Inquinante	Tipologia limite	Periodo mediazione	Valore
<b>Monossido di carbonio CO</b>	Protezione salute umana	Massimo della media mobile sulle 8 h	<b>10 mg/m<sup>3</sup></b>
<b>Biossido d'azoto NO<sub>2</sub></b>	Protezione salute umana	Media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	<b>200 µg/m<sup>3</sup></b>
	Protezione salute umana	Media annuale	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>
	Soglia d'allarme	Media oraria	<b>400 µg/m<sup>3</sup></b>
<b>Ossidi di azoto NO<sub>x</sub></b>	Protezione vegetazione	Media annuale	<b>30 µg /m<sup>3</sup></b>
<b>Biossido di Zolfo SO<sub>2</sub></b>	Protezione salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	<b>350 µg/ m<sup>3</sup></b>
		Media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile	<b>125 µg/ m<sup>3</sup></b>
		Soglia di Allarme	<b>500 µg/ m<sup>3</sup></b>
<b>Ozono O<sub>3</sub></b>	Soglia di	Media Oraria	<b>180 µg/ m<sup>3</sup></b>

Inquinante	Tipologia limite	Periodo mediazione	Valore
	Informazione		
	Soglia di Allarme	Media Oraria	240 µg/ m <sup>3</sup>
Ozono (O <sub>3</sub> )	Valore Obiettivo	Valore come media giornaliera su 8 ore da non superarsi per più di 25 volte all'anno	120 µg/m <sup>3</sup>
	Protezione della vegetazione	Media su 5 anni calcolato come AOT40 dal 1° maggio al 31 luglio	18.000 µg/m <sup>3</sup>
	Protezione delle foreste	Media su 5 anni calcolato come AOT40 dal 1° aprile al 30 settembre	18.000 µg/ m <sup>3</sup>
Particolato PM <sub>10</sub>	Protezione salute umana	Media giornaliera da non superare più di 35 volte l'anno	50 µg/ m <sup>3</sup>
	Protezione salute umana	Media annuale	40 µg/ m <sup>3</sup>
Particolato PM <sub>2.5</sub>	Protezione salute umana	Media annuale	25 µg/ m <sup>3</sup>
Benzo(a)Pirene (IPA)	Obiettivo	Media annuale	1 ng/ m <sup>3</sup>
Arsenico	Obiettivo	Media annuale	6.0 ng/ m <sup>3</sup>
Cadmio			5.0 ng/ m <sup>3</sup>
Nichel			20.0 ng/ m <sup>3</sup>
Piombo			0.5 µg/ m <sup>3</sup>
Benzene (BTX)	Obiettivo	Media annuale	5 µg/ m <sup>3</sup>

## 7. Descrizione parametri di misura

Si dà in seguito una descrizione dei principali composti ricercati nell'indagine allo scopo di offrire un quadro descrittivo delle eventuali problematiche ad essi collegate.

Sarà indicata anche una classificazione di massima adottata dall'Agenzia per l'Ambiente Americana (EPA - Environmental Protection Agency) per identificare la qualità dell'aria. Tale classificazione non ha alcun valore normativo, ma fornisce semplicemente un'altra possibile chiave di lettura della situazione atmosferica registrata.

### 7.1 Ossidi di azoto

#### 7.1.1 Descrizione

Gli ossidi d'azoto sono cinque ma in aria ne esistono, in pratica, solo tre:

- il protossido d'azoto ( $N_2O$ );
- il monossido d'azoto ( $NO$ );
- il biossido d'azoto ( $NO_2$ ).

Il monossido d'azoto ed il biossido d'azoto sono le specie di gran lunga prevalenti in atmosfera. Generalmente gli ossidi d'azoto sono indicati con la formula generica  $NO_x$ . In atmosfera esistono anche le forme idrate degli ossidi stessi, vale a dire gli acidi nitroso e nitrico. Il monossido e il biossido sono legati tra loro da una serie di reazioni che tendono a mantenerli in equilibrio (ciclo fotolitico dell'azoto).

Il biossido d'azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti quali l'ozono, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

#### 7.1.2 Fonti

Il monossido d'azoto è prodotto dalla reazione tra  $N_2$  e  $O_2$  nelle reazioni di combustione ad alta temperatura. Le fonti antropiche derivano sostanzialmente da questa reazione. In base a varie stime effettuate si può osservare che la quantità di  $NO_x$  d'origine antropica è equivalente a quella d'origine naturale, anche se generalmente si osservano concentrazioni di  $NO_x$  10-100 volte superiori in città che nelle aree rurali. Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido d'azoto e derivati fotochimici è apportato, nelle città, dai fumi di scarico degli autoveicoli.

L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche, dello stato del motore e delle modalità d'utilizzo dello stesso, (valore della velocità, accelerazione ecc.). In generale l'emissione d'ossidi d'azoto è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade ecc.).

### 7.1.3 Effetti

Le difese polmonari sono molto diminuite da una esposizione continua a concentrazioni di NO<sub>2</sub>, crescono conseguentemente le allergie, le irritazioni polmonari e le bronchiti. Il biossido d'azoto è un gas tossico irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Gli ossidi d'azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati al suolo che possono provocare alterazione d'equilibri ecologici ambientali. Anche per il biossido d'azoto l'EPA ha stilato una divisione di classi di qualità dell'aria.

Tabella 5 – Classi di qualità dell'aria per l'NO<sub>2</sub> secondo l'US EPA

NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> (media 24h)	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
Non definito	Buona	Nessuno	Nessuno
Non definito	Mediocre	Nessuno	Nessuno
Non definito	Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili. Sintomi di irritazione in persone sane	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre l'esercizio fisico e l'attività all'esterno
1130-2259	Molto insalubre	Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
2260-2999	Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>3000	Molto pericolosa	Morte prematura di persone anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	Tutte le persone devono rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica

## 7.2 Monossido di carbonio

### 7.2.1 Descrizione

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/mc). Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, insapore, infiammabile, tossico, che pesa circa come l'aria. Il monossido di carbonio ha un periodo di permanenza in atmosfera abbastanza elevato, nell'ordine d'alcuni mesi. Esso è rimosso attraverso reazioni d'ossidazione a CO<sub>2</sub>; tali reazioni coinvolgono il metano e i radicali OH presenti in atmosfera.

### 7.2.2 Fonti

La combustione dei composti del carbonio avviene normalmente producendo CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. In realtà durante le combustioni reali, una parte del carbonio si trasforma anche in CO.

Il CO prodotto dall'uomo per il 90% è dovuto ad immissioni da traffico. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

### 7.2.3 Effetti

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno, ed il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Si è stimato che a concentrazioni di 12-30 ppm la carbossi-emoglobina presente nel sangue umano possa essere tra le 2 e le 5 volte superiori a quella fisiologica.

A tali livelli di carbossi-emoglobina si hanno: aumento dei ritmi cardiaci, della frequenza respiratoria, disturbi psicomotori. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Le classi di qualità dell'aria stimate dall'EPA sono infine le seguenti:

Tabella 6 – Classi di qualità dell'aria per il CO secondo l'US EPA

CO mg/m <sup>3</sup> <sup>11</sup> (media 8h)	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
0-4,9	Buona	Nessuno	Nessuno
5-9,9	Mediocre	Nessuno	Nessuno
10-16,9	Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili. Sintomi di irritazione in persone sane	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre l'esercizio fisico e l'attività all'esterno
17-33,9	Molto insalubre	Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
34-45,9	Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>46	Molto pericolosa	Morte prematura di persone anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	Tutte le persone devono rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica

## 7.3 Biossido di zolfo SO<sub>2</sub>

### 7.3.1 Descrizione

Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua.

### 7.3.2 Fonti

La presenza in atmosfera è dovuta soprattutto alla combustione di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. In natura è prodotto prevalentemente dall'attività vulcanica mentre le principali sorgenti antropiche sono gli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili.

### 7.3.3 Effetti

Esso reagisce violentemente con l'ammoniaca e le ammine, l'acetilene, i metalli alcalini, il cloro, l'ossido di etilene e in presenza di acqua o vapore acqueo può attaccare molti metalli, tra cui l'alluminio, il ferro, l'acciaio, l'ottone, il rame e il nichel. Liquefatto, può corrodere le materie plastiche e la gomma. È un forte irritante e gli effetti sulla salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione: a basse concentrazioni si possono avere irritazioni a occhi e gola, mentre in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori possono sorgere patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari che pertanto comportano un aumento sia dei ricoveri ospedalieri sia della mortalità generale.

## 7.4 Ozono O<sub>3</sub>

### 7.4.1 Descrizione

L'ozono (O<sub>3</sub>) è un gas blu pallido con un caratteristico odore pungente. È un gas instabile e tossico per gli esseri viventi. È un potente ossidante con molte applicazioni industriali.

### 7.4.2 Fonti

In natura più del 90% si trova nella stratosfera (fascia di atmosfera che va indicativamente dai 10 ai 50 km di altezza), dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera (fascia di atmosfera che va dal suolo fino a circa 12 km di altezza) l'ozono si forma a seguito di reazioni chimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili, favorite dalle alte temperature e dal forte irraggiamento solare. Si tratta, quindi, di un inquinante secondario i cui precursori sono generalmente prodotti da combustione civile e industriale e da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili, come solventi e carburanti. Assieme ad altri composti costituisce il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

### 7.4.3 Effetti

essendo un forte ossidante, è in grado di attaccare i tessuti dell'apparato respiratorio anche a basse concentrazioni, provocando irritazione agli occhi e alla gola, tosse e riduzione della funzionalità polmonare. La maggior parte di questi effetti sono a breve termine e cessano con il cessare dell'esposizione ad elevati livelli di ozono, ma è noto che possano sussistere anche danni derivati da ripetute esposizioni di breve durata, come l'accelerazione del naturale processo di invecchiamento della funzione polmonare.

L'ozono e gli ossidanti fotochimici in generale possono inoltre provocare una riduzione della crescita delle piante e, per elevate concentrazioni, clorosi e necrosi delle foglie.

## 7.5 PM10

### 7.5.1 Descrizione

Le particelle sospese sono formate da elementi o composti chimici e da loro miscele allo stato solido o liquido che, a causa delle loro dimensioni, restano in aria per periodi più o meno lunghi. Esse possono essere classificate in base alle loro dimensioni e alla loro composizione.

### 7.5.2 Fonti

Le fonti di particolato possono essere le più svariate. Quelle naturali sono gli incendi, le eruzioni vulcaniche, l'asportazione e il conseguente trasporto di polvere tramite vento. Difficile risulta stimare la quantità di polveri antropogeniche: esse sono, in ogni modo, nell'ordine delle centinaia di milioni di tonnellate nella sola UE.

### 7.5.3 Effetti

Sulle piante si formano incrostazioni che interferiscono con la fotosintesi e inibiscono lo sviluppo dei vegetali, rendendoli aggredibili dagli insetti. Le foglie divengono inoltre un veicolo di trasporto delle polveri agli animali che le consumano. La tossicità delle polveri è in funzione inversamente proporzionale alle dimensioni. La seguente tabella ci mostra la parte del tratto respiratorio raggiunta secondo le dimensioni delle particelle.

**Tabella 7 – Livelli di deposizione delle polveri nel sistema respiratorio a differenza delle dimensioni**

Diametro aerodinamico	Tratto dell'apparato respiratorio raggiunto
>10 µm	Non penetrano nelle vie respiratorie
7-10 µm	Fermate nel tratto nasale
5-7 µm	Raggiungono la faringe
3-5 µm	Trachea e bronchi primari
2-3 µm	Bronchi secondari
1-2 µm	Bronchioli terminali
<1 µm	Deposito negli alveoli

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. L'EPA ha stabilito alcune classi di qualità dell'aria, tali classi si riferiscono al valore di particolato totale, indipendentemente dalle loro dimensioni:

Tabella 8 – Classi di qualità dell'aria per il particolato TOTALE secondo US EPA

PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24h)	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
0-74	Buona	Nessuno	Nessuno
75-259	Mediocre	Nessuno	Nessuno
260-374	Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili. Sintomi di irritazione in persone sane	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre l'esercizio fisico e l'attività all'esterno
375-624	Molto insalubre	Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
624-874	Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>875	Molto pericolosa	Morte prematura di persone anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	Tutte le persone devono rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica

## 7.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

### 7.6.1 Descrizione

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono idrocarburi costituiti da anelli aromatici (benzenici) uniti fra loro in un'unica struttura generalmente planare, adsorbiti nelle particelle di aerosol urbano.

### 7.6.2 Fonti

Si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. La loro presenza in atmosfera è pertanto attribuibile a diverse fonti, tra le quali la combustione di legna e biomasse in genere, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche e le emissioni industriali. Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece, carboni e prodotti correlati come gli asfalti. Inoltre, possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Sorgenti naturali sono i vulcani e gli incendi boschivi.

### 7.6.3 Effetti

Essi appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti "classici". La loro presenza comporta un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi risultano cancerogeni. Sotto il profilo tossicologico, le osservazioni sperimentali indicano che la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la cancerogenicità degli IPA è una struttura in cui vi siano almeno quattro anelli condensati: in particolare, il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il Benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo.

## 7.7 Metalli

### 7.7.1 Descrizione

I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre. Non esiste una definizione ufficiale di metallo leggero o pesante; spesso l'aggettivo pesante è associato al concetto di tossicità anche se la densità non ha un legame diretto con effetti sul corpo umano. I metalli indicati come pesanti in relazione alla loro tossicità e bioaccumulazione rilevati sono: arsenico, cadmio, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco.

### 7.7.2 Fonti

I metalli e i loro composti si trovano in atmosfera prevalentemente all'interno del particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree) contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropogeniche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

### 7.7.3 Effetti

Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza, comune agli inquinanti organici persistenti, al bioaccumulo, determinando effetti negativi sulla salute. Le conseguenze per la salute umana possono essere molteplici:

- **il cadmio** può avere effetti negativi sui reni ed effetti cancerogeni;
- **il nichel** può avere effetti sull'apparato respiratorio, sul sistema immunitario e può causare allergie epidermiche;
- **l'arsenico** può causare irritazione dello stomaco, dell'intestino e dei polmoni, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, inoltre, aumenta il rischio di sviluppare il cancro alla pelle, al polmone, al fegato e al sistema linfatico;
- **il piombo** è assorbito dall'epitelio polmonare ed entra nel circolo sanguigno, si deposita in quantità decrescenti in ossa, fegato, reni, muscoli e cervello provocando svariati effetti, tra cui anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario.

## 7.8 BTX

### 7.8.1 Descrizione

La sigla BTX indica una serie di composti organici specifici (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene) caratterizzati da una forte attività tossica nei confronti dell'organismo: in particolare il Benzene è probabilmente l'idrocarburo più tossico in natura.

### 7.8.2 Fonti

Il benzene presente in atmosfera è prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati. La maggior fonte d'esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare di quelli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente come tale nelle benzine, e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1° luglio 1998, il tenore massimo di benzene all'interno delle benzine pari all'uno per cento.

### 7.8.3 Effetti

Gli effetti sono effettivamente diversificati secondo i composti. Il più pericoloso è il benzene per cui non è definibile una soglia di non pericolosità per la salute pubblica.

Il benzene è una sostanza classificata dalla Comunità Europea come cancerogena di categoria 1 (frase di rischio R45); dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);

dall'A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo). Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/mc di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

## 8. Risultati

Prima di analizzare i dati occorre ricordare che i valori statistici di confronto utilizzati benché rappresentativi riguardano 28 giorni su 365 giorni presenti in un anno. Non è quindi garantito il monitoraggio in tutte le possibili condizioni riscontrabili nel corso dell'anno.

Nel sintetizzare i dati, quindi, vengono indicati, accanto alle statistiche di confronto con i limiti altri tre valori:

1. la media complessiva del periodo;
2. il massimo valore medio orario misurato;
3. il minimo valore medio orario misurato;

in modo da definire lo stato di massima delle misure effettuate. I dati sono stati infine confrontati con i limiti di legge vigenti.

## 8.1 Periodo Invernale

### 8.1.1 Parametri Meteo

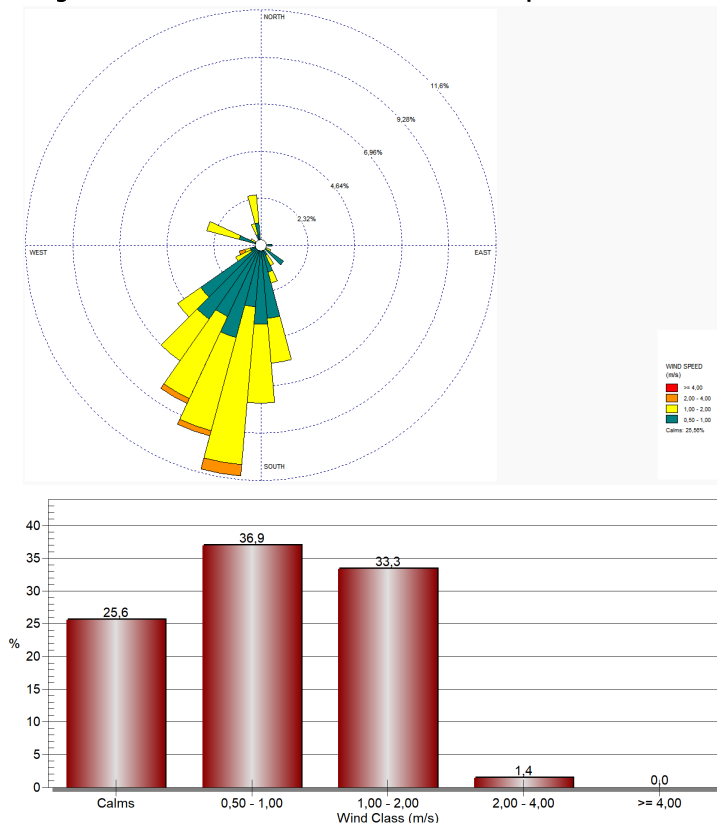
Nel corso della campagna invernale, durata dal 28/01/2023 al 12/02/2023, sono stati registrati dai sensori meteo i valori seguenti, riassunti in termini di media, massimo e minimo. I dati orari sono invece riportati in allegato.

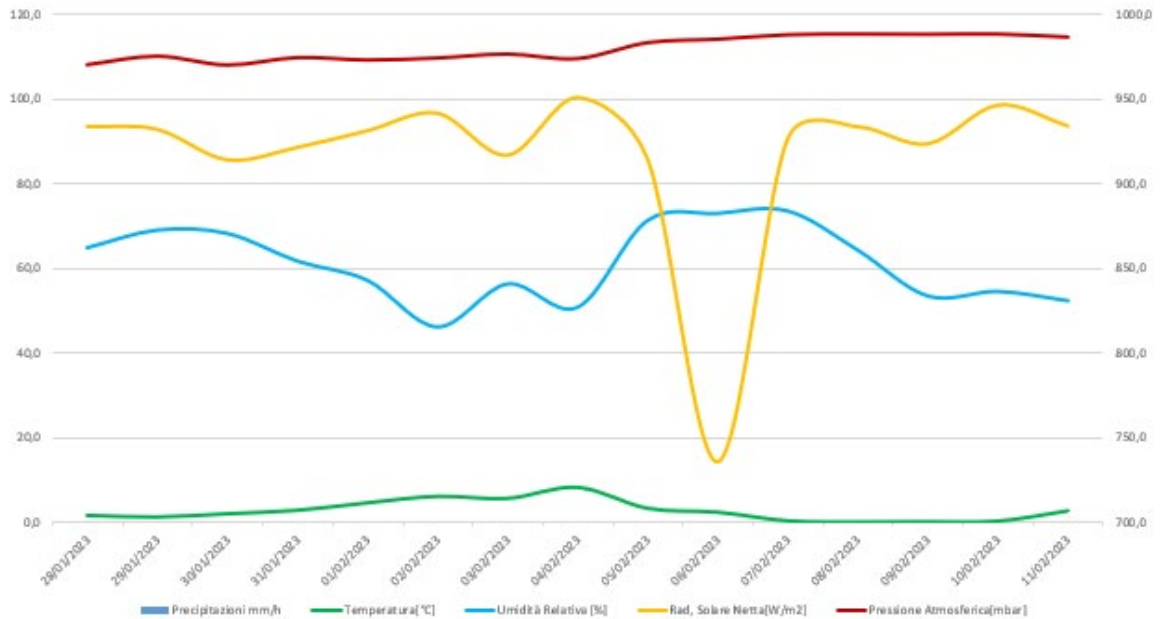
Tabella 9 – Parametri Meteo Periodo Invernale

	Vel. Vento [m/s]	Rad. Netta [W/m2]	Temperatura [°C]	Umidità [%]	Pressione [mbar]	Precipitazioni mm/h
<b>MASSIMO</b>	2.2	477.0	18.8	90.9	992.0	0.2
<b>MINIMO</b>	Calma	0	-4.4	13.7	965.0	0.0
<b>MEDIA</b>	0.8	86.8	2.9	61.0	979.7	-

Si riportano inoltre la rosa dei venti relativa all'intero periodo di monitoraggio, la distribuzione delle classi di vento, l'andamento dei parametri durante il periodo di monitoraggio e l'andamento medio orario (giorno tipo).

Figura 2 – Rosa dei venti e distribuzione classi periodo invernale



**Figura 3 – Andamento Parametri Meteo – Periodo Invernale**

**Figura 4 – Andamento Medie Orarie Meteo (Giorno Tipo) – Periodo Invernale**


Dall'analisi dei dati meteo si denota una componente significativa di vento di medio/bassa intensità proveniente da sud-ovest, condizione che, unita alla quasi totale assenza di precipitazioni piovose (0.2 mm/h registrata il 7/02/2023 alle ore 11), non favorisce la dispersione degli inquinanti a lungo raggio.

## 8.1.2 Ossidi d'azoto

I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto durante il monitoraggio invernale, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono stati i seguenti:

Tabella 10 – Valori ossidi d'azoto - Periodo invernale

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria $\text{NO}_2$ (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale $\text{NO}_2$	29	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale $\text{NO}_x$	44	30
Soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	<b>10</b>	
	Massimo	<b>64</b>	
	Minimo	<b>2</b>	
Dati generali $\text{NO}_2$	Media oraria	<b>29</b>	
	Massimo	<b>65</b>	
	Minimo	<b>6</b>	
Dati Generali $\text{NO}_x$	Media oraria	<b>44</b>	
	Massimo	<b>153</b>	
	Minimo	<b>8</b>	

In fase di monitoraggio, come mostrato in tabella, si è registrato un valore medio superiore al limite annuale per la protezione della vegetazione riferito al parametro  $\text{NO}_x$  ( $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  confrontati con una soglia di 30): il confronto è da ritenersi tuttavia indicativo in quanto la durata del campionamento risulta breve se rapportata all'intero anno. Si rimanda al paragrafo dedicato per una analisi maggiormente approfondita. Gli andamenti delle medie giornaliere e del giorno tipo sono mostrati nelle figure seguenti

Figura 5 – Andamento medie giornaliere Ossidi di Azoto - Periodo Invernale

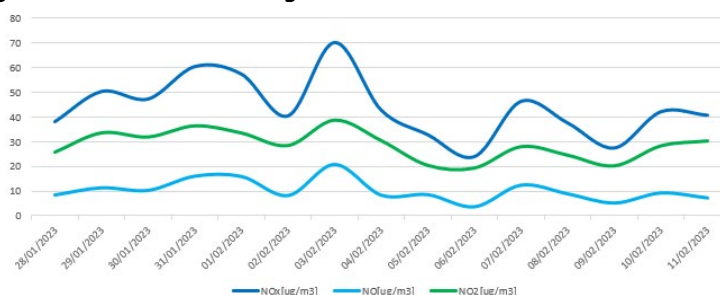
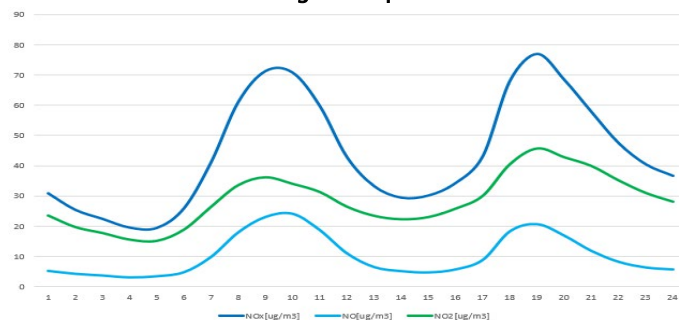


Figura 6 – Andamento medie orarie giorno tipo Ossidi di Azoto - Periodo Invernale



I grafici evidenziano come i valori maggiori si registrino nell'intorno delle ore 9 e delle 19, fenomeno riconducibile in parte con l'andamento del traffico stradale.

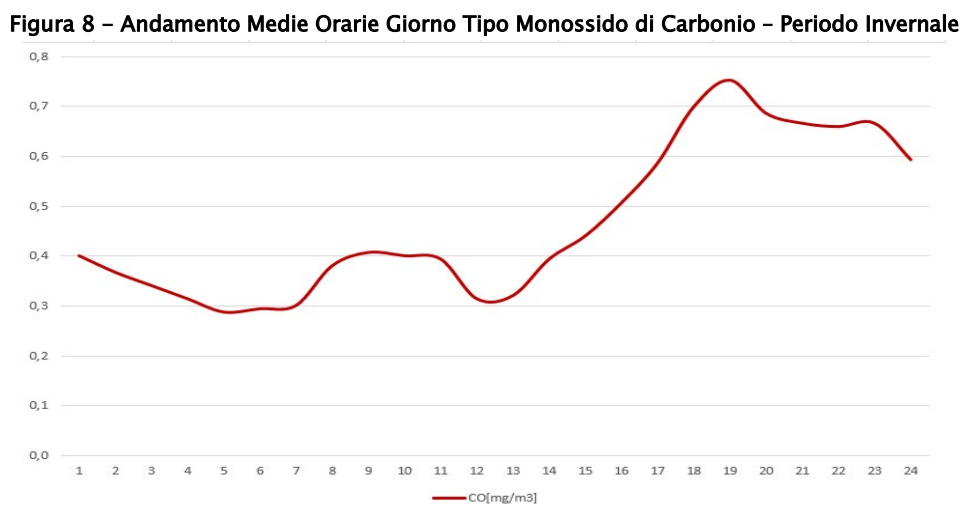
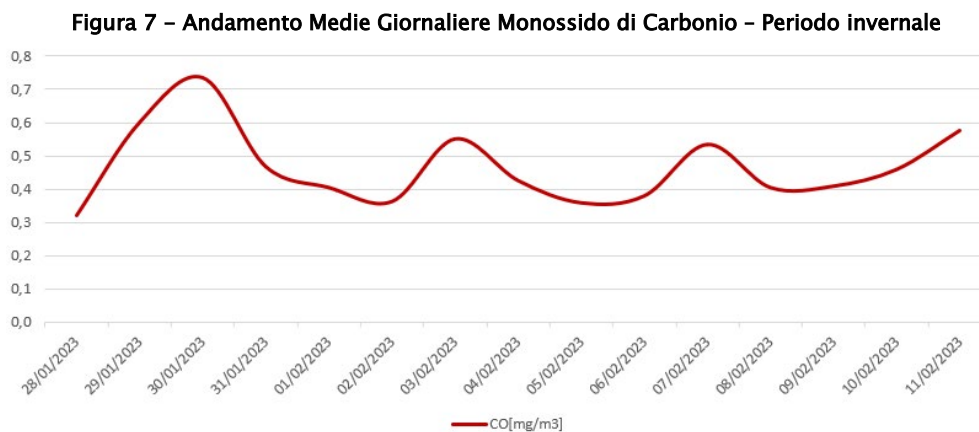
### 8.1.3 Monossido di carbonio

I valori (in mg/m<sup>3</sup>) riscontrati nel monitoraggio invernale sono stati i seguenti:

Tabella 11 – Valori riscontrati Monossido di Carbonio

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (mg/m <sup>3</sup> )	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media di 8 ore (n di superamenti)	0.5 (0)	10
Dati Generali	Media	0.5	
	Massimo	1.1	
	Minimo	0.2	

Tutti i valori risultano rispettosi del relativo limite, pertanto il monossido di carbonio non appare un parametro a rischio. Si riportano in seguito i grafici relativi all'andamento della media giornaliera nel corso del monitoraggio e la media oraria della "giornata tipo".



I grafici ricalcano in parte l'andamento delle medie orarie relative agli ossidi di azoto, con un picco maggiormente evidente nell'intorno delle 19, e uno più modesto intorno alle 9.

## 8.1.4 Biossido di zolfo

La tabella seguente mostra i valori riscontrati relativi al biossido di zolfo nel periodo invernale:

Tabella 12 –Biossido di Zolfo – Periodo invernale

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Oraria	4	350
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Giornaliera	4	125
Soglia di Allarme	Numero Superamenti	0	500
Dati Generali	Media	4	
	Massimo	11	
	Minimo	2	

I valori misurati nel periodo invernale rispettano ampiamente tutti i limiti fissati dal D.Lgs. 155/2010. L'anidride solforosa non rappresenta pertanto un parametro a rischio. Viene riportato in seguito l'andamento del composto durante il periodo di campionamento e le rispettive medie orarie del giorno tipo:

Figura 9 – Andamento SO<sub>2</sub> Periodo Invernale

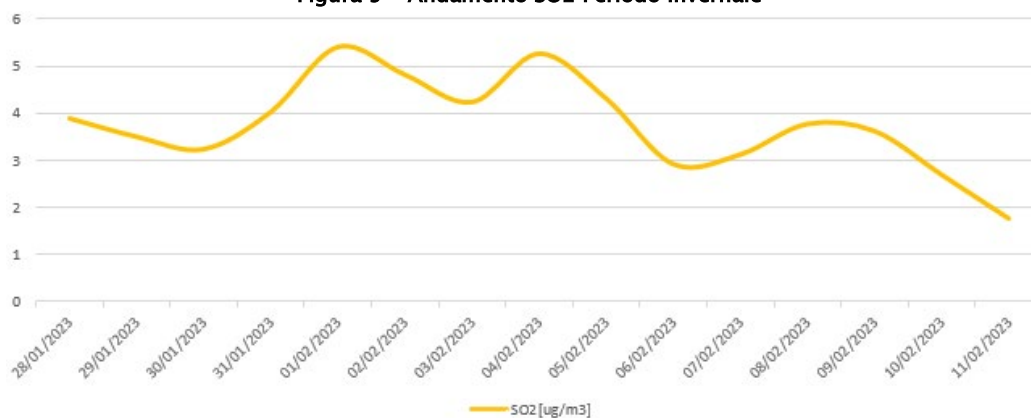


Figura 10 – Andamento SO<sub>2</sub> Giorno Tipo



## 8.1.5 Ozono

I valori registrati per il parametro ozono nel periodo invernale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono i seguenti

Tabella 13 - Valori Ozono  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Periodo Invernale

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite
Soglia di informazione	Media Oraria	21	180
Soglia di Allarme	Media Oraria	21	240
Valore Obiettivo	Media sulle 8 ore (n superamenti)	21(0)	120 (25)
Dati Generali	Media	21	
	Massimo	54	
	Minimo	2	

A causa del differente intervallo temporale in cui è stato effettuato il monitoraggio gli indici relativi alla protezione della vegetazione e delle foreste non sono calcolabili. I valori riscontrati durante il periodo invernale, per quanto riguarda la concentrazione di ozono, rispettano ampiamente tutti i limiti di legge. Sono a seguito riportati i grafici che illustrano l'andamento medio della concentrazione giornaliera e oraria durante il periodo di monitoraggio.

Figura 11 - Andamento Ozono  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Periodo Invernale

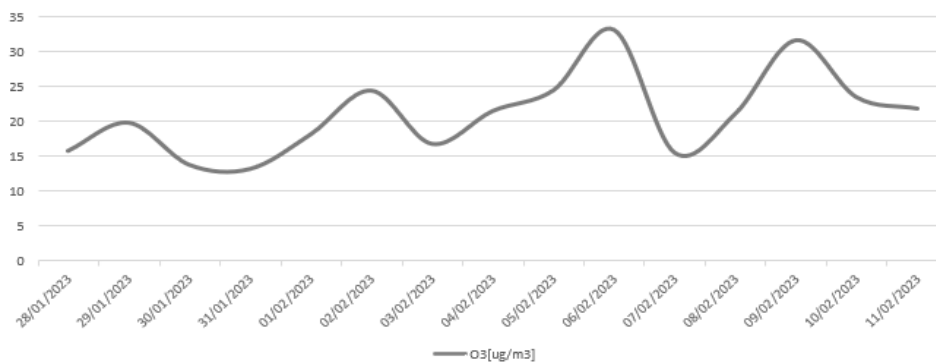
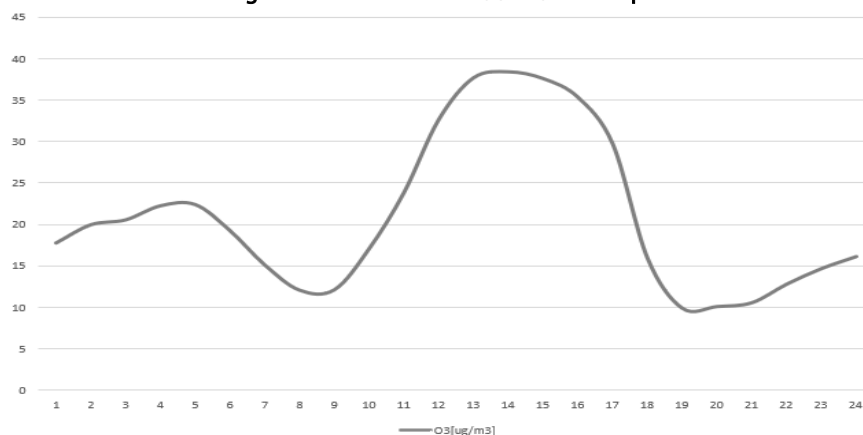


Figura 12 - Andamento O3 - Giorno Tipo



Dal grafico delle medie orarie (giorno tipo) si evidenzia la natura di smog fotochimico tipica dell'ozono, la cui concentrazione è legata all'irraggiamento solare (picco intorno alle 14).

## 8.1.6 PM10-PM2.5

Le tabelle seguenti mostrano il riassunto dei valori di PM10 e PM2.5 riscontrati nelle postazioni Laboratorio Mobile, P1 e P2 durante il monitoraggio invernale, i quali sono confrontati con i limiti definiti dal D.Lgs. 155/2010:

**Tabella 14 – Valori PM10 – Periodo Invernale**

Unità di Misura		Lab. Mobile	P1	P2	Limite Giornaliero	Limite Annuale
		µg/m3				
Dati generali	Media	38	35	35	50	40
	Massimo	49	45	47		
	Minimo	22	19	18		

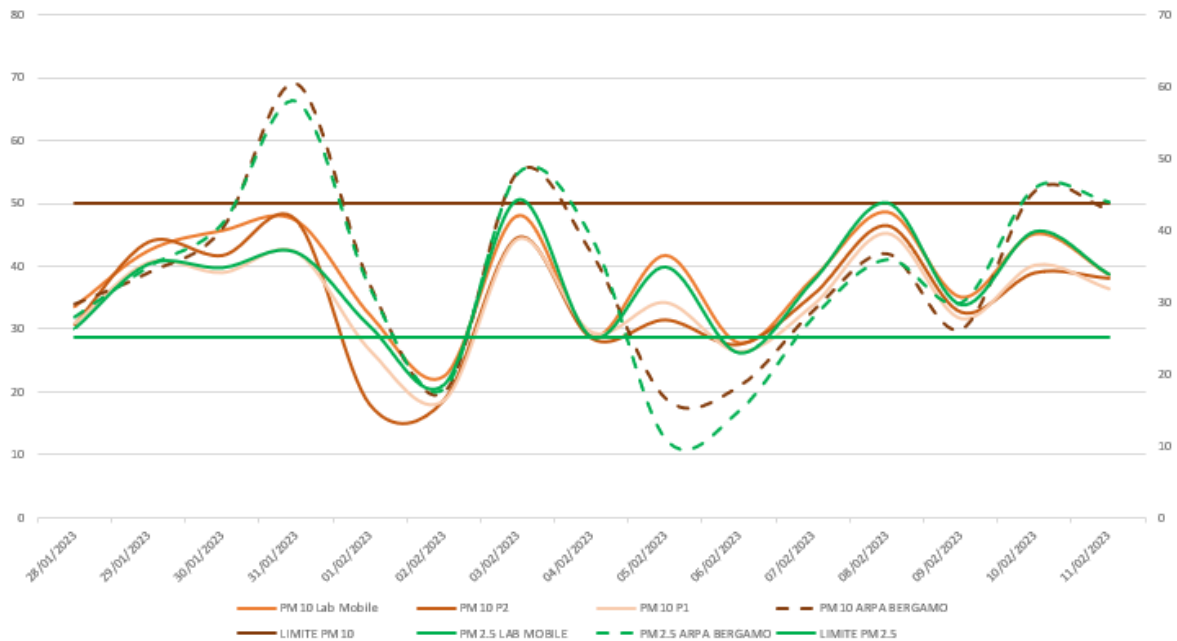
**Tabella 15 – Valori PM2.5 – Periodo Invernale**

Unità di Misura		Lab. Mobile	Valore Obiettivo
		µg/m3	
Dati generali	Media	32	25
	Massimo	44	
	Minimo	19	

Le tabelle mostrano il rispetto dei limiti giornalieri e annuali per quanto riguarda il parametro PM10, condizione parzialmente verificata in quanto l'intervallo temporale in cui è stato effettuato il monitoraggio copre un tempo ampiamente inferiore rispetto all'intero anno solare. Per quanto riguarda il parametro PM2.5, invece, si verifica il superamento del valore obiettivo in termini di media, anch'essa tuttavia indicativa del solo intervallo di monitoraggio (vedi paragrafo 10).

Si riporta in seguito un grafico contenente l'andamento dei parametri PM10-PM2.5 durante il monitoraggio invernale, al quale si accostano i valori riscontrati presso la centralina ARPA Bergamo – Via Meucci.

Figura 13 – Andamento e Confronto dati ARPA – PM10–2.5 – Periodo Invernale



Il grafico mostra una forte correlazione tra gli andamenti localizzati presso il Comune di Colzate e quanto riscontrato dalle centraline ARPA Bergamo, presso le quali si registrano superamenti dei valori definiti dal D.Lgs. 155/2010 maggiormente accentuati.

### 8.1.7 Metalli

La concentrazione di metalli riscontrati, ottenuti come media bisettimanale nell'arco del monitoraggio nei punti P1 e P2 è mostrata nella tabella seguente, confrontata con i limiti ove presenti:

Tabella 16 – Metalli Postazioni P1 e P2 periodo invernale

Elemento	P1 – Via Aldo Moro 3	P2 – Via Bonfanti 59	Valori Limite
Arsenico	0.26	0.35	6
Cadmio	0.17	0.19	5
Mercurio	0.21	0.46	-
Nichel	1.69	1.80	20
Piombo	14.35	8.01	500

Anche per quanto riguarda i metalli si evidenziano concentrazioni inferiori ai limiti fissati dal D.Lgs. 155/2010.

### 8.1.8 IPA

Si riporta la concentrazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici come medie bisettimanali rilevati nelle due postazioni di misura. Il parametro Benzo[a]pirene è confrontato con il valore limite in termini di media annuale stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 1 ng/m<sup>3</sup>.

Tabella 17 – Idrocarburi Policiclici Aromatici postazioni P1 e P2 – Periodo Invernale

Elemento	P1 – Via Aldo Moro 3	P2 – Via Bonfanti 59
Acentaftene	<0,0001	<0,0001
Acenaftilene	<0,0001	<0,0001
Antracene	<0,0001	<0,0001
Benzo[a]abtracene	<0,0001	<0,0001
<b>Benzo[a]pirene</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Benzo[b]fluorantene	<0,0001	<0,0001
Benzo[e]pirene	<0,0001	<0,0001

Elemento	P1 - Via Aldo Moro 3	P2 - Via Bonfanti 59
Benzo[ghi]perilene	<0,0001	<0,0001
Benzo[j]fluorantene	<0,0001	<0,0001
Benzo[k]fluorantene	<0,0001	<0,0001
Crisene	<0,0001	<0,0001
Dibenzo[a,e]pirene	<0,0001	<0,0001
Dibenzo[a,i]pirene	<0,0001	<0,0001
Dibenzo[ah]antracene	<0,0001	<0,0001
Fenantrene	<0,0001	<0,0001
Fluorantene	<0,0001	<0,0001
Fluorene	<0,0001	<0,0001
Indeno[1,2,3-cd]pirene	<0,0001	<0,0001
Pirene	<0,0001	<0,0001
Naftalene	<0,0001	<0,0001
Perilene	<0,0001	<0,0001
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici Totali</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>

Anche le concentrazioni di IPA riscontrate nel periodo invernale non costituiscono rischio per la salute, tutti i valori sono inferiori al limite di rilevabilità del metodo utilizzato e il Benzo[a]pirene risulta inferiore al limite definito dal D.Lgs. 155/2010

### 8.1.9 BTX

I valori di media, massimo e minimo di BTX riscontrati durante il monitoraggio invernale, affiancati al valore limite annuale di  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  definito dal D.Lgs. 155/2010 per il solo benzene, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono riassunti nella tabella seguente:

Tabella 18 – Valori BTX Monitoraggio Invernale

Parametro	Benzene	Toluene	Etilbenzene	Xileni	V.L. Annuo Benzene
Unità di Misura	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Media	1.8	2.1	0.4	1.9	5
Massimo	2.6	2.7	0.8	2.8	–
Minimo	1.4	1.5	0.1	1.1	–

La media delle misure giornaliere di benzene rispetta ampiamente il valore limite annuale di riferimento.

## 8.2 Periodo Estivo

### 8.2.1 Parametri Meteo

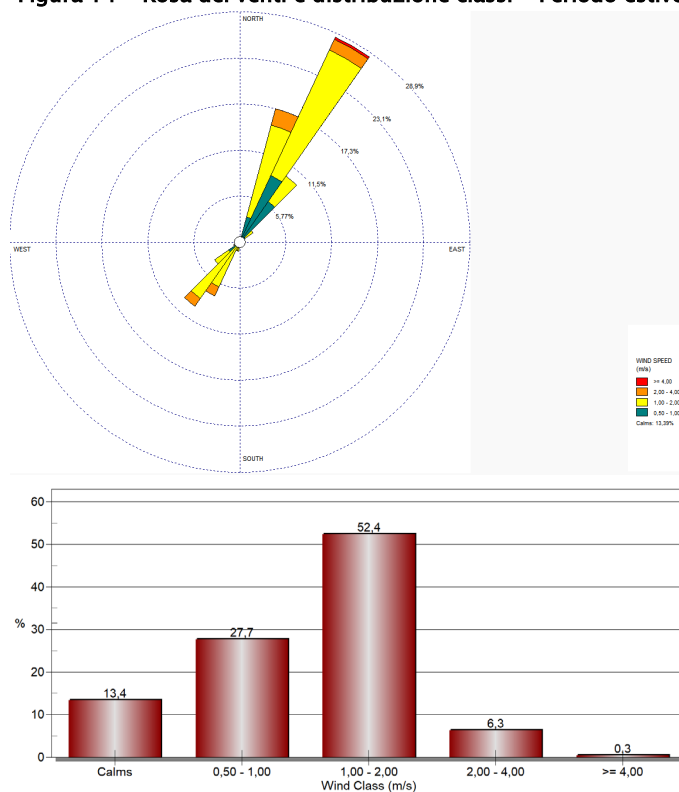
Nel corso della campagna estiva, durata dal 05/09/2023 al 19/09/2023, sono stati registrati dai sensori meteo i valori seguenti, riassunti in termini di media, massimo e minimo. I dati orari sono invece riportati in allegato.

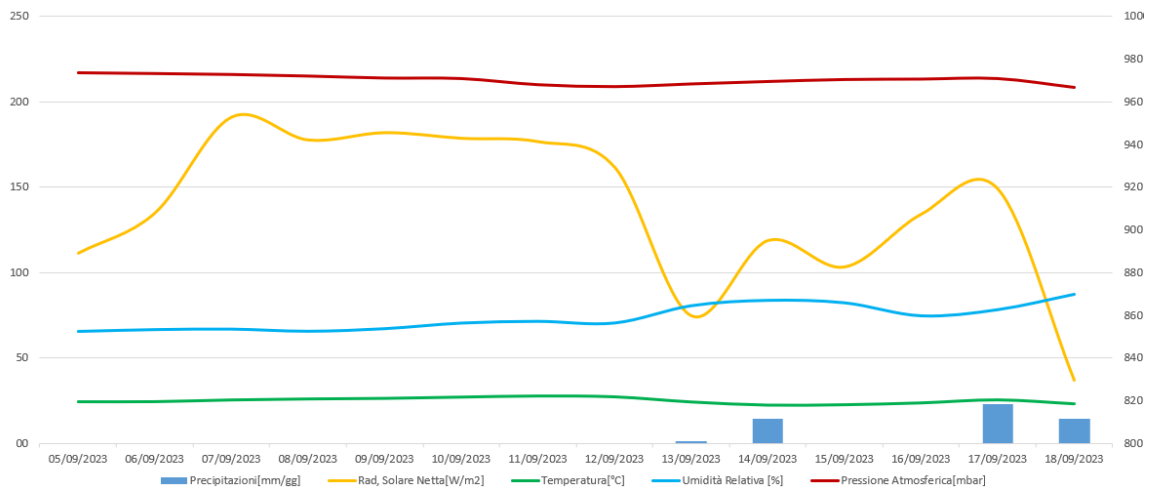
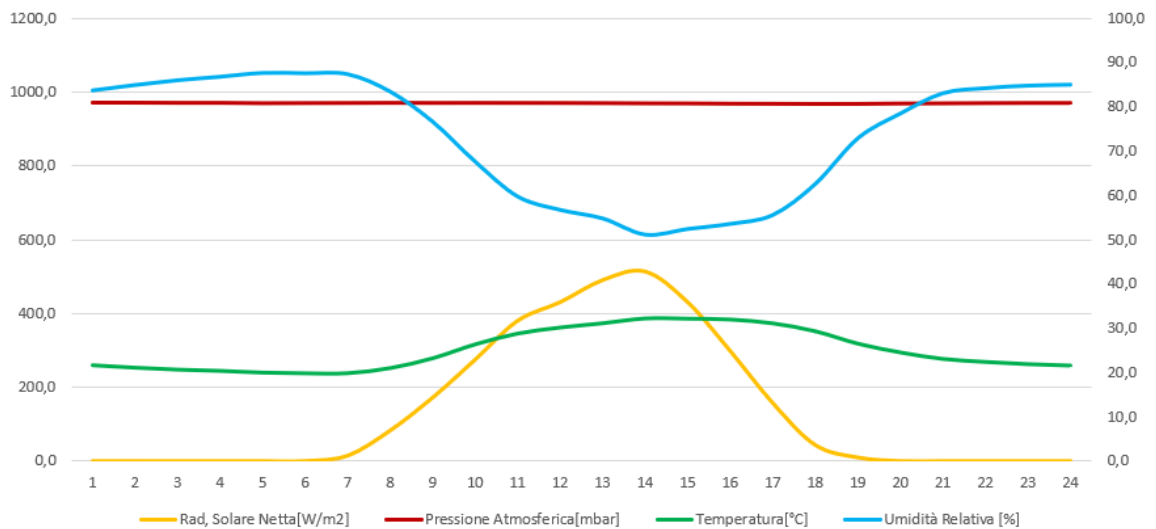
Tabella 19 – Parametri Meteo Periodo Estivo

	Vel. Vento [m/s]	Rad. Netta [W/m2]	Temperatura [°C]	Umidità [%]	Pressione [mbar]	Precipitazioni mm/h
<b>MASSIMO</b>	4.8	690	36.7	98.0	975	18.0
<b>MINIMO</b>	Calma	0	16.6	36.0	963	0
<b>MEDIA</b>	1.1	137.8	25.0	73.6	970	-

Si riportano inoltre la rosa dei venti relativa all'intero periodo di monitoraggio, la distribuzione delle classi di vento, l'andamento dei parametri durante il periodo di monitoraggio e l'andamento medio orario (giorno tipo).

Figura 14 – Rosa dei venti e distribuzione classi – Periodo estivo



**Figura 15 – Andamento Parametri Meteo – Periodo estivo**

**Figura 16 – Andamento Medie Orarie Meteo (Giorno Tipo) – Periodo estivo**


Dall'analisi dei dati meteo si denota una componente significativa di vento di media intensità proveniente da nord-est, condizione che, unita alla maggiore frequenza di precipitazioni piovose (quattro giorni), favorisce la dispersione di inquinanti in quantità maggiore rispetto a quanto riscontrato nel periodo invernale.

## 8.2.2 Ossidi d'azoto

I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto durante il monitoraggio estivo, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono stati i seguenti:

Tabella 20 – Valori ossidi d'azoto – Periodo estivo

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO <sub>2</sub> (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO <sub>2</sub>	13	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NO <sub>x</sub>	18	30
Soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	<b>3</b>	
	Massimo	<b>26</b>	
	Minimo	<b>1</b>	
Dati generali NO <sub>2</sub>	Media oraria	<b>13</b>	
	Massimo	<b>45</b>	
	Minimo	<b>3</b>	
Dati Generali NO <sub>x</sub>	Media oraria	<b>18</b>	
	Massimo	<b>67</b>	
	Minimo	<b>4</b>	

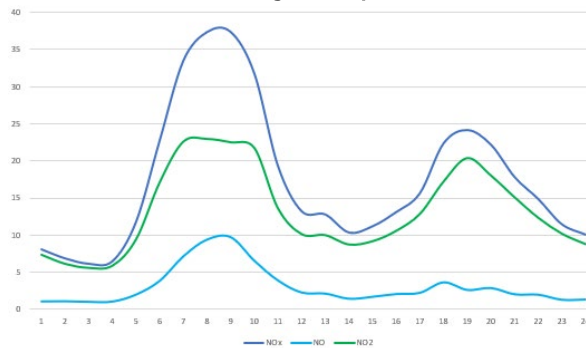
Durante il periodo estivo, come mostrato in tabella, non si sono verificati superamenti, in termini di media, dei valori limite fissati dal D.Lgs. 155/2010. I confronti con i limiti annuali sono da ritenersi comunque indicativi in quanto la durata del campionamento risulta breve se rapportata all'intero anno.

Gli andamenti delle medie giornaliere e del giorno tipo sono mostrati nelle figure seguenti

**Figura 17 – Andamento medie giornaliere Ossidi di Azoto – Periodo estivo**



**Figura 18 – Andamento medie orarie giorno tipo Ossidi di Azoto – Periodo estivo**



I grafici evidenziano come i valori maggiori si registrino nell'intorno delle ore 9 e delle 19, fenomeno riconducibile in parte con l'andamento del traffico stradale. Rispetto al periodo invernale si registra una diminuzione della concentrazione, connessa a un minore utilizzo degli impianti di riscaldamento domestici.

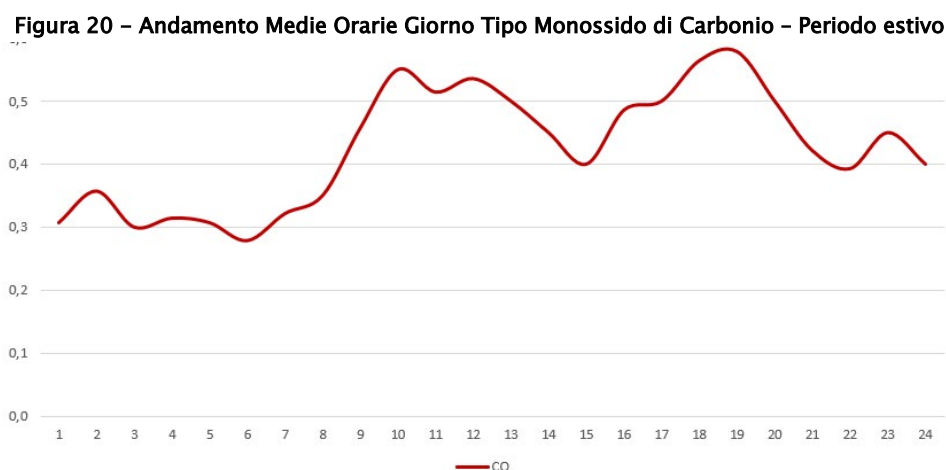
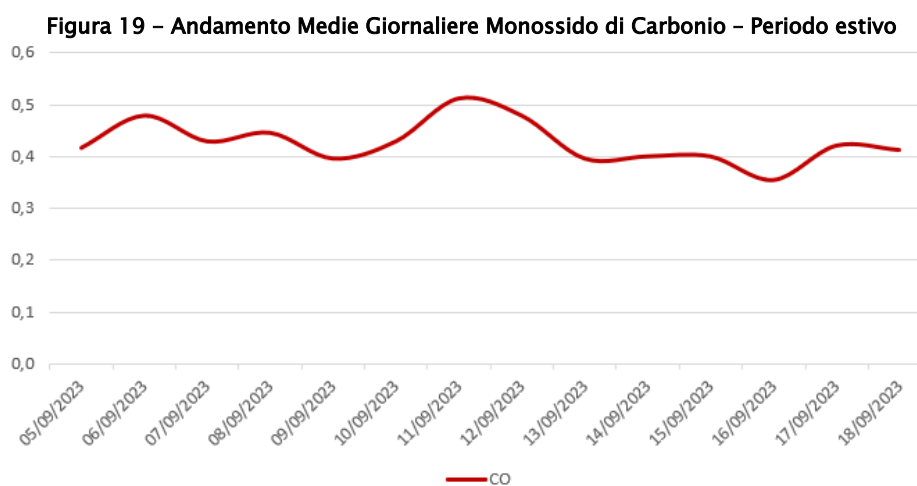
### 8.2.3 Monossido di carbonio

I valori (in mg/m<sup>3</sup>) riscontrati nel monitoraggio estivo sono stati i seguenti:

**Tabella 21 – Valori riscontrati Monossido di Carbonio periodo estivo**

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (mg/m <sup>3</sup> )	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media di 8 ore (n di superamenti)	0.4(0)	10
Dati Generali	Media	<b>0.4</b>	
	Massimo	<b>0.9</b>	
	Minimo	<b>0.2</b>	

Tutti i valori risultano rispettosi del relativo limite, pertanto il monossido di carbonio non appare un parametro a rischio sia nel periodo invernale che estivo. Si riportano in seguito i grafici relativi all'andamento della media giornaliera nel corso del monitoraggio e la media oraria della "giornata tipo".



I grafici ricalcano in parte l'andamento delle medie orarie relative agli ossidi di azoto, con un picco nell'intorno delle 19, e uno alle 10.

## 8.2.4 Biossido di zolfo

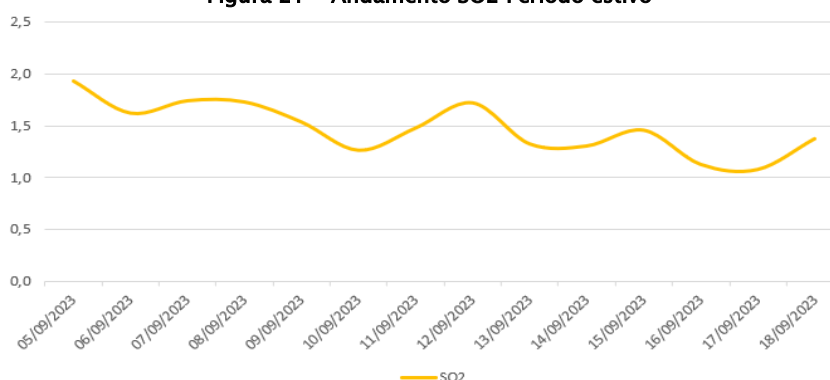
La tabella seguente mostra i valori riscontrati relativi al biossido di zolfo nel periodo estivo:

**Tabella 22 – Biossido di Zolfo – Periodo estivo**

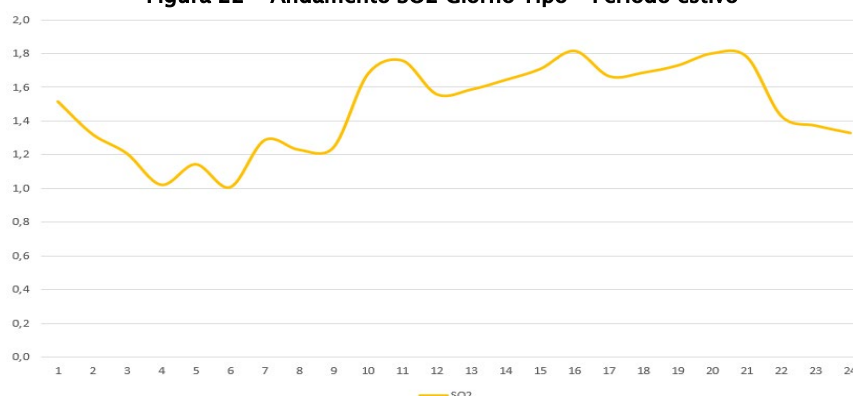
Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Oraria	1	350
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Giornaliera	1	125
Soglia di Allarme	Numero Superamenti	0	500
Dati Generali	Media	1	
	Massimo	3	
	Minimo	0	

Anche i valori misurati nel periodo estivo rispettano ampiamente tutti i limiti fissati dal D.Lgs. 155/2010. Rispetto al periodo invernale si nota un decremento delle concentrazioni di tale parametro principalmente dovuto a una diminuzione dell'utilizzo di sistemi di riscaldamento. Viene riportato in seguito l'andamento del composto durante il periodo di campionamento e le rispettive medie orarie del giorno tipo:

**Figura 21 – Andamento SO<sub>2</sub> Periodo estivo**



**Figura 22 – Andamento SO<sub>2</sub> Giorno Tipo – Periodo estivo**



## 8.2.5 Ozono

I valori registrati per il parametro ozono nel periodo estivo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono i seguenti

Tabella 23 - Valori Ozono  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Periodo Invernale

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite
Soglia di informazione	Media Oraria	69	180
Soglia di Allarme	Media Oraria	69	240
Valore Obiettivo	Media sulle 8 ore (n superamenti)	69 (42)	120 (25)
Dati Generali	Media	<b>69</b>	
	Massimo	<b>189</b>	
	Minimo	<b>4</b>	

A causa del differente intervallo temporale in cui è stato effettuato il monitoraggio gli indici relativi alla protezione della vegetazione e delle foreste non sono calcolabili. I valori riscontrati durante il periodo estivo sono rispettati in termini di valori medi, mentre si sono verificati 42 superamenti del valore obbiettivo di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sono a seguito riportati i grafici che illustrano l'andamento medio della concentrazione giornaliera e oraria durante il periodo di monitoraggio.

Figura 23 - Andamento Ozono  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Periodo estivo

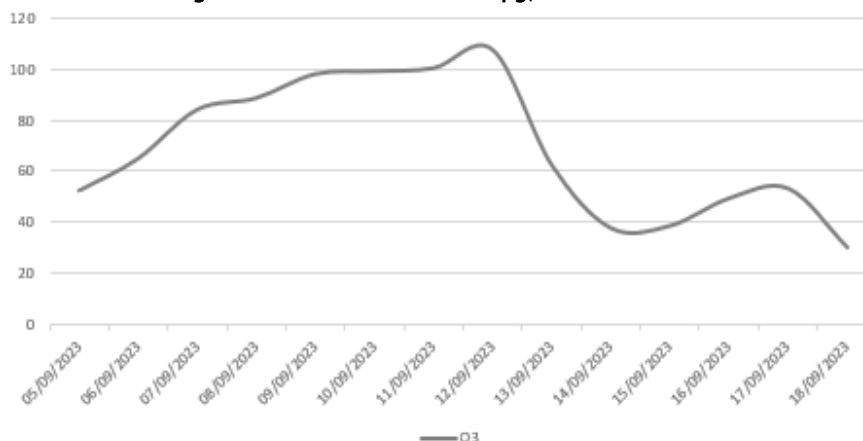
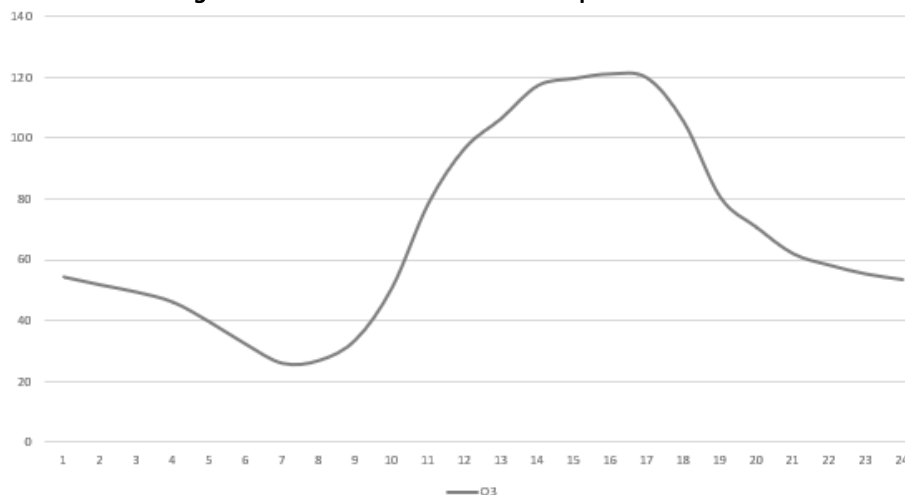


Figura 24 - Andamento O3 - Giorno Tipo Periodo estivo



## 8.2.6 PM10-PM2.5

Le tabelle seguenti mostrano il riassunto dei valori di PM10 e PM2.5 riscontrati nelle postazioni Laboratorio Mobile, P1 e P2 durante il monitoraggio estivo, i quali sono confrontati con i limiti definiti dal D.Lgs. 155/2010:

Tabella 24 – Valori PM10 – Periodo estivo

Unità di Misura		Lab. Mobile	P1	P2	Limite Giornaliero	Limite Annuale
		µg/m3				
Dati generali	Media	30.0	25.9	27.5	50	40
	Massimo	44.9	40.2	41.0		
	Minimo	20.6	18.6	15.1		

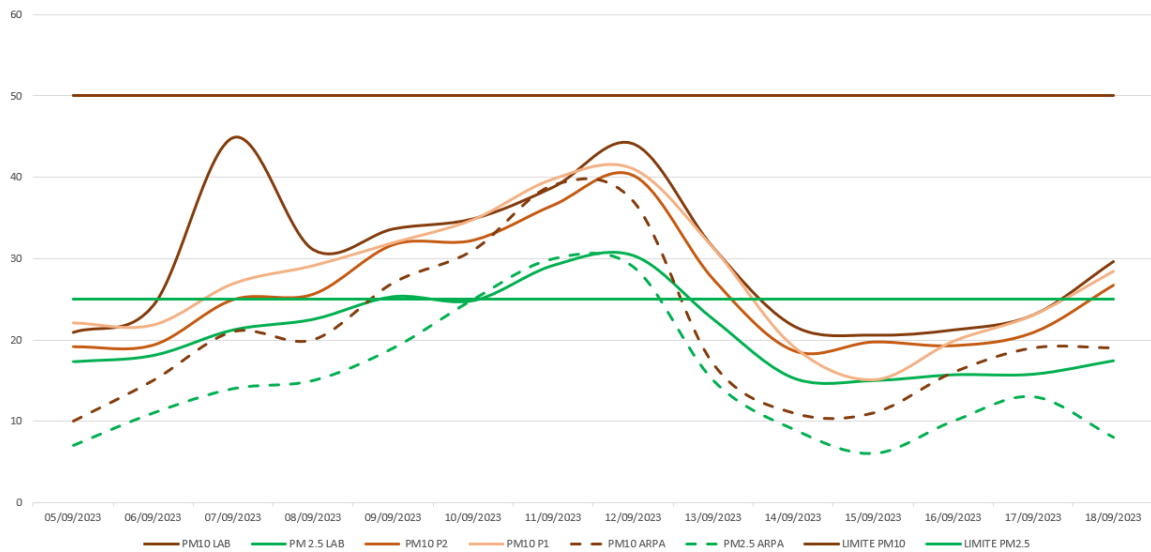
Tabella 25 – Valori PM2.5 – Periodo estivo

Unità di Misura		Lab. Mobile	Valore Obiettivo
		µg/m3	
Dati generali	Media	20.8	25
	Massimo	30.4	
	Minimo	15.0	

Le tabelle mostrano il rispetto dei limiti giornalieri e annuali per quanto riguarda il parametro PM10, condizione parzialmente verificata in quanto l'intervallo temporale in cui è stato effettuato il monitoraggio copre un tempo ampiamente inferiore rispetto all'intero anno solare. Anche per quanto riguarda il parametro PM2.5, contrariamente a quanto accaduto per il periodo invernale, il livello medio di concentrazione è inferiore al valore obiettivo di 25 µg/m3 individuato nel D.Lgs. 155/2010.

Si riporta in seguito un grafico contenente l'andamento dei parametri PM10-PM2.5 durante il monitoraggio invernale, al quale si accostano i valori riscontrati presso la centralina ARPA Bergamo – Via Meucci.

Figura 25 – Andamento e Confronto dati ARPA – PM10-2.5 – Periodo estivo



Il grafico mostra una forte correlazione tra gli andamenti localizzati presso il Comune di Colzate e quanto riscontrato dalle centraline ARPA Bergamo. Il superamento del valore obiettivo definito per il PM2.5, visibile nel grafico tra il 9 e il 13 settembre, risulta solo indicativo in quanto si tratta di un valore medio su scala annuale.

## 8.2.7 Metalli

La concentrazione di metalli riscontrati, ottenuti come media bisettimanale nell'arco del monitoraggio nei punti P1 e P2 è mostrata nella tabella seguente, confrontata con i limiti ove presenti:

**Tabella 26 – Metalli Postazioni P1 e P2 periodo estivo - ng/m<sup>3</sup>**

Elemento	P1 – Via Aldo Moro 3	P2 – Via Bonfanti 59	Valori Limite
Arsenico	0.26	0.28	6
Cadmio	<0.13	<0.13	5
Mercurio	0.07	0.03	-
Nichel	2.41	2.63	20
Piombo	3.75	5.07	500

Anche per quanto riguarda i metalli si evidenziano concentrazioni inferiori ai limiti fissati dal D.Lgs. 155/2010.

## 8.2.8 IPA

Si riporta la concentrazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici come medie bisettimanali rilevati nelle due postazioni di misura. Il parametro Benzo[a]pirene è confrontato con il valore limite in termini di media annuale stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 1 ng/m<sup>3</sup>.

**Tabella 27 – Idrocarburi Policiclici Aromatici postazioni P1 e P2 – Periodo Invernale**

Elemento	P1 – Via Aldo Moro 3	P2 – Via Bonfanti 59
Acentaftene	<0.0001	<0.0001
Acenaftilene	<0.0001	<0.0001
Antracene	<0.0001	<0.0001
Benzo[a]abtracene	<0.0001	<0.0001
<b>Benzo[a]pirene</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Benzo[b]fluorantene	<0.0001	<0.0001
Benzo[e]pirene	<0.0001	<0.0001

Elemento	P1 - Via Aldo Moro 3	P2 - Via Bonfanti 59
Benzo[ghi]perilene	<0.0001	<0.0001
Benzo[j]fluorantene	<0.0001	<0.0001
Benzo[k]fluorantene	<0.0001	<0.0001
Crisene	<0.0001	<0.0001
Dibenzo[a,e]pirene	<0.0001	<0.0001
Dibenzo[a,i]pirene	<0.0001	<0.0001
Dibenzo[ah]antracene	<0.0001	<0.0001
Fenantrene	<0.0001	<0.0001
Fluorantene	<0.0001	<0.0001
Fluorene	<0.0001	<0.0001
Indeno[1,2,3-cd]pirene	<0.0001	<0.0001
Pirene	<0.0001	<0.0001
Naftalene	<0.0001	<0.0001
Perilene	<0.0001	<0.0001
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici Totali</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Anche le concentrazioni di IPA riscontrate nel periodo estivo non costituiscono rischio per la salute, tutti i valori sono inferiori al limite di rilevabilità del metodo utilizzato e il Benzo[a]pirene risulta inferiore al limite definito dal D.Lgs. 155/2010.

## 8.2.9 BTX

I valori di media, massimo e minimo di BTX riscontrati durante il monitoraggio estivo, affiancati al valore limite annuale di  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  definito dal D.Lgs. 155/2010 per il solo benzene, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono riassunti nella tabella seguente:

**Tabella 28 – Valori BTX Monitoraggio estivo**

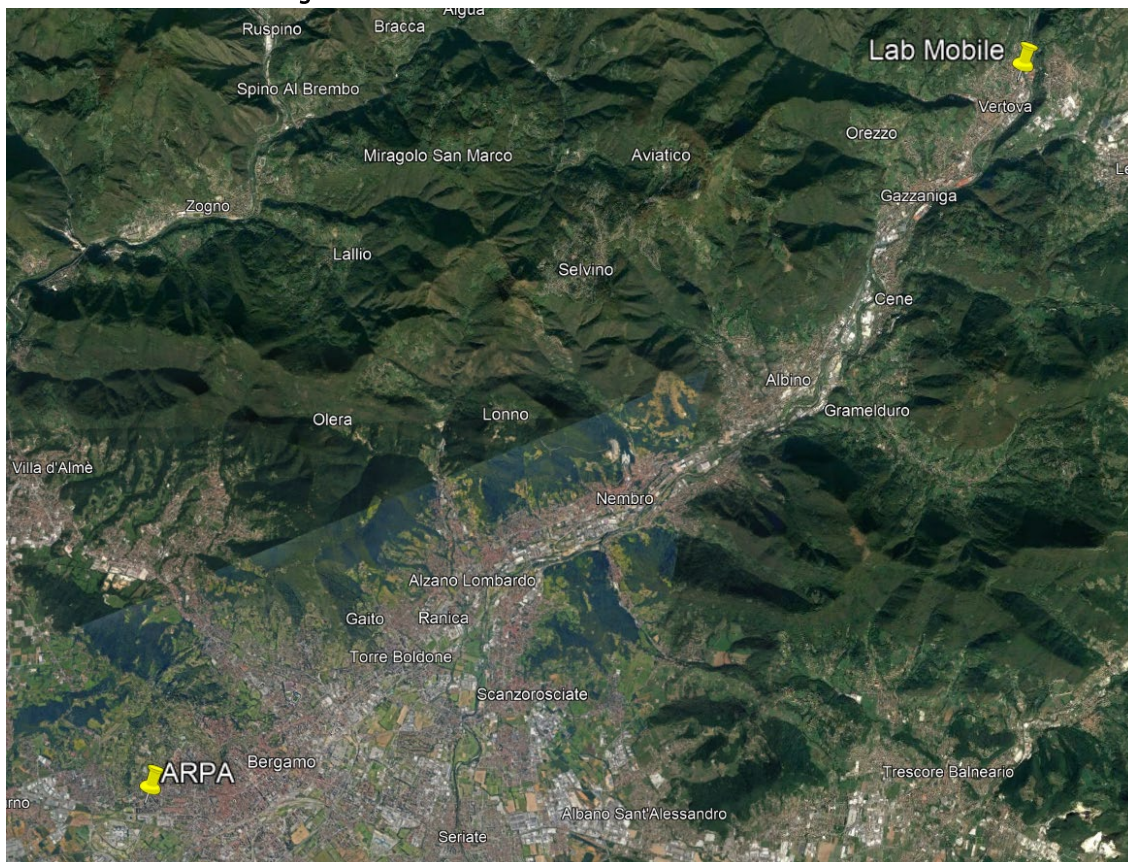
Parametro	Benzene	Toluene	Etilbenzene	Xileni	V.L. Annuo Benzene
Unità di Misura	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Media	0.91	1.80	0.44	1.59	5
Massimo	1.39	3.22	0.93	3.34	-
Minimo	0.64	1.20	0.27	1.01	-

La media delle misure giornaliere di benzene rispetta ampiamente il valore limite annuale di riferimento.

## 9. Confronto con dati ARPA

Ottenuti i dati di concentrazione dei composti identificati tramite laboratorio mobile, è stato infine effettuato un confronto con i dati rilevati dalla centralina di qualità dell'aria ARPA più vicina e disponibile nell'area oggetto di indagine. È stata pertanto identificata la stazione posizionata nei pressi di **Bergamo - Via Meucci** la cui posizione rispetto al punto di misura è mostrata nell'immagine seguente.

**Figura 26 – Posizionamento Stazione ARPA e Lab Mobile**



Per il solo parametro Benzene si riportano i dati ottenuti presso la stazione ARPA di **Bergamo- via Garibaldi**. La tabella seguente mostra il confronto tra le medie ottenute dal laboratorio mobile e quanto registrato da ARPA, in entrambi i periodi di monitoraggio.

Tabella 29 – Confronto Medie Parametri Monitoraggio – ARPA Lombardia

Parametro	Periodo Invernale		Periodo Estivo	
	Monitoraggio Colzate	ARPA	Monitoraggio Colzate	ARPA
NOx	44	87	18	26
NO	10	19	3	3
NO2	29	58	13	21
CO	0.5	0.5	0.4	0.4
SO2	4	4	1	1
O3	21	27	69	85
PM10	36.0*	39.2	27.8*	20.9
PM2.5	32.4	33.9	20.8	15.1
As – ng/m <sup>3</sup>	0.31**	0.2***	0.27**	0.27***
Cd – ng/m <sup>3</sup>	0.18**	0.1***	<0.13**	0.12***
Hg – ng/m <sup>3</sup>	0.34**	–	0.05**	–
Ni – ng/m <sup>3</sup>	1.75**	0.9***	2.52**	1.24***
Pb – ng/m <sup>3</sup>	11.18**	2.9***	4.41**	4.9***
B[a]P	<0.0001	0.005***	<0.0001	0.0005***
Benzene	1.8	1.5	0.9	0.7
Toluene	2.1	–	1.8	–
Etilbenzene	0.4	–	0.4	–
Xilene	1.9	–	1.6	–

\*media delle concentrazioni ottenute presso i punti P1, P2 e Lab. Mobile;

\*\*media delle concentrazioni ottenute presso i punti P1 e P2;

\*\*\*dati non disponibili per l'anno corrente, si utilizzano i valori del 2022 riferiti allo stesso periodo di monitoraggio. Come visibile in tabella, i valori risultano nella sostanza confrontabili quando significativi in termini di media, su entrambi i periodi di monitoraggio.

## 10. Riassunto superamenti valori limite e obiettivo – Confronti tra i monitoraggi

In questo paragrafo si riportano i valori misurati nelle differenti campagne che eccedono le concentrazioni limite in termini di media annuale definite dal D.Lgs. 155/2010, in particolare:

- **NO<sub>x</sub>**, periodo invernale: media pari a 44 µg/m<sup>3</sup> a fronte di un limite in termini di media annuale pari a 30 µg/m<sup>3</sup> (valore limite per la protezione della vegetazione);
- **PM<sub>2.5</sub>**, periodo invernale: media pari a 32 µg/m<sup>3</sup> a fronte di un limite in termini di media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup>;
- **Ozono**, periodo estivo: 42 superamenti in termini di media mobile sulle 8 ore a fronte di un valore obiettivo pari a 25 superamenti della concentrazione di 120 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i superamenti dei limiti di NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub> si estende il confronto ai valori ottenuti dalle medie delle due campagne di monitoraggio (invernale ed estiva), dal momento che il limite è riferito in entrambi i casi alla media annuale. Anche in questo caso, il confronto risulta indicativo in quanto riferito a quattro settimane di monitoraggio:

Tabella 30 – Confronto medie monitoraggio – limiti annuali

Parametro	Campagna	Valore [µg/m <sup>3</sup> ]	Limite [µg/m <sup>3</sup> ]
NO <sub>x</sub>	Invernale	44	30
	Estiva	18	
	<b>MEDIA</b>	<b>31</b>	
PM <sub>2.5</sub>	Invernale	32.0	25
	Estiva	20.8	
	<b>MEDIA</b>	<b>26.4</b>	

In entrambi i casi, il valore ottenuto dalla media dei monitoraggi risulta superiore al valore limite definito dal D.Lgs. 155/2010, anche se si denota dal confronto un significativo calo delle concentrazioni relativo al periodo estivo e un conseguente valore medio maggiormente contenuto, prossimo al valore limite. Fenomeno inverso accade per quanto riguarda la concentrazione di ozono nell'aria, la quale è strettamente associata al forte irraggiamento solare tipico della stagione estiva.

## 11. Conclusioni

Le campagne di monitoraggio avvenute nei mesi di gennaio/febbraio (periodo invernale) e settembre (periodo estivo) hanno mostrato come i parametri CO (monossido di carbonio) e SO<sub>2</sub> (biossido di zolfo) non costituiscano fonti di inquinamento significativi per l'area di indagine in entrambi i periodi di misura. Valori rispettosi dei limiti definiti dalla normativa si hanno anche per metalli, BTX (Benzene) PM<sub>10</sub> e Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo[a]Pirene).

Il parametro O<sub>3</sub> (ozono) risulta rispettoso dei limiti definiti in entrambi i periodi di monitoraggio, superando 42 volte nel periodo estivo, a causa del forte irraggiamento solare, il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup> in termini di media mobile sulle 8h.

Differente valutazione va effettuata per i parametri NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub>, le cui concentrazioni sono risultate significative nel periodo invernale. La causa può essere ricondotta ad un maggiore utilizzo dei sistemi di riscaldamento tipici dell'area di indagine, fenomeno tuttavia riscontrabile ad ampio raggio, come dimostrato dal confronto tra gli andamenti rilevati dalle stazioni ARPA Provinciali.

Dalle valutazioni effettuate risulta pertanto che l'area monitorata non presenta fonti di inquinamento sito-specifiche.