

REPORT CAMPAGNA DI MONITORAGGIO - QUALITÀ DELL'ARIA -

Comune di Frosinone (FR)

Sommario

Indice delle tabelle	3
Indice delle figure.....	3
1 Posizione, data e luogo del campionamento	4
2 Scopo del monitoraggio	5
3 Inquadramento meteorologico.....	7
4 Risultati della campagna	10
4.1 Particolato atmosferico PM10	13
4.2 Particolato atmosferico PM2.5	13
4.3 Biossido di azoto NO ₂	14
4.4 Ozono O ₃	14
4.5 Anidride solforosa SO ₂	15
4.6 Benzene C ₆ H ₆	15
4.7 Ammoniaca NH ₃	16
4.8 Acido Solfidrico H ₂ S.....	16
5 Analisi dei dati di monitoraggio.....	17
6 Conclusioni.....	18

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1 - Informazioni campagna di monitoraggio</i>	<i>4</i>
<i>Tabella 2 - Dotazione strumentale del laboratorio mobile.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 3 - Valori limite secondo il D.Lgs. 155/2010.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 4 - Inquinanti atmosferici e rispettivi tempi di mediazione</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 5 - Risultati statistici</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 6 - Confronto standard di qualità dell'aria e dati rilevati</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 7 - Confronto standard di qualità dell'aria secondo OMS e dati rilevati.....</i>	<i>19</i>

Indice delle figure

<i>Figura 1 - Localizzazione Mezzo Mobile</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 - Vento medio, Precipitazione cumulata e Radiazione Globale Totale</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 - Rosa dei venti.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 - Temperatura, Umidità relativa e Pressione</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5 - Valori giornalieri di concentrazione di PM10</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 - Valori giornalieri di concentrazione di PM2.5</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7 - Valori medi orari di concentrazione di NO₂.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8 - Valori medi orari di concentrazione di O₃</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9 - Valori medi orari di concentrazione di SO₂</i>	<i>15</i>
<i>Figura 10 - Valori medi orari di concentrazione di C₆H₆</i>	<i>15</i>
<i>Figura 11 - Valori medi orari di concentrazione di NH₃.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 12 - Valori medi orari di concentrazione di H₂S</i>	<i>16</i>

1 Posizione, data e luogo del campionamento

Tabella 1 - Informazioni campagna di monitoraggio

Comune	Frosinone
Località	Via Monti Lepini 46, 03100, Frosinone (FR)
Coordinate	Latitudine: 41.615325 Longitudine: 13.305680
Durata campagna	29/03/24 – 09/05/24
Mezzo mobile utilizzato	Mezzo Mobile 72-2
Redazione documento	Giugno 2024



Figura 1 - Localizzazione Mezzo Mobile

2 Scopo del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria della Regione Lazio viene realizzato impiegando congiuntamente l'insieme degli strumenti previsti dalla normativa (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.):

- la rete fissa di monitoraggio;
- le catene modellistiche (forecast e near-realtime);
- le misure indicative;
- i metodi oggettivi di tipo statistico.

Le misure indicative vengono realizzate attraverso il monitoraggio effettuato con i mezzi mobili che sono dotati degli stessi analizzatori installati presso le stazioni della rete fissa.

Il monitoraggio realizzato con i mezzi mobili viene effettuato per indagare porzioni di territorio più o meno distanti dai punti fissi di misura con lo scopo di aumentare e migliorare la conoscenza dello stato della qualità dell'aria sul territorio regionale.

La differenza sostanziale tra le misure della rete di monitoraggio fissa e le misure indicative è la continuità temporale. Nel primo caso la copertura temporale è continua (ad eccezione di problemi strumentali), nel secondo caso è inevitabilmente legata alla durata della campagna di misura che, nell'arco di 1 anno civile, deve coprire almeno il 14 %.

Le campagne hanno quindi generalmente una durata media di circa due mesi (suddivisi tra il periodo invernale e quello estivo), e sono realizzate in base ad una programmazione annuale, che talvolta deve essere rivista alla luce di eventuali richieste da parte di altre amministrazioni, dell'autorità giudiziaria e del verificarsi di emergenze ambientali quali ad esempio gli incendi.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Frosinone, è caratterizzata da una durata inferiore a quanto previsto per le misure indicative, in quanto effettuata a seguito di varie segnalazioni nelle quali, alla luce presenza di “cattivi odori” si richiedeva il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente nell'area individuata in Figura 1.

Nella Tabella 2 viene riportata la dotazione strumentale presente sul laboratorio mobile, in dotazione ad Arpa Lazio, impiegato per la campagna di monitoraggio.

Tabella 2 - Dotazione strumentale del laboratorio mobile

Analizzatore	Modello	Principio chimico-fisico
POLVERI PM10	<i>FAI SWAM 5a Dual Channel</i>	<i>Det. Grav. Att. β</i>
POLVERI PM2.5	<i>FAI SWAM 5a Dual Channel</i>	<i>Det. Grav. Att. β</i>
NO _x	<i>API 200 E</i>	<i>Chemiluminescenza</i>
SO ₂	<i>API 100 E</i>	<i>Fluorescenza UV</i>
O ₃	<i>API 400 E</i>	<i>Fotometria UV</i>
BTEX	<i>Chromatotec</i>	<i>Cromatografia PID</i>
H ₂ S	<i>API T 101</i>	<i>Fluorescenza UV</i>
NH ₃	<i>API 201 E</i>	<i>Chemiluminescenza</i>

3 Inquadramento meteorologico

Si riportano nella scheda seguente i parametri meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. Tali parametri costituiscono elementi essenziali per una corretta analisi dei dati di concentrazione degli inquinanti misurati.

ANAGRAFICA

- zona: Via Monti Lepini 46, 03100, Frosinone (FR)
- periodo: dal 2024-03-29 al 2024-05-09
- giorni di monitoraggio TOTALI: 42
- giorni di monitoraggio COMPLETI: 30

CALCOLI SEGUENTI ESEGUITI SU GIORNI COMPLETI

PRECIPITAZIONI

- cumulata totale campagna: 68.6 (mm)
- giorno maggiormente piovoso - cumulata: 2024-05-02 - 21.4 (mm)
- giorni senza pioggia: 23
- giorni con pioggia: 7
- perc. giorni piovosi: 23.3 %

UMIDITÀ RELATIVA

- umidità massima: 97.7 %
- umidità minima: 22.4 %

VENTO

- vento medio: 0.73 (m/s)
- vento massimo: 2024-04-01 17:00 - 5.83 (m/s)
- settore prevalente: S
- vento medio settore prevalente: 1.56 (m/s)

RADIAZIONE

- integrale radiazione massima: 2024-05-04 - 5930 (W/m²)
- integrale radiazione minima: 2024-05-01 - 1914 (W/m²)

PRESSIONE

- pressione massima: 2024-04-14 - 1009.3 (mbar)
- pressione minima: 2024-04-17 - 984.2 (mbar)

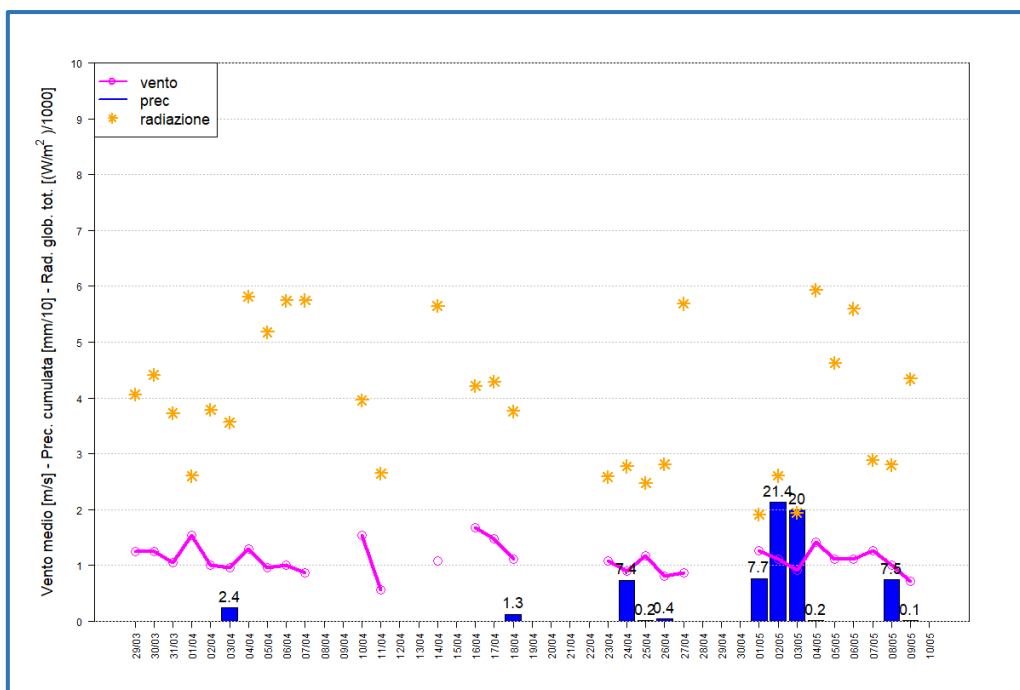


Figura 2 - Vento medio, Precipitazione cumulata e Radiazione Globale Totale

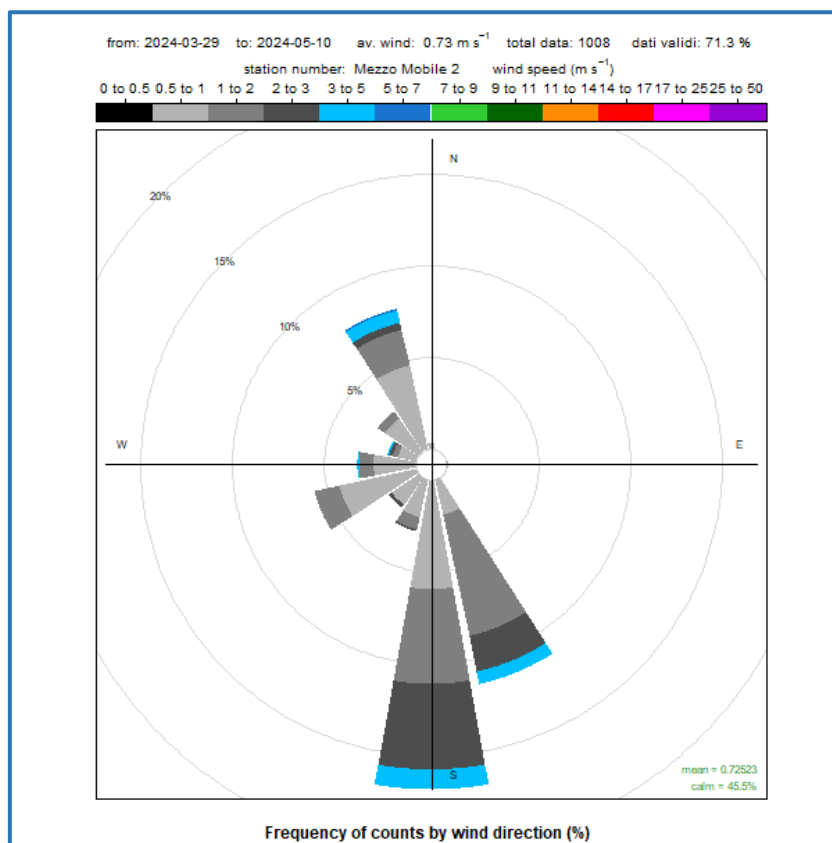


Figura 3 - Rosa dei venti

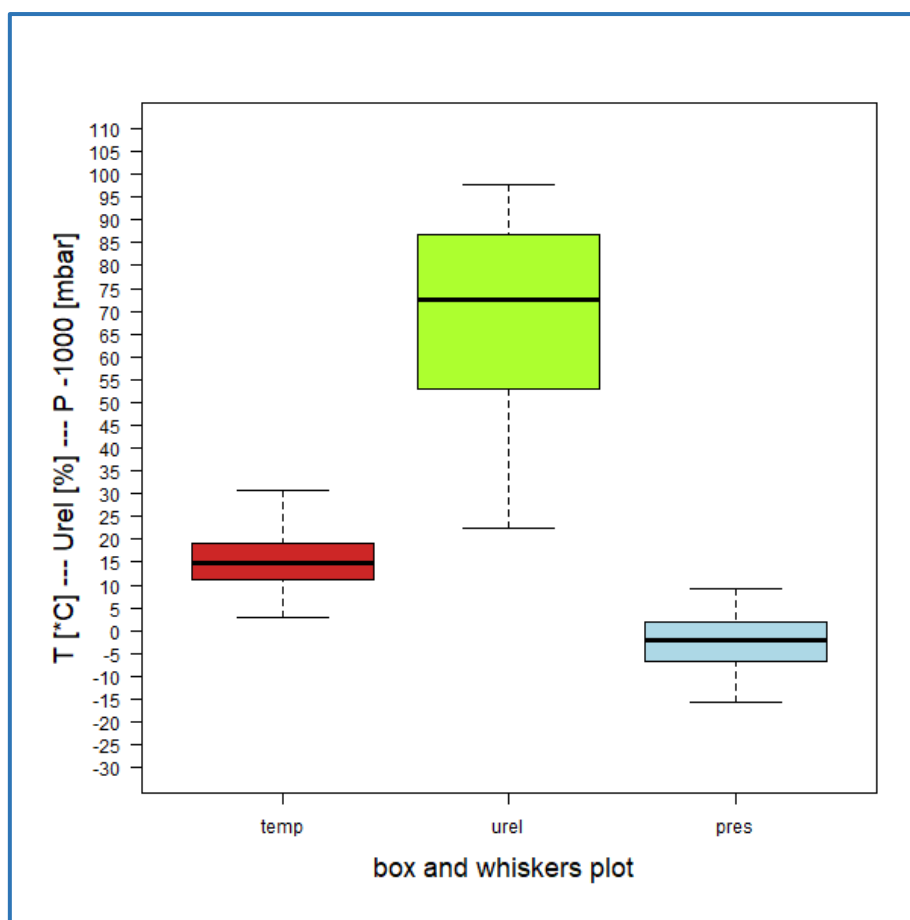


Figura 4 - Temperatura, Umidità relativa e Pressione

4 Risultati della campagna

Vengono riportati di seguito i risultati della campagna di monitoraggio ed i valori limiti previsti dalla normativa vigente per la protezione della salute umana.

È necessario evidenziare che tutti i valori limite stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 si riferiscono sempre ad un arco temporale pari ad 1 anno civile, mentre le campagne hanno una durata media di circa due mesi. Nel caso specifico della campagna in oggetto, come già esplicitato nel capitolo 2, la durata risulta essere ulteriormente limitata.

Tabella 3 - Valori limite secondo il D.Lgs. 155/2010

Limiti della protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010	
PM10	Valore limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli medi giornalieri da non superare più di 35 volte per anno civile
	Valore limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
PM2.5	Valore limite 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
NO₂	Valore limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari di concentrazione da non superare più di 18 volte per anno civile
	Valore limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
O₃	Valore limite di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari di concentrazione rispettivamente soglia di informazione e di allarme
	Valore limite di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte nell'anno civile
SO₂	Valore limite 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari
	Valore limite 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile
C₆H₆	Valore limite 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale

In merito agli inquinanti atmosferici NH_3 e H_2S , rispettivamente Ammoniaca ed Acido Solfidrico, la normativa nazionale ed europea non stabilisce valori limite o standard da rispettare per le concentrazioni in aria ambiente. Come termine di riferimento si riportano i valori di concentrazione definiti nelle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (*Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000*)¹:

- Ammoniaca (NH_3): il livello critico per l'ambiente è pari a $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera, non sono presenti invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana, mentre sono fissate le soglie di esposizione professionale, TLV-TWA² pari a $17 \text{ mg}/\text{m}^3$ e TLV-STE³ pari a $24 \text{ mg}/\text{m}^3$;
- Acido Solfidrico (H_2S): il valore di riferimento per le concentrazioni in atmosfera è pari a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera. Le soglie di esposizione professionale sono rispettivamente TLV-TWA pari a $7 \text{ mg}/\text{m}^3$ e TLV-STE³ pari a $14 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Le misure istantanee di concentrazione delle specie gassose (NO_x , SO_2 , O_3 , ...), in conformità con quanto stabilito dalla normativa (direttiva 2008/50/CE e D.Lgs. 155/2010 e s.m.i), sono state mediate a livello orario, mentre le misure di particolato sottile (PM10 e PM2.5) sono state eseguite in modo da rappresentare le concentrazioni medie giornaliere.

¹ World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen (2000): Air Quality Guidelines for Europe - WHO Regional Publications, European Series, No. 91;

² TLV-TWA (Threshold Limit Value - Time Weighted Average): Valore limite ponderato. Rappresenta la concentrazione media, ponderata nel tempo, degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti di lavoro nell'arco dell'intero turno lavorativo ed indica il livello di esposizione al quale si presume che il lavoratore possa essere esposto 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per tutta la durata della vita lavorativa, senza risentire di effetti dannosi per la salute.

³ TLV-STE (Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit): Valore limite per brevi esposizioni. Rappresenta le concentrazioni medie che possono essere raggiunte dai vari inquinanti per un periodo massimo di 15 minuti, e comunque per non più di 4 volte al giorno con intervalli di almeno 1 ora tra i periodi di punta.

Tabella 4 - Inquinanti atmosferici e rispettivi tempi di mediazione

Inquinanti	Tempo di mediazione	Unità di misura
PM10	24 ore	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5	24 ore	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO₂	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO_x	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
O₃	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO₂	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C₆H₆	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NH₃	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
H₂S	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.1 Particolato atmosferico PM10

Il valore limite per le concentrazioni medie giornaliere è pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 35 volte nell'anno civile.

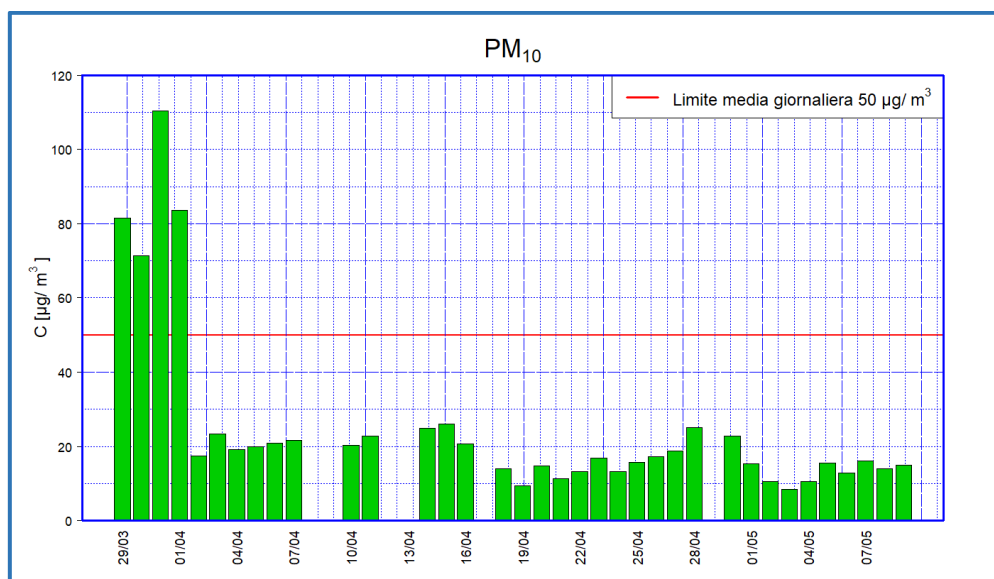


Figura 5 - Valori giornalieri di concentrazione di PM10

4.2 Particolato atmosferico PM2.5

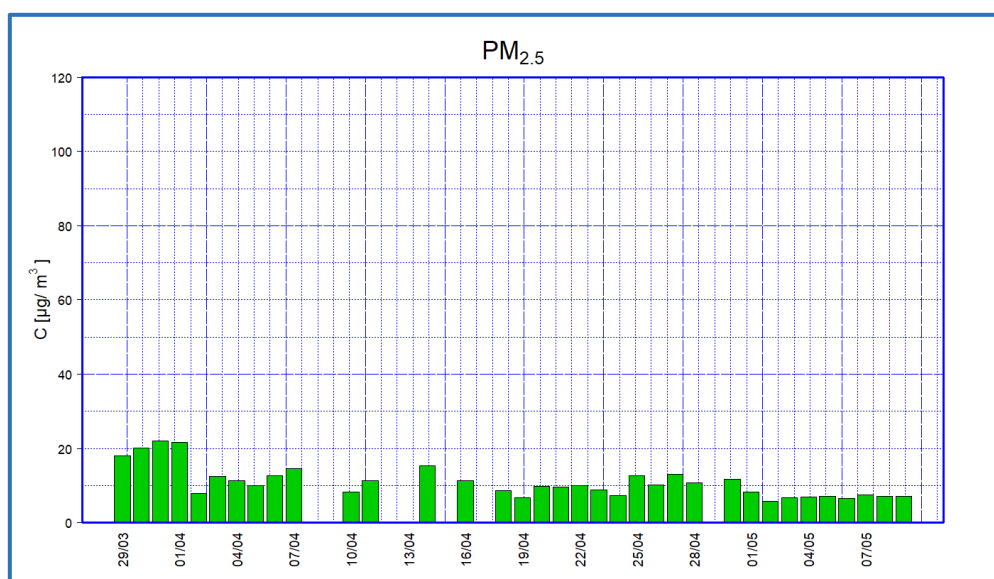


Figura 6 - Valori giornalieri di concentrazione di PM2.5

4.3 Biossido di azoto NO_2

Il valore limite per le concentrazioni medie orarie è pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare più di 18 volte nell'anno civile.

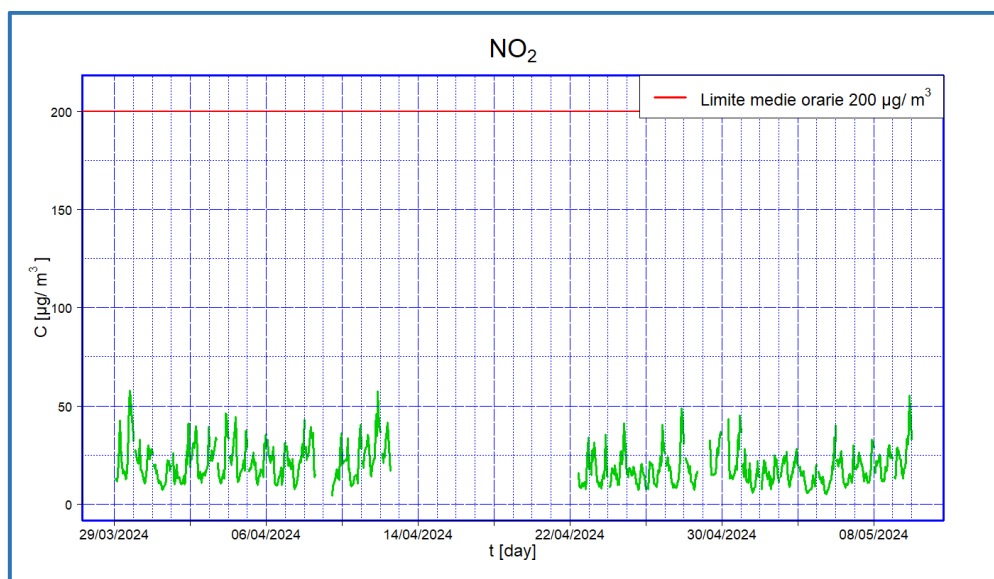


Figura 7 - Valori medi orari di concentrazione di NO_2

4.4 Ozono O_3

I valori limite di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni medie orarie rappresentano rispettivamente la soglia di informazione e la soglia d'allarme.

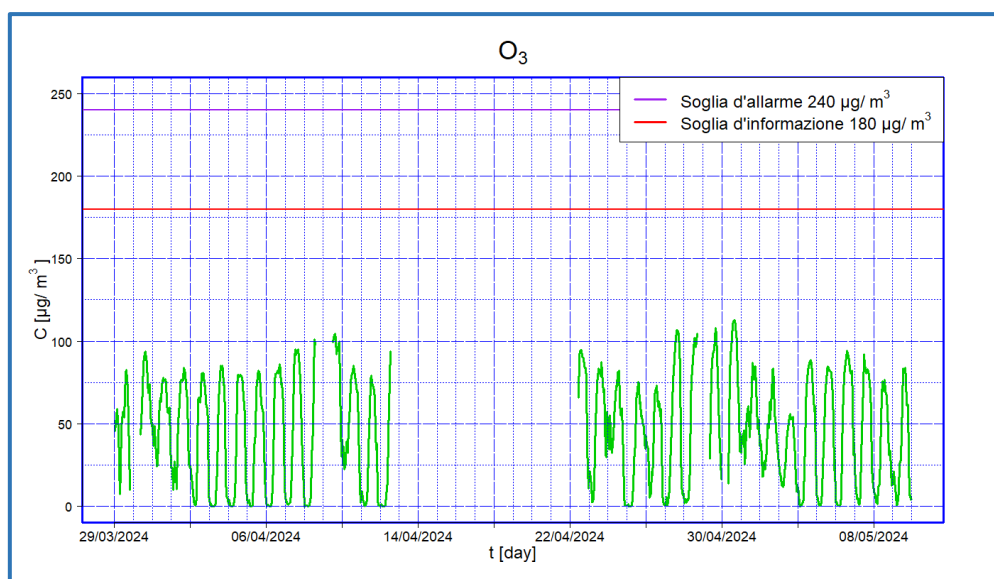


Figura 8 - Valori medi orari di concentrazione di O_3

4.5 Anidride solforosa SO_2

Il valore limite per le concentrazioni medie orarie è pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

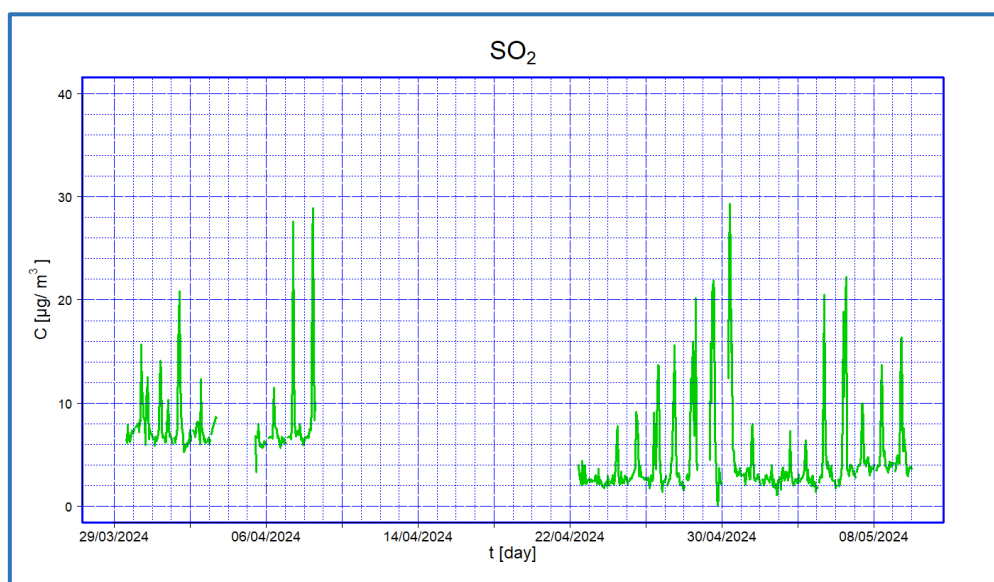


Figura 9 - Valori medi orari di concentrazione di SO_2

4.6 Benzene C_6H_6

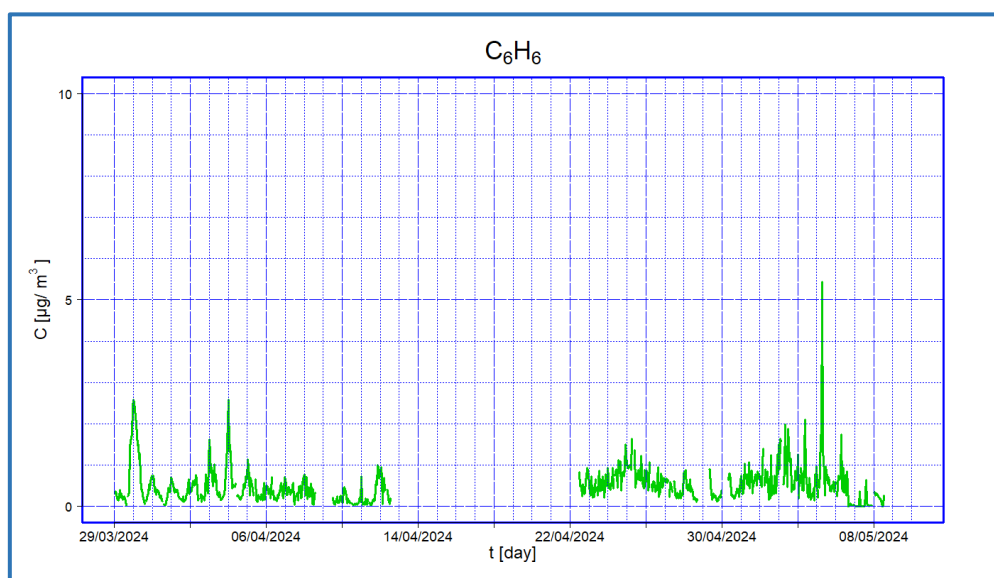


Figura 10 - Valori medi orari di concentrazione di C_6H_6

4.7 Ammoniaca NH_3

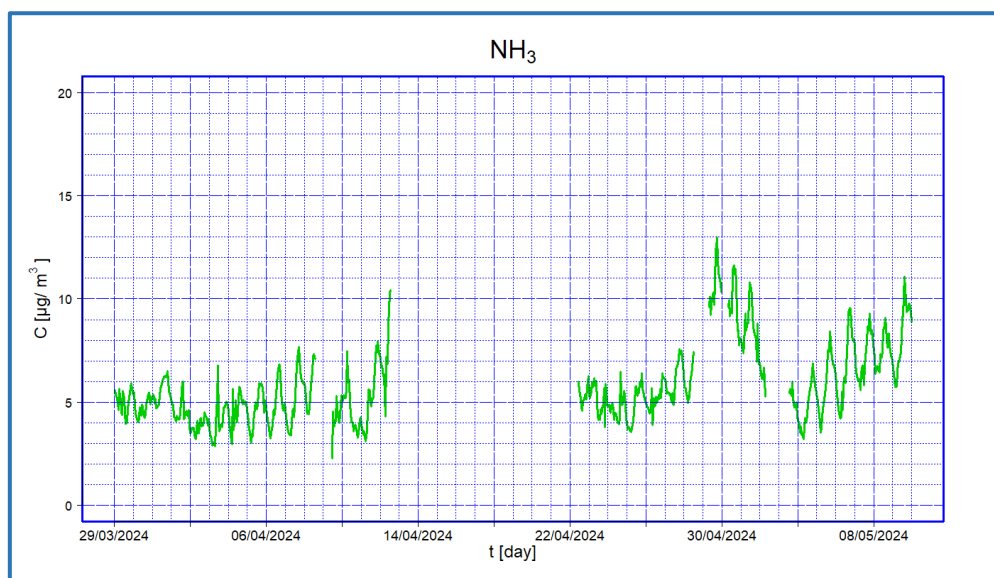


Figura 11 - Valori medi orari di concentrazione di NH_3

4.8 Acido Solfidrico H_2S

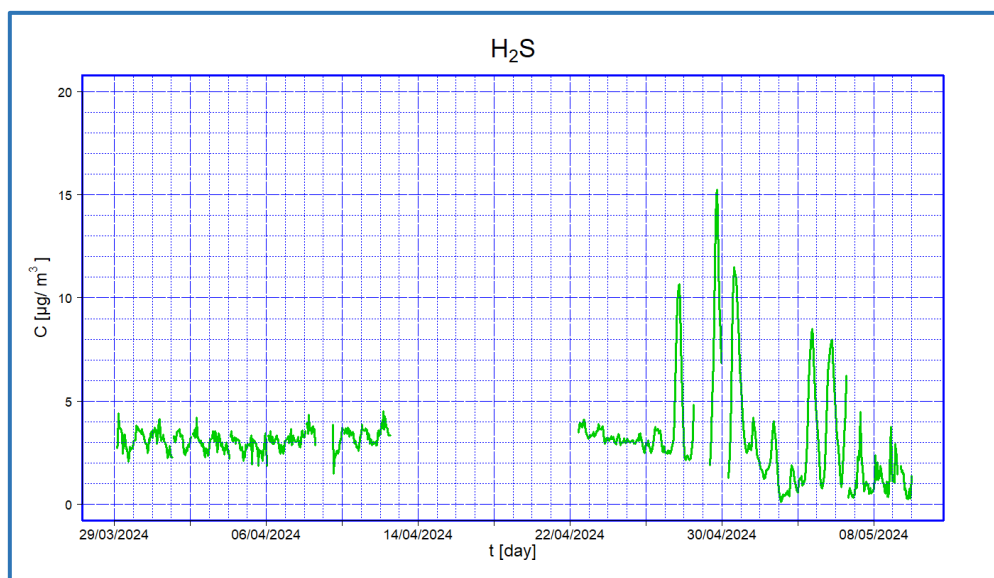


Figura 12 - Valori medi orari di concentrazione di H_2S

Note:

- I dati degli inquinanti gassosi risultano non disponibili dal 13/04 al 22/04 causa ripetute interruzioni di energia elettrica.

5 Analisi dei dati di monitoraggio

Le concentrazioni delle diverse sostanze inquinanti rilevate durante la campagna svolta nel 2024 sono state elaborate statisticamente nel loro complesso, individuando alcuni indicatori. In particolare sono stati evidenziati, per ogni sostanza inquinante, il numero totale di misure disponibili, il valore massimo e minimo, il valore medio, la mediana ed i percentili 95° e 5°.

Tabella 5 - Risultati statistici

Inquinanti	N. dati	Max	Min	Media	5°perc.	50°perc.	95°perc.
NO	698	99,7	1	8	1,6	3,2	32,5
NO₂	698	57,8	4,2	19,7	8,3	17,6	38,8
NO_x	698	183,2	7	31,9	11,6	23,7	81,5
O₃	715	112,6	0	45,7	0,2	48,2	94,3
PM₁₀	36	110,5	8,4	24,8	10,2	17,4	82
PM_{2.5}	35	22,1	5,8	10,8	0,5	9,9	20,5
SO₂	567	29,3	0,1	5,5	2	4	13,7
Benzene	662	5,4	0	0,5	0	0,4	1,3
NH₃	695	13	2,3	5,7	3,5	5,3	9,6
H₂S	703	15,3	0,1	3,1	0,6	3	7

Note:

- I risultati statistici sono stati elaborati sul totale dei dati rilevati;

6 Conclusioni

La durata limitata della campagna di misura non consente di effettuare il calcolo degli standard di qualità dell'aria secondo la normativa. In ogni caso al fine di fornire alcuni elementi indicativi si riporta di seguito il confronto tra i valori misurati nel periodo della campagna e gli standard previsti dalla normativa.

Tabella 6 - Confronto standard di qualità dell'aria e dati rilevati

Inquinanti		Dati rilevati
PM10	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24,8
	Numero di superamenti valore limite giornaliero 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4
PM2.5	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	10,8
NO₂	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	19,7
	Numero di superamenti valore limite orario 200 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
C₆H₆	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,5
SO₂	Numero di superamenti valore limite giornaliero 125 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
	Numero di superamenti valore limite orario 350 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
O₃	Numero di superamenti valore limite orario 180 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
	Numero di superamenti valore limite orario 240 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
	Numero di superamenti valore limite 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore	0

Tabella 7 - Confronto standard di qualità dell'aria secondo OMS e dati rilevati

Inquinanti		Dati rilevati
NH₃	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5,7
	Numero di superamenti valore limite giornaliero 270 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0
H₂S	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3,1
	Numero di superamenti valore limite giornaliero 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0

Dai dati rilevati e solo per la singola campagna di monitoraggio risulta che nel punto individuato dalle coordinate riportate in Tabella 1, sono stati registrati i seguenti superamenti dei limiti di concentrazione previsti dalla normativa vigente:

- Numero 4 superamenti di PM₁₀ come media giornaliera;
- Numero 0 superamenti di NO₂ come media oraria;
- Numero 0 superamenti di SO₂ come valore limite giornaliero;
- Numero 0 superamenti di SO₂ come media oraria;
- Numero 0 superamenti di O₃ come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore.

I valori di concentrazione degli inquinanti atmosferici NH₃ e H₂S sono stati comparati con gli standard di qualità definiti nelle Linee Guida dell'OMS (*Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000*) e riportati in Tabella 7, dalla quale si evince che non sono stati registrati superamenti per entrambe le specie chimiche.

Per completezza di trattazione, in materia di molestie olfattive, in assenza di un quadro normativo di riferimento adeguato alla complessità della problematica dell'impatto ambientale legato alla presenza di odori molesti, per la campagna in esame sono stati individuati come composti principali per l'analisi delle sostanze odorigene l'Ammoniaca (NH₃) e l'Acido Solfidrico (H₂S).

La soglia olfattiva presa come riferimento per l'Ammoniaca (NH_3) è pari a $1042 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore riportato in letteratura in “*Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*”, Yoshio Nagata (*Japan Environmental Sanitation Center*)⁴; la soglia olfattiva presa come riferimento per l'Acido Solfidrico (H_2S) è pari a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un periodo di mediazione di 30 minuti, tale concentrazione viene ripresa nelle Linee Guida dell'OMS (*Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000*) ed è individuata come limite che non è opportuno superare per non incorrere in lamentele sostanziali dovute al fastidio da odore nella popolazione esposta.

I valori medi orari, utilizzati normalmente come indicatori nelle campagne di misura della qualità dell'aria per gli inquinanti previsti dal D.lgs. 155/2010, potrebbero non essere indicativi per la quantificazione della molestia olfattiva. Infatti in questi casi appare necessario utilizzare tempi di mediazione molto più brevi, anche dell'ordine di alcuni secondi, così da mettere in evidenza eventuali picchi di limitata durata temporale.

In relazione alle soglie olfattive su descritte, dal grafico riportato in Figura 11, si evidenzia che le concentrazioni di Ammoniaca (NH_3) rilevate risultano ampiamente inferiori al valore riportato in letteratura, altresì le concentrazioni medie orarie dell'Acido Solfidrico (H_2S), rappresentate nel grafico di Figura 12, superano il valore di riferimento in 36 ore sul totale di 703 ore di monitoraggio valide, pari al 5,1% delle stesse, con un valore massimo registrato pari a $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁴ Nagata Y. (2003a): Odor intensity and odor threshold value. – Journal of Japan Air Cleaning Association 41, 17-25; Nagata Y. (2003b): Measurements of odor threshold by triangle odor bag method. Odor measurements review. – Ministry of Environment (MOE), Japan, pp. 118-127.