

# La qualità dell'aria in provincia di Ferrara

## Le stazioni della rete regionale di monitoraggio

report dati anno 2023

a cura di: Arpae Emilia Romagna - Area Prevenzione Ambientale Centro

Responsabilità scientifica:

Tiziana Melfi - Resp. Servizio Sistemi Ambientali

Gruppo di lavoro:

Sabina Bellodi, Michele Borsetti, Marco Tosi, Paola Leuci.

rev 0 - giugno 2024

# Sommario

<b>Inquadramento meteorologico</b>	<b>3</b>
L' anno 2023	5
<b>L'inventario delle emissioni</b>	<b>6</b>
Emissioni in provincia di Ferrara	7
Emissioni nel comune di Ferrara	9
<b>La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria</b>	<b>11</b>
La rete regionale di monitoraggio a Ferrara	12
<b>La situazione del 2023 in sintesi</b>	<b>13</b>
Polveri PM10	13
Polveri PM2.5	13
Metalli	13
Benzo(a)pirene	14
Ozono O3	14
Biossido di azoto NO2	15
Benzene	15
Ammoniaca NH3	15
IQA Indice sintetico della qualità dell'aria	16
<b>La qualità dell'aria a Ferrara in dettaglio</b>	<b>17</b>
<b>Materiale Particolato</b>	<b>17</b>
Polveri PM10	17
Limiti di legge	17
Analisi dei dati	18
Superamenti del Valore Limite giornaliero di 50 µg/m3	19
Andamento medie mensili	19
Dati Giornalieri	20
Trend	20
Medie annuali	20
Superamenti	21
<b>Particolato PM2.5</b>	<b>23</b>
Limiti di legge	23
Analisi dei dati	23
Andamento medie mensili	23
Dati Giornalieri	24
Rapporto PM2.5/PM10	24
Trend	25
Medie annuali	25
<b>Metalli: nichel, arsenico, cadmio e piombo</b>	<b>26</b>
Limiti di legge	26
Analisi dei dati	26
Nichel	26
Arsenico	27
Cadmio	27
Piombo	27
Trend	28
Nichel	28
Arsenico	28

Cadmio	28
Piombo	29
<b>Benzo(a)pirene</b>	<b>30</b>
Limiti di legge	30
Analisi dati	30
Andamento medie mensili	30
Trend	31
Medie annuali	31
<b>Ozono (O3)</b>	<b>32</b>
Limiti di legge	32
Analisi dati	32
Superamenti della Soglia di Informazione	33
Superamenti Obiettivo a Lungo Termine	34
Andamento medie mensili	35
Dati giornalieri	35
Giorno Tipo	35
Trend	36
Numero di superamenti della Soglia di Informazione	36
Numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo	37
AOT 40	38
<b>Biossido di Azoto NO2</b>	<b>39</b>
Limiti di legge	39
Analisi dei dati	39
Superamenti del valore limite orario	40
Andamento dati mensili	40
Dati Giornalieri	41
Giorno Tipo	41
Trend	42
Medie annuali	42
<b>Benzene</b>	<b>43</b>
Limiti di legge	43
Analisi dati	43
Dati giornalieri	44
Giorno Tipo	44
Trend	45
Medie annuali	45
Toluene, Etilbenzene e Xileni	46
<b>Ammoniaca NH3</b>	<b>47</b>
Analisi dati	47
Andamento medie mensili	48
Trend	48
Medie annuali	48
<b>Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)</b>	<b>49</b>
Analisi dei dati	49
Trend	51
<b>Modalità di diffusione dei dati</b>	<b>52</b>



# Inquadramento meteorologico



Le condizioni meteorologiche e il clima dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzati dalla conformazione topografica della pianura padana: la presenza di montagne su tre lati rende questa regione una sorta di "catino" naturale, in cui l'aria tende a ristagnare.

Le condizioni meteorologiche influenzano i gas e gli aerosol presenti in atmosfera in molti modi: ne controllano il trasporto, la dispersione e la deposizione al suolo; influenzano le trasformazioni chimiche che li coinvolgono; hanno effetti diretti e indiretti sulla loro formazione. Alcune sostanze possono rimanere in aria per periodi anche molto lunghi, attraversando i confini amministrativi e rendendo difficile distinguere i contributi delle singole sorgenti emissive alle concentrazioni totali.

Ad esempio, nelle condizioni tipicamente estive con bassa ventilazione, intensa radiazione solare e presenza di un campo anticiclonico consolidato, gli strati atmosferici più vicini al suolo, a causa del loro riscaldamento risultano interessati da fenomeni di rimescolamento e da locali circolazioni d'aria. In tali condizioni, sull'intero territorio di pianura le masse d'aria sono chimicamente omogenee e favorevoli alla dispersione di inquinanti quali PM10 e NO<sub>2</sub>, ma l'elevata radiazione solare favorisce la formazione di ozono, che si presenta a elevate concentrazioni su tutta l'area, con massimi locali dovuti al trasporto a piccola scala determinato dalle brezze.

Nel periodo invernale, la formazione di una vasta area anticiclonica stabile sul Nord Italia favorisce la formazione di condizioni di inversione termica nello strato atmosferico superficiale, in particolare nelle ore notturne.

In queste condizioni, che talvolta persistono per l'intera giornata, la dispersione degli inquinanti immessi in prossimità della superficie è fortemente limitata, determinando la formazione di aree inquinate in prossimità dei principali centri urbani; queste masse d'aria inquinate, rimanendo confinate prevalentemente alle aree urbane, portano alla formazione dei cosiddetti "pennacchi urbani".

Nelle stagioni di transizione, quali primavera e autunno, ma anche nel periodo invernale, sono frequenti le condizioni di tempo perturbato, determinate da condizioni generali di bassa pressione che si vengono a creare sull'area europea e mediterranea. Tra queste va ricordata la formazione di temporali in prossimità delle Alpi, la bora e i forti venti in prossimità del suolo nella parte orientale del bacino.

Nei mesi estivi si ha, invece, una minore influenza delle condizioni meteorologiche generali e prendono spesso il sopravvento fenomeni locali, quali i temporali, che si presentano con intensità diversa nelle varie zone del bacino padano adriatico. Tutte queste situazioni di tempo perturbato determinano, in generale, condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

Scendendo nel dettaglio del territorio della provinciale, esso risulta essere costituito da una terra bassa quasi livellata, con un lieve impluvio verso l'asse del Po, ed un minimo declivio verso l'Adriatico, e rappresenta l'unico territorio completamente pianeggiante dell'intera regione; le sole particolarità geografiche significative sono il corso del fiume Po, che per buona parte descrive il confine settentrionale della provincia, e la presenza del mare Adriatico che ne delimita il confine orientale.

Sotto il profilo ambientale, il territorio si inquadra nel comparto climatico dell'Alto Adriatico, e può essere suddiviso in una **zona costiera** che dal mare si estende per una trentina di chilometri nell'entroterra e da una **zona padana** posta più ad occidente. Viene così a delinarsi, sia pure con una linea di demarcazione non facilmente definibile, una sub-regione litoranea ed una sub-regione continentale, dove il comune capoluogo occupa una posizione di transizione fra un clima subcostiero, dal quale assume il regime anemologico, ed un clima di tipo più spiccatamente padano del quale ripropone il regime termico.

Nel suo complesso l'intera area provinciale può essere inquadrata in quella regione che, nelle classificazioni climatiche su base termica, viene definita a clima temperato freddo, con estati calde, inverni rigidi ed elevata escursione termica estiva. L'azione esercitata dal mare Adriatico (il suo bacino settentrionale presenta una profondità media di 50 metri) non è tale da mitigare significativamente i rigori dell'inverno, se non nella parte di pianura più prossima alla costa.

La significativa distanza dagli ostacoli orografici rappresentati dalla catena appenninica permette nel territorio provinciale la libera circolazione delle correnti generali dell'atmosfera provenienti da tutte le direzioni.

Le correnti occidentali apportatrici di elevati valori di umidità prevalgono sui venti orientali, in particolare su quelli nord-orientali. Nonostante ciò l'apporto meteorico annuo raggiunge in questo territorio provinciale il suo valore più basso in assoluto.

Nella **zona di pianura interna (zona padana)** si hanno condizioni climatiche tipiche del clima padano/continentale: scarsa circolazione aerea, con frequente ristagno d'aria per presenza di calme anemologiche e formazioni nebbiose. Queste ultime, più frequenti e persistenti nei mesi invernali, possono fare la loro comparsa anche durante il periodo estivo. Gli inverni, più rigidi, si alternano ad estati molto calde ed afose per elevati valori di umidità relativa.

Si osserva inoltre una maggiore escursione termica giornaliera, alla quale si devono valori più marcati delle temperature estreme e condizioni di gelo notturno nei mesi invernali per presenza di inversioni termiche verticali al suolo, alle quali si associano elevati valori di umidità relativa e persistenti formazioni nebbiose. A queste si aggiunge un intenso riscaldamento dei suoli nei mesi estivi con conseguenti disagiate condizioni di afa, accompagnate da elevati valori di umidità dell'aria legati all'evaporazione estiva (favorita dalla presenza di riserve di umidità lungo l'asta del Po e nelle bonifiche).

La **fascia costiera (zona costiera)** dal punto di vista climatico è influenzata dalla presenza del mare, anche se risulta piuttosto ampia la zona di indeterminazione attraverso la quale si attua il passaggio graduale fra i due climi individuabili nel territorio, quello sub-litoraneo o sub-costiero e quello sub-continentale. Qui si risente del tipo di tempo da Nord Est caratterizzato da perturbazioni in transito a ridosso dell'arco alpino sul versante settentrionale, che rendono la zona interessata da temporanei annuvolamenti, episodi temporaleschi consistenti localizzati, precipitazioni di breve durata o a carattere di rovescio, in particolare nella stagione estiva.

Il profilo anemologico della zona costiera si distingue per la presenza di una ventilazione piuttosto efficace che caratterizza l'intero arco dell'anno: durante la stagione fredda perché il bacino adriatico è particolarmente interessato da correnti orientali e nord-orientali, nei mesi della stagione calda perché è presente una attiva circolazione di brezza (dal mare nelle ore diurne e dal retroterra in quelle notturne), che trova origine nel contrasto termico terra-mare, particolarmente accentuato nei mesi estivi.

La temperatura dell'aria risente della presenza del mare, non tanto nei mesi estivi, in corrispondenza dei quali non è rilevabile un'apprezzabile diversificazione dei valori tra costa ed entroterra padano, quanto nei mesi freddi in cui la termoregolazione marina riesce a contenere le temperature minime al di sopra dello zero, riducendo notevolmente la frequenza delle gelate notturne. La minore escursione termica giornaliera e soprattutto l'efficace ventilazione tendono a ridurre la frequenza e la persistenza delle formazioni nebbiose, che pure si manifestano numerose anche in prossimità del mare nei mesi della stagione fredda.

Per quanto concerne le precipitazioni, nella zona costiera si registra il valore minimo pluviometrico regionale, (valore medio annuo tra un minimo di 500 mm a valori di poco superiori ai 700 mm).

## L' anno 2023

L'anno 2023 presenta caratteristiche peculiari rispetto ai tre anni precedenti.

L'indice di ventosità invernale individua l'anno 2023 come il secondo più ventoso dal 2018, dopo il 2019, soprattutto grazie al contributo degli ultimi mesi dell'anno. Questo risultato è coerente con la maggiore piovosità di questi mesi (indice di numero di giorni piovosi, numero di giorni con precipitazione media regionale superiore a 1 mm) e con la riduzione dell'indice di giorni continuativi senza pioggia (massimo numero di giorni consecutivi con precipitazione media regionale inferiore a 1 mm) che presenta, proprio in questi mesi, valori particolarmente bassi. Va ricordato in questo contesto, che la serie di quest'ultimo indice dal 1961 presenta in autunno una significativa tendenza verso una riduzione dei valori.

Per quanto riguarda l'estate, nel 2023 l'indice dei giorni caldi (numero di giorni con temperatura massima media regionale superiore a 30°C) presenta valori non particolarmente alti, ma comunque superiori alla media climatica del periodo 1991-2020. Si pensa che la riduzione nei valori di questo indice rispetto agli anni precedenti sia anche dovuta alle particolari condizioni di umidità del suolo che, soprattutto nelle aree rurali, hanno ridotto l'effetto di amplificazione delle temperature massime giornaliere, generalmente causato in queste aree dalla presenza di suoli particolarmente aridi.

# L'inventario delle emissioni

Per comprendere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico risulta fondamentale conoscere il carico emissivo degli inquinanti provenienti dalle diverse attività umane.

La stima quantitativa delle sostanze emesse dalle varie sorgenti, relativa dunque ai soli inquinanti di origine primaria, è realizzata utilizzando fattori di emissione medi e indicatori di attività integrati. Tali informazioni sono raccolte negli inventari delle emissioni, ovvero serie organizzate di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotta in atmosfera da ciascuna fonte di emissione.

La metodologia di riferimento implementata dell'inventario regionale INEMAR è quella EMEP-CORINAIR<sup>1</sup> messa a punto dall'Agenzia Ambientale Europea.

La classificazione delle emissioni secondo tale metodologia prevede l'impiego della codifica **SNAP** (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) e lo svolgimento delle stime in funzione di essa.

Le attività antropiche e naturali che possono dare origine ad emissioni in atmosfera sono ripartite in **11 macrosettori**:

1. MS1 - Produzione di energia e trasformazione di combustibili: comprende le emissioni associate alla produzione di energia su ampia scala mediante processi di combustione controllata in caldaie, turbine a gas e motori stazionari.
2. MS2 - Combustione non industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione non di tipo industriale e principalmente finalizzati alla produzione di calore (riscaldamento).
3. MS3 - Combustione industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione per la produzione in loco di energia necessaria all'attività industriale.
4. MS4 - Processi Produttivi: comprende le emissioni associate dai processi industriali non legati alla combustione
5. MS5 - Estrazione e distribuzione di combustibili: comprende le emissioni dovute ai processi di produzione, distribuzione, stoccaggio di combustibile solido, liquido e gassoso e riguarda sia le attività sul territorio che quelle off-shore.
6. MS6 - Uso di solventi: comprende le emissioni prodotte dalle attività che prevedono l'utilizzo di prodotti contenenti solventi, sia nel settore industriale che civile, o la loro produzione.
7. MS7 - Trasporto su strada: include tutte le emissioni dovute alle automobili, ai veicoli commerciali leggeri e pesanti, ai motocicli, ciclomotori e agli altri mezzi di trasporto su gomma, comprendendo sia le emissioni dovute allo scarico sia quelle da usura dei freni, delle ruote e della strada
8. MS8 - Altre sorgenti mobili e macchinari: comprende le emissioni prodotte dal traffico aereo, marittimo, fluviale, ferroviario e dai mezzi a motore non transitori sulla rete stradale.
9. MS9 - Trattamento e smaltimento rifiuti: comprende le emissioni provenienti dalle attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti.
10. MS10 - Agricoltura e allevamenti: comprende le emissioni prodotte da tutte le pratiche agricole e dagli allevamenti.
11. MS11 - Altre sorgenti e assorbimenti: comprende le emissioni generate dall'attività fitologica di piante, arbusti ed erba, da fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo e da vulcani, da combustione naturale e dalle attività antropiche quali foreste gestite e combustione dolosa di boschi.

L'aggiornamento più recente dell'**inventario regionale delle emissioni in atmosfera** è relativo all'anno **2019**<sup>2</sup>.

Dall'inventario regionale è possibile estrarre le emissioni della provincia di Ferrara.

<sup>1</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

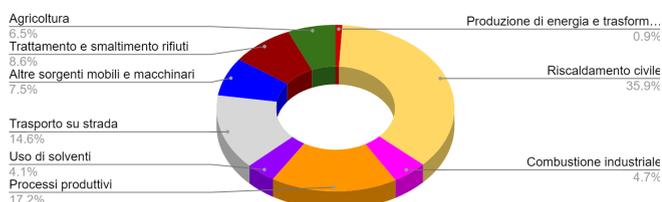
<sup>2</sup> <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/inventari-emissioni/inventario-inemar/inventario-emissioni>

## Emissioni in provincia di Ferrara

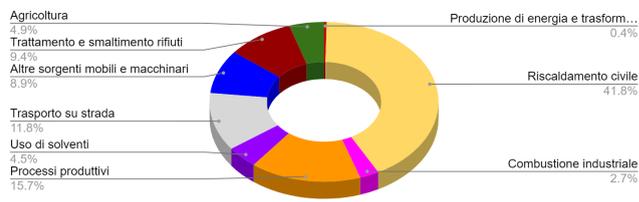
MACROSETTORI		PM10 t/a	PM2.5 t/a	NOx t/a	CO t/a	COV t/a	SO2 t/a	NH3 t/a
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili	9	3	1042	112	4	120	1
MS2	Riscaldamento civile	351	343	406	2676	306	13	40
MS3	Combustione industriale	46	22	1576	491	41	206	4
MS4	Processi produttivi	168	128	83	503	794	67	62
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0	296	0	0
MS6	Uso di solventi	40	37	3	1	3120	0	0
MS7	Trasporto su strada	143	97	2185	1746	329	4	32
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	73	73	1324	467	141	4	0
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	84	77	100	1005	25	7	8
MS10	Agricoltura e allevamenti	64	40	109	199	9265	4	3349
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	655	0	0
<b>Totale</b>		<b>977</b>	<b>820</b>	<b>6829</b>	<b>7199</b>	<b>14978</b>	<b>426</b>	<b>3496</b>

Di seguito si riportano le distribuzioni percentuali delle emissioni generate dai vari macrosettori.

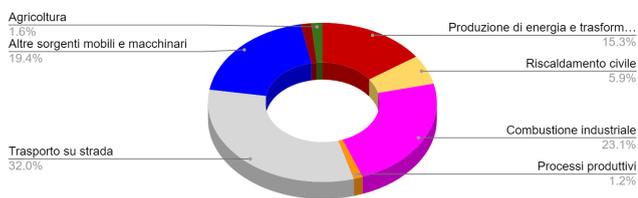
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM10



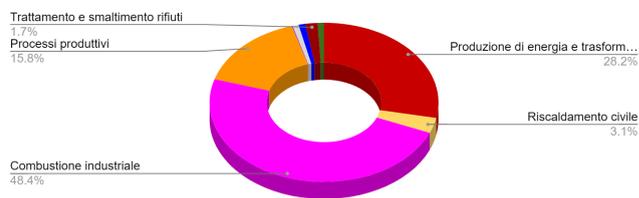
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM2.5



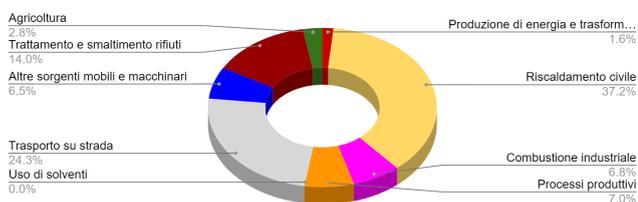
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di NOx



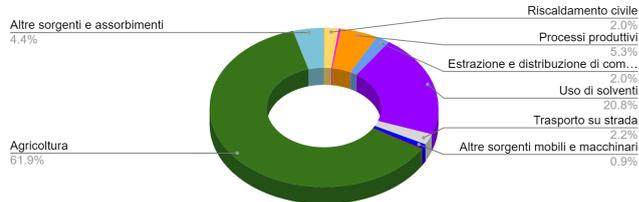
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di SO2



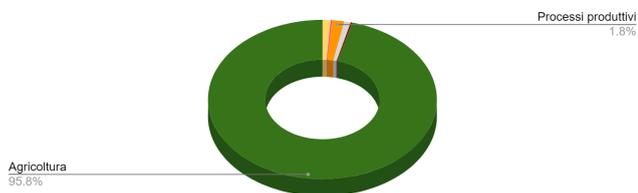
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di CO



Contributo % dei macrosettori alle emissioni di COV



Contributo % dei macrosettori alle emissioni di NH<sub>3</sub>



MACROSETTORI	
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili
MS2	Riscaldamento civile
MS3	Combustione industriale
MS4	Processi produttivi
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili
MS6	Uso di solventi
MS7	Trasporto su strada
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti
MS10	Agricoltura e allevamenti
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti

Si osserva che:

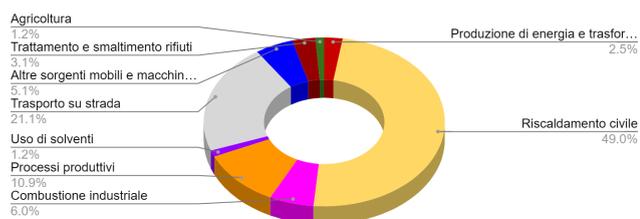
- **polveri primarie**: il maggiore contributo è dovuto al riscaldamento civile (36% PM<sub>10</sub>, 42% PM<sub>2.5</sub>), a cui seguono i processi produttivi e la combustione industriale (22% PM<sub>10</sub>, 18% PM<sub>2.5</sub>) e il trasporto su strada (15% PM<sub>10</sub>, 12% PM<sub>2.5</sub>);
- **ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)**: la fonte principale è il trasporto su strada (32%), seguito dalla combustione nell'industria (23%), produzione di energia e trasformazione di combustibili (15%) e altre sorgenti mobili e macchinari (19%);
- **biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)**: prodotto principalmente dalla combustione nell'industria (48%) e dalla produzione di energia e trasformazione di combustibili (28%);
- **monossido di carbonio (CO)**: le fonti principali sono il riscaldamento civile (37%) e il trasporto su strada (24%);
- **composti organici volatili non metanici (COV)**: derivano dalla produzione di COV di origine biogenica dovuta a coltivazioni agricole e foreste (62%) e dall'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (21%);
- **ammoniaca (NH<sub>3</sub>)**: deriva per la maggior parte da agricoltura e allevamenti (96%).

## Emissioni nel comune di Ferrara

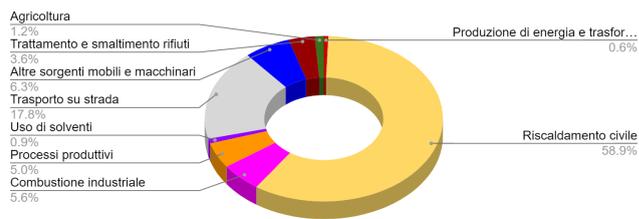
MACROSETTORI		PM10 t/a	PM2.5 t/a	NOx t/a	CO t/a	COV t/a	SO2 t/a	NH3 t/a
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili	7	1	715	44	1	111	0
MS2	Riscaldamento civile	130	126	138	968	111	5	15
MS3	Combustione industriale	16	12	466	44	23	52	4
MS4	Processi produttivi	29	11	4	465	584	13	54
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0	76	0	0
MS6	Uso di solventi	3	2	1	1	1964	0	0
MS7	Trasporto su strada	56	38	904	759	127	2	13
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	13	13	246	89	27	1	0
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	8	8	41	108	5	1	0
MS10	Agricoltura e allevamenti	3	3	17	22	1365	0	325
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	70	0	0
<b>Totale</b>		<b>265</b>	<b>215</b>	<b>2532</b>	<b>2501</b>	<b>4354</b>	<b>185</b>	<b>412</b>

Di seguito si riportano le distribuzioni percentuali delle emissioni generate dai vari macrosettori.

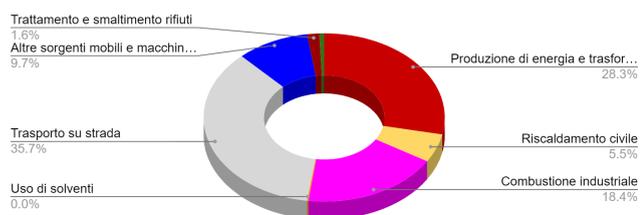
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM10



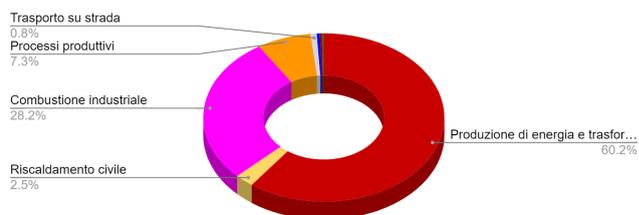
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM2.5



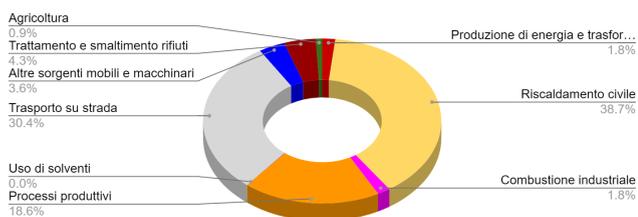
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di NOx



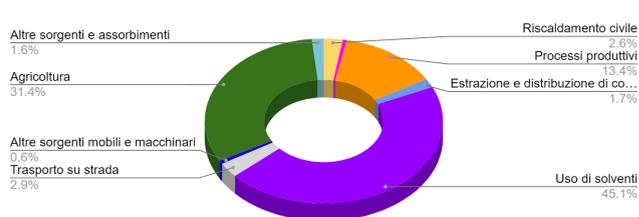
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di SO2



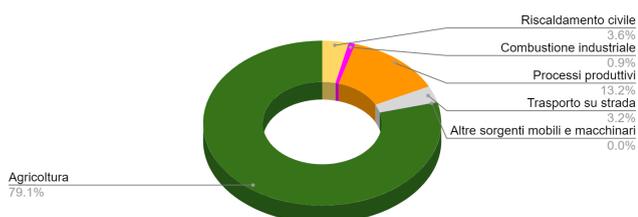
Contributo % dei macrosettori alle emissioni di CO



Contributo % dei macrosettori alle emissioni di COV



Contributo % dei macrosettori alle emissioni di NH3



MACROSETTORI	
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili
MS2	Riscaldamento civile
MS3	Combustione industriale
MS4	Processi produttivi
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili
MS6	Uso di solventi
MS7	Trasporto su strada
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti
MS10	Agricoltura e allevamenti
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti

Si osserva che:

- **polveri primarie:** il maggiore contributo è dovuto al riscaldamento civile (49% PM10, 59% PM2.5), a cui segue il trasporto su strada (21% PM10, 18% PM2.5);
- **ossidi di azoto (NOx):** la fonte principale è il trasporto su strada (36%), seguito da produzione di energia (28%) e combustione industriale (18%);
- **biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>):** prodotto principalmente dalla produzione di energia e trasformazione di combustibili (60%) e dalla combustione nell'industria (28%)
- **monossido di carbonio (CO):** le fonti principali sono il riscaldamento civile (39%) e il trasporto su strada (30%);
- **composti organici volatili non metanici (COV):** derivano dall'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (45%) e significativa risulta anche la produzione di COV di origine biogenica derivante dalle coltivazioni agricole e dalle foreste (31%);
- **ammoniaca (NH<sub>3</sub>):** deriva per la maggior parte da agricoltura e allevamenti (79%).

La tabella seguente riporta i quantitativi complessivi emessi nel Comune e nella Provincia di Ferrara, evidenziando il peso percentuale del comune capoluogo rispetto al totale provinciale.

Emissioni totali	Polveri PM10 (t/anno)	Polveri PM2.5 (t/anno)	Ossidi di azoto NOx (t/anno)	Monossido di carbonio CO (t/anno)	Composti Organici Volatili COV (t/anno)	Biossido di zolfo SO2 (t/anno)	Ammoniaca NH3 (t/anno)
Comune di Ferrara	265	215	2532	2501	4354	185	412
Provincia di Ferrara	977	820	6829	7199	14978	426	3496
contributo % Comune di Ferrara/Provincia di Ferrara	27,1%	26,2%	37,1%	34,7%	29,1%	43,4%	11,8%

Gli inquinanti per i quali è più significativo il peso del comune rispetto alla provincia sono biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto e polveri.

# La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

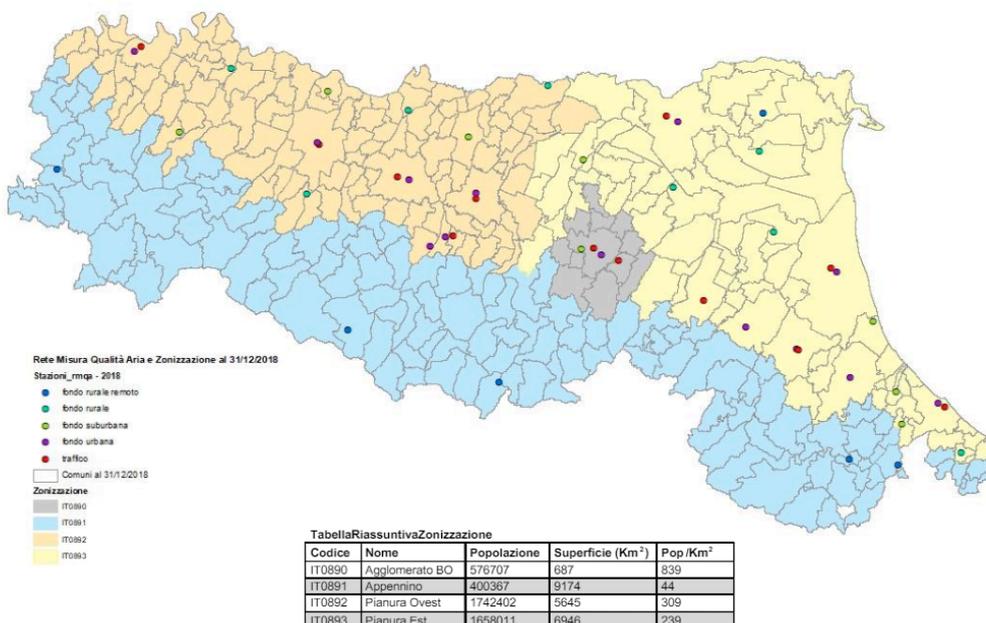
La valutazione della qualità dell'aria in Emilia-Romagna viene attuata secondo un programma approvato dalla Giunta Regionale da ultimo con Deliberazione n. 1135/2019, avente per oggetto "Approvazione del progetto di riesame della classificazione delle zone e degli agglomerati della Regione Emilia Romagna ai fini della valutazione della qualità dell'aria" in recepimento del Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155 di attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

L'attuale zonizzazione suddivide il territorio regionale in un Agglomerato (secondo l'art.2 comma f) del Dlgs. 155/2010) ed in tre zone (Appennino, Pianura Est e Pianura Ovest) individuate quali aree territoriali omogenee, in quanto caratterizzate da condizioni di qualità dell'aria e meteo climatiche simili.

La suddivisione del territorio in zone e agglomerati è la base su cui svolgere l'attività di monitoraggio e poter così valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite ai sensi del D. Lgs n. 155/2010; tale zonizzazione è stata utilizzata dal Piano Aria Integrato (PAIR 2030) per l'individuazione di specifiche misure di risanamento della qualità dell'aria. Il PAIR 2030 individua le zone Agglomerato, Pianura Ovest e Pianura Est come aree soggette al superamento dei valori limite di PM10 e/o NO2.

L'attuale rete regionale della qualità dell'aria (RRQA) risulta composta da 47 punti di misura in siti fissi, con un totale di 163 analizzatori automatici per gli inquinanti principali: particolato (PM10, PM2.5), ossidi di azoto (NOx), monossido di carbonio (CO), BTX (benzene, toluene, etilbenzene, xileni), biossido di zolfo (SO2), ozono (O3), composti organici volatili (COV). La rete è completata da altri sensori di microinquinanti, da 10 laboratori mobili e numerose unità mobili per la realizzazione di campagne di valutazione. In alcune stazioni, inoltre, vengono eseguite analisi chimiche di laboratorio per la determinazione delle concentrazioni di metalli e benzo(a)pirene (BaP).

La rete di monitoraggio è certificata secondo la norma UNI EN ISO 9001:2015 ed è sottoposta a un regolare programma di controllo di qualità. Delle 47 stazioni appartenenti alla rete regionale, 4 sono ubicate nell'Agglomerato di Bologna, 18 sono situate nella zona Pianura Ovest, 20 nella zona Pianura Est, 5 nella zona Appennino. Le **stazioni di traffico** sono 12 e sono posizionate nei capoluoghi in prossimità di strade ad alto traffico e hanno lo scopo di rilevare gli inquinanti in prossimità di hotspots (aree dove le concentrazioni degli inquinanti sono più alte rispetto a quelle di fondo); in tutte vengono rilevati PM10 e ossidi di azoto, mentre in aggiunta vengono monitorati anche in 5 di queste il monossido di carbonio e in 9 il benzene. Le **stazioni di fondo urbano e suburbano** sono in totale 21 e sono posizionate in aree urbane, all'interno di parchi o aree verdi, e hanno lo scopo di rilevare i livelli di inquinamento di fondo presenti in ambiente urbano. In queste stazioni, oltre al PM10 e agli ossidi di azoto, si rilevano anche ozono e PM2.5. Le restanti stazioni, di **fondo rurale e fondo rurale remoto**, sono 14 e sono invece posizionate al di fuori delle città, al fine di definire i livelli di inquinamento di fondo presenti in regione, lontano da fonti dirette di emissione.

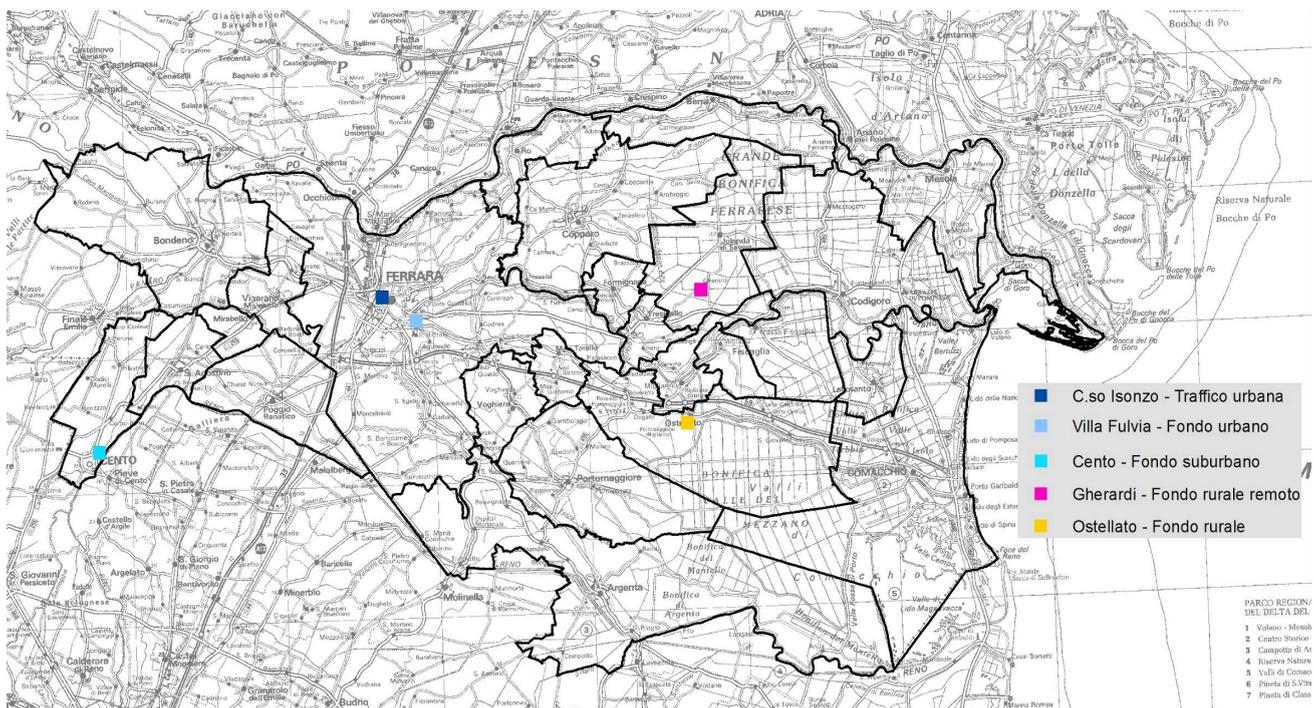


# La rete regionale di monitoraggio a Ferrara

I comuni della Provincia di Ferrara appartengono alla Pianura Est. Nel territorio è presente una stazione di traffico, una di fondo urbano, una di fondo suburbano e 2 di fondo rurale.

**Pianura Est**

Argenta, Bondeno, Cento, Codigoro, Comacchio, Copparo, Ferrara, Fiscaglia, Goro, Jolanda di Savoia, Lagosanto, Masi Torello, Mesola, Ostellato, Poggio Renatico, Portomaggiore, Riva del Po, Terre del Reno, Tresignana, Vigarano Mainarda, Voghiera



STAZIONI	Ubicazione	Comune	Attiva dal	CONFIGURAZIONE				
				NOX	O <sub>3</sub>	PM10	PM2.5	BTEX
■ C.ISONZO	Corso Isonzo	Ferrara	1990	X		X		X
■ VILLA FULVIA	Via delle Mandriole	Ferrara	2008	X	X	X	X	
■ CENTO	Via Parco del Reno	Cento	2007	X	X	X		
■ GHERARDI	Gherardi	Jolanda di Savoia	1998	X	X	X	X	
■ OSTELLATO	Via Strada Mezzano	Ostellato	2008	X	X		X	

# La situazione del 2023 in sintesi

## Polveri PM10

**Valore Limite giornaliero: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  numero di superamenti media giornaliero max 35 volte/anno**

**Valore Limite annuale: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

 **VALORE LIMITE GIORNALIERO: RISPETTATO**

Nel 2023 la stazione da traffico di C.Isonzo ha registrato 36 superamenti del valore limite giornaliero, ma considerato che nel corso dell'anno hanno avuto luogo alcuni episodi di trasporto di polveri sahariane, è stata effettuata la valutazione di questi contributi al fine di procedere allo scorporo degli stessi, come consentito dalla normativa (art. 15 del DLgs n. 155 del 13 agosto 2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"). Pertanto, al netto del contributo del trasporto di polveri sahariane, il numero di superamenti della stazione C. Isonzo scende a 30, rispettando, dunque, il limite di legge.

Il trend del numero di superamenti delle stazioni della RRQA rimane comunque un indicatore ancora critico in particolare per le stazioni da traffico, lievemente più contenuto per quelle di fondo.

 **VALORE LIMITE ANNUALE: RISPETTATO**

Tutte le stazioni hanno misurato una media annuale inferiore al Valore limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la stazione da traffico di C.Isonzo è quella con valore più alto pari a 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA nell'ultimo decennio indica una sostanziale stazionarietà per tutti i siti e i dati del 2023 rientrano nella variabilità del periodo.

## Polveri PM2.5

**Valore Limite annuale: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

 **VALORE LIMITE ANNUALE: RISPETTATO**

Il valore limite per la concentrazione media annuale di PM2.5 (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura. La natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni di misura, anche se collocate in aree diverse e lontane fra loro.

Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA, dal 2014 fino al 2023, mostra dati sempre inferiori al Valore limite annuale e mostra complessivamente una stabilità delle concentrazioni.

## Metalli

**Nichel: Valore Obiettivo (media annua): 20,0  $\text{ng}/\text{m}^3$**

**Arsenico: Valore Obiettivo (media annua): 6,0  $\text{ng}/\text{m}^3$**

**Cadmio: Valore Obiettivo (media annua): 5,0  $\text{ng}/\text{m}^3$**

**Piombo: Valore Limite (media annua): 500  $\text{ng}/\text{m}^3$**

 **Valore Obiettivo o Valore Limite: RISPETTATO**

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 i metalli sono stati ricercati sul particolato PM10; la misura è effettuata presso la stazione della RRQA di C.Isonzo (stazione urbana da traffico).

Per tutti i metalli ricercati le concentrazioni medie annuali sono risultate ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi.

Il trend delle medie annuali nell'ultimo decennio presenta un calo per tutti i metalli.

Tutti i metalli hanno fatto registrare medie annuali non solo decisamente inferiori ai rispettivi valori obiettivo (per il Piombo si parla di valore limite) ma anche inferiori alla Soglia di Valutazione Inferiore (SVI) prevista dalla normativa, che corrisponde ad un basso livello di concentrazione in cui le misure continuative non sono strettamente necessarie, ma è sufficiente l'utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva.

## Benzo(a)pirene

**Valore Obiettivo media annua: 1,0 ng/m<sup>3</sup>**



**Valore Obiettivo: RISPETTATO**

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 il benzo(a) pirene è stato ricercato sul particolato PM10; la misura è effettuata presso le stazioni della RRQA di C.Isonzo (stazione urbana da traffico) e di Villa Fulvia (stazione urbana di fondo). Le concentrazioni medie annuali risultano ampiamente al di sotto del valore di riferimento normativo (1,0 ng/m<sup>3</sup>). Il trend delle medie annuali di Corso Isonzo nell'ultimo decennio presenta un calo; per Villa Fulvia si registra una sostanziale stazionarietà.

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

**Protezione della salute umana:**

**Soglia di Informazione: 180 µg/m<sup>3</sup> (media oraria)**

**Soglia di Allarme: 240 µg/m<sup>3</sup> (media oraria da non superare per più di 3 ore consecutive)**

**Valore Obiettivo: 120 µg/m<sup>3</sup> (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte/anno civile come media su tre anni)**

**Protezione della vegetazione:**

**Valore Obiettivo: 18000 µg/m<sup>3</sup>\*h (AOT40\* : calcolata sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio) come media su 5 anni**

\*Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 nel periodo maggio-luglio



**SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE: RISPETTATA**

Nel 2023 non si sono registrati superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m<sup>3</sup> in nessuna stazione della rete.



**SOGLIA DI ALLARME: RISPETTATA**

Nel 2023 in tutte le stazioni non risulta mai superata la Soglia di Allarme di 240 µg/m<sup>3</sup>



**VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA: NON RISPETTATO**

Il numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (massimo giornaliero della media calcolata su 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>) dell'ozono continua a essere critico nel periodo estivo e il dato calcolato per il 2023 come media degli ultimi tre anni per quasi tutte le stazioni è stato circa il doppio dei giorni consentiti (25 superamenti).



**PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE: NON RISPETTATO**

La valutazione di questo indicatore, come definito dal D.Lgs. 155/10, è limitata alle stazioni di fondo suburbano e rurale, quindi Cento, Gherardi e Ostellato; i dati sono ancora alti e lontani dal valore di 18000 µg/m<sup>3</sup>h, indicato dalla normativa per la protezione della vegetazione, a conferma della criticità che ancora esiste per questo inquinante.

## Biossido di azoto NO<sub>2</sub>

**Valore Limite annuale: 40 µg/m<sup>3</sup>**

**Valore Limite orario: 200 µg/m<sup>3</sup> numero di superamenti max 18 volte/anno**

**Soglia di Allarme: 400 µg/m<sup>3</sup> (media oraria misurata per 3 ore consecutive)**

 **VALORE LIMITE ANNUALE: RISPETTATO**

Le concentrazioni di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) nel 2023, in tutte le stazioni sono risultate inferiori al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>, che risulta da diversi anni rispettato da tutte le stazioni, anche nella stazione da traffico di C. Isonzo dove questo indicatore è stato in passato critico, con valori in alcuni anni prossimi al Valore Limite. Il trend delle medie annuali delle stazioni della rete regionale nell'ultimo decennio mostra complessivamente una

È comunque importante mantenere sotto attento controllo questo inquinante, in considerazione del fatto che si tratta di un precursore sia di polveri che di O<sub>3</sub>.

 **VALORE LIMITE ORARIO E SOGLIA DI ALLARME: RISPETTATI**

Il livello orario per la protezione per la salute umana di 200 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 18 ore/anno) non risulta da tempo superato in nessuna stazione.

## Benzene

**Valore Limite annuale: 5 µg/m<sup>3</sup>**

 **VALORE LIMITE ANNUALE: RISPETTATO**

I dati dell'anno 2023 rispettano ampiamente il Valore Limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>.

Le concentrazioni medie annuali di Benzene confermano dati molto bassi sostanzialmente stazionari e non si segnalano criticità a carico di questo inquinante che ha ormai raggiunto livelli molto contenuti pari a circa un quinto del Valore Limite Annuale.

## Ammoniaca NH<sub>3</sub>

**Non sono previsti limiti di legge o valori soglia o obiettivo.**

Il monitoraggio è effettuato presso la postazione di Mizzana-Via Traversagno, nel comune di Ferrara, nei pressi del Polo Chimico, mediante campionatori di tipo passivo (radielli).

Le concentrazioni di ammoniaca misurate a Ferrara presentano una media annuale pari a 7,8 µg/m<sup>3</sup>, in lieve aumento rispetto agli anni precedenti.

## IQA Indice sintetico della qualità dell'aria

Si calcola in riferimento ai seguenti indicatori:

Inquinante	Indicatore di riferimento	Valore
PM10	Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O <sub>3</sub>	Valore massimo della media mobile su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO <sub>2</sub>	Valore massimo orario	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**L'IQA qui rappresentato è stato calcolato mediando i dati delle stazioni collocate nel comune di Ferrara.**

Nel 2023, l'aria è risultata "Buona" o "Accettabile" complessivamente in 272 giornate, corrispondenti a circa il 75% dell'anno. Per il restante periodo, 93 giornate (25%), la qualità dell'aria è risultata "Mediocre" o "Scadente", situazione determinata dal superamento di uno dei limiti sopra indicati; in nessuna giornata è risultata "Pessima". L'indice di qualità nel 2023 è risultato lievemente migliore rispetto al 2022.

# La qualità dell'aria a Ferrara in dettaglio

Di seguito viene presentata la qualità dell'aria a Ferrara, documentata attraverso l'utilizzo di serie pluriennali di dati. Gli inquinanti che verranno descritti nei capitoli successivi sono quelli indicati nel D.lgs. 155 del 2010: polveri (PM10 e PM2.5), metalli (nichel, arsenico, cadmio e piombo), benzo-a-pirene, ozono, biossido di azoto, benzene; viene inoltre riportata anche l'ammoniaca.

L'analisi di ciascun inquinante prevede la presentazione tabellare dei dati, il confronto con i valori limite, l'andamento delle medie mensili e dei dati giornalieri, e il giorno tipico (solo per gli inquinanti che hanno dati orari).

Nell'analisi grafica dei dati degli inquinanti le stazioni di C. Isonzo e di Villa Fulvia sono prese come riferimento per visualizzare l'andamento degli inquinanti attraverso linee di tendenza visualizzate nei grafici dei trend, così da fornire una indicazione dell'andamento dei vari parametri negli anni, sia in un contesto che risente della fonte traffico (Isonzo) che in un contesto che non risente prioritariamente di una singola fonte di emissione specifica (V.Fulvia).

## Materiale Particolato

Il materiale particolato aerodisperso è un insieme eterogeneo di sostanze di diversa natura, particelle solide e liquide sospese in aria ambiente. È pertanto caratterizzato da una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Il termine PM10 identifica le particelle di diametro aerodinamico uguale o inferiore ai 10 µm; con PM2.5 si intende invece la frazione fine del particolato con particelle aventi diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2.5 µm.

Solo una parte dell'inquinamento da polveri è di origine primaria, ossia dovuta ai soli processi di trasporto e diffusione di polveri direttamente emesse dalle varie sorgenti inquinanti, mentre la parte più consistente (circa il 70%) è di origine secondaria, ovvero dovuta ai processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire dai precursori (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COV) emessi da trasporti, agricoltura, impianti per il riscaldamento domestico e dal comparto industriale (vedi Quadro conoscitivo Piano Aria Integrato Regionale 2030 - Contributo percentuale al PM10 antropogenico per settore nella Regione Emilia Romagna).

## Polveri PM<sub>10</sub>

### Limiti di legge

*D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE*

Valore Limite giornaliero	media giornaliera da non superare più di 35 volte/anno	50 µg/m <sup>3</sup>
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>

## Analisi dei dati

	Stazioni			
	C. Isonzo	Villa Fulvia	Cento	Gherardi
Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	27	23	24	21
n° sup. VL giornaliero	36 (30*)	23	25	16
Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	3	< 3	< 3	< 3
Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	108	89	75	91
25° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15	13	15	12
50° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	21	19	20	18
75° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	35	28	30	28
95° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	62	54	52	48
Dati Validi (%)	96%	98%	100%	98%
Limite di quantificazione $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <span style="margin-left: 100px;">■ <math>\leq</math> Valore Limite</span> <span style="margin-left: 20px;">■ <math>&gt;</math> Valore Limite</span>				

\* Considerato che hanno avuto luogo alcuni episodi di trasporto di polveri sahariane, è stata effettuata la valutazione di questi contributi al fine di procedere allo scorporo degli stessi, come consentito dalla normativa (art. 15 del D. Lgs. n. 155 del 13 agosto 2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"). Al netto del contributo del trasporto di polveri sahariane, il numero di superamenti scende a 30.

Tutte le stazioni presentano una media annuale di PM10 inferiore al Valore Limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la stazione da traffico di C.Isonzo è quella con valore più alto pari a  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il massimo numero di superamenti del valore limite giornaliero, pari a 36, è stato registrato nella stazione di Corso Isonzo, ma considerato che nel corso dell'anno hanno avuto luogo alcuni episodi di trasporto di polveri sahariane, è stata effettuata la valutazione di questi contributi al fine di procedere allo scorporo degli stessi, come consentito dalla normativa (art. 15 del D.Lgs n. 155 del 13 agosto 2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"). Pertanto, al netto del contributo del trasporto di polveri sahariane, il numero di superamenti della stazione C. Isonzo scende a 30, rispettando, dunque, il limite di legge.

Nello specifico, i giorni che sono stati scorporati al fine del conteggio del numero dei superamenti previsto dalla norma, sono: 25 febbraio, 8, 10,11,12,13 ottobre.

In sintesi si può concludere che ai fini della norma pertanto, per tutte le stazioni della RRQA di Ferrara, il valore limite giornaliero risulta essere stato superato per un numero di giorni inferiore a quello ammesso.

Si precisa che lo scorporo dei giorni di superamento attribuibili agli episodi di polveri sahariane per la stazione di C.Isonzo, è finalizzato al solo computo dei giorni di superamento; tutte le elaborazioni contenute nel presente report tengono conto del set di dati completo delle polveri.

## Superamenti del Valore Limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>

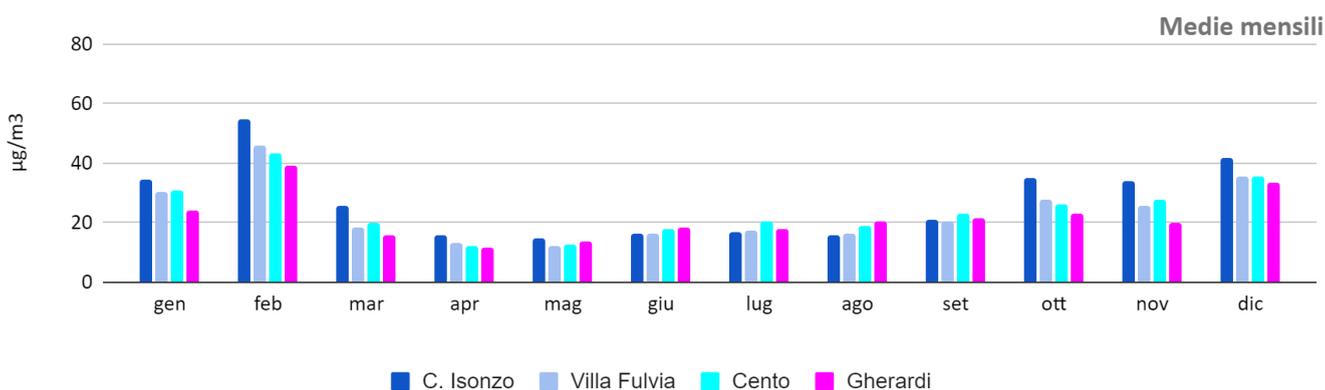
Il grafico seguente, per Corso Isonzo, non tiene conto dei giorni di superamento esclusi a seguito della valutazione sul trasporto di sabbie sahariane, ma unicamente dei dati osservati dalle stazioni di monitoraggio.



I superamenti del Valore Limite Giornaliero fissato a 50 µg/m<sup>3</sup> si concentrano nella stagione invernale: il mese con il maggior numero di superamenti è febbraio, seguono gennaio e dicembre; in particolare, nel mese di febbraio la stazione peggiore della Rete Regionale di Ferrara è risultata C. Isonzo con 15 superamenti.

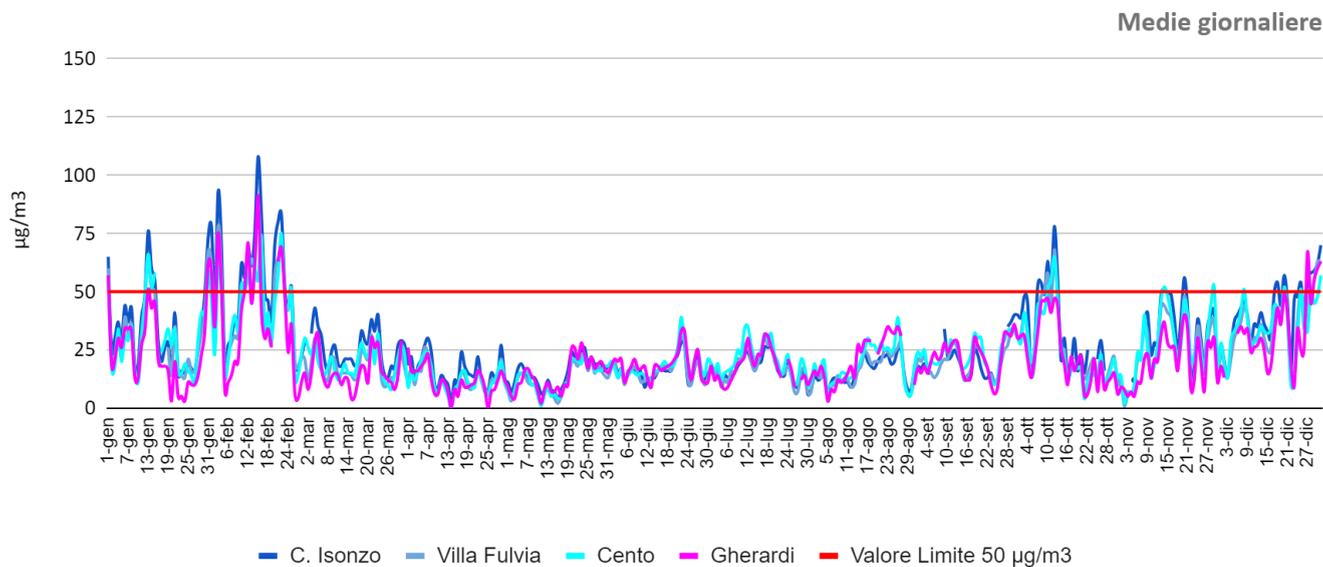
Se confrontiamo i dati annuali misurati nelle differenti tipologie di stazioni, si può notare che le maggiori criticità si registrano nella stazione da traffico di C. Isonzo dove sono stati registrati 36 (rivalutati a 30 come sopra descritto) giorni di superamento, contro i 23 giorni di Villa Fulvia, stazione di fondo urbano, i 25 giorni di Cento, stazione di fondo suburbano e i 16 di Gherardi, stazione di fondo rurale.

## Andamento medie mensili



Come per i superamenti emerge che i mesi maggiormente critici sono quelli invernali caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso con inversione termica in quota, e da scarsa ventilazione. Le concentrazioni più alte di polveri PM10 sono state misurate nei mesi di febbraio, dicembre e gennaio con una media provinciale di 46 µg/m<sup>3</sup> a febbraio, 36 µg/m<sup>3</sup> a dicembre e 30 µg/m<sup>3</sup> a gennaio.

## Dati Giornalieri



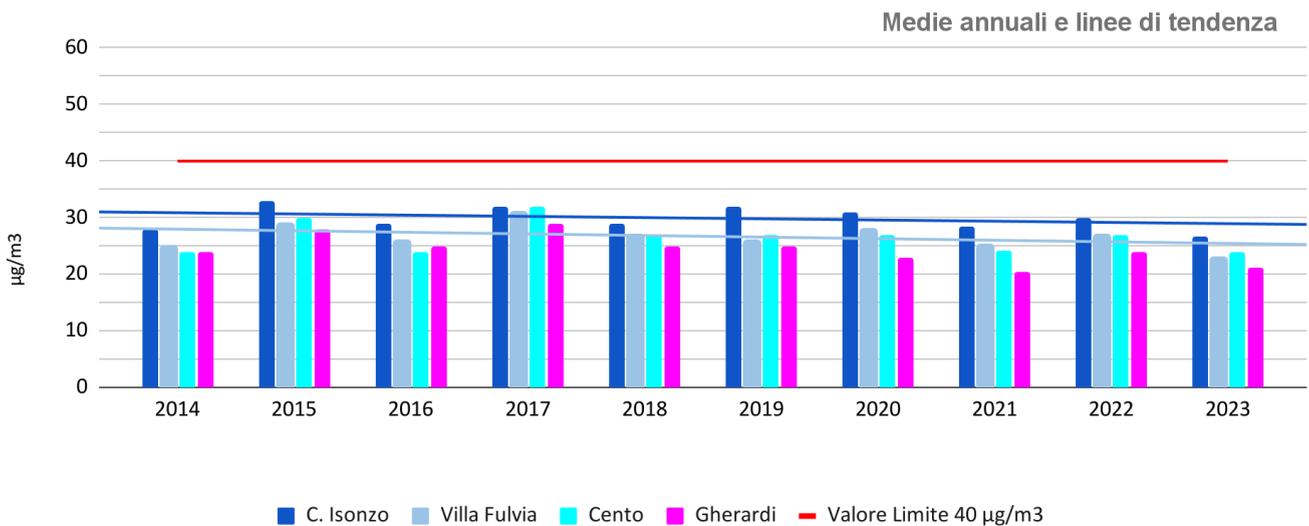
Il massimo valore dell'anno misurato dalla rete di Ferrara è stato quello di C. Isonzo il giorno 15 febbraio con un dato pari a 108 µg/m<sup>3</sup>.

## Trend

### Medie annuali

	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )			
	C. Isonzo	Villa Fulvia	Cento	Gherardi
Anno 2014	28	25	24	24
Anno 2015	33	29	30	28
Anno 2016	29	26	24	25
Anno 2017	32	31	32	29
Anno 2018	29	27	27	25
Anno 2019	32	26	27	25
Anno 2020	31	28	27	23
Anno 2021	28	25	24	21
Anno 2022	30	27	27	24
Anno 2023	27	23	24	21

■ ≤ Valore Limite 40 µg/m<sup>3</sup>
■ > Valore Limite 40 µg/m<sup>3</sup>



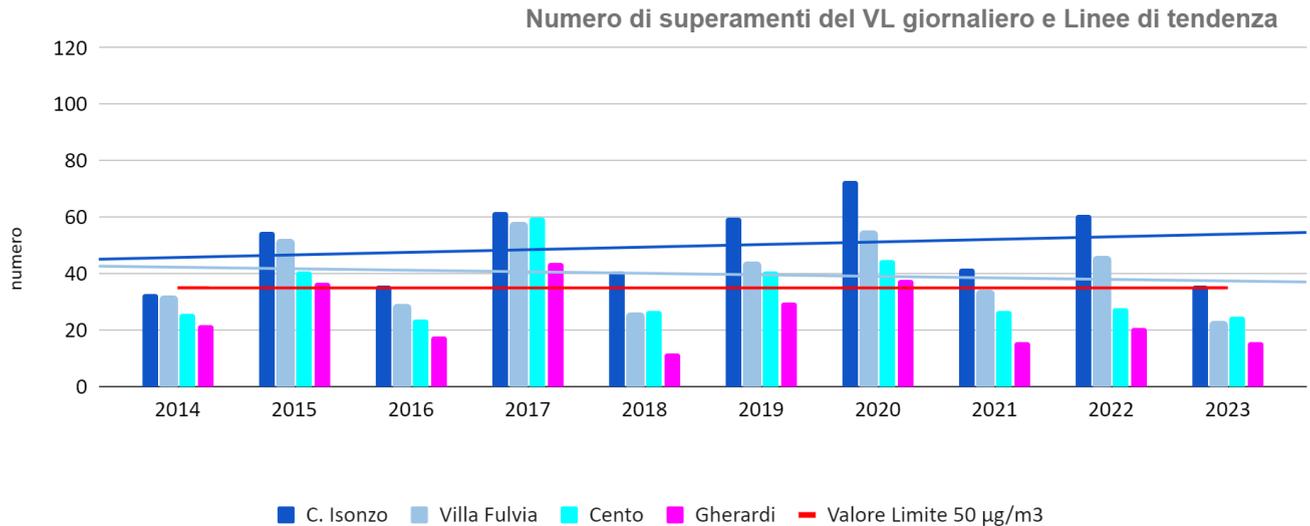
Nell'ultimo decennio il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni e i dati del 2023 rientrano nella variabilità del periodo. Il trend indica una lievissima diminuzione per tutti i siti.

### Superamenti

	Numero di superamenti del valore limite giornaliero			
	C. Isonzo	Villa Fulvia	Cento	Gherardi
Anno 2014	33	32	26	22
Anno 2015	55	52	41	37
Anno 2016	36	29	24	18
Anno 2017	62	58	60	44
Anno 2018	41	26	27	12
Anno 2019	60	44	41	30
Anno 2020	73	55	45	38
Anno 2021	42	34	27	16
Anno 2022	61	46	28	21
Anno 2023	36 (30)*	23	25	16

■ ≤ Valore Limite 35 g/anno   
 ■ > Valore Limite 35 g/anno

Nel grafico seguente, per Corso Isonzo sono stati considerati per l'anno 2023, i 36 superamenti registrati (rivalutati a 30 come precedentemente descritto).



Il trend del numero di superamenti delle stazioni della RRQA rimane un indicatore ancora critico in particolare per le stazioni da traffico, più contenuto per quelle di fondo. Il 2023 è stato un anno in controtendenza, come già specificato nell'introduzione meteorologica, che ha visto un calo consistente del numero di superamenti rispetto a quanto fatto registrare nel decennio.

Si precisa inoltre che, per la stazione di C.Isonzo, come già illustrato, ai fini del conteggio del numero dei superamenti del valore limite giornaliero sono state scorporate 6 giornate in cui si sono verificati episodi di trasporto di polvere sahariana (25 febbraio, 8 ottobre, 10,11,12,13 ottobre).

# Particolato PM2.5

## Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

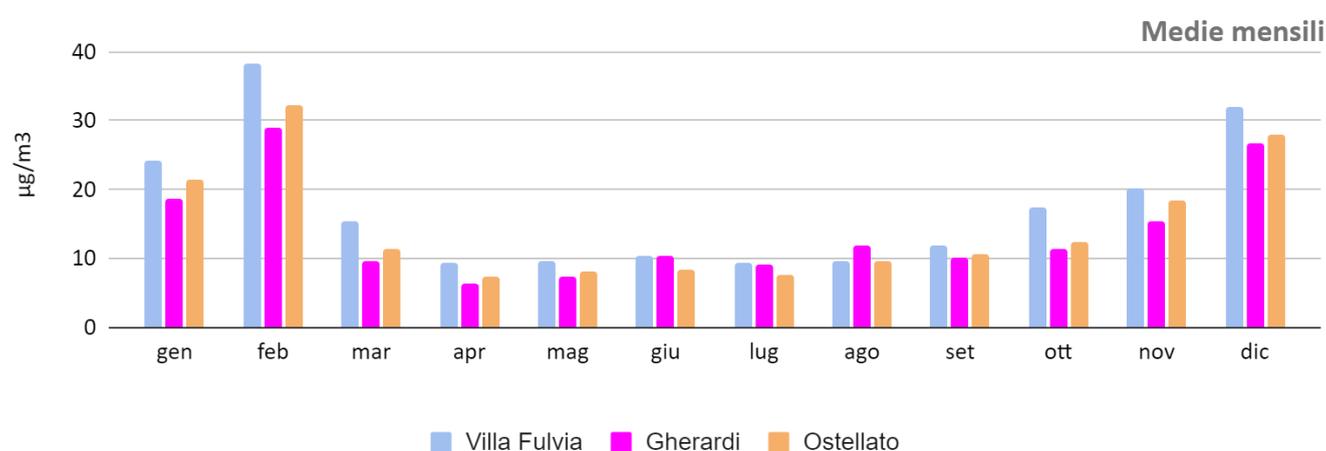
Valore Limite annuale	media annuale	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
-----------------------	---------------	-----------------------------

## Analisi dei dati

	Stazioni		
	Villa Fulvia	Gherardi	Ostellato
<b>Media annuale (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	17	14	15
<b>Minimo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	1	0	0
<b>Massimo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	87	72	69
<b>25° percentile (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	8	6	6
<b>50° percentile (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	13	11	11
<b>75° percentile (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	21	18	18
<b>95° percentile (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	44	38	43
<b>Dati Validi (%)</b>	95%	98%	99%
Limite di quantificazione 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ■ $\leq$ Valore Limite 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ■ $>$ Valore Limite 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			

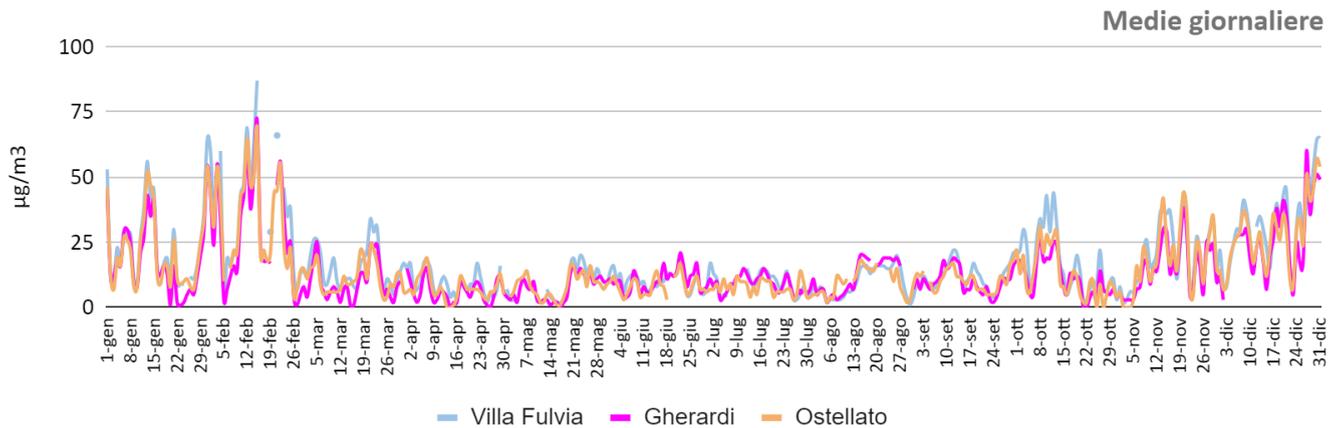
Tutte le stazioni rispettano il Valore Limite annuale di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I dati misurati nell'intero territorio provinciale sono molto simili tra loro a conferma della natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, che determina un'elevata diffusione spaziale. Dal 2023 le polveri PM2,5 vengono misurate nella stazione di Villa Fulvia con lo strumento di nuova acquisizione Palas mod. Fidas 200.

## Andamento medie mensili



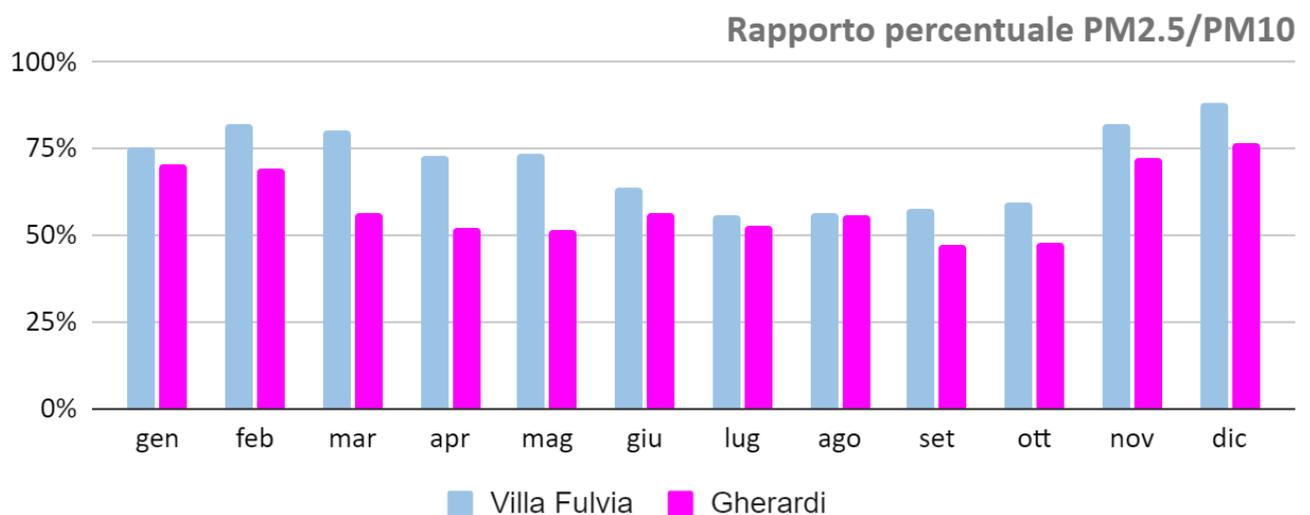
Come già osservato per le polveri PM10, anche le polveri PM2.5 risultano più elevate nella stagione autunnale/invernale rispetto a quella estiva, quando il maggior rimescolamento dell'atmosfera favorisce la dispersione degli inquinanti. Come già detto, la natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni, anche se collocate in aree diverse e lontane fra loro. Nel 2023 il mese più critico è stato febbraio che ha registrato una media complessiva di tutte le stazioni pari a 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dati Giornalieri



Il massimo valore dell'anno nelle stazioni RRQA di Ferrara, pari a 87 µg/m<sup>3</sup>, è stato misurato a Villa Fulvia il 15 febbraio.

Rapporto PM2.5/PM10



Dall'osservazione del rapporto tra i dati di PM2.5 e PM10 misurati nella stessa stazione emergono variazioni nei diversi mesi dell'anno; in particolare nella stagione invernale tale rapporto è più elevato (71% media Stazioni RRQA di Ferrara) mentre nella stagione estiva appare più contenuto (58% media Stazioni RRQA).

Il rapporto tra le due frazioni dimensionali è maggiore in inverno in virtù delle maggiori emissioni di particolato fine derivante sia da processi di combustione (es. riscaldamento domestico) che da processi di formazione di particolato secondario, favoriti proprio in inverno dalle particolari condizioni meteo climatiche (stabilità atmosferica persistente).

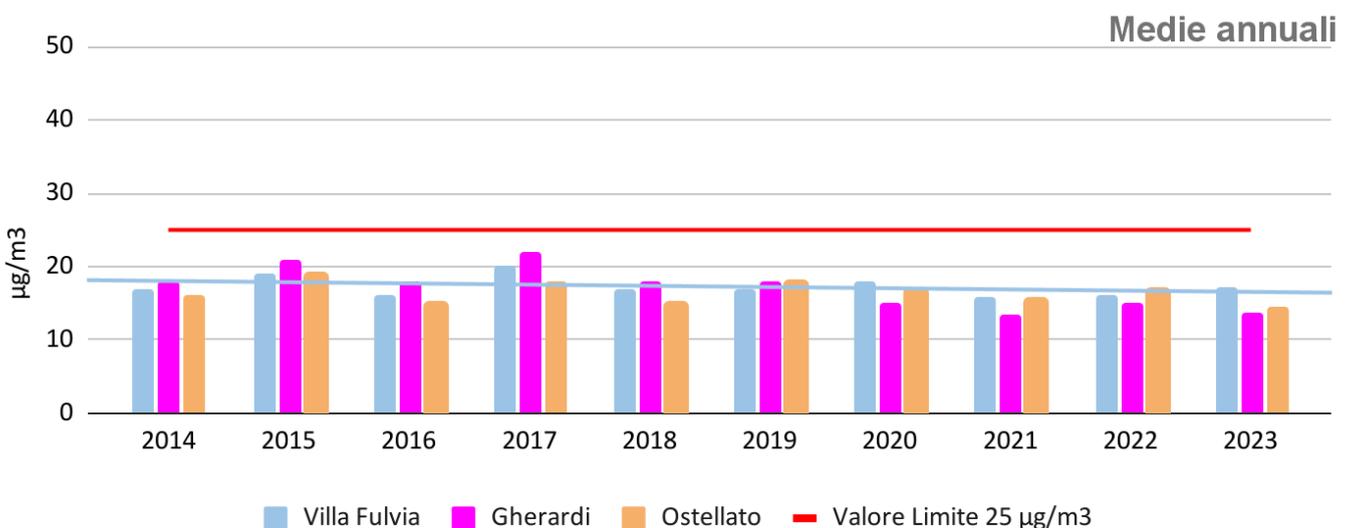
La stazione urbana di Villa Fulvia presenta un rapporto medio annuale pari a 70%, mentre la stazione di fondo rurale remoto di Gherardi presenta un rapporto medio annuale pari a 59%.

## Trend

### Medie annuali

	Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Villa Fulvia	Gherardi	Ostellato
Anno 2014	17	18	16
Anno 2015	19	21	19
Anno 2016	16	18	15
Anno 2017	20	22	18
Anno 2018	17	18	15
Anno 2019	17	18	18
Anno 2020	18	15	17
Anno 2021	16	13	16
Anno 2022	16	15	17
Anno 2023	17	14	15

■  $\leq$  Valore Limite  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 
■  $>$  Valore Limite  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA di Ferrara, dal 2014 fino al 2023, mostra dati sempre inferiori al Valore limite annuale e si osserva complessivamente una stazionarietà delle concentrazioni.



Da questi grafici, che riportano un confronto del PM10 e del PM2.5 negli anni, si osserva che in tutte le centraline la frazione "fine" del PM10 (cioè quella inferiore a 2,5 micron) costituisce la frazione preponderante, contribuendo, in termini di massa, ad oltre il 60% della massa totale del PM10.

## Metalli: nichel, arsenico, cadmio e piombo

I metalli sono costituenti naturali della crosta terrestre. In atmosfera si trovano essenzialmente associati al particolato e spesso sono presenti a seguito di emissioni provenienti da diversi tipi di attività industriali. Tra i metalli oggetto di monitoraggio per la qualità dell'aria, quelli normati sono: il nichel (Ni), il cadmio (Cd), l'arsenico (As) e il piombo (Pb).

Nichel, cadmio e arsenico rivestono particolare rilevanza igienico-sanitaria, data la loro accertata cancerogenicità, secondo la classificazione dell'Agenzia internazionale di ricerca sul cancro (IARC), in quanto classificati in categoria 1. Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio si origina prevalentemente da processi industriali, il nichel proviene dalla combustione, mentre le maggiori fonti antropogeniche dell'arsenico sono le attività estrattive, la fusione di metalli non ferrosi e la combustione di combustibili fossili; alle emissioni di piombo contribuisce ancora il traffico veicolare, nonché la combustione nei processi industriali.

## Limiti di legge

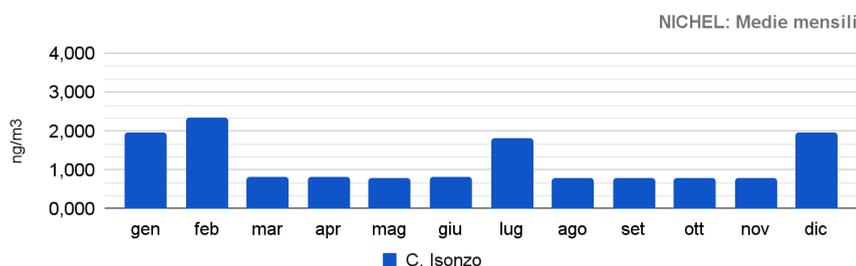
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Nichel	Valore Obiettivo	media annuale	20 ng/m <sup>3</sup>
Arsenico	Valore Obiettivo	media annuale	6 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore Obiettivo	media annuale	5 ng/m <sup>3</sup>
Piombo	Valore Limite	media annuale	500 ng/m <sup>3</sup>

## Analisi dei dati

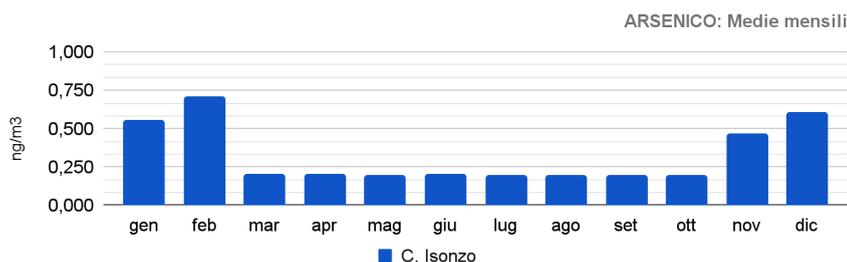
### Nichel

	Stazione
	<b>C. Isonzo</b>
<b>Media annuale (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,187</b>
<b>Minimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,772</b>
<b>Massimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2,328</b>
<b>Dati Validi (%)</b>	<b>100%</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">■</span> ≤ Valore Obiettivo 20 ng/m<sup>3</sup></li> <li><span style="color: orange;">■</span> &gt; Valore Obiettivo 20 ng/m<sup>3</sup></li> </ul>	



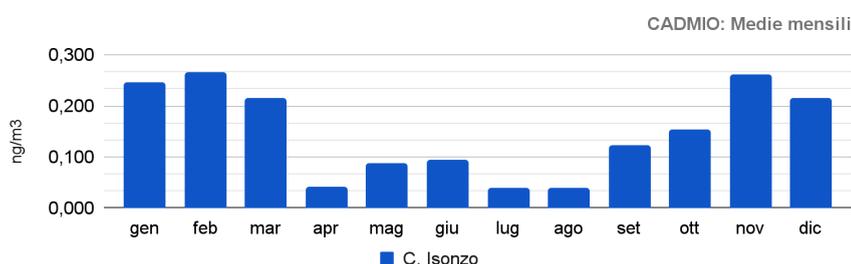
### Arsenico

	Stazione
	<b>C. Isonzo</b>
<b>Media annuale (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,322
<b>Minimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,193
<b>Massimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,700
<b>Dati Validi (%)</b>	100%
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ≤ Valore Obiettivo 6 ng/m<sup>3</sup></li> <li>■ &gt; Valore Obiettivo 6 ng/m<sup>3</sup></li> </ul>	



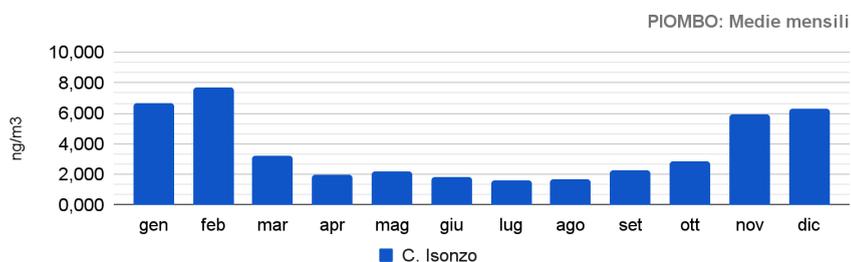
### Cadmio

	Stazione
	<b>C. Isonzo</b>
<b>Media annuale (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,147
<b>Minimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,038
<b>Massimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,263
<b>Dati Validi (%)</b>	100%
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ≤ Valore Obiettivo 5 ng/m<sup>3</sup></li> <li>■ &gt; Valore Obiettivo 5 ng/m<sup>3</sup></li> </ul>	



### Piombo

	Stazione
	<b>C. Isonzo</b>
<b>Media annuale (ng/m<sup>3</sup>)</b>	3,617
<b>Minimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	1,567
<b>Massimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	7,615
<b>Dati Validi (%)</b>	100%
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ≤ Valore Limite 500 ng/m<sup>3</sup></li> <li>■ &gt; Valore Limite 500 ng/m<sup>3</sup></li> </ul>	



Arsenico, cadmio e piombo presentano medie mensili che seguono l'andamento delle polveri, con concentrazioni più alte nei mesi invernali; nel mese di luglio il nichel presenta un valore confrontabile con quelli rilevati nei mesi invernali di gennaio e dicembre.

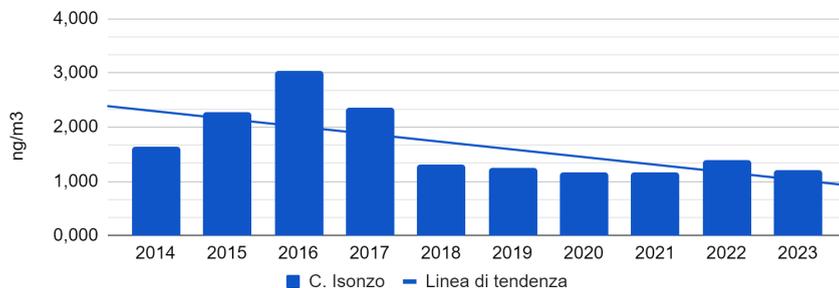
Le concentrazioni più alte a C.Isonzo sono state misurate nel mese di febbraio per tutti i metalli: nichel pari a 2,328 ng/m<sup>3</sup>, arsenico pari a 0,700 ng/m<sup>3</sup>, cadmio pari a 0,263 ng/m<sup>3</sup> e piombo pari a 7,615 ng/m<sup>3</sup>.

Complessivamente sia le concentrazioni medie mensili che quelle annuali, soprattutto per i piombo, risultano molto basse e lontane dai limiti o valori obiettivo indicati dalla normativa, per cui questi inquinanti non risultano critici per quanto riguarda la qualità dell'aria.

Trend

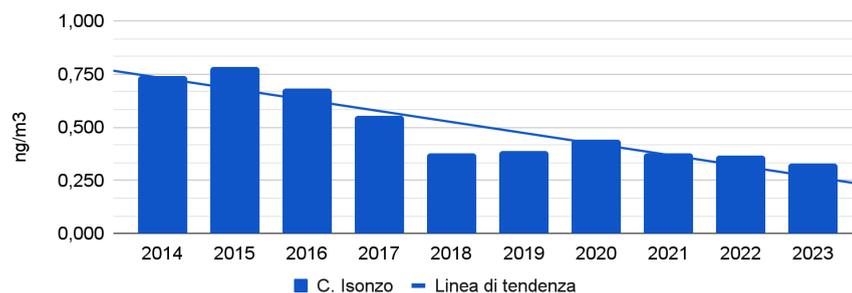
Nichel

	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )
	C. Isonzo
Anno 2014	1,621
Anno 2015	2,260
Anno 2016	3,018
Anno 2017	2,340
Anno 2018	1,282
Anno 2019	1,221
Anno 2020	1,136
Anno 2021	1,142
Anno 2022	1,367
Anno 2023	1,187
■ ≤ Valore Obiettivo ■ > Valore Obiettivo <b>Valore Obiettivo 20 ng/m<sup>3</sup></b>	



Arsenico

	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )
	C. Isonzo
Anno 2014	0,738
Anno 2015	0,778
Anno 2016	0,676
Anno 2017	0,549
Anno 2018	0,372
Anno 2019	0,384
Anno 2020	0,437
Anno 2021	0,372
Anno 2022	0,361
Anno 2023	0,322
■ ≤ Valore Obiettivo ■ > Valore Obiettivo <b>Valore Obiettivo 6 ng/m<sup>3</sup></b>	



Cadmio

	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )
	C. Isonzo
Anno 2014	0,186
Anno 2015	0,205
Anno 2016	0,214
Anno 2017	0,158
Anno 2018	0,133
Anno 2019	0,164
Anno 2020	0,127
Anno 2021	0,132
Anno 2022	0,116
Anno 2023	0,147
■ ≤ Valore Obiettivo ■ > Valore Obiettivo	



**Valore Obiettivo 5 ng/m<sup>3</sup>**

**Piombo**

	<b>Concentrazioni (ng/m<sup>3</sup>)</b>
	<b>C. Isonzo</b>
<b>Anno 2014</b>	5,714
<b>Anno 2015</b>	6,127
<b>Anno 2016</b>	4,823
<b>Anno 2017</b>	4,216
<b>Anno 2018</b>	4,242
<b>Anno 2019</b>	4,348
<b>Anno 2020</b>	4,463
<b>Anno 2021</b>	3,886
<b>Anno 2022</b>	3,896
<b>Anno 2023</b>	3,617
■ ≤ Valore Limite   ■ > Valore Limite	
<b>Valore Limite 500 ng/m<sup>3</sup></b>	



Se si analizzano i trend delle medie annuali dell'ultimo decennio nella stazione di C. Isonzo, si rileva un calo apprezzabile per tutti i metalli.

## Benzo(a)pirene

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta e altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

Questi composti sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili), quindi si rilevano nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel, che benzina).

Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene (B(a)P), e presenta una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

È una delle prime sostanze delle quali si è accertata la cancerogenicità ed è stata, quindi, utilizzata come indicatore dell'intera classe di composti policiclici aromatici: la IARC (IARC, 2012) ha classificato in particolare il benzo(a)pirene (B(a)P) come cancerogeno per l'uomo (categoria 1).

Una elevata quota delle emissioni di BaP proviene dalla combustione residenziale di biomassa solida. Il benzo(a)pirene viene emesso in atmosfera quasi totalmente adsorbito sul materiale particolato e la sua emissione risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente nonché del tipo e della qualità della combustione.

## Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

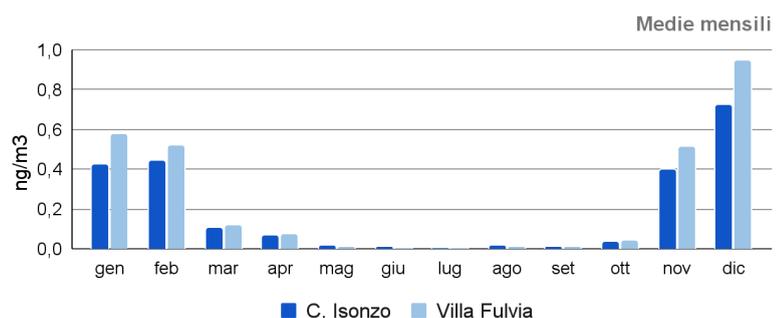
Valore Obiettivo	media annuale	1 ng/m <sup>3</sup>
------------------	---------------	---------------------

## Analisi dati

### Andamento medie mensili

	Stazione	
	C. Isonzo	Villa Fulvia
<b>Media annuale (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,1875	0,2355
<b>Minimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,0029	0,0030
<b>Massimo (ng/m<sup>3</sup>)</b>	0,7221	0,9477
<b>Dati Validi (%)</b>	100%	100%

■ ≤ Valore Obiettivo 1 ng/m<sup>3</sup>  
■ > Valore Obiettivo 1 ng/m<sup>3</sup>



La media annuale in tutte le stazioni è ampiamente inferiore al Valore Obiettivo di 1 ng/m<sup>3</sup>.

Le medie mensili di benzo(a)pirene presentano un andamento stagionale simile a quello delle polveri, più alte nei mesi invernali.

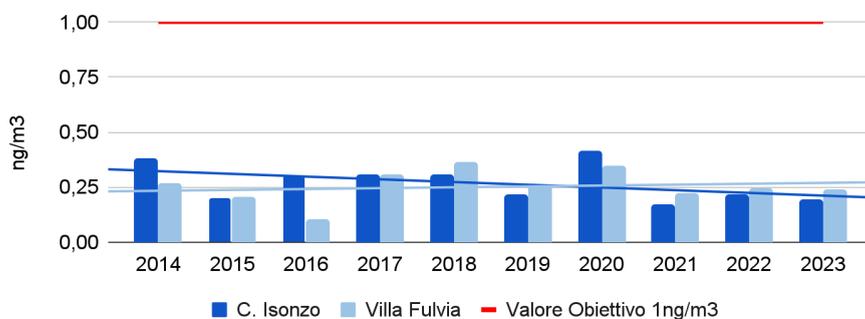
Il dati più alti sono quelli di dicembre (pari a 0,7221 ng/m<sup>3</sup> nella stazione di C. Isonzo e 0,9477 ng/m<sup>3</sup> a Villa Fulvia), quelli più bassi vanno da maggio a settembre.

## Trend

### Medie annuali

	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )	
	C. Isonzo	Villa Fulvia
Anno 2014	0,3766	0,2623
Anno 2015	0,2000	0,2000
Anno 2016	0,3000	0,1000
Anno 2017	0,3000	0,3000
Anno 2018	0,3013	0,3570
Anno 2019	0,2120	0,2565
Anno 2020	0,4122	0,3412
Anno 2021	0,1663	0,2185
Anno 2022	0,2119	0,2405
Anno 2023	0,1875	0,2355

■ ≤ Valore Obiettivo 1 ng/m<sup>3</sup>  
■ > Valore Obiettivo 1 ng/m<sup>3</sup>



I dati nell'ultimo decennio sono sempre risultati contenuti e lontani dal Valore Obiettivo: il trend evidenzia un leggero calo, fatta eccezione per Villa Fulvia dove si è registrata una sostanziale stazionarietà.

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

L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera, molto reattivo. Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra, creando uno scudo protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole.

L'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) è un inquinante secondario, che si forma mediante processi fotochimici a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera (ossidi di azoto e composti organici volatili), trasportati e diffusi da venti e turbolenza atmosferica. Proprio per questo le sue massime concentrazioni si osservano a distanza dalle sorgenti emissive degli inquinanti precursori, nelle zone suburbane e rurali, anche dell'Appennino.

Le reazioni fotochimiche che portano alla generazione dell'ozono sono catalizzate dalla radiazione solare; questo rende l'ozono un inquinante tipicamente estivo, con valori di concentrazione più elevati nelle estati contrassegnate da alte temperature.

### Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Soglia di Informazione SI	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme SA	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>
Obiettivo a lungo termine OLT	massimo giornaliero della media mobile su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>
Valore Obiettivo VO	massima media mobile 8 ore pari a 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte come media di 3 anni	25
AOT 40	Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m <sup>3</sup> e 80 µg/m <sup>3</sup> , da maggio a luglio, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 come media di 5 anni.	18000 µg/m <sup>3</sup> h

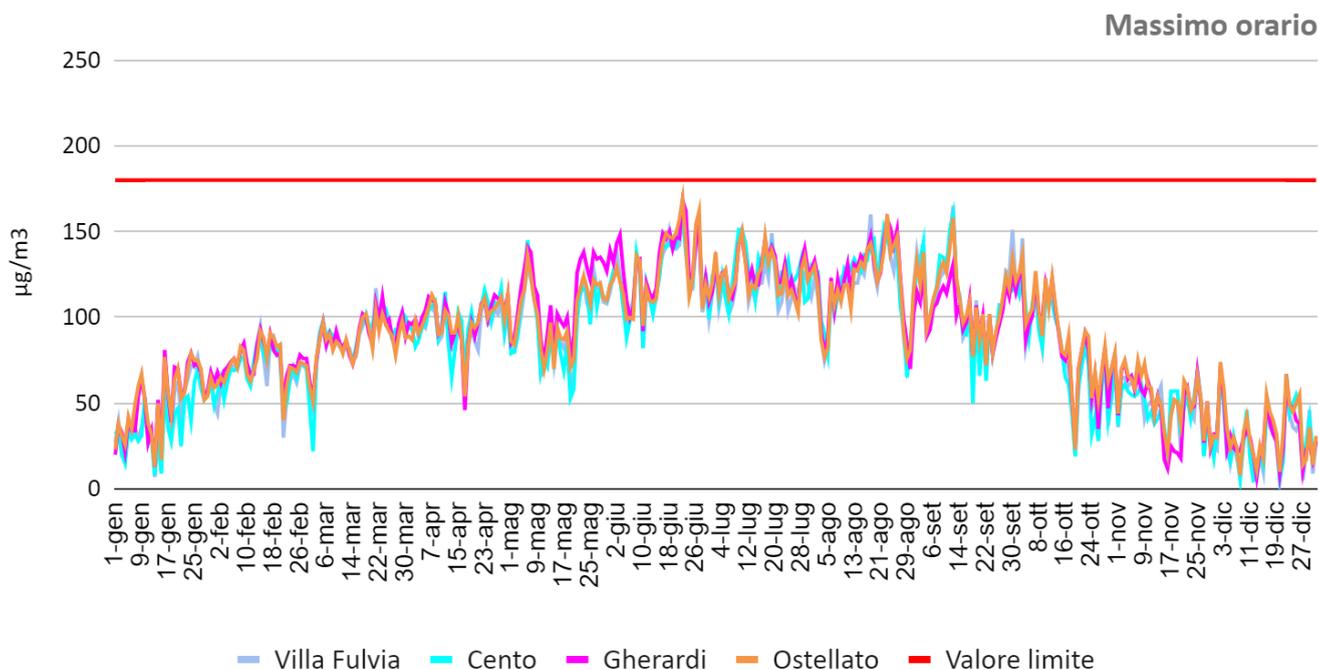
### Analisi dati

	Stazioni			
	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
<b>n. giorni sup. OLT</b>	34	39	57	40
<b>n. giorni sup. SI</b>	0	0	0	0
<b>n. ore sup. SI</b>	0	0	0	0
<b>Media (µg/m<sup>3</sup>)</b>	51	48	53	55
<b>Minimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	< 8	< 8	< 8	< 8
<b>Massimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	165	160	168	169
<b>25° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	22	17	24	28
<b>50° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	47	41	46	51
<b>75° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	75	73	77	78
<b>95° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	115	117	121	118
<b>Dati Validi (%)</b>	100%	100%	100%	100%
Limite di quantificazione 8 µg/m <sup>3</sup> ■ ≤ Valore Obiettivo      ■ > Valore Obiettivo				

Il numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>) dell'ozono continua a essere critico, essendo stato superato in tutte le stazioni in numerose giornate. Non si sono verificati dei superamenti della soglia di informazione.

### Superamenti della Soglia di Informazione

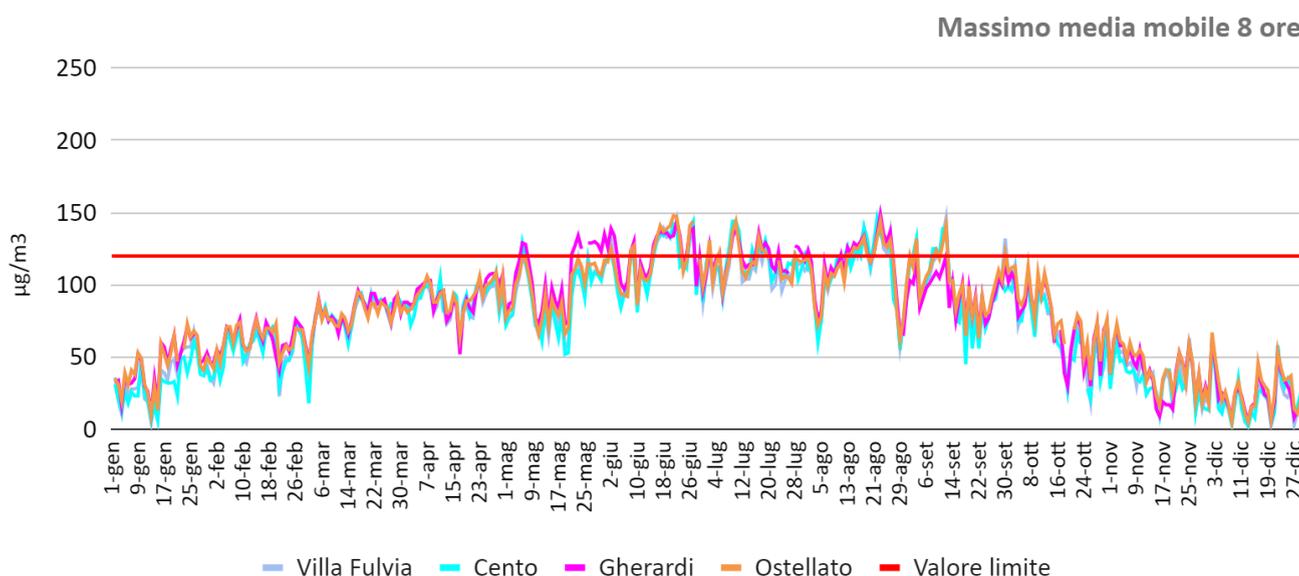
Superamenti (ore)	Stazioni			
	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
Gennaio	0	0	0	0
Febbraio	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Aprile	0	0	0	0
Maggio	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	0
Dicembre	0	0	0	0



Nel 2023 non si sono registrati superamenti della soglia di informazione ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in nessuna stazione; non risulta nemmeno superata la soglia di allarme di  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

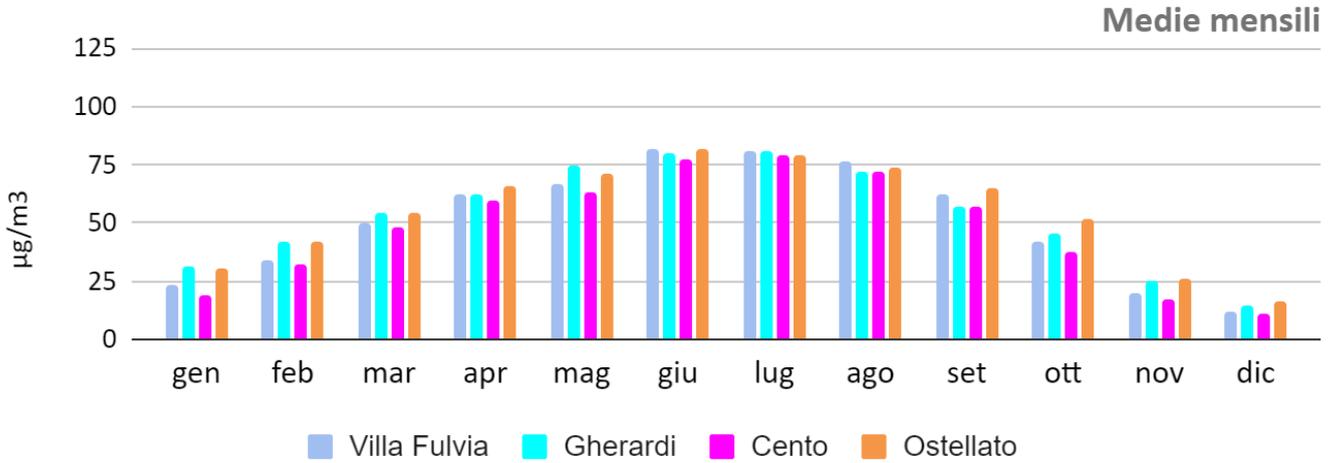
### Superamenti Obiettivo a Lungo Termine

Superamenti (giorni)	Stazioni			
	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
Gennaio	0	0	0	0
Febbraio	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Aprile	0	0	0	0
Maggio	0	1	12	0
Giugno	13	11	17	14
Luglio	6	10	13	9
Agosto	10	10	15	12
Settembre	5	7	0	5
Ottobre	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	0
Dicembre	0	0	0	0



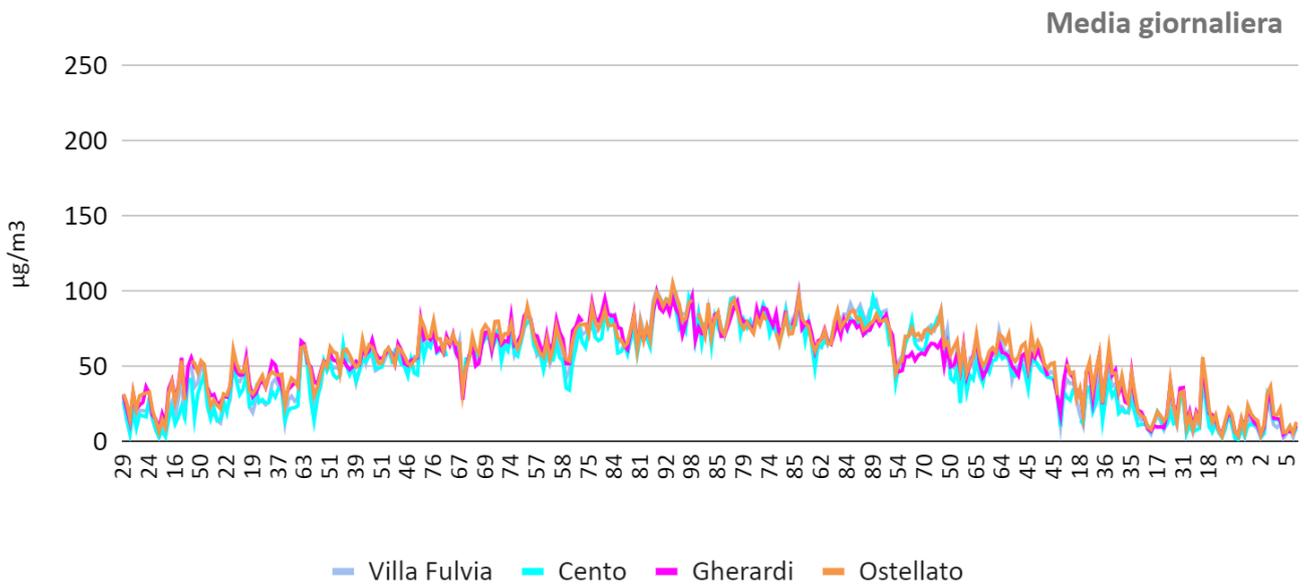
Il numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana dell'ozono (massima media mobile su 8 ore superiore a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  riferita alla giornata) continua a essere critico. Tali superamenti risultano distribuiti soprattutto nei mesi di giugno, luglio e agosto, anche se a Cento e a Gherardi il primo superamento è stato registrato nel mese di maggio.

Andamento medie mensili

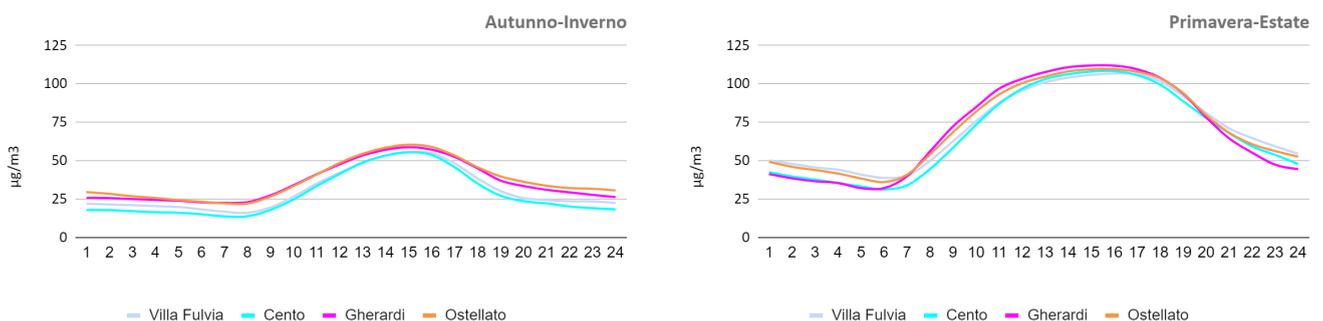


In ragione dell'origine fotochimica di questo inquinante, i massimi valori vengono registrati nei mesi estivi in cui la temperatura è maggiore.

Dati giornalieri



Giorno Tipo



Le rappresentazioni del giorno tipo evidenziano che le concentrazioni risultano più elevate nelle ore pomeridiane della giornata poco dopo le ore di massima insolazione e nelle stagioni calde, caratterizzate da un maggiore numero di giorni in cui è più attiva l'azione della luce solare. Le condizioni di alta pressione e di scarsa ventilazione favoriscono il ristagno degli inquinanti ed il loro accumulo. I profili del giorno tipo sono paragonabili sia in estate che in inverno, con valori marcatamente più elevati nel primo caso.

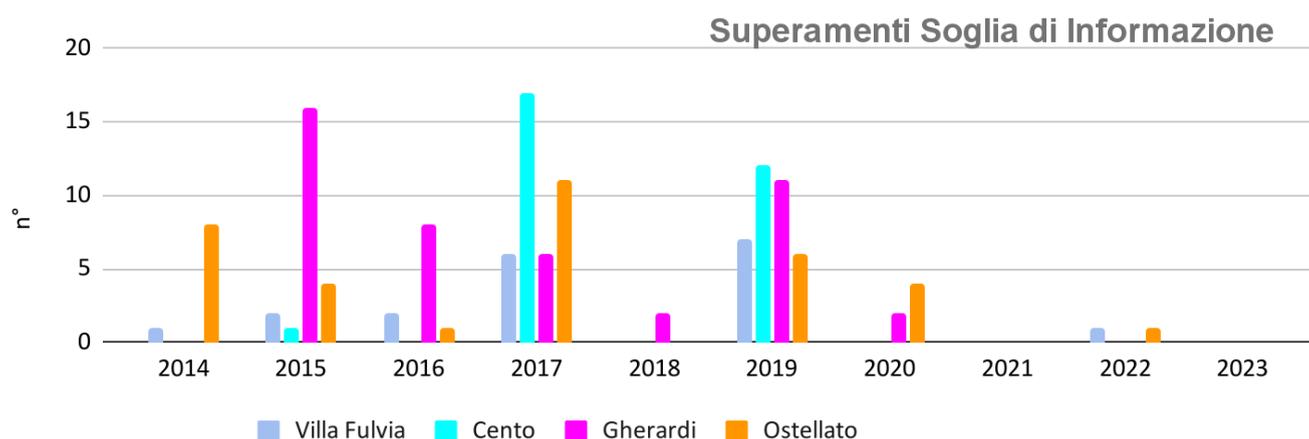
## Trend

### Numero di superamenti della Soglia di Informazione

	Numero di ore con superamento della Soglia Informazione			
	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
Anno 2014	1	0		8
Anno 2015	2	1	(*)	4
Anno 2016	2	0	8	1
Anno 2017	6	17	6	11
Anno 2018	0	0	2	0
Anno 2019	7	12	11	6
Anno 2020	0	0	2	4
Anno 2021	0	0	0	0
Anno 2022	1	0	0	1
Anno 2023	0	0	0	0

■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite

(\*): Copertura temporale inferiore a quella richiesta nell'Allegato VII D.Lgs. 155/2010  
 dati non rappresentativi dell'intero anno, (resa mensile inferiore a 5 mesi su 6, nel periodo settembre – aprile)

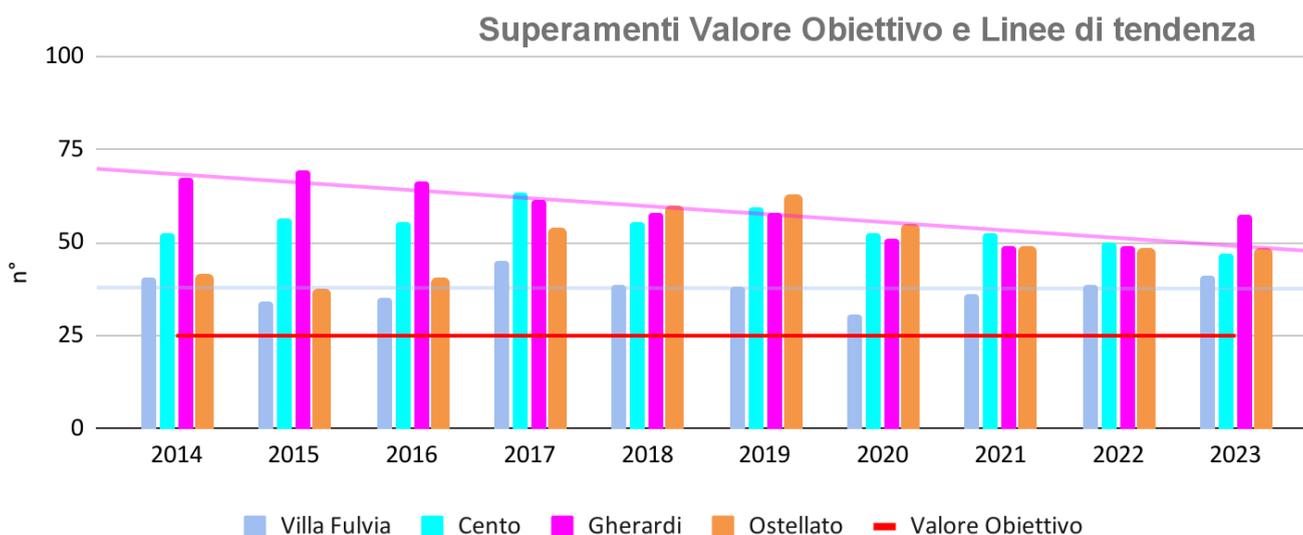


I superamenti della Soglia di Informazione sono molto variabili negli anni e prevalentemente legati alla meteorologia che contraddistingue la stagione estiva, oltre che alla zona in cui è collocata la stazione; risulta quindi molto difficile stabilire un trend dei superamenti. Nel 2023 non si sono registrati superamenti della Soglia di Informazione in nessuna stazione della rete.

### Numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo

	Numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo (media 3 anni)			
	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
Anno 2014	41	52	68	41
Anno 2015	34	56	70	37
Anno 2016	35	56	67	40
Anno 2017	45	63	62	54
Anno 2018	39	55	58	59
Anno 2019	38	60	58	62
Anno 2020	31	53	51	55
Anno 2021	36	52	49	49
Anno 2022	39	50	49	48
Anno 2023	41	47	57	48

■ ≤ Valore Obiettivo    ■ > Valore Obiettivo



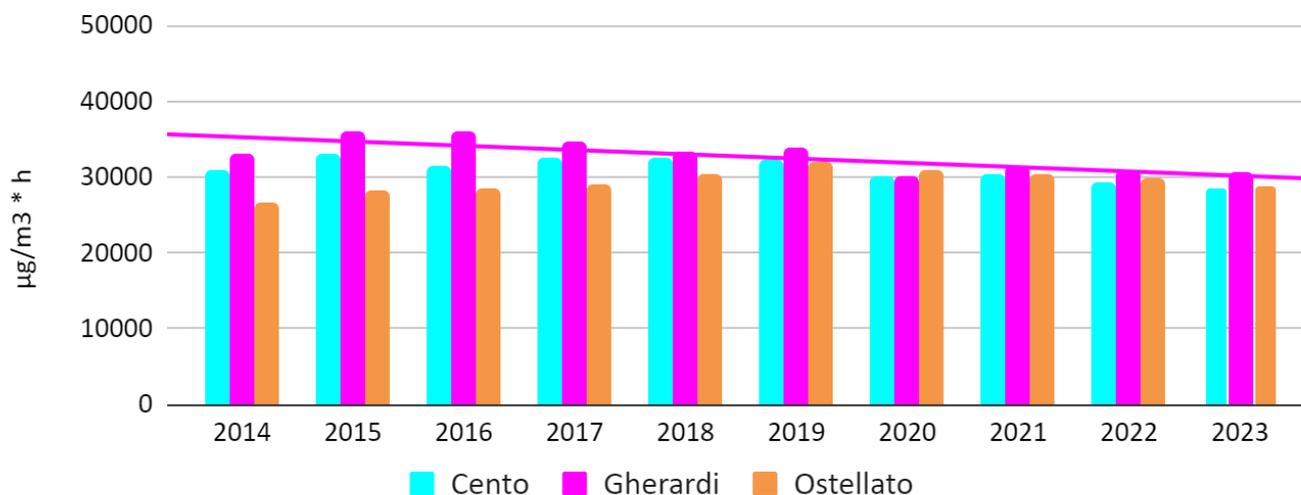
Nel grafico vengono riportati i superamenti del Valore Obiettivo (numero di superamenti dell'Obiettivo a Lungo Termine mediati su 3 anni) a confronto con il Valore Obiettivo di 25 superamenti, massimo indicato dalla normativa per la protezione della salute umana. Il dato del 2023 di Gherardi risulta essere in controtendenza con il trend dei valori dal 2014 che registrano una diminuzione dei superamenti. In tutte le stazioni si registrano sempre valori elevati rispetto al valore obiettivo. La situazione risulta più stabile per Villa Fulvia e per Ostellato.

AOT 40

	AOT40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) media di 5 anni		
	Cento	Gherardi	Ostellato
Anno 2013	29927	34280	28162
Anno 2014	30573	32834	26338
Anno 2015	32823	35664	27994
Anno 2016	31153	35682	28278
Anno 2017	32186	34277	28887
Anno 2018	32215	32973	30179
Anno 2019	31959	33533	31627
Anno 2020	29758	29895	30771
Anno 2021	30038	31227	30137
Anno 2022	29118	30548	29570
Anno 2023	28556	30326	28776

■  $\leq$  Valore Obiettivo    ■  $>$  Valore Obiettivo

### Superamenti Valore Obiettivo AT40 e Linee di tendenza



La valutazione di questo indicatore, come definito dal D.Lgs. 155/10, è limitata alle stazioni di fondo suburbano e rurale, quindi nel calcolo sono state considerate solo le stazioni di Cento, Gherardi e Ostellato.

Nella tabella e nel grafico vengono riportati, per ciascuna stazione, i valori di AOT40 come media di 5 anni (minimo 3 anni), dato da confrontare con il Valore Obiettivo di  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$  come richiesto dalla normativa.

Se si considerano i dati dell'ultimo decennio si può notare un lieve calo; i dati sono però ancora lontani dal valore di  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ , indicato dalla normativa per la protezione della vegetazione, a conferma della criticità che ancora esiste per questo inquinante.

## Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>

Con il termine NO<sub>x</sub> viene indicato genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico, ossia l'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), gas bruno di odore acre e pungente.

Gli ossidi di azoto giocano un ruolo fondamentale nella formazione dell'ozono e contribuiscono anche alla formazione di aerosol secondario, determinando un aumento della concentrazione di PM10 e PM2.5.

L'ossido di azoto (NO) si forma principalmente per reazione dell'azoto contenuto nell'aria con l'ossigeno atmosferico in processi che avvengono a elevata temperatura. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) si forma prevalentemente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) e solo in minima parte viene emesso direttamente.

### Limiti di legge

*D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE*

Valore Limite orario	media oraria da non superare più di 18 volte/anno	200 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme	media oraria (misurata per 3 ore consecutive)	400 µg/m <sup>3</sup>
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>

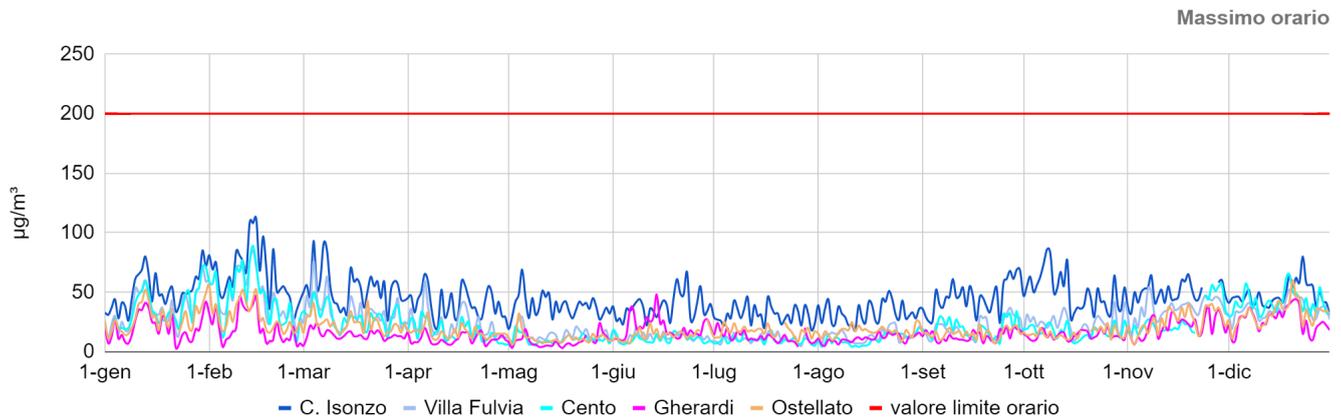
### Analisi dei dati

	Stazioni				
	C. Isonzo	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
<b>Media annuale (µg/m<sup>3</sup>)</b>	26	13	12	8	12
<b>n° sup. VL orario</b>	0	0	0	0	0
<b>Minimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
<b>Massimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	111	85	89	48	60
<b>25° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	16	5	4	3	6
<b>50° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24	9	8	7	10
<b>75° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	33	18	16	11	15
<b>95° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	50	37	36	23	28
<b>Dati Validi (%)</b>	100%	100%	100%	100%	100%
Limite di quantificazione 8 µg/m <sup>3</sup> <span style="color: green;">■</span> ≤ Valore Limite <span style="color: orange;">■</span> > Valore Limite					

Nel 2023, le concentrazioni di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) in tutte le stazioni hanno rispettato il valore limite annuale pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Il numero di superamenti del livello orario per la protezione per la salute umana di 200 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 18 ore/anno) non risulta superato in nessuna stazione.

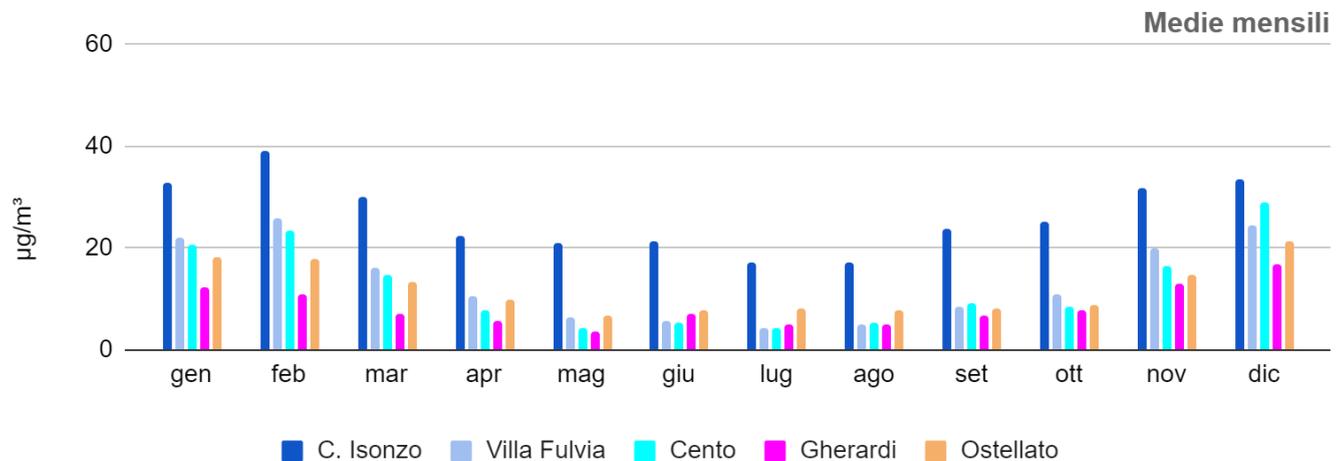
Il dato più alto tra le stazioni della rete regionale di Ferrara è stato misurato presso la stazione da traffico C. Isonzo: 26 µg/m<sup>3</sup>.

## Superamenti del valore limite orario



Il Valore Limite Orario fissato a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  viene rispettato da tutte le stazioni della rete regionale di Ferrara. Il valore massimo di  $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato misurato presso la stazione da traffico di C. Isonzo il giorno 15 febbraio alle ore 19.

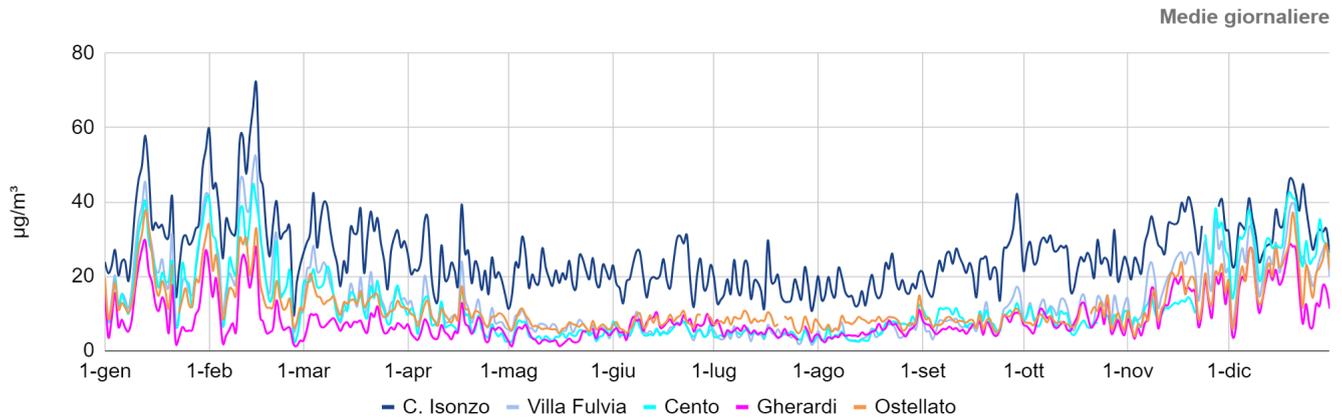
## Andamento dati mensili



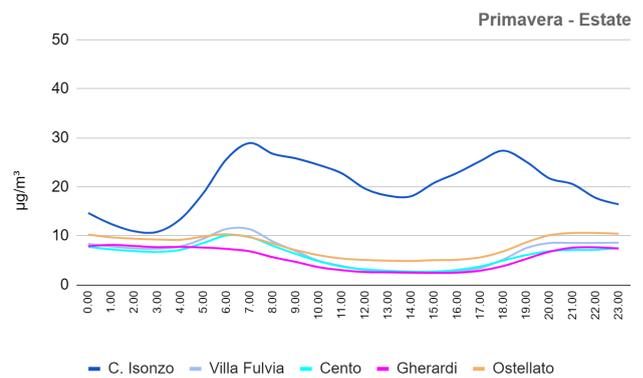
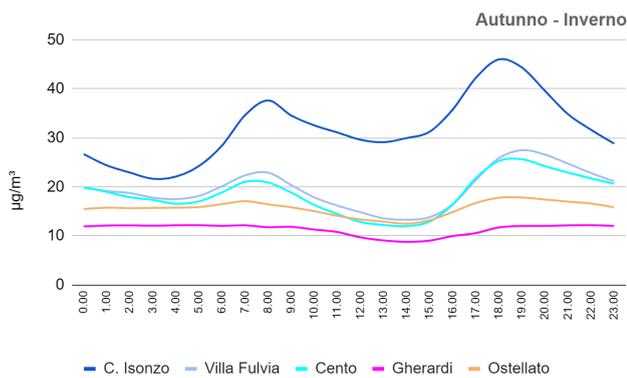
Dall'esame dei grafici delle medie mensili emerge che la stagione più critica per il biossido di azoto è quella invernale quando la stabilità atmosferica favorisce l'accumulo degli inquinanti.

I mesi peggiori sono risultati febbraio e dicembre con una media complessiva per le stazioni della Rete Regionale di Ferrara rispettivamente di  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la stazione dove si registrano i valori più alti risulta quella maggiormente interessata dai transiti veicolari ossia la stazione da traffico di C. Isonzo, con una media mensile a febbraio pari a  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e una media mensile a dicembre pari a  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Dati Giornalieri



## Giorno Tipo



Il giorno tipo mostra generalmente un doppio picco nelle ore mattutine e serali in corrispondenza di un numero maggiore di transiti veicolari relativi ai trasferimenti casa-lavoro; è esclusa da questo comportamento la stazione di fondo rurale di Gherardi collocata lontano da fonti di emissioni dirette, i cui dati appaiono piuttosto contenuti e senza variazioni significative nella giornata. Il picco è maggiormente evidente nella stazione da traffico di C. Isonzo.

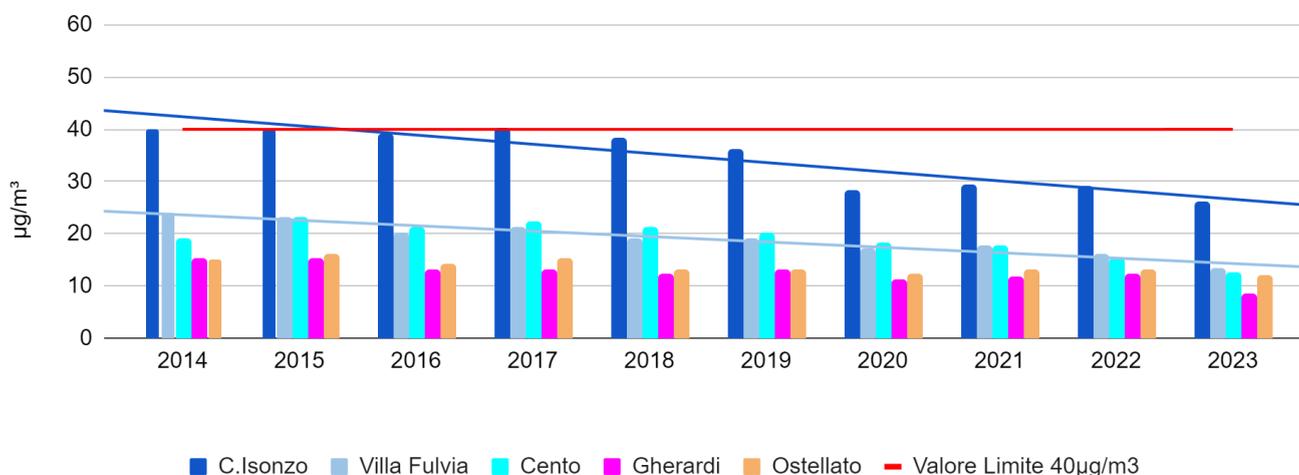
## Trend

### Medie annuali

Stazioni	Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	C.Isonzo	Villa Fulvia	Cento	Gherardi	Ostellato
Anno 2014	40	24	19	15	15
Anno 2015	40	23	23	15	16
Anno 2016	39	20	21	13	14
Anno 2017	40	21	22	13	15
Anno 2018	38	19	21	12	13
Anno 2019	36	19	20	13	13
Anno 2020	28	17	18	11	12
Anno 2021	29	18	17	12	13
Anno 2022	29	16	15	12	13
Anno 2023	26	13	12	8	12

■  $\leq$  Valore Limite  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$     
 ■  $>$  Valore Limite  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Medie annuali e Linee di tendenza



Il Valore Limite Annuale fissato a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  risulta da diversi anni rispettato da tutte le stazioni, anche nella stazione da traffico di C. Isonzo dove questo indicatore è stato in passato critico, con valori in alcuni anni prossimi al Valore Limite. Per quanto riguarda le stazioni di fondo rurale di Gherardi e di Ostellato le concentrazioni medie annuali appaiono sempre piuttosto contenute e non si osservano variazioni significative negli anni per questo inquinante.

Il trend delle medie annuali, nell'ultimo decennio, mostra una apprezzabile diminuzione delle concentrazioni; rispetto ai dati del 2014 quelli del 2023 mostrano una riduzione percentuale media pari a -36%.

# Benzene

Il benzene (C6H6) appartiene alla classe dei composti organici volatili, infatti a temperatura ambiente volatilizza assai facilmente, cioè passa dalla fase liquida a quella gassosa; è un costituente naturale del petrolio e ha un caratteristico odore aromatico pungente.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il benzene come sostanza cancerogena di classe I, in grado di produrre varie forme di leucemia. La classe I corrisponde ad una evidenza di cancerogenicità per l'uomo di livello "sufficiente".

In passato il benzene è stato ampiamente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali (produzione di gomma, plastica, inchiostri e vernici, nell'industria calzaturiera, nella stampa a rotocalco, nell'estrazione di oli e grassi etc.). La maggior parte del benzene oggi prodotto (85%) trova impiego nella chimica come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta utilizzati per produrre plastiche, resine, detergenti, fitofarmaci, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. Il benzene è, inoltre, contenuto nelle benzine, nelle quali viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentare il "numero di ottani", in sostituzione totale (benzina verde) o parziale (benzina super) dei composti del piombo.

Dal 1 gennaio 2020 in seguito all'approvazione della DGR 1135/2019 "Approvazione del progetto di riesame della classificazione delle zone e degli agglomerati della Regione Emilia-Romagna ai fini della valutazione della qualità dell'aria", il monitoraggio in automatico di questo inquinante rimane come presidio nel comune capoluogo.

Oltre al monitoraggio in automatico di BTEX presso la stazione di C. Isonzo (RRQA), in area urbana centrale entro le mura in corso Giovecca è attivo un campionamento che copre l'intero anno con misure medie settimanali, effettuato tramite campionatori passivi: si tratta di misure 'indicative' ai sensi del D.Lgs 155/2010. I campionatori passivi sono sistemi che non richiedono l'utilizzo di pompe di aspirazione, ma adsorbono gli inquinanti per effetto della diffusione dei gas nell'aria. I campionatori vengono posizionati ad un'altezza di circa 2,5 m dal suolo, in capannine appositamente allestite per proteggerli dalla pioggia, mantenendo comunque la libera circolazione dell'aria nell'intorno del campionatore.

Si riportano in tabella i dati raccolti attraverso il monitoraggio automatico e per confronto indicativo anche quelli raccolti con i campionatori passivi.

## Limiti di legge

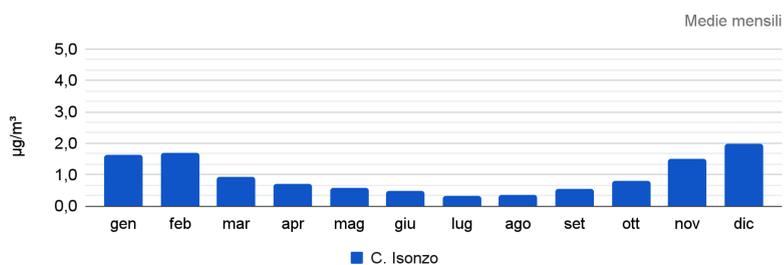
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite annuale	media annuale	5 µg/m <sup>3</sup>
-----------------------	---------------	---------------------

## Analisi dati

	Stazione	
	C. Isonzo	C. Giovecca
Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	0,9	1,1
Minimo (µg/m <sup>3</sup> )	< 0,1	0,3
Massimo (µg/m <sup>3</sup> )	6,1	3,2
25° percentile (µg/m <sup>3</sup> )	0,4	0,6
50° percentile (µg/m <sup>3</sup> )	0,7	0,8
75° percentile (µg/m <sup>3</sup> )	1,3	1,4
95° percentile (µg/m <sup>3</sup> )	2,4	2,5
Dati Validi (%)	98%	96%

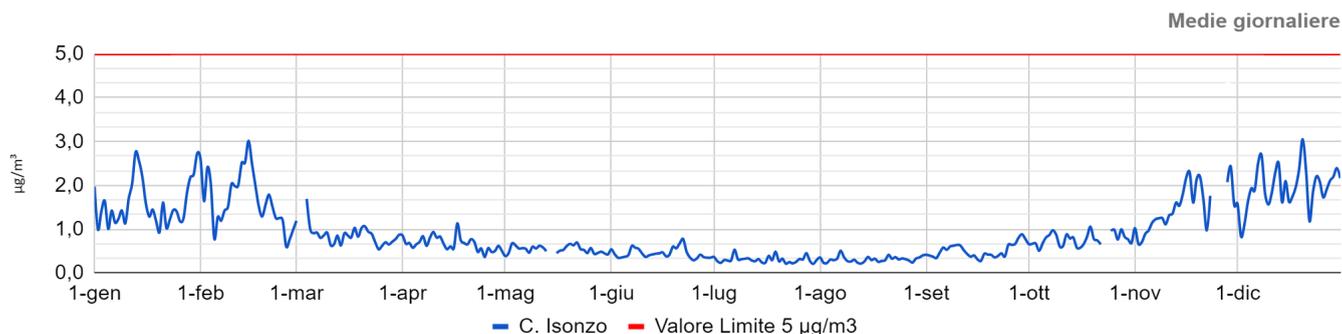
Limite di quantificazione 0,1 µg/m<sup>3</sup> -  
■ ≤ Valore Limite 5 µg/m<sup>3</sup> ■ > Valore Limite 5 µg/m<sup>3</sup>



I dati dell'anno 2023 rispettano ampiamente il Valore Limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>.

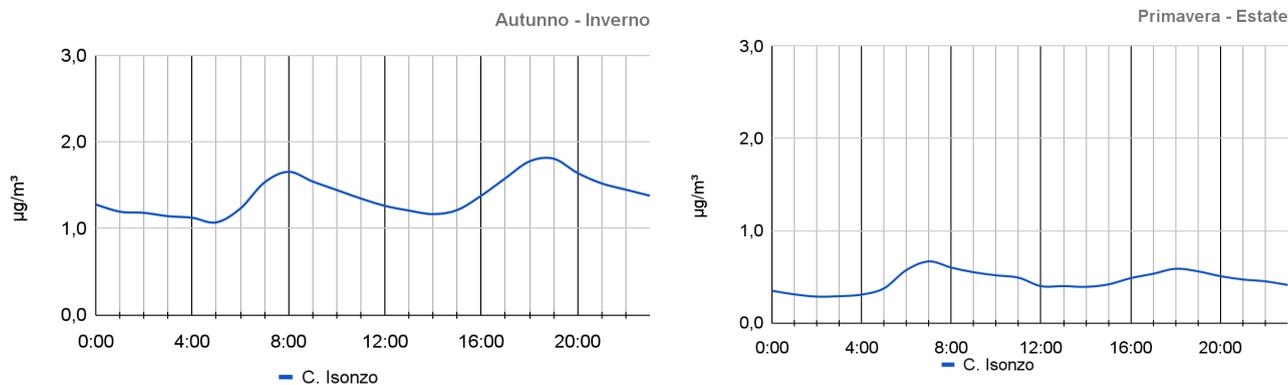
Dall'esame del grafico emerge che durante la stagione invernale si misurano dati più alti rispetto a quella estiva, dove i livelli di Benzene risultano estremamente bassi e prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

## Dati giornalieri



Il valore orario più alto (6,1 µg/m<sup>3</sup>) è stato misurato il 15 febbraio.

## Giorno Tipo



Il giorno tipo autunno-invernale evidenzia un doppio picco corrispondente alle ore mattutine e serali caratterizzate da maggiori transiti veicolari legati agli spostamenti casa - lavoro; nella stagione primaverile-estiva tale andamento, seppur presente, risulta smorzato.

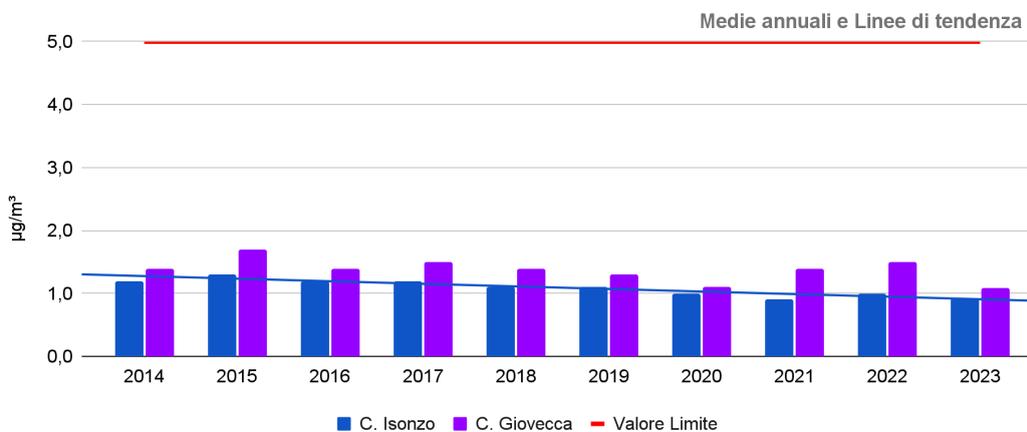
Il Valore Limite Annuale fissato in 5 µg/m<sup>3</sup> risulta ampiamente rispettato.

## Trend

### Medie annuali

	Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	C. Isonzo	C. Giovecca
Anno 2014	1,2	1,4
Anno 2015	1,3	1,7
Anno 2016	1,2	1,4
Anno 2017	1,2	1,5
Anno 2018	1,1	1,4
Anno 2019	1,1	1,3
Anno 2020	1,0	1,1
Anno 2021	0,9	1,4
Anno 2022	1,0	1,5
Anno 2023	0,9	1,1

■  $\leq$  Valore Limite  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 
■  $>$  Valore Limite  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Le concentrazioni medie annuali di Benzene confermano l'assenza di criticità a carico di questo inquinante che ha ormai raggiunto livelli molto contenuti rispetto al Valore Limite Annuale. Se si confrontano i dati del 2014 con quelli del 2023, per la stazione C.Isonzo il calo percentuale risulta del -24%.

## Toluene, Etilbenzene e Xileni

Di seguito si riportano alcune elaborazioni sui dati di altri composti aromatici analizzati presso la stazione di C. Isonzo a Ferrara: si precisa che per Toluene, Etilbenzene e Xileni la normativa italiana non prevede Valori Limite in aria ambiente. Nella tabella seguente si riportano alcuni riferimenti internazionali sui livelli di esposizione.

### Valori Guida Internazionali

Composto	Valore Guida	Periodo	Fonte
Toluene	260 µg/m <sup>3</sup>	media settimanale	WHO - Air Quality Guidelines - Anno 2000
Xileni	*Rfc: 100 µg/m <sup>3</sup>	media 24 ore	EPA – Integrated Risk Information System Anno 2003
Etilbenzene	*Rfc: 1000 µg/m <sup>3</sup>	media 24 ore	EPA – Integrated Risk Information System - Anno 1991
*RfC= Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure			

	C. Isonzo		
	Toluene	Etilbenzene	Xileni
<b>Media annuale (µg/m<sup>3</sup>)</b>	2,5	0,4	2,3
<b>Minimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	< 0,1	< 0,1	0,1
<b>Massimo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	57,9	7,4	35,4
<b>25° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1,2	0,2	1,0
<b>50° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1,8	0,3	1,6
<b>75° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	3,0	0,5	2,8
<b>95° percentile (µg/m<sup>3</sup>)</b>	6,3	1,1	5,9
<b>Dati Validi (%)</b>	98%	98%	98%

Dall'esame dei dati emerge che la stazione di C. Isonzo presenta dati misurati di toluene, etilbenzene e xileni molto bassi e lontani dai valori Guida Internazionali.

## Ammoniaca NH<sub>3</sub>

L'ammoniaca (NH<sub>3</sub>) è un gas incolore tossico, dall'odore pungente caratteristico, solubile in acqua, presente nell'aria soprattutto nelle aree circostanti ad allevamenti animali intensivi. È fondamentale nel ciclo del ricambio chimico del suolo, perché fornisce l'azoto, uno dei tre elementi nutrizionali principali delle piante e degli animali.

L'ammoniaca è emessa quasi esclusivamente dalle pratiche agricole e di zootecnia e in minor misura da traffico e attività industriali. È un inquinante importante, detto "primario", poiché attraverso vari processi può portare alla formazione di nuovo particolato in atmosfera, detto particolato "secondario".

L'ammoniaca può provocare irritazione alle vie respiratorie, acidificazione ed eutrofizzazione dell'ambiente.

Ad oggi non sono previsti limiti di legge o valori soglia o obiettivo.

Il monitoraggio dell'ammoniaca viene effettuato routinariamente dal 1989 presso la stazione di Mizzana-Via Traversagno, nel comune di Ferrara nei pressi del Polo Chimico dove è presente un'importante azienda autorizzata ad emettere ammoniaca e urea.

Le modalità operative del monitoraggio hanno seguito nel tempo diverse strategie in conseguenza dell'evoluzione delle disponibilità analitiche e gestionali, in ogni caso la rappresentatività dei campioni è da ritenersi riferita ad informazioni sul livello "medio" e sul trend delle immissioni e non alle variazioni di breve durata, che il campionamento passivo non è in grado di cogliere.

La misura attuale utilizza campionatori passivi con campionamenti medi mensili.

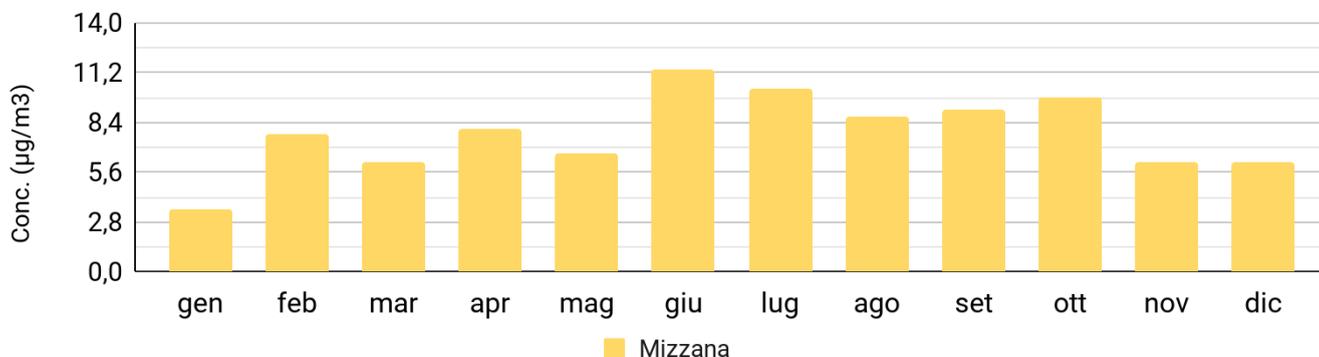


### Analisi dati

PUNTO DI MISURA	Comune	Dati Validi (%)	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )		
			Min	Max	Media Annuale
■ Mizzana	Ferrara	100	3,5	11,4	7,8

## Andamento medie mensili

NH<sub>3</sub> Mizzana



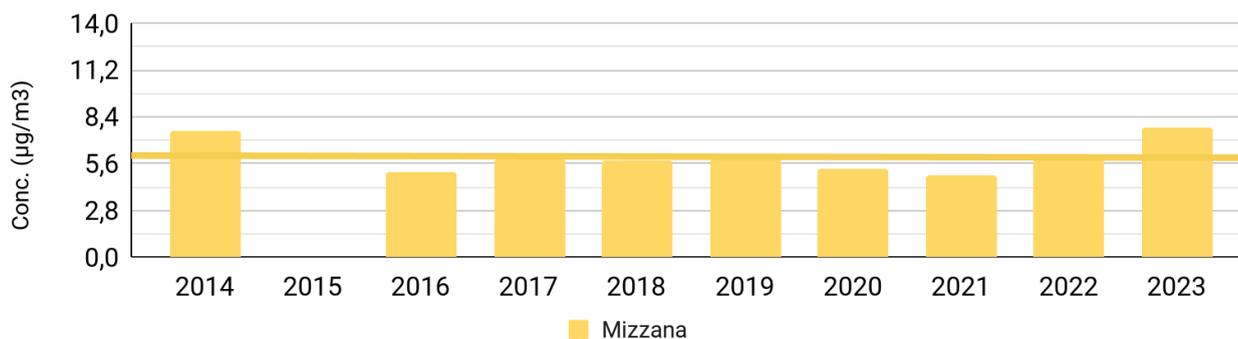
La media annuale presso Mizzana risulta pari a 7,8 µg/m<sup>3</sup>. L'andamento delle medie mensili di NH<sub>3</sub> presenta variazioni non collegate ad una specifica stagionalità. Viste le caratteristiche del sito di monitoraggio di Ferrara, si può ipotizzare che i dati rilevati risentano sia di fonti di inquinamento diversificate presenti nell'intorno della postazione di monitoraggio (un "fondo"), sia di fonti di origine industriale, sia del traffico (l'ammoniaca è prodotta dalle emissioni dei veicoli, soprattutto quelli di più recente costruzione), nonché dell'influenza delle emissioni di ammoniaca derivanti dalle pratiche agro zootecniche (uso di fertilizzanti ed emissioni da allevamenti), tutte emissioni variamente modulate dalla meteorologia.

## Trend

### Medie annuali

PUNTO DI MISURA	Comune	Concentrazioni µg/m <sup>3</sup>									
		Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021	Anno 2022	Anno 2023
■ Mizzana	Ferrara	7,6	n.d.	5,1	5,9	5,8	5,9	5,3	4,9	5,9	7,8

NH<sub>3</sub> Mizzana



Complessivamente nell'ultimo decennio si registra un trend di lieve diminuzione, anche se negli ultimi due anni si sono registrati incrementi rispetto agli anni precedenti.

# Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)

L'indice di qualità dell'aria rappresenta un modo semplice ed immediato per valutare sinteticamente la qualità dell'aria nel sito indagato; l'indice viene costruito tenendo conto dei livelli misurati degli inquinanti atmosferici e dei relativi valori limite per la protezione della salute umana. In Emilia Romagna l'indice viene calcolato considerando i livelli di PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> che nella nostra regione rappresentano gli inquinanti più critici<sup>3</sup>. Il valore dell'indice viene determinato in base al sottoindice dell'inquinante peggiore.

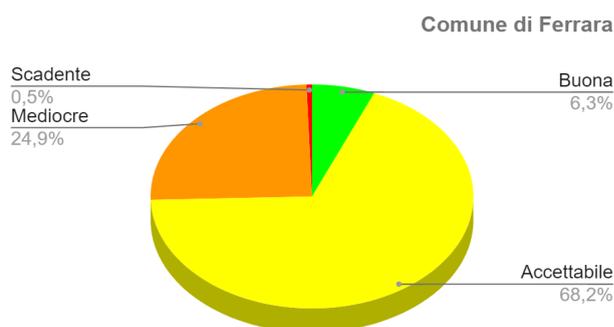
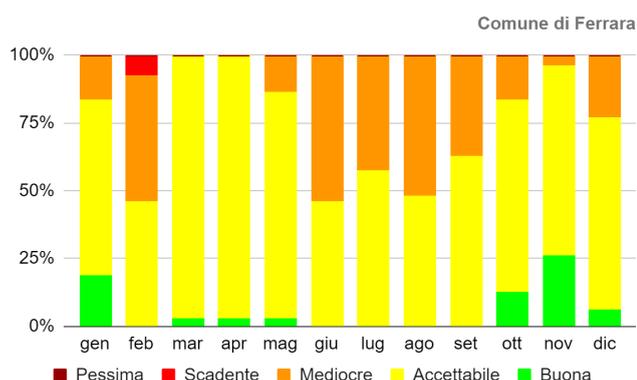
I valori dell'indice sono raggruppati in cinque classi con ampiezza degli intervalli uniforme e pari a 50. La tabella sottostante riporta le classi identificate con i corrispondenti intervalli di valori numerici e cromatismi.

Classe di qualità	Scala cromatica e Valore dell'indice
BUONA	<50
ACCETTABILE	50-99
MEDIOCRE	100-149
SCADENTE	150-199
PESSIMA	>200

L'IQA qui rappresentato è stato calcolato mediando i dati delle stazioni collocate nel comune di Ferrara.

## Analisi dei dati

	Classi di qualità				
	Buona	Accettabile	Mediocre	Scadente	Pessima
gen	6	20	5	0	0
feb	0	13	13	2	0
mar	1	30	0	0	0
apr	1	29	0	0	0
mag	1	26	4	0	0
giu	0	14	16	0	0
lug	0	18	13	0	0
ago	0	15	16	0	0
set	0	19	11	0	0
ott	4	22	5	0	0
nov	8	21	1	0	0
dic	2	22	7	0	0
<b>Totale</b>	<b>23</b>	<b>249</b>	<b>91</b>	<b>2</b>	<b>0</b>



<sup>3</sup> Per ulteriori approfondimenti si rimanda al seguente indirizzo web sulle pagine di Arpa <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/scopri-di-piu/inquinanti-e-iqa/indice-della-qualita-dell-aria-iqa>

La qualità dell'aria nell'anno 2023 è risultata:

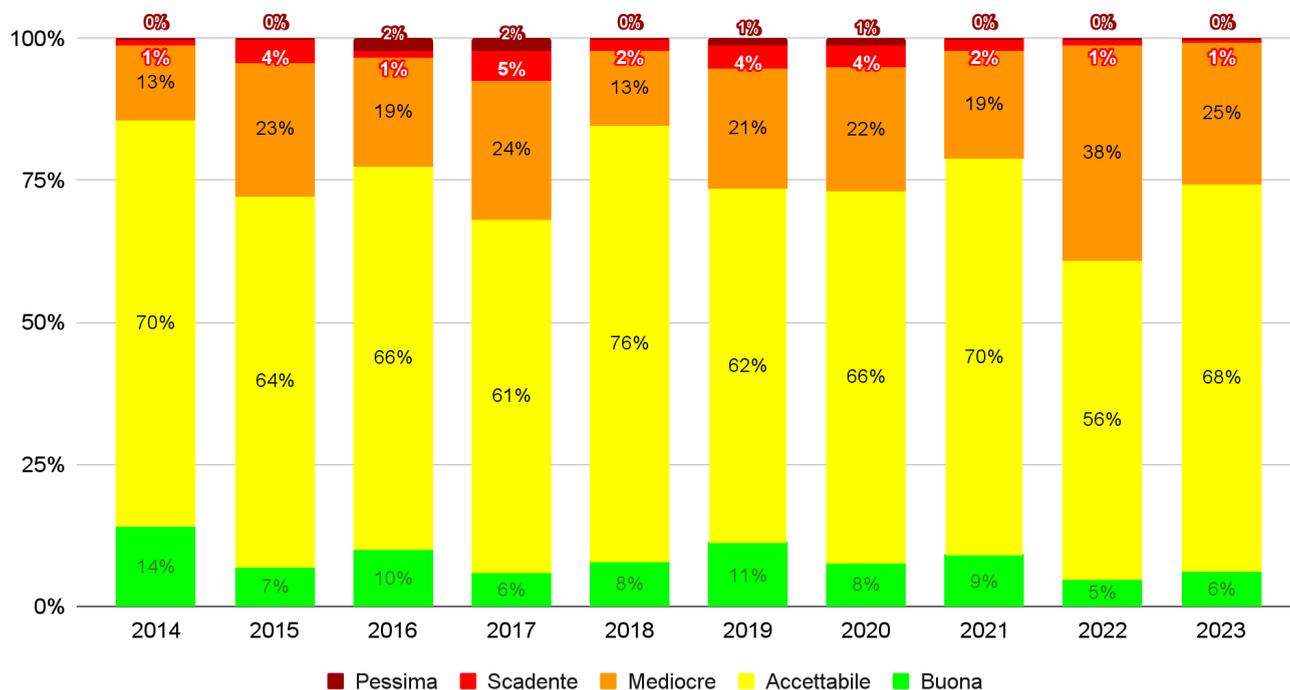
- **“Buona”, per un totale di 23 giornate corrispondenti al 6,3% dell’anno.**  
I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Buona” sono stati gennaio con 6 giorni e novembre con 8.
- **“Accettabile”, per un totale di 249 giornate corrispondenti al 68,2% dell’anno.**  
I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Accettabile” sono stati marzo (30), aprile (29), maggio (26), ottobre e dicembre (22).
- **“Mediocre”, per un totale di 91 giornate corrispondenti al 24,9% dell’anno.**  
I mesi con il numero maggiore di giornate di qualità “Mediocre” sono stati giugno e agosto (16), febbraio e luglio (13) e settembre (11). Nei mesi invernali ciò che rende la qualità dell’aria “Mediocre” sono gli alti valori di polveri PM10 che superano il Valore Limite giornaliero, mentre in estate la situazione è dovuta agli alti livelli di ozono che spesso superano il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup>.
- **“Scadente”, per un totale di 2 giornate corrispondenti al 0,5 % dell’anno.**  
Le due giornate con qualità “scadente” si sono registrate nel mese di febbraio e sono da attribuirsi alle concentrazioni di PM10.
- **“Pessima”, per un totale di 0 giornate corrispondente al 0% dell’anno.**  
L’aria non è mai risultata “Pessima” nel 2023.

Nel 2023, l’aria è risultata “Buona” o “Accettabile” complessivamente in 272 giornate, corrispondenti a circa il 75% dell’anno. Per il restante periodo, 93 giornate (25%), la qualità dell’aria è risultata “Mediocre” o “Scadente”, situazione determinata dal superamento del valore limite giornaliero di PM10 (media giornaliera superiore a 50 µg/m<sup>3</sup>) oppure del valore obiettivo per O<sub>3</sub> (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>). Nei mesi di gennaio, febbraio, ottobre, novembre e dicembre, il valore dell’indice sintetico, scelto come valore del sottoindice peggiore, è determinato principalmente dai livelli di PM10, inquinante critico invernale.

Nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell’indice sintetico è determinato principalmente dai livelli di O<sub>3</sub>, inquinante critico estivo.

I mesi con la migliore qualità dell’aria sono stati marzo, aprile, maggio e novembre, mesi nei quali non si sono verificate giornate con IQA “Scadente” e in cui il numero di giorni con IQA “Mediocre” è risultato basso (< 5).

## Trend



Mediamente negli ultimi 10 anni la qualità dell'aria si è presentata per un 8% "Buona", per un 66% "Accettabile", per un 22% "Mediocre", per un 2% "Scadente" e per un 1% "Pessima".

## Modalità di diffusione dei dati

I dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della RRQA vengono pubblicati giornalmente a seguito di validazione da parte degli operatori qualificati; nei fine settimana e nei giorni festivi sono pubblicati previo controllo automatico ma senza validazione da parte dell'operatore, per cui possono subire variazioni a seguito del processo di validazione nel primo giorno lavorativo.

Tali dati, rappresentati su mappa o contenuti in bollettini accompagnati da statistiche riepilogative inerenti il superamento dei limiti in ciascuna stazione, sono disponibili al seguente link:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/dati-qualita-aria/stazioni-fisse/dati-dalle-stazioni-fisse>

Tutte le misure sono fruibili anche in modalità open data:

<https://dati.arpae.it/dataset/qualita-dell-aria-rete-di-monitoraggio>.

E' possibile poi consultare le mappe di previsione delle concentrazioni dei principali inquinanti per il giorno in corso e per i due giorni successivi, mappe indicative delle concentrazioni di fondo:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/previsioni/previsioni-di-qualita-dellaria>).

Infine, il sito [Liberiamo l'Aria](#), aggiornato quotidianamente durante il periodo invernale, riporta le informazioni relative ai provvedimenti antismog e alle misure emergenziali.