

Specie chimiche nel particolato (PM2.5) in atmosfera



Specie chimiche nel particolato (PM2.5) in atmosfera

Anno 2023

(1 gennaio 2023 - 31 dicembre 2023)

Bologna, Parma, Rimini, Molinella (BO)

I risultati del monitoraggio e delle analisi di laboratorio

Gruppo di lavoro in Arpae:

Direzione tecnica – Centro tematico regionale Qualità dell'aria: Dimitri Bacco, Silvia Ferrari, Claudio Maccone, Vanes Poluzzi, Fabiana Scotto, Arianna Trentini

Area prevenzione ambientale Ovest – Parma: Fiorella Achilli, Teresa Concari, Giancarlo Pinto, Claudia Pironi, Maurizio Poli, Beatrice Zani

Area prevenzione ambientale Metropolitana – Bologna: Marco Abeti, Andrea Aldrovandi, Stefania Ganz, Luca Malaguti, Marco Trepiccione, Pamela Ugolini, Cristina Volta

Area prevenzione ambientale Est – Rimini: Federica Bernardi, Daniele Foscoli, Francesca Liguori, Roberto Vecchione

Laboratorio multisito – Sede di Ravenna: Leonardo Babini, Patrizia Casali, Teresa D'Alessandro, Elisa Montanari, Davide Panniello, Alberto Santolini, Davide Verna

Direzione generale – Staff Comunicazione e informazione: Stefano Folli, Maurizio Malossi

Indice

Premessa	3
Le collaborazioni	4
1. Le specie chimiche in studio	7
2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna	10
3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma	20
4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini	30
5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)	40
6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto	50
7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale	57
8. Le specie chimiche nel PM2.5 - Variazione della concentrazione in percentuale (2023 vs2013-2022)	63
9. Le specie chimiche nel PM2.5 - Variazione delle percentuali di ogni specie sul PM2.5	64
10. Discussione	65

Premessa

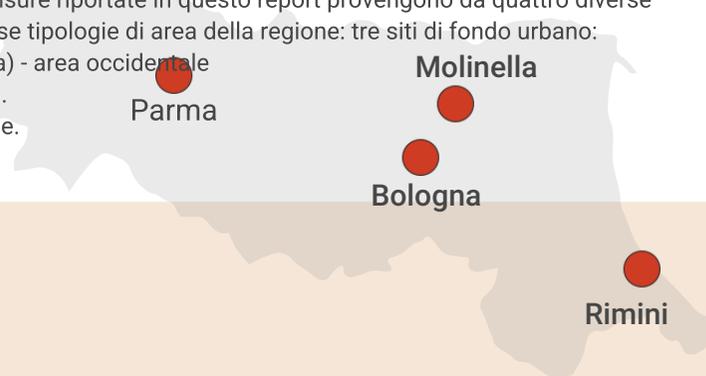
Approfondire la conoscenza delle proprietà degli inquinanti atmosferici e dei loro impatti sull'ambiente e sulla salute è uno dei compiti fondamentali dell'Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia (Arpae), soprattutto considerando che i valori misurati nelle diverse stazioni di monitoraggio possono risultare al di fuori dei limiti normativi, specialmente per ciò che riguarda il particolato atmosferico.

Di conseguenza in regione Emilia-Romagna è emerso l'interesse a indagare nel dettaglio la frazione delle polveri con diametro inferiore a 2,5 µm (PM2.5), con l'obiettivo di studiare da cosa è composto, e come varia la sua composizione nel tempo, quello che viene definito genericamente "particolato fine" e di cui normalmente viene espresso solo il valore di massa. Ciò può permettere di capirne meglio gli effetti sulla salute e sull'ambiente e la provenienza dalle diverse sorgenti, a supporto delle politiche per la salute e tutela dell'ambiente. In questo report vengono brevemente riassunte misure giornaliere che proseguono da più di 12 anni e che possono indicare da cosa è composto il particolato che conosciamo comunemente come PM2.5.

Vengono riportate le concentrazioni dei principali costituenti del PM2.5: carbonio organico ed elementare, ammonio, nitrato, solfato e levoglucosano. Quest'ultimo, pur non avendo una grande importanza in termini di massa, risulta estremamente interessante in quanto è un tracciante della combustione della legna. È infatti molto raro poter studiare specie chimiche che siano traccianti specifici di una precisa sorgente perché di solito vengono prodotte da più fonti. La nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria, approvata dal Consiglio Europeo in data 14/10/2024, richiede proprio la misura delle specie precedentemente elencate nel PM2.5, in quelli che la direttiva chiama "supersiti". L'agenzia dell'Emilia-Romagna è stata la prima in Italia a strutturare un "supersito", rendendolo operativo già nel 2011 con il progetto omonimo. Attivandosi 13 anni prima che le venisse richiesto dalla UE, Arpae ha dimostrato di essere all'avanguardia nello studio dei fenomeni ambientali per fornire informazioni più complete possibili sia ai cittadini che alla governance. Per ricavare un'informazione più completa del territorio regionale, le misure riportate in questo report provengono da quattro diverse stazioni di monitoraggio gestite da Arpae e rappresentative delle diverse tipologie di area della regione: tre siti di fondo urbano:

Bologna (via Gobetti) - area centrale e metropolitana, **Parma** (Cittadella) - area occidentale e più interna della pianura, **Rimini** (Marecchia) - area orientale/costiera.

A questi tre si aggiunge **Molinella** (BO), rappresentativo del fondo rurale.



Le collaborazioni

I dati raccolti negli anni dal supersito di Arpae, riportati in sintesi nel presente report, sono stati utili in molti studi e sono stati anche condivisi con numerosi enti di ricerca nazionali e internazionali, con l'intento di incrementare il più possibile la conoscenza negli studi ambientali.

Ad oggi sono attive:

- Collaborazioni con la NASA

Arpae Emilia-Romagna collabora con il Jet Propulsion Laboratory (JPL) della NASA: questo ente è gestito da CalTech, con cui Arpae ha attiva una collaborazione sul progetto MAIA (Multi-Angle Imager for Aerosols), sponsorizzato dalla NASA degli Stati Uniti e attualmente in fase di sviluppo. Il progetto combinerà le misurazioni delle proprietà degli aerosol atmosferici provenienti da satellite con quelle delle concentrazioni di particolato (PM) e delle sue componenti effettuate nelle stazioni poste sulla superficie terrestre. Arpae è parte del team scientifico.

L'elaborazione al computer delle immagini satellitari genererà informazioni sulle caratteristiche fisiche dello strato di inquinamento atmosferico, come la quantità di particelle e la loro distribuzione dimensionale. Integrando le osservazioni satellitari con le misurazioni effettuate a terra dai sistemi di monitoraggio dell'aerosol, sarà possibile generare mappe del PM e dei suoi principali componenti chimici.

Sono previsti studi per approfondire le connessioni esistenti tra gli inquinanti nell'aerosol e i rischi per la salute, come malattie cardiovascolari e respiratorie, o esiti del parto, per numerose aree target primarie. Una di queste aree target primarie si trova in Italia e copre un'area che si estende da Roma all'Emilia-Romagna.

Oltre alle aree target primarie, il satellite studierà altri due tipi di target: aree target secondarie che contengono ulteriori aree di interesse scientifico e aree target di calibrazione/validazione che verranno osservate regolarmente per verificare l'accuratezza delle misurazioni dello strumento MAIA e dei dati prodotti.

In Italia saranno presenti anche due aree target secondarie: una nella parte nord-occidentale della pianura padana e una nell'area pugliese. Ne consegue che numerose città italiane (Torino, Milano, Bologna, Roma, Bari e Taranto) verranno interessate da questo studio.

I dati presentati all'interno di questa serie di report pubblicati da Arpae sulla "Speciazione chimica del particolato" saranno dunque gli stessi che saranno utilizzati dal team MAIA del JPL-NASA.

MAIA Investigation is Target Based



Target area dimensions: 360 km x 480 km



Aree target primarie



Aree target secondarie



Aree target di calibrazione/validazione

Per approfondimenti:

<https://maia.jpl.nasa.gov/>

<https://www.arpae.it/it/notizie/aria-arpae-collabora-con-la-nasa-per-lo-studio-dell'inquinamento>

Collaborazioni con il progetto PNC "Aria outdoor e salute"

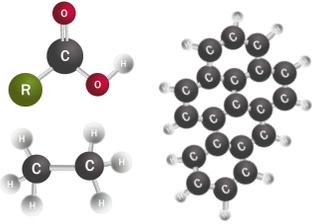
Il progetto derivante dal "Piano nazionale per gli investimenti complementari" (PNC) dal titolo "Aria outdoor e salute: un atlante integrato a supporto delle decisioni e della ricerca" prevede, tramite il coinvolgimento di tutti i soggetti competenti, la creazione di un atlante che vuole garantire un set minimo di informazioni su qualità dell'aria ed esiti di salute potenzialmente correlati. L'intento è quello di migliorare la capacità di valutazione di impatto dell'inquinamento dell'aria sulla salute umana, in modo da aiutare i processi decisionali su questi ambiti.

I dati prodotti dai supersiti di Arpae e le competenze acquisite negli anni saranno a disposizione del progetto per cercare di aumentare la conoscenza, ad oggi ancora limitata, sulle relazioni che intercorrono fra la composizione del particolato (quindi non solo la sua massa) e gli effetti sanitari. Sono infatti in corso questi approfondimenti, cioè gli studi degli effetti sanitari delle varie componenti del particolato, anche all'interno del progetto regionale "Aria e Salute", che si sviluppa parallelamente al progetto nazionale PNC "Aria outdoor e salute".



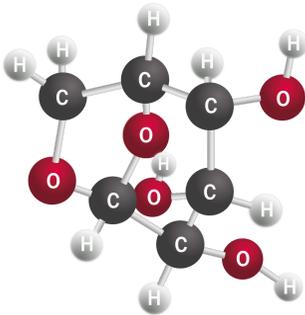
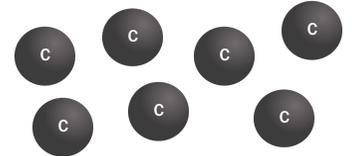
1. Le specie chimiche in studio

1.1. Le specie chimiche



Carbonio organico (OC): con questo termine si intende la quantità di carbonio presente nel PM che concorre a formare le specie organiche legandosi chimicamente con altri atomi di carbonio o di idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto, fosforo, cloro. È l'insieme di sostanze primarie, emesse direttamente sia da sorgenti antropiche che naturali, e di sostanze secondarie, cioè formatesi in atmosfera per ossidazione, condensazione o, più in generale, trasformazione di composti pre-esistenti o precursori gassosi.

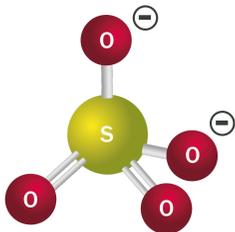
Carbonio elementare (EC): può essere definito come una sostanza contenente solo atomi di carbonio, non legati ad altri elementi (soot, fuliggine): è essenzialmente un inquinante primario, emesso cioè direttamente dalla sorgente tal quale, come conseguenza di una combustione incompleta (indipendentemente dal combustibile che può essere biomassa o fossile o altro).



Levoglucosano: è un anidro-zucchero, cioè uno zucchero che ha perso una molecola d'acqua e deriva dalla combustione incompleta della cellulosa che costituisce la legna/fogliame. Il suo interesse deriva dal fatto che viene emesso praticamente solo dalla combustione di legna e pertanto ne costituisce un tracciante esclusivo (detto anche "marker"). La combustione di biomassa produce inquinanti diversi, sia come gas sia come particolato, il levoglucosano è solo un particolare componente minoritario emesso dalla legna: il suo peso in massa non è dunque di per sé indicativo dell'inquinamento prodotto da questa sorgente emissiva, ma ci permette di riconoscerne l'andamento nel tempo e nello spazio. Per poter quantificare l'apporto complessivo della combustione della legna alla massa del PM servono studi ad hoc.

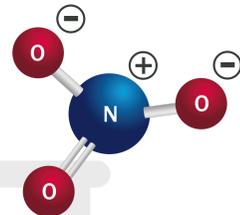
1. Le specie chimiche in studio

1.1. Le specie chimiche

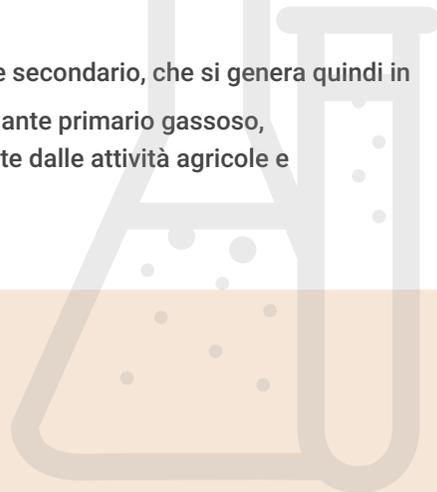
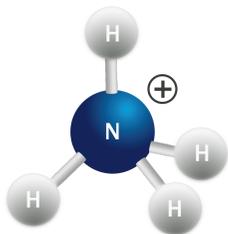


Solfato (SO_4^{2-}): è uno ione con carica negativa generalmente diffuso omogeneamente nello spazio e nelle stagioni, infatti è spesso considerato legato a un fondo sovraregionale. Questo inquinante può avere origine sia naturale che antropica. Le fonti naturali sono principalmente le eruzioni vulcaniche e il mare, mentre l'origine antropica è la combustione negli impianti domestici oppure nelle centrali termoelettriche.

Nitrato (NO_3^-): è uno ione con carica negativa. È un inquinante secondario, prodotto in atmosfera dagli ossidi di azoto (NO , NO_2 , altro) che vengono emessi da sorgenti antropiche soprattutto legate a processi di combustione (ad es. traffico, combustione di legna, riscaldamento domestico, industria). È tra i più importanti componenti secondari che caratterizzano il $\text{PM}_{2.5}$ in inverno.



Ammonio (NH_4^+): è uno ione di carica positiva. È un inquinante secondario, che si genera quindi in atmosfera a seguito della trasformazione chimica di un inquinante primario gassoso, principalmente l'ammoniaca (NH_3), che deriva in massima parte dalle attività agricole e zootecniche.



1. Le specie chimiche in studio

1.2. Note metodologiche nei calcoli

Per gli inquinanti sopra descritti, è importante sottolineare che nella trattazione di questo report i campioni che descrivono la stazione Arpae situata a Bologna (via Gobetti) sono analizzati quotidianamente (a meno di problematiche strumentali). I campioni che descrivono invece le altre tre stazioni (Molinella, Parma, Rimini) vengono analizzati a giorni alterni.

La ricostruzione della massa del PM2.5 in base alla concentrazione delle specie riportate nel capitolo precedente non porta a un valore del 100%: rimane una frazione non determinata la cui importanza può variare mediamente dal 20% al 40%. Nel report sono riportati solo i macrocomponenti della massa, cioè specie che spiegano una percentuale sostanziale della massa. Ad esse andrebbero aggiunte molte specie presenti in concentrazione di uno o più ordini di grandezza inferiore, in tracce (ad es. Fe, As, K, ...), oltre alla componente crostale, terrosa, che con le tecniche utilizzate non è direttamente quantificabile, e l'acqua. Infine, la frazione organica non è espressa nella sua totalità dal carbonio organico in quanto esso tiene conto solo della massa del carbonio presente nelle specie organiche, non l'interezza della loro massa.

Al fine del calcolo delle medie, quando le specie analizzate avevano concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità sono state approssimate a metà di suddetto limite.

I calcoli delle concentrazioni medie del particolato riportate in questo report sono stati effettuati sui soli giorni per cui erano disponibili le analisi chimiche: pertanto potrebbero differire - anche se di poco - dalle medie annuali calcolate nei rispettivi siti con tutti i dati di massa disponibili

I valori degli inquinanti riportati in questo report sono medie mensili e annuali, calcolate cioè nel periodo dei dodici mesi compresi fra gennaio e dicembre 2023.

1.3. Problemi tecnici

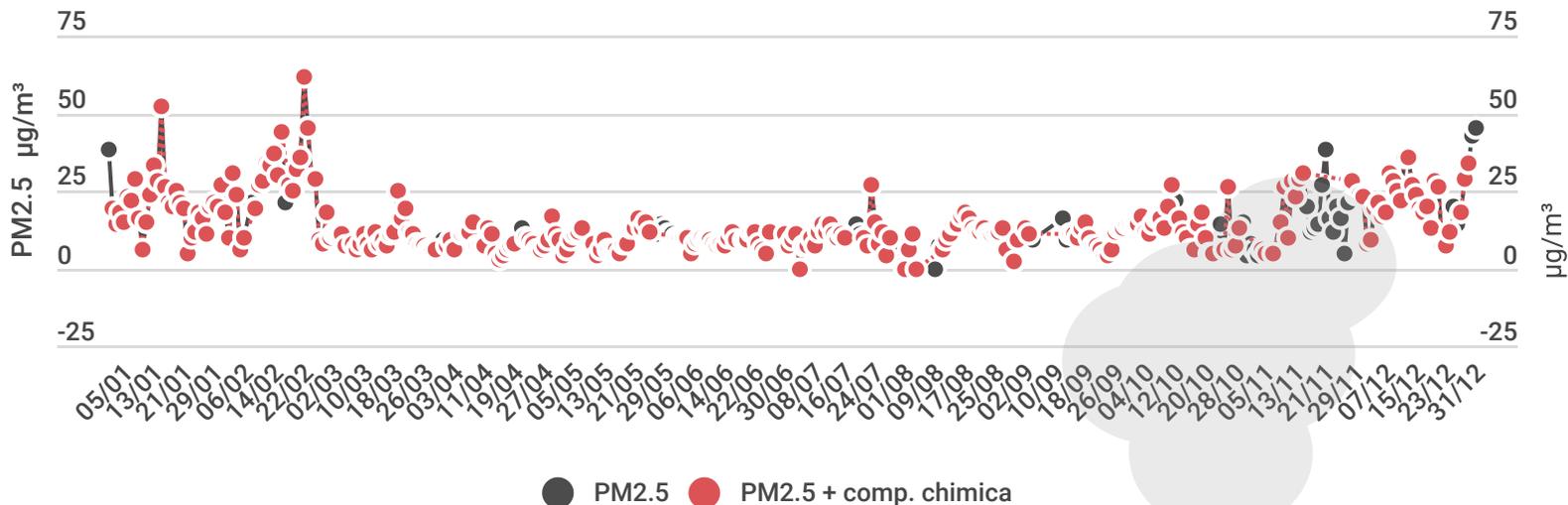
Purtroppo nel 2023 si sono verificati alcuni problemi tecnici, conseguenza, fra le altre cose anche ad eventi alluvionali, che hanno comportato la perdita parziale o completa dei dati relativi a Molinella, nei mesi di maggio e giugno, e a Rimini, nel mese di novembre.

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.1. PM2.5 e i dati disponibili nel 2023

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 ne è stata analizzata la composizione chimica. Pertanto, le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli giorni in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM2.5 e ciò può comportare una differenza con le medie ufficiali della massa del particolato pubblicate da Arpae per i siti in oggetto.

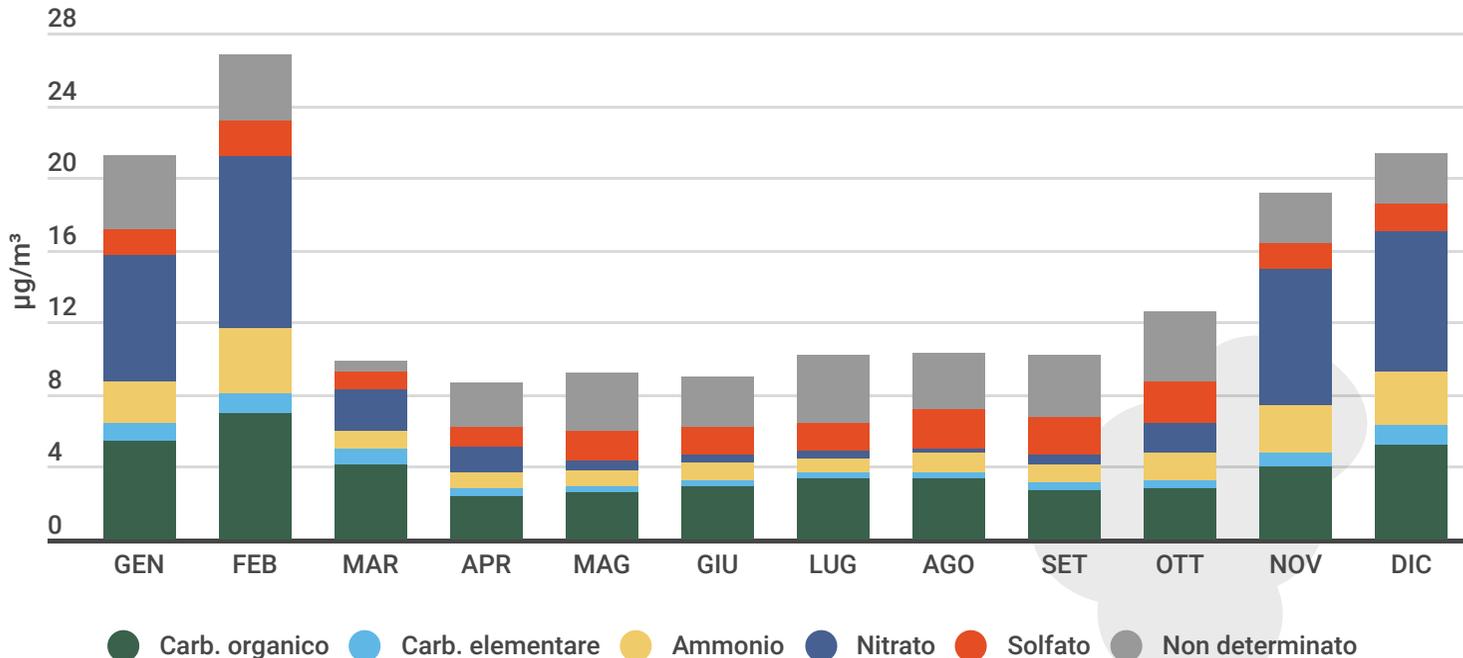
Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.



2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.2. Gli andamenti nell'anno 2023

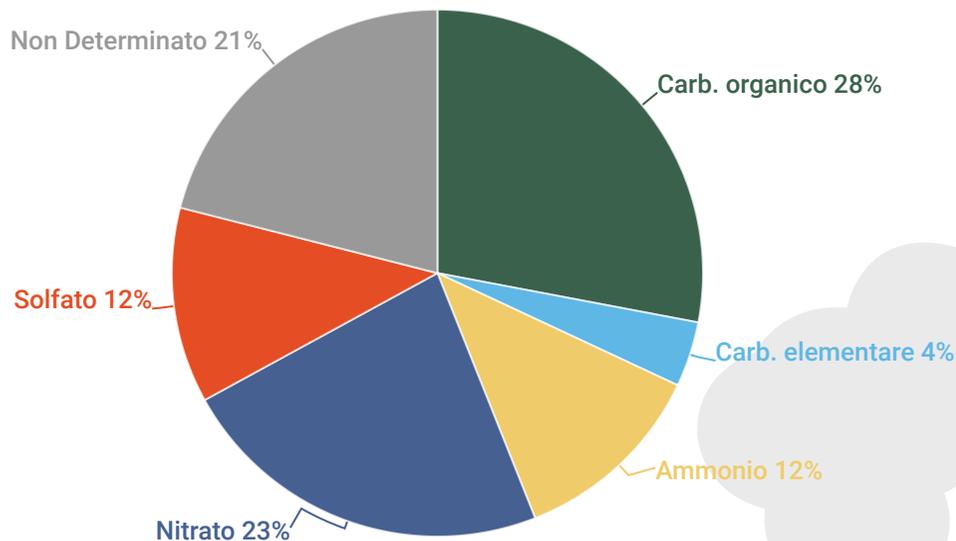
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Bologna Gobetti



2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.3. Composizione percentuale del PM2.5 nel 2023

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Bologna Gobetti.
I numeri riportati sono approssimati all'unità

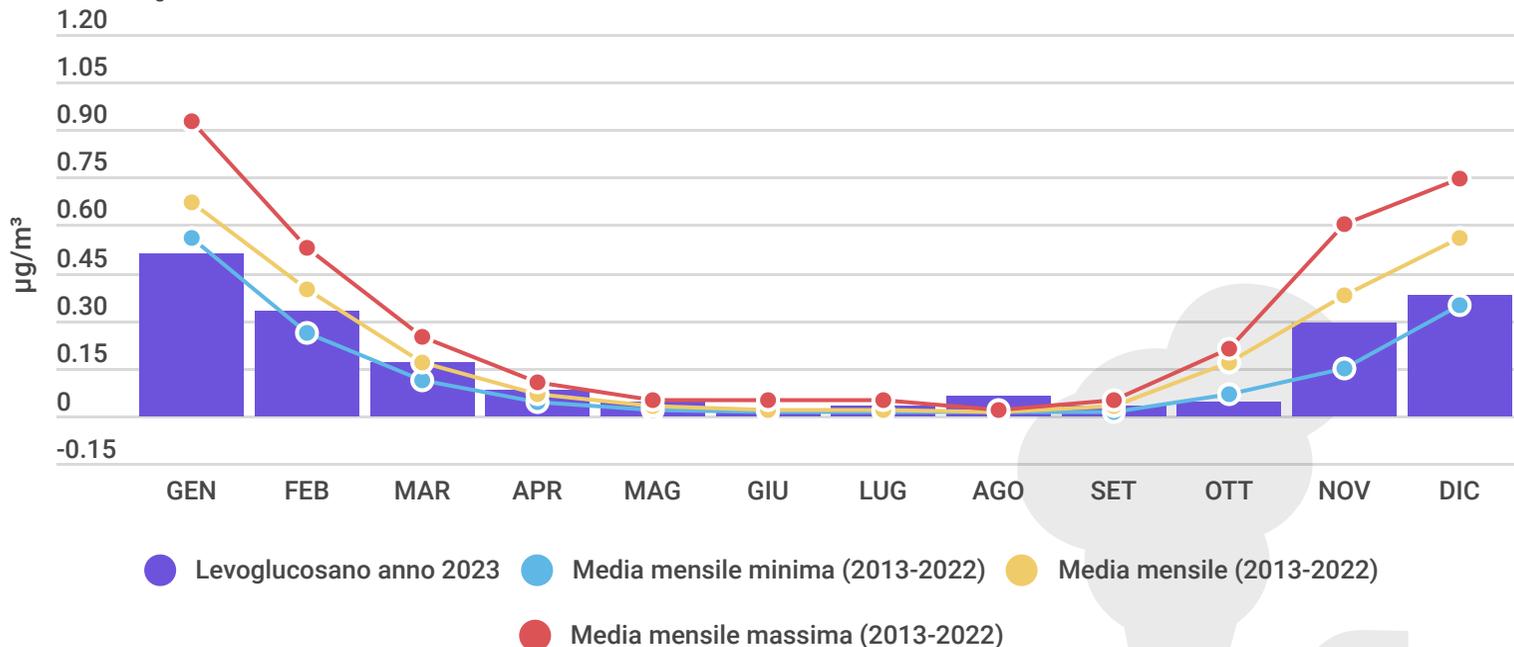


2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.4. Levoglucosano - Confronto con gli anni precedenti

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2023 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2022. Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

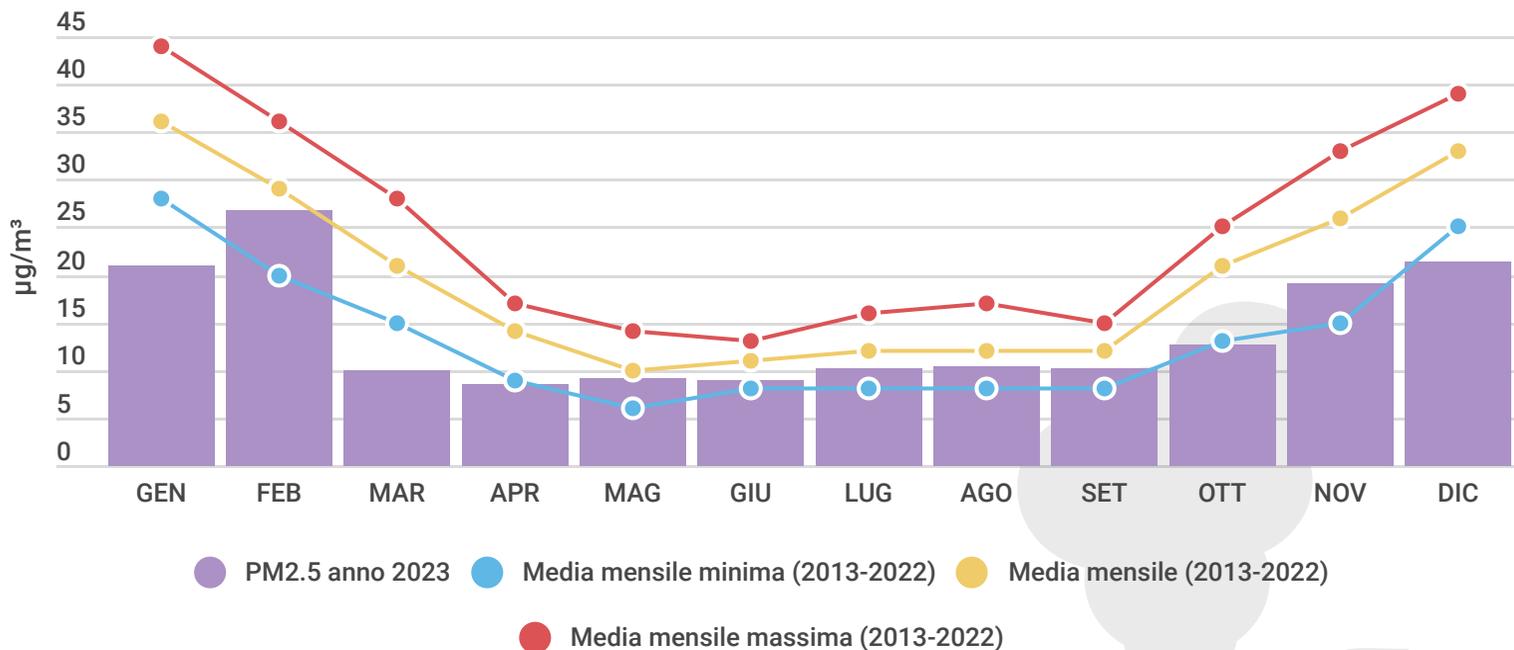
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.1. PM2.5

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

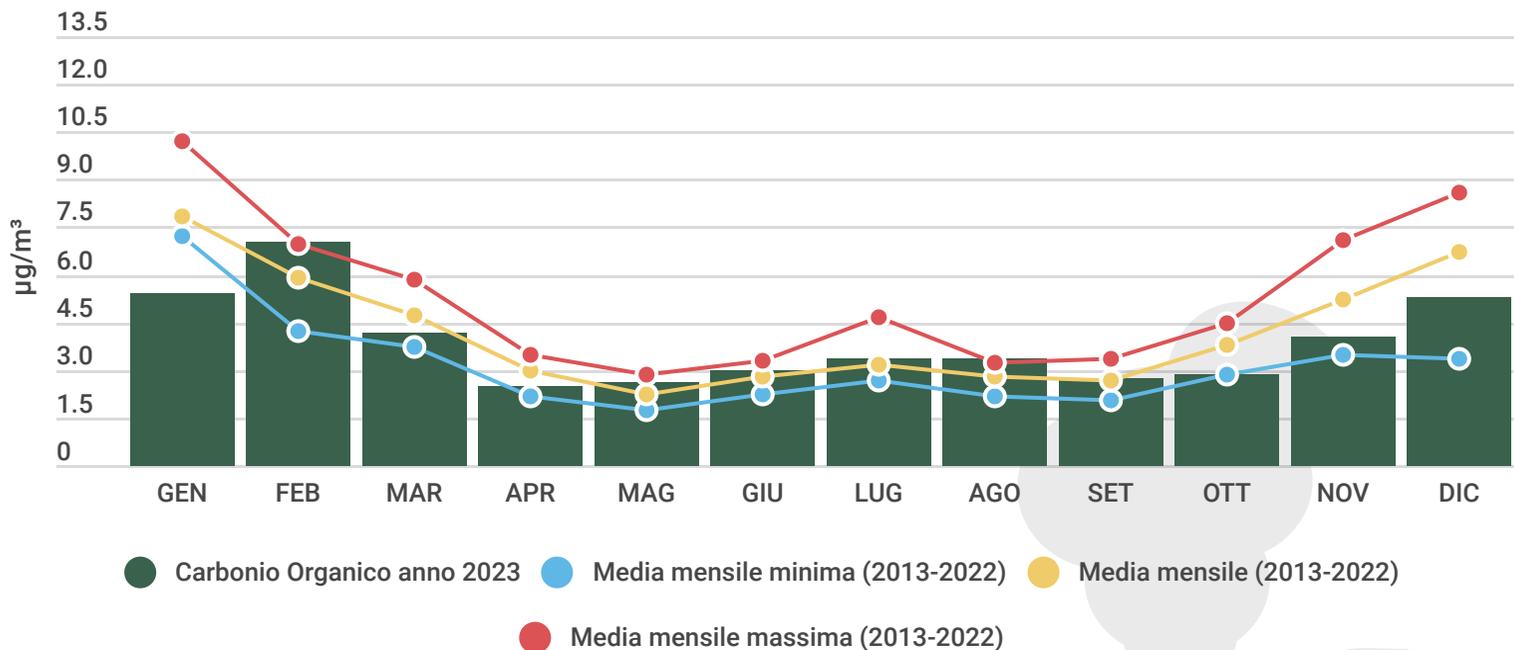
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.1. Carbonio organico

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

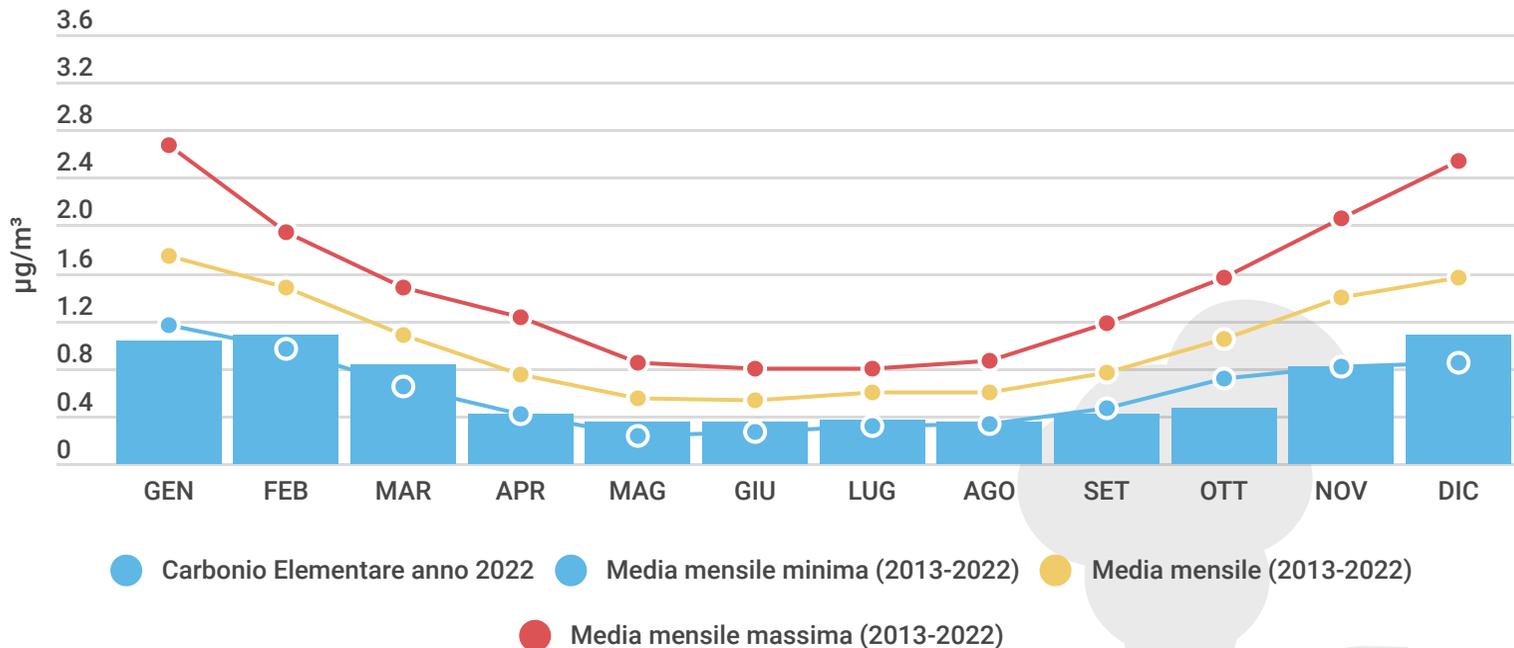
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

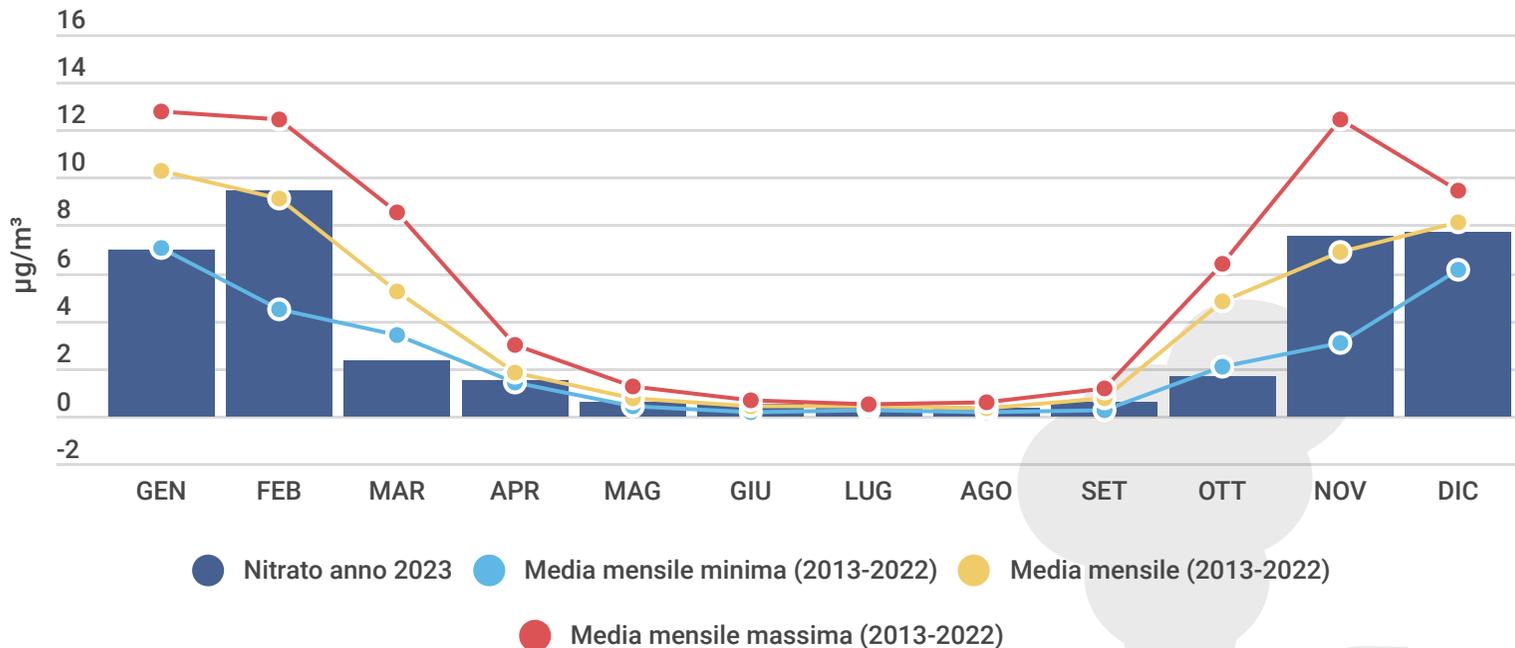
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.4. Nitrato

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

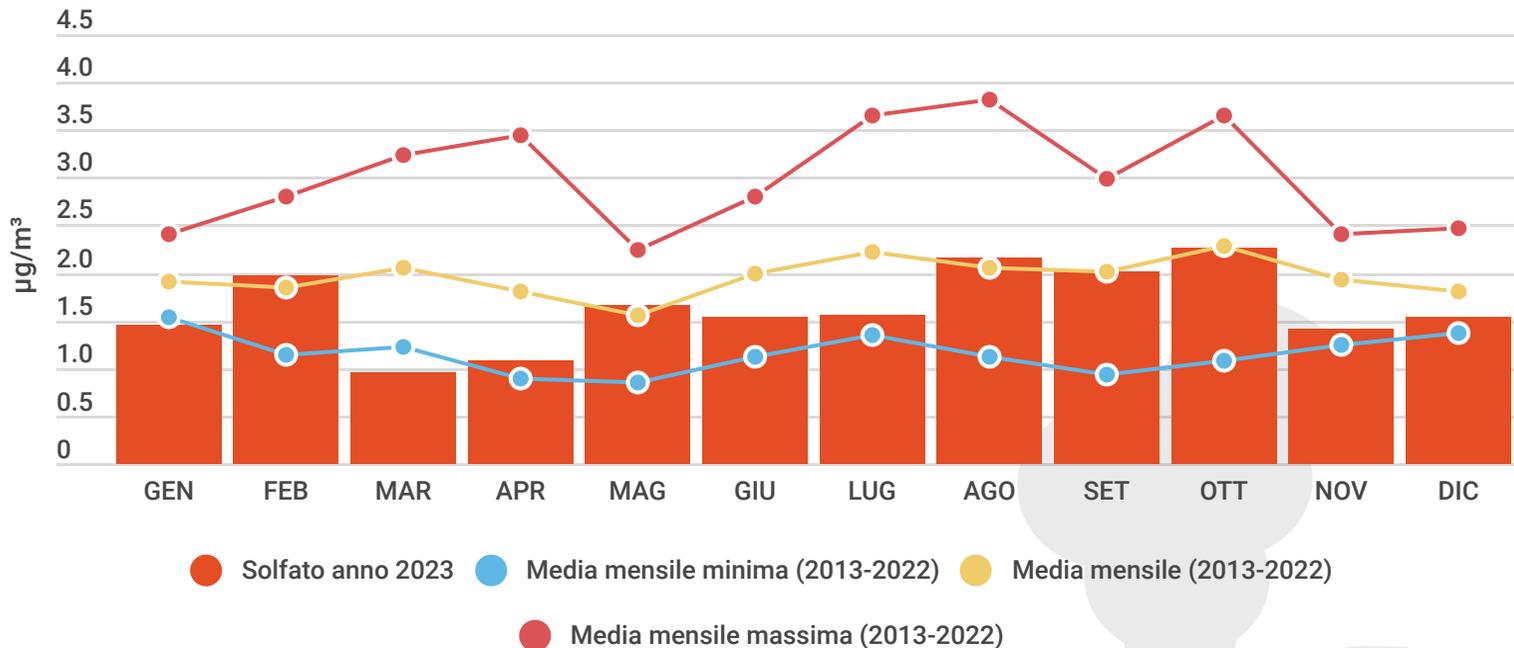
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.5. Solfato

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

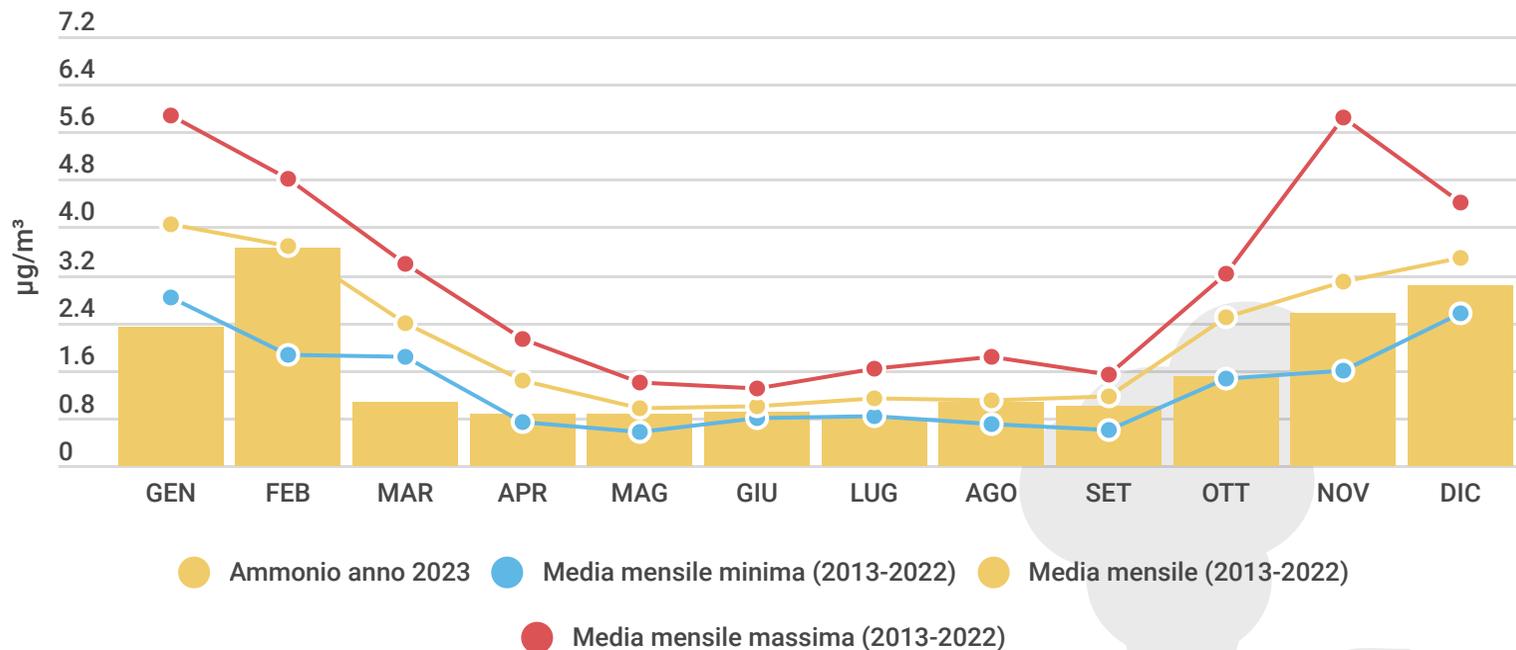
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

2.5. Confronto con gli anni precedenti

2.5.6. Ammonio

Stazione di Bologna Gobetti, anno 2023



*Definizioni

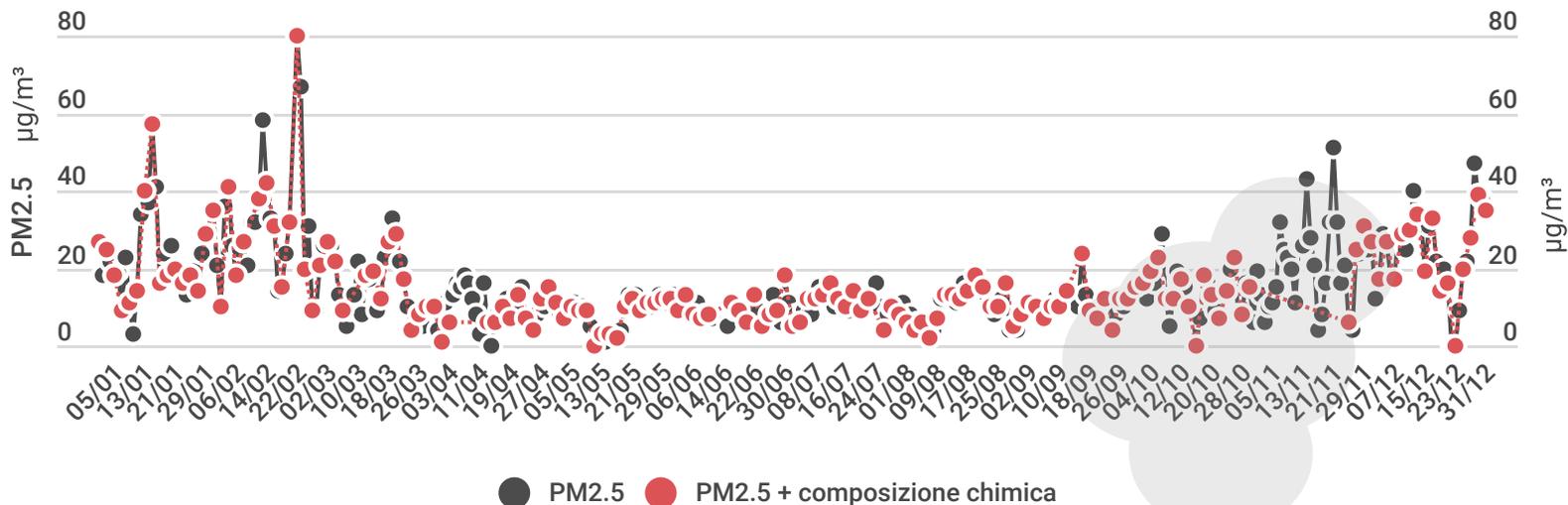
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.1. PM2.5 e i dati disponibili nel 2023

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 ne è stata analizzata la composizione chimica. Pertanto, le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli giorni in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM2.5 e ciò può comportare una differenza con le medie ufficiali della massa del particolato pubblicate da Arpae per i siti in oggetto.

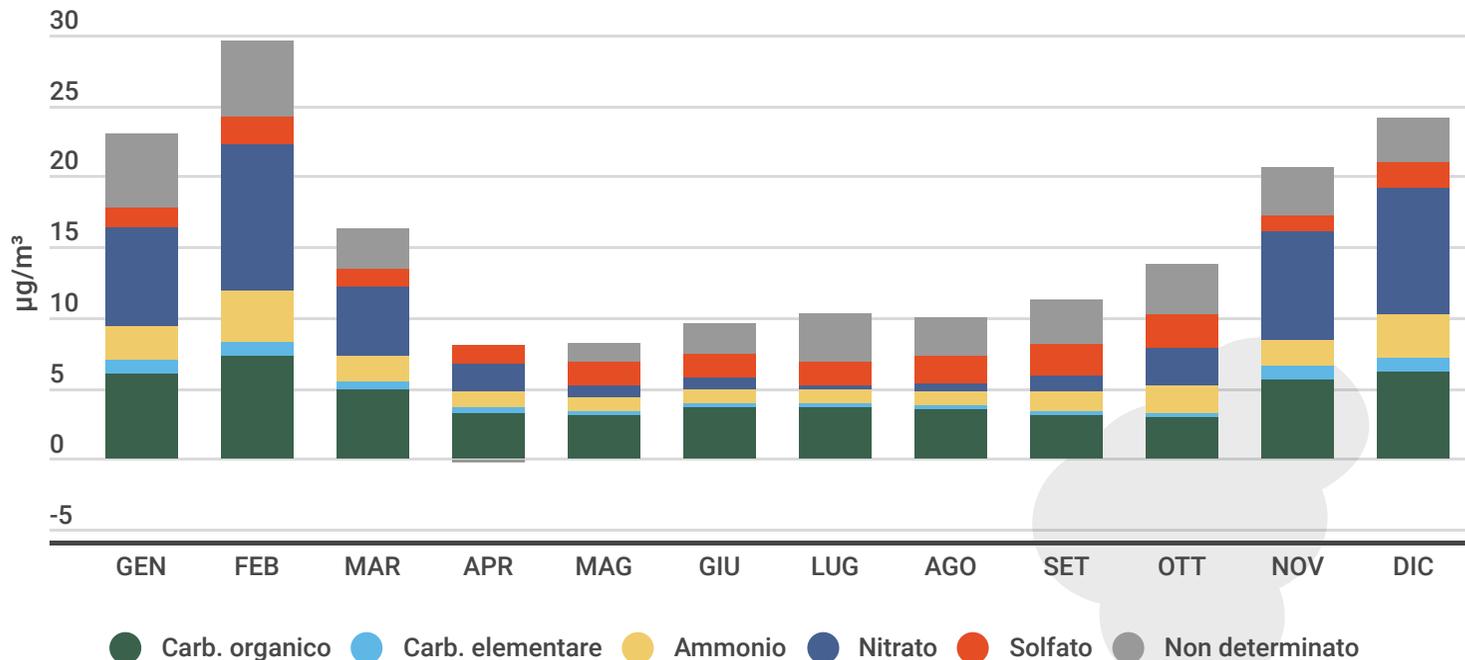
Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.



3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.2. Gli andamenti nell'anno 2023

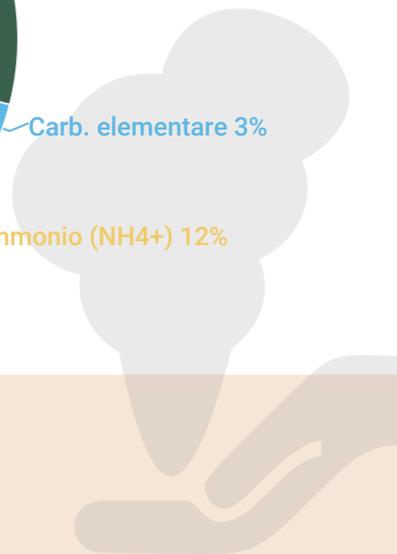
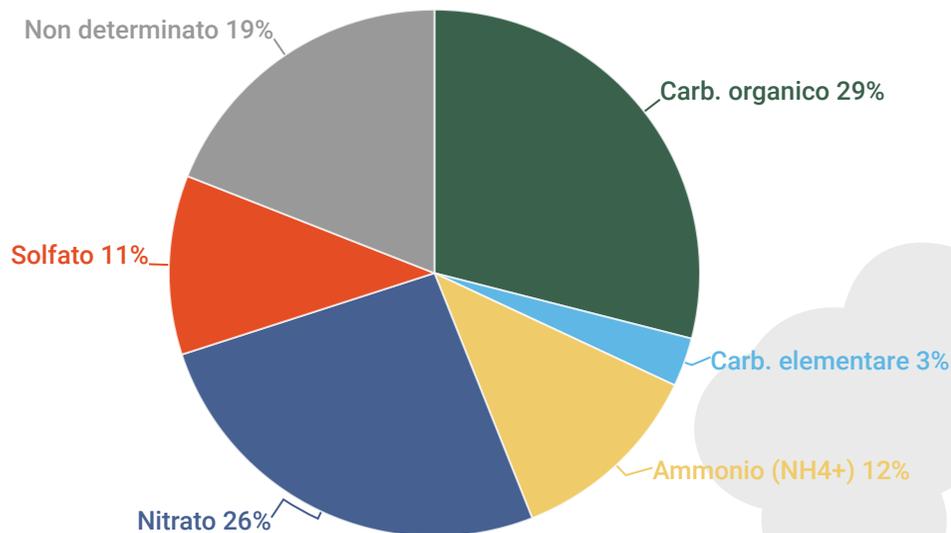
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Parma Cittadella



3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.3. Composizione percentuale del PM2.5 nel 2023

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Parma Cittadella
I numeri riportati sono approssimati all'unità

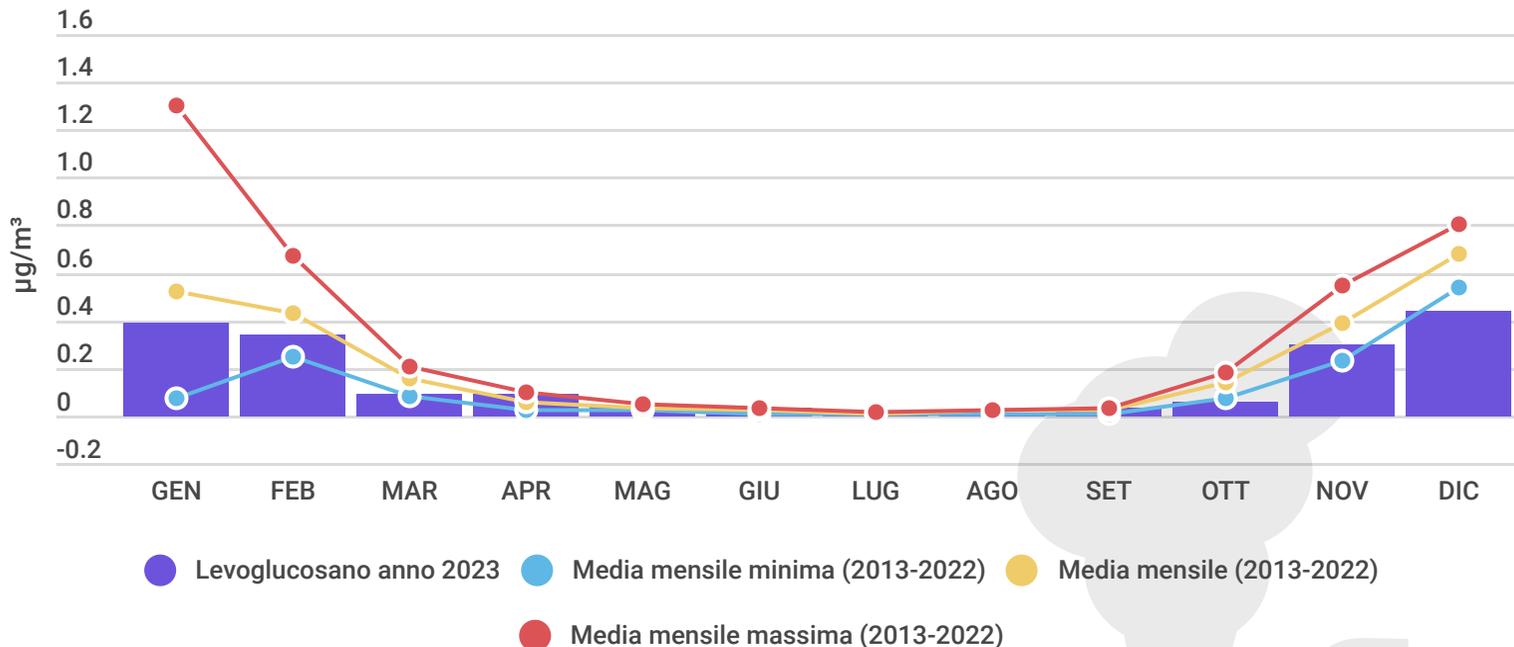


3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.4. Il Levoglucosano nel 2023 a Parma - confronto con gli anni precedenti

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2023 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2022. Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

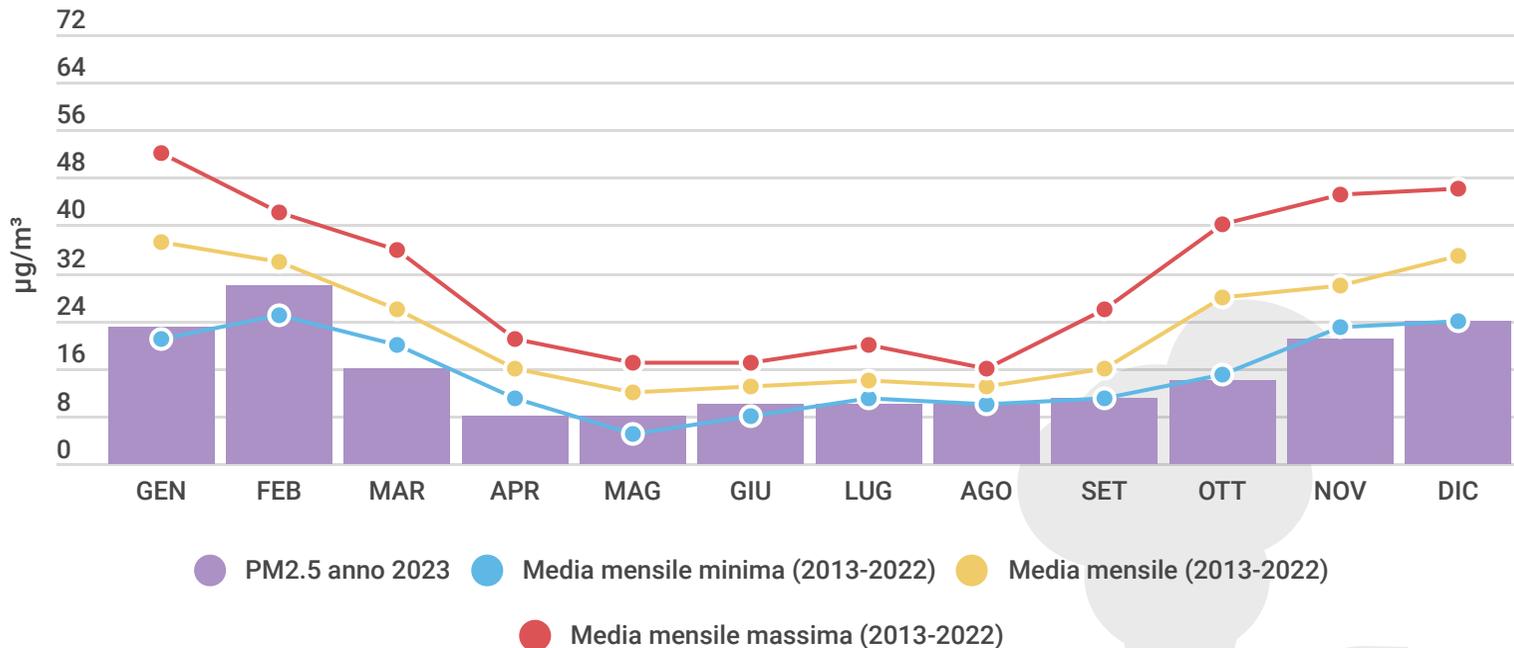
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.1. PM2.5

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

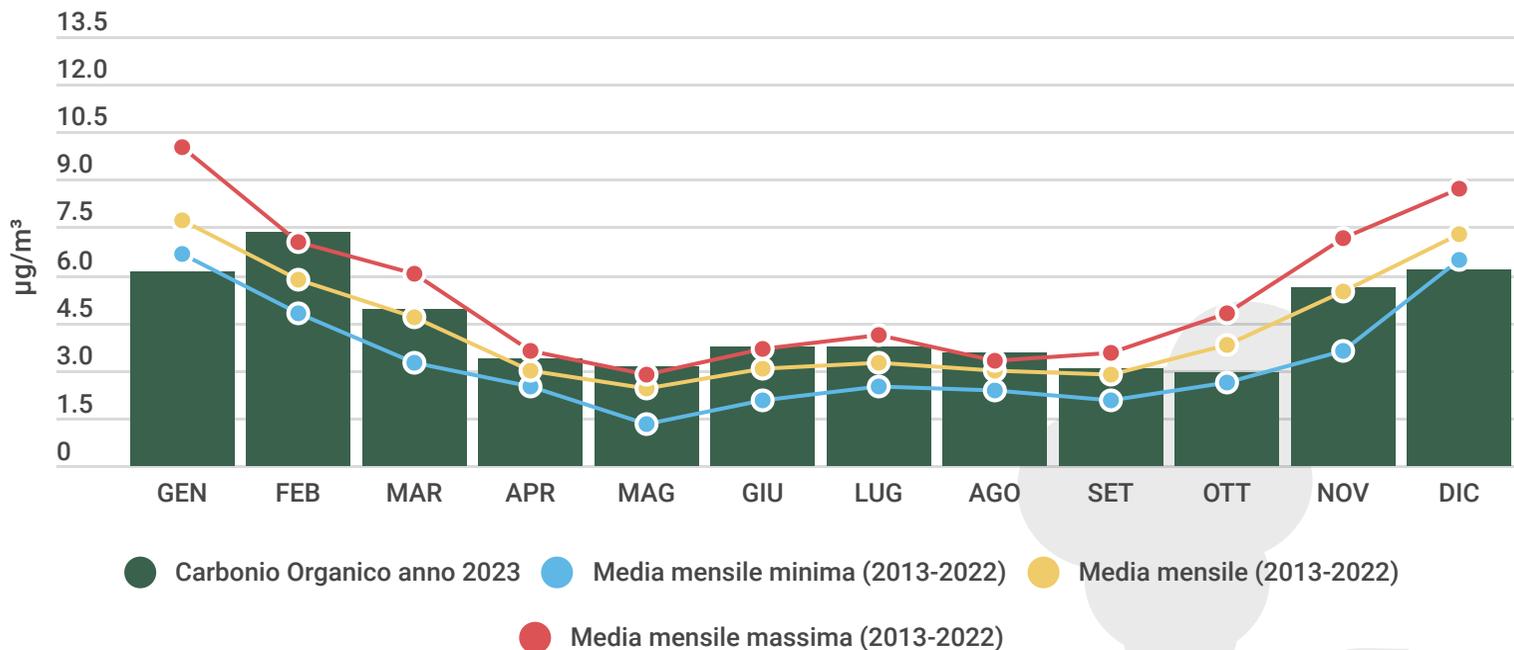
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.2. Carbonio organico

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

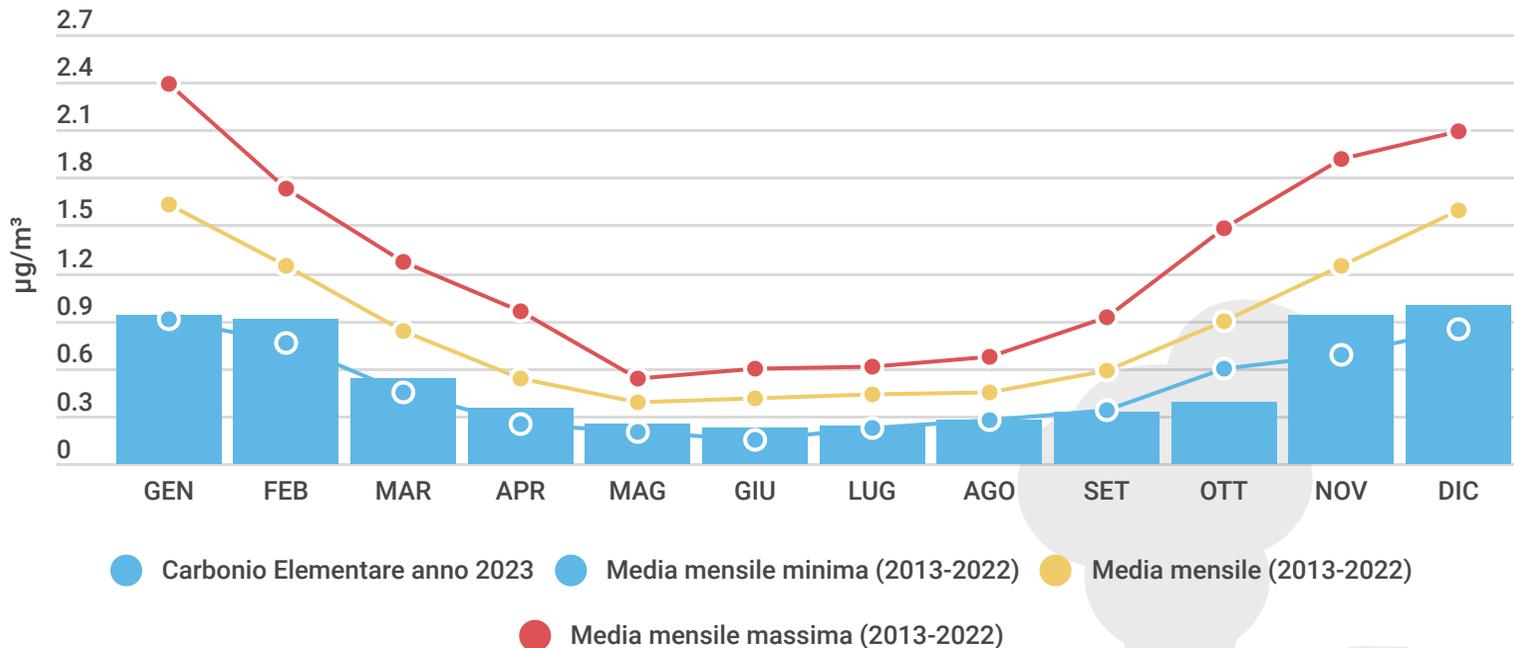
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

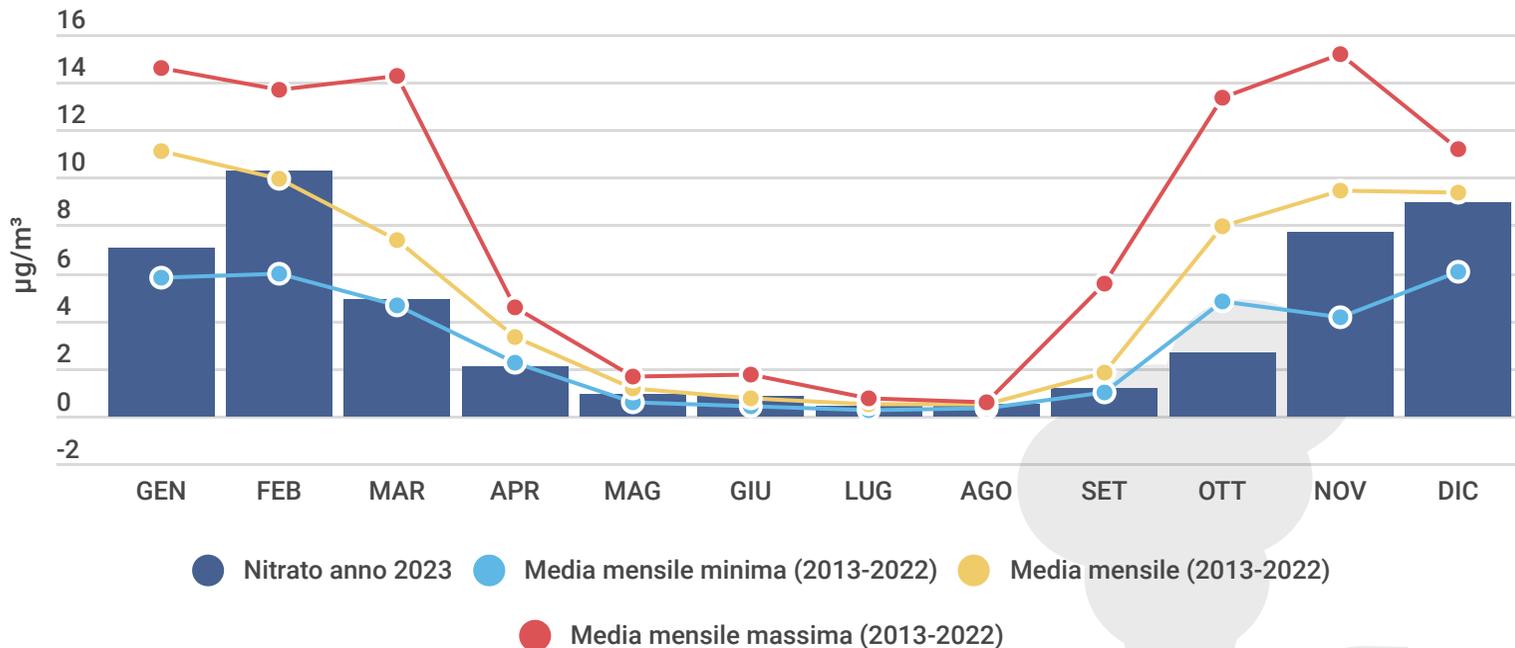
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.4. Nitrato

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

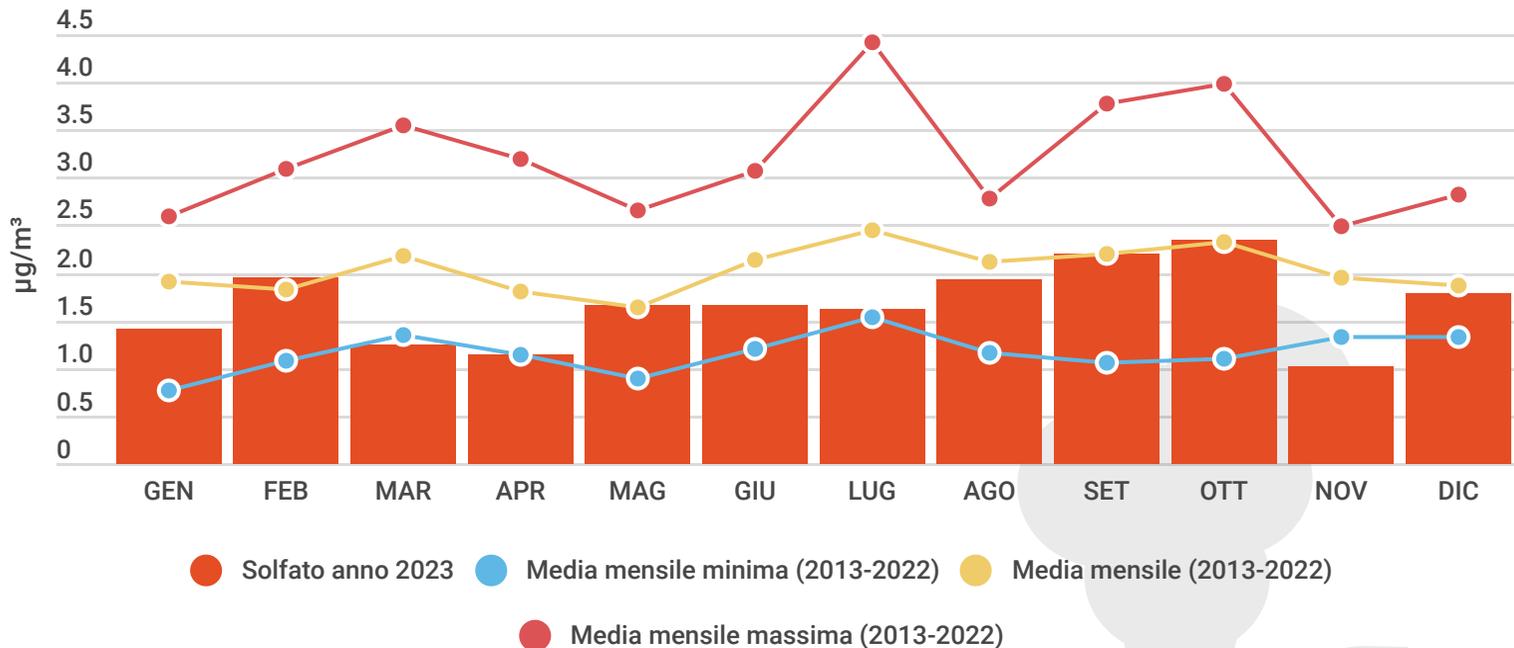
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.5. Solfato

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

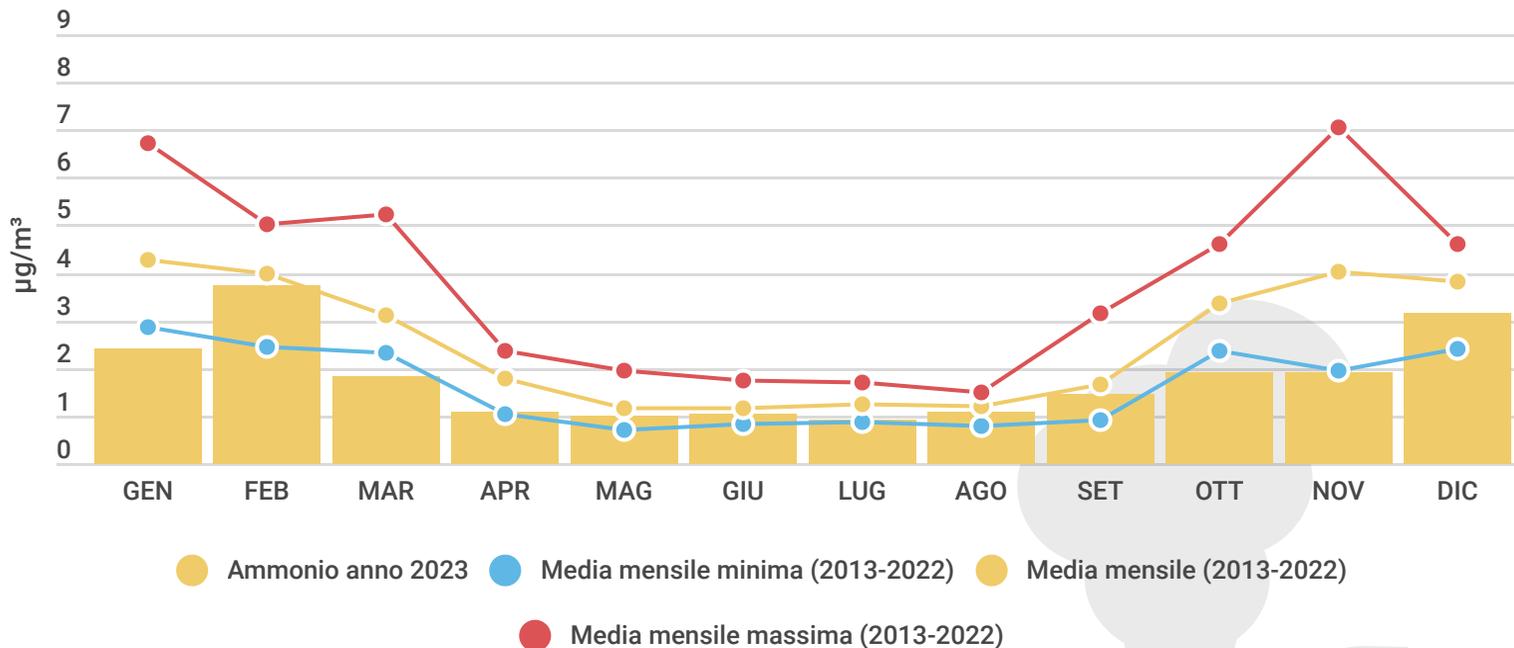
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

3.5. Confronto con gli anni precedenti

3.5.6. Ammonio

Stazione di Parma Cittadella, anno 2023



*Definizioni

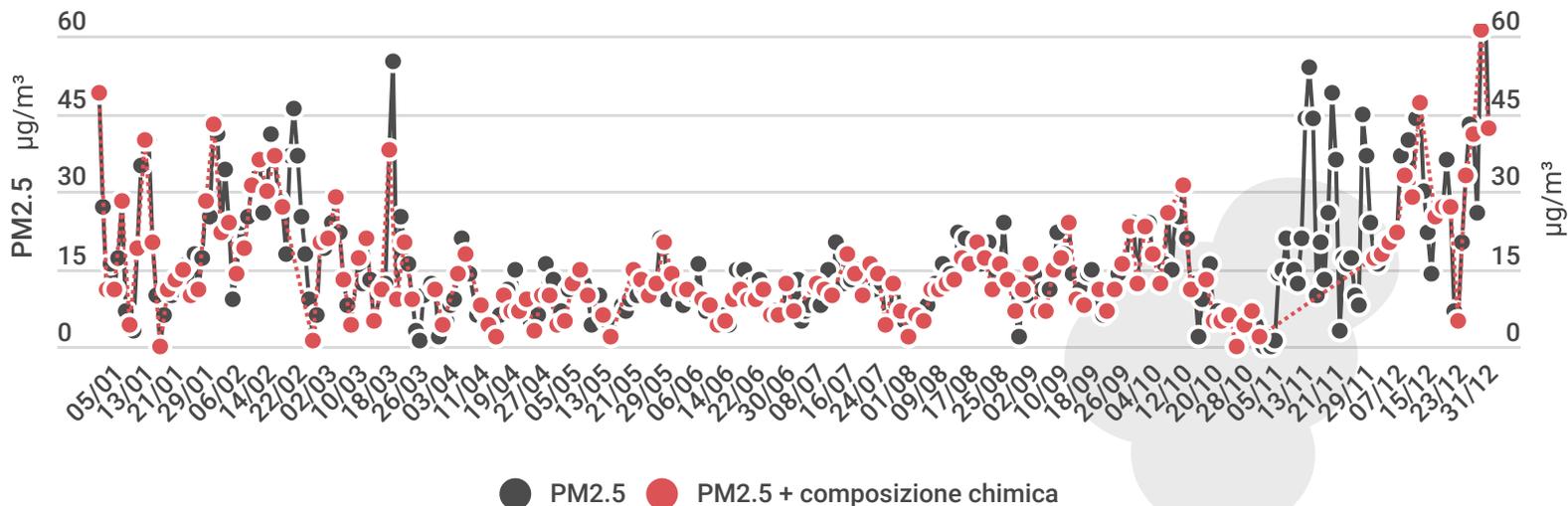
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.1. PM2.5 e i dati disponibili nel 2023

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 ne è stata analizzata la composizione chimica. Pertanto, le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli giorni in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM2.5 e ciò può comportare una differenza con le medie ufficiali della massa del particolato pubblicate da Arpae per i siti in oggetto.

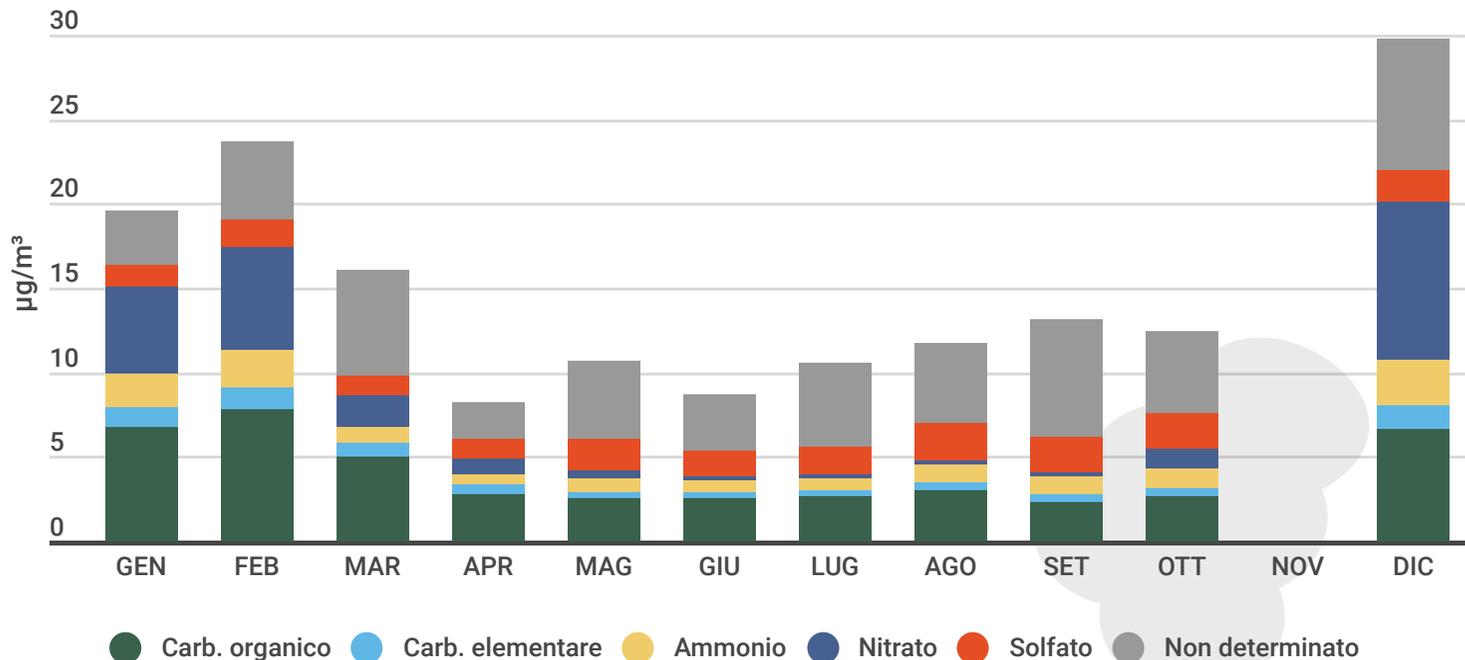
Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.



4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.2. Gli andamenti nell'anno 2023

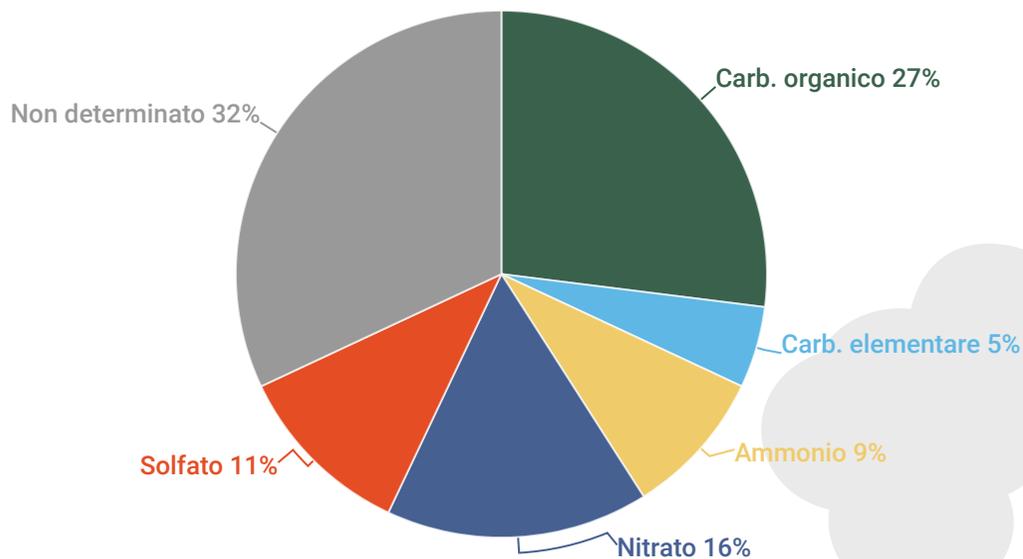
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Rimini Marecchia



4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.3. Composizione percentuale del PM2.5 nel 2023

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Rimini Marecchia
I numeri riportati sono approssimati all'unità

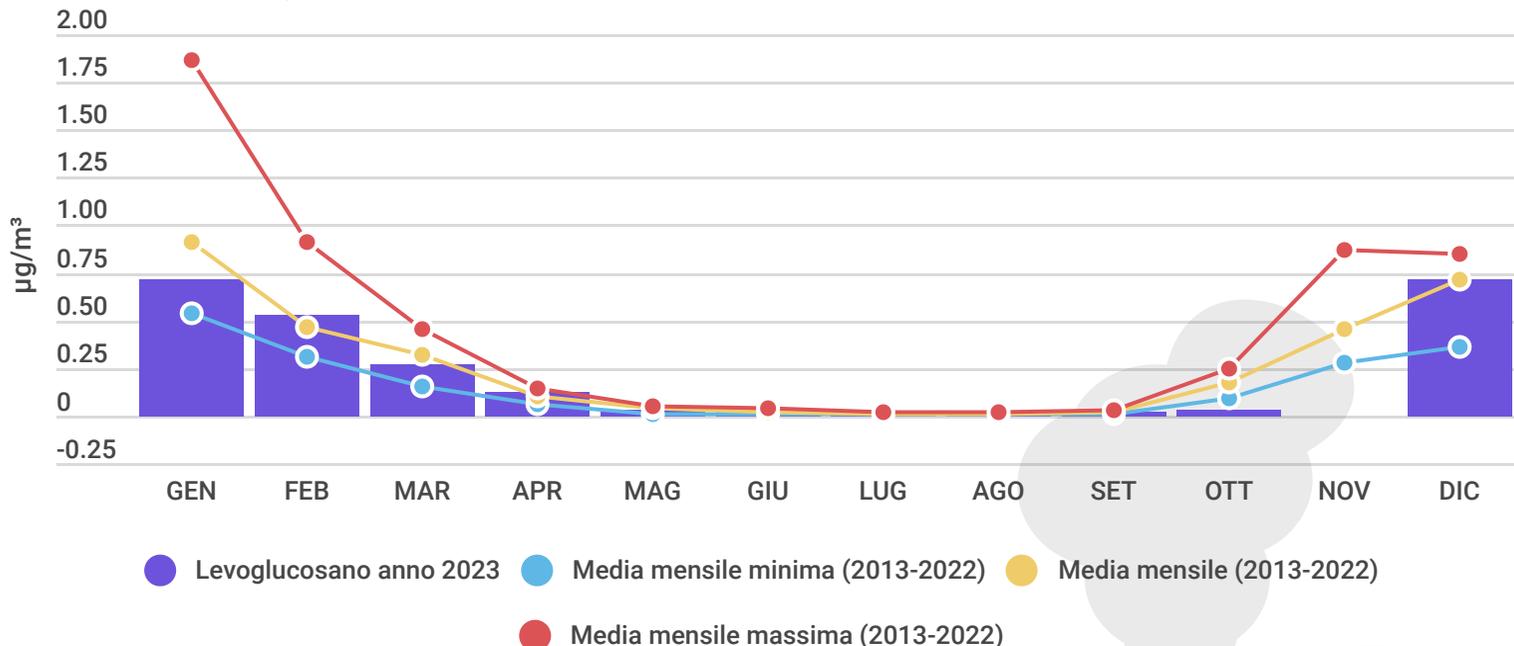


4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.4. Il Levoglucosano nel 2023 a Rimini - Confronto con gli anni precedenti

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2023 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2022. Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

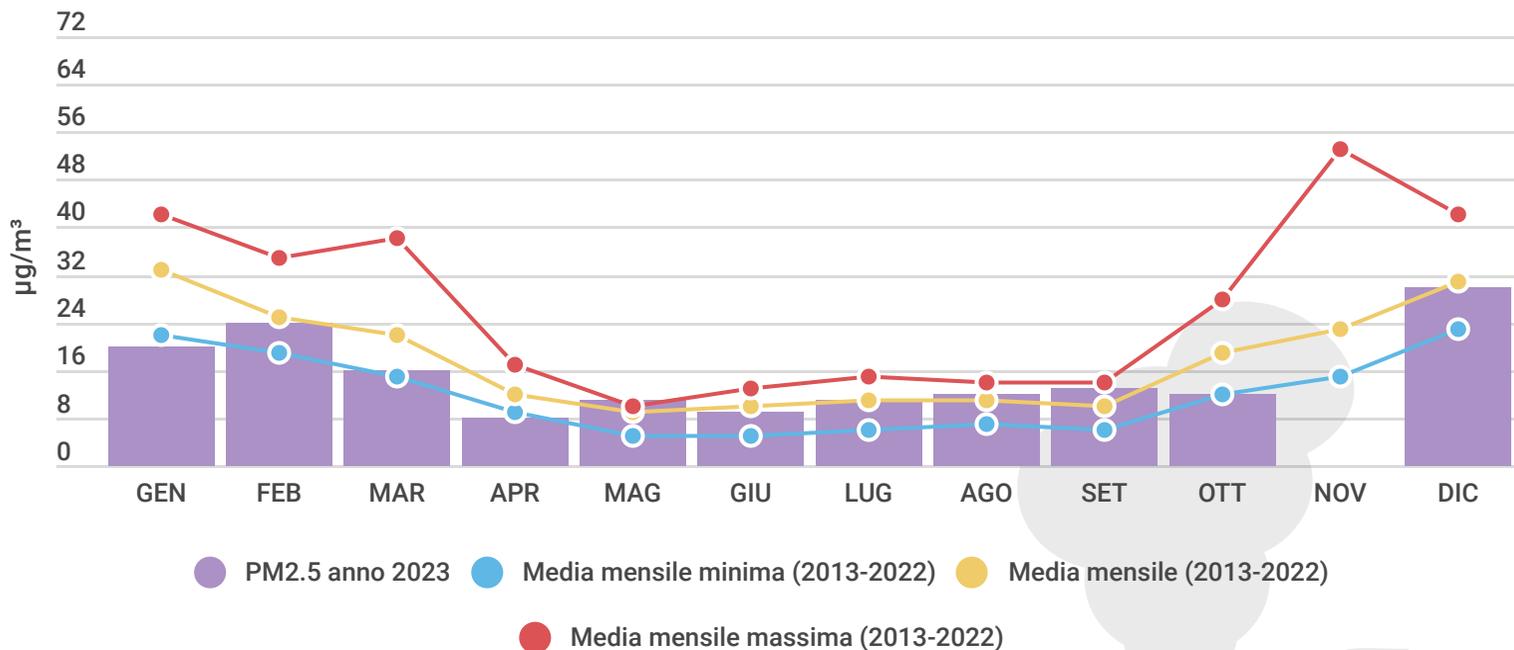
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.1. PM2.5

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

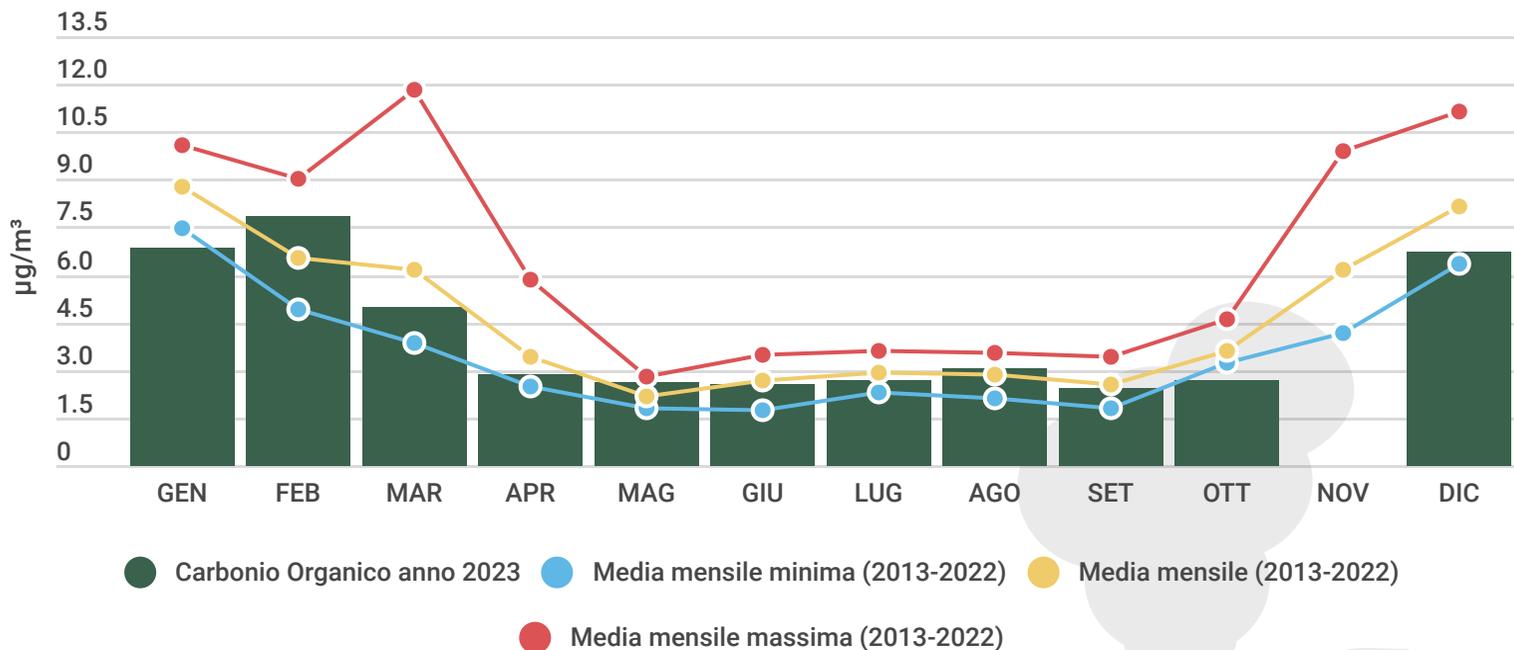
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.2. Carbonio organico

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

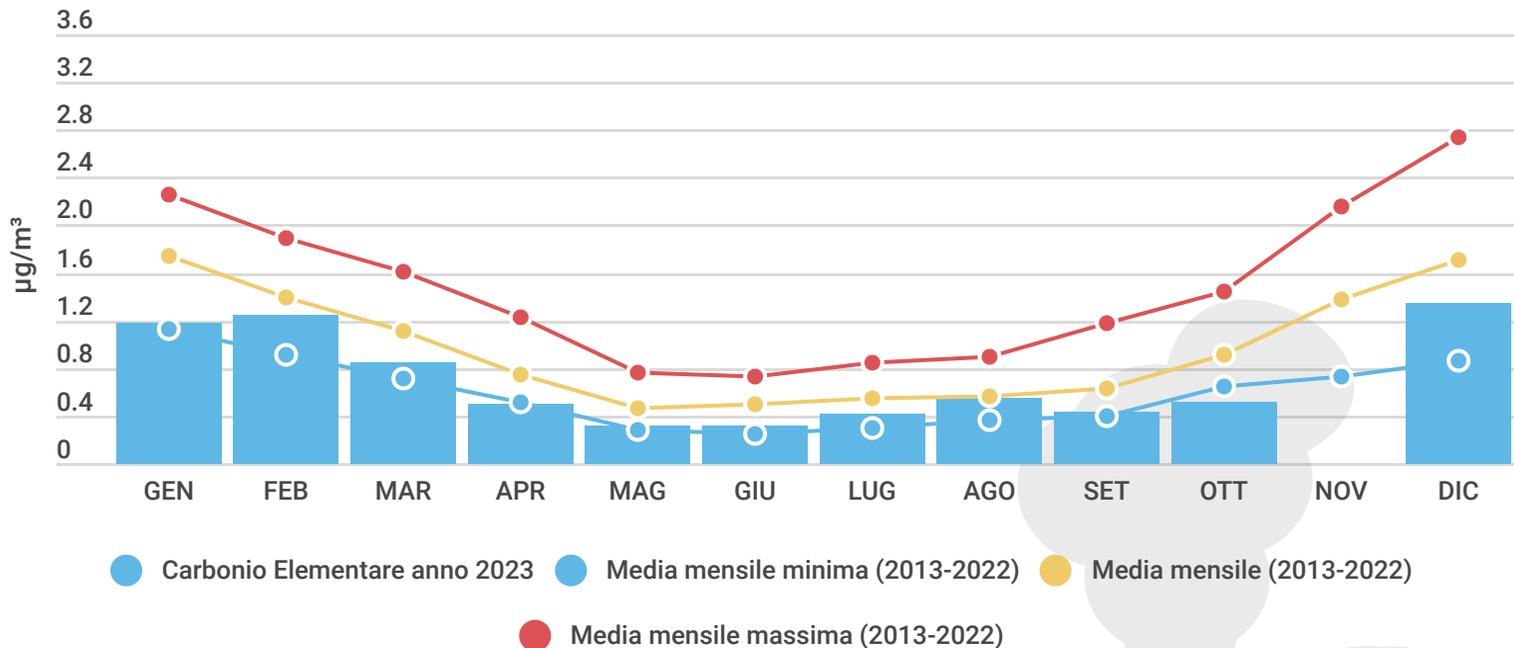
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

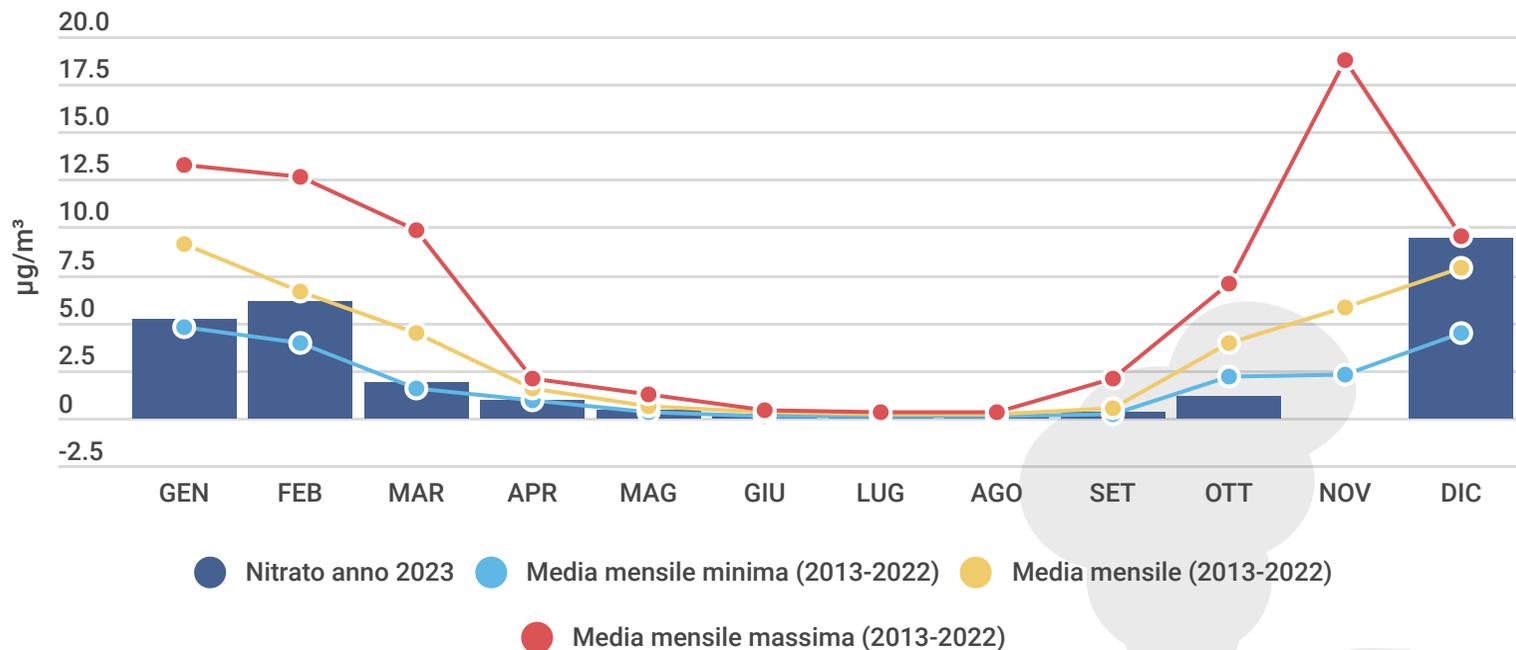
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.4. Nitrato

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

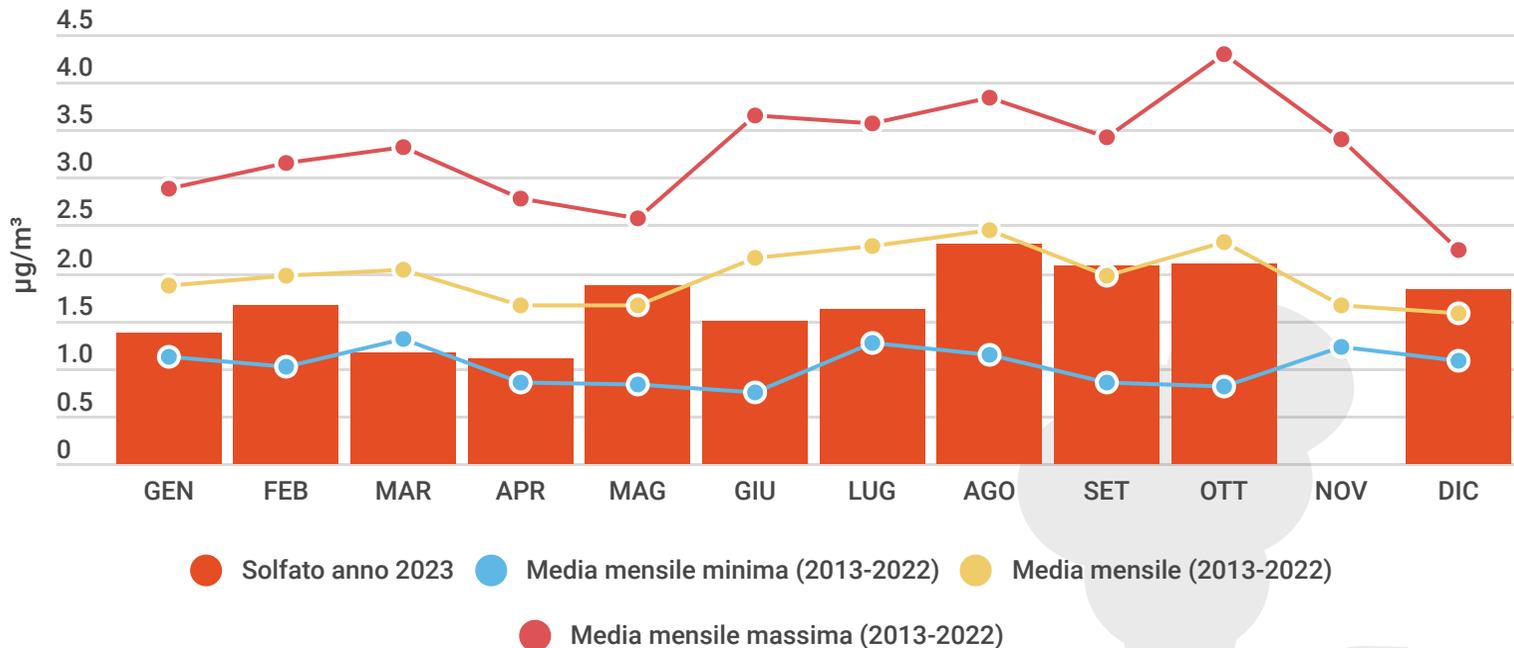
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.5. Solfato

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

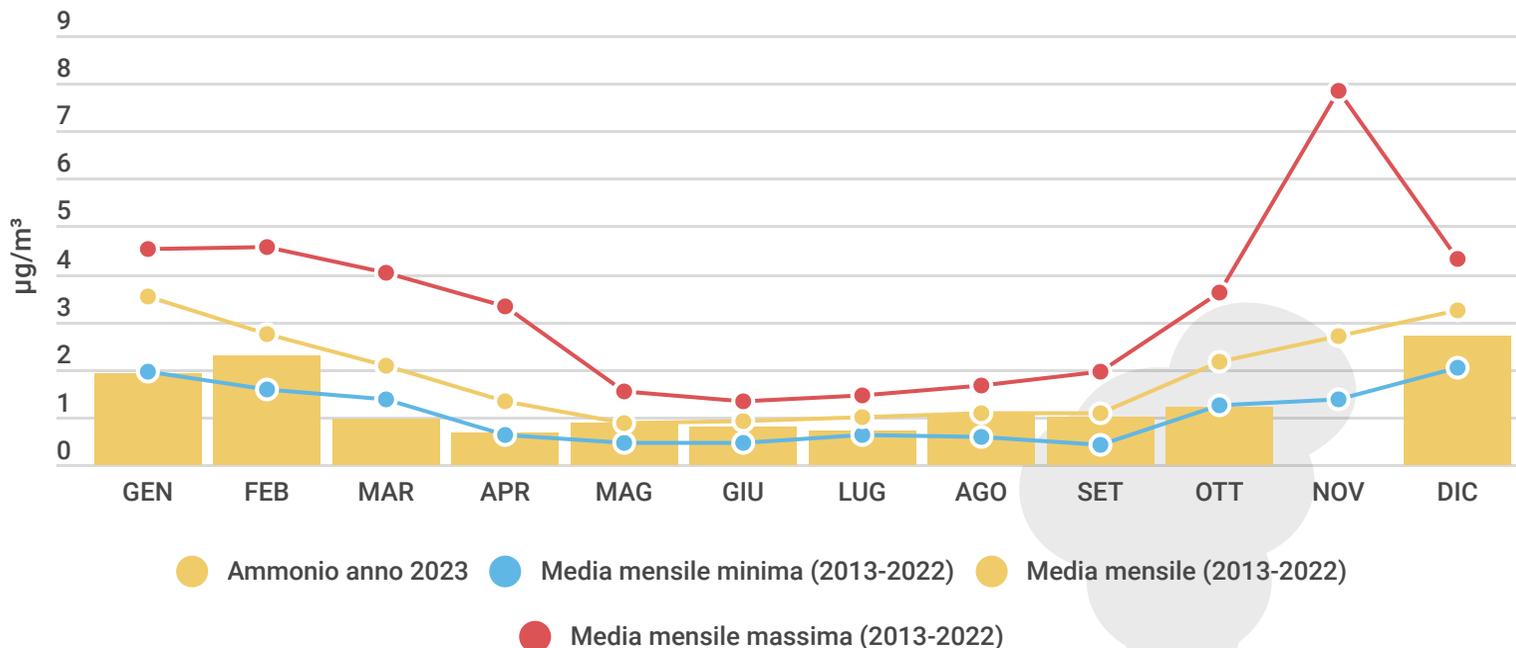
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

4.5. Confronto con gli anni precedenti

4.5.6. Ammonio

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2023



*Definizioni

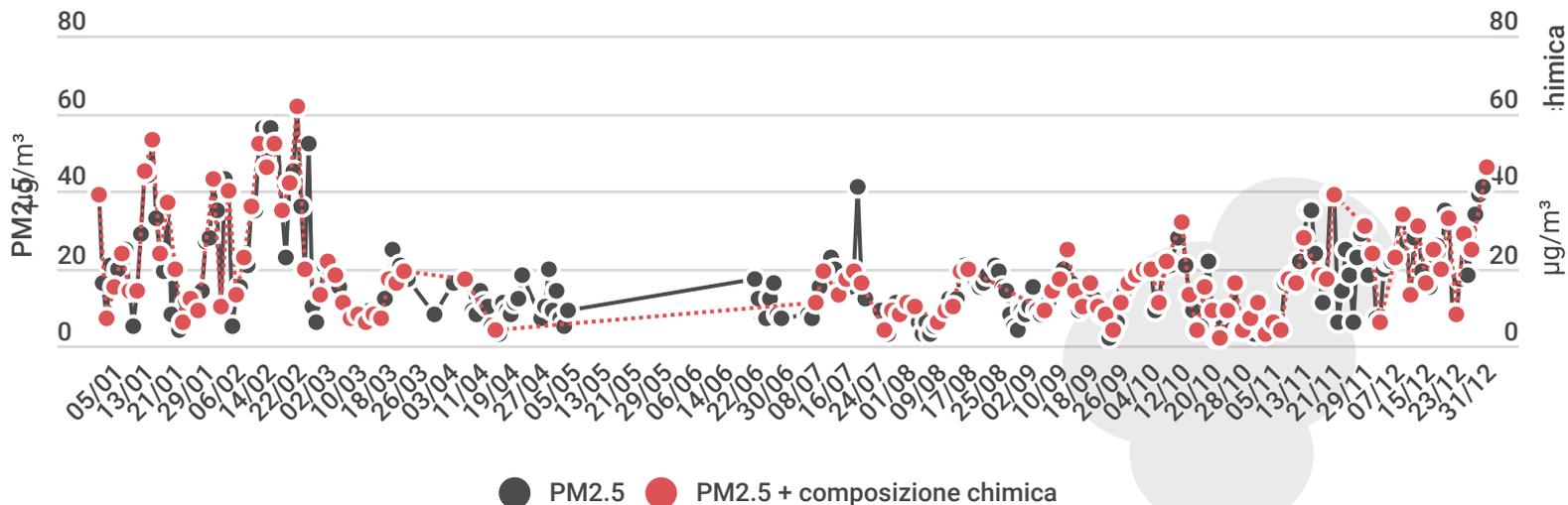
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.1. PM2.5 e i dati disponibili nel 2023

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 ne è stata analizzata la composizione chimica. Pertanto, le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli giorni in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM2.5 e ciò può comportare una differenza con le medie ufficiali della massa del particolato pubblicate da Arpae per i siti in oggetto.

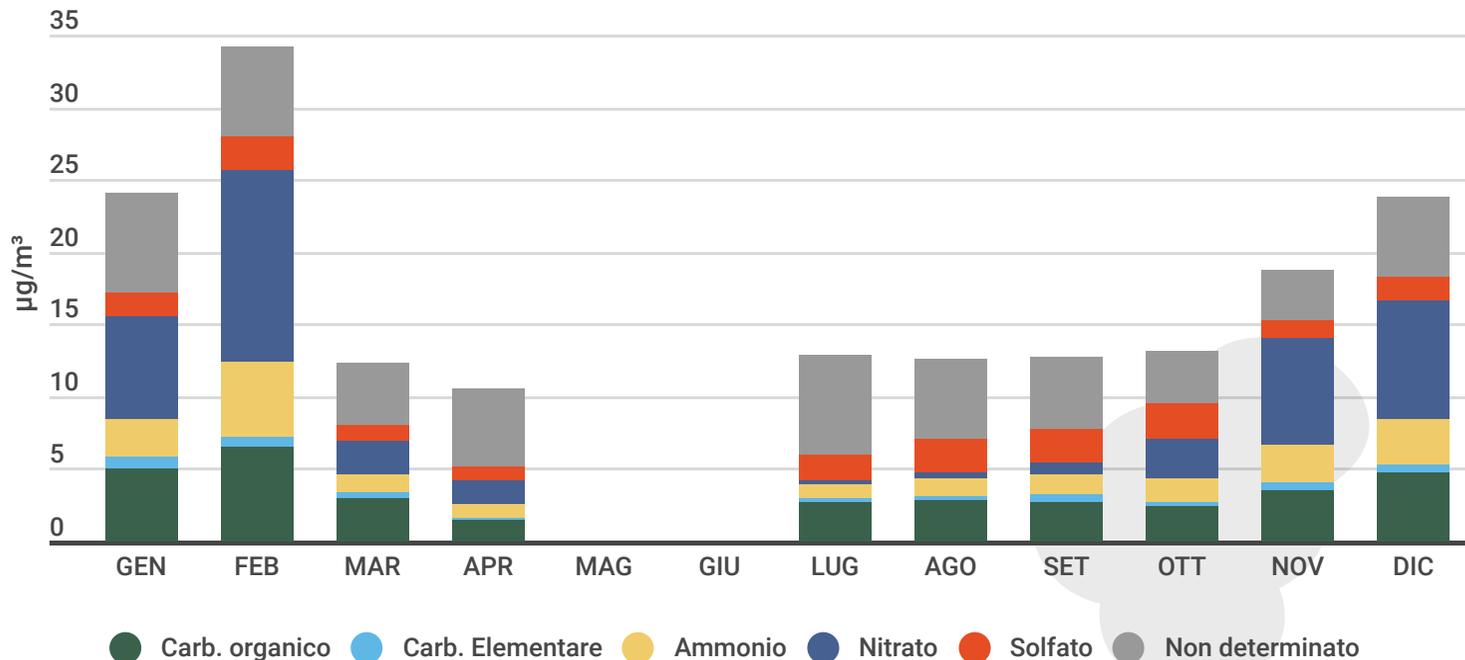
Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.



5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.2. Gli andamenti nell'anno 2023

Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Molinella (BO)

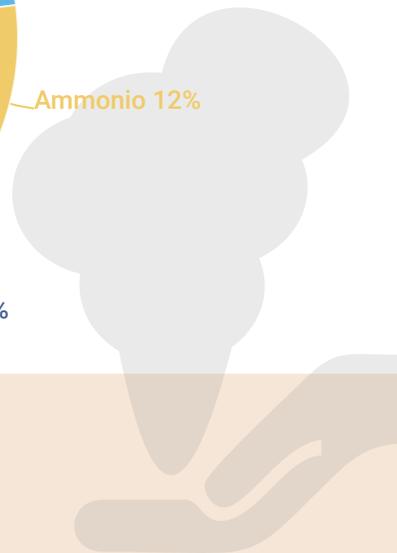
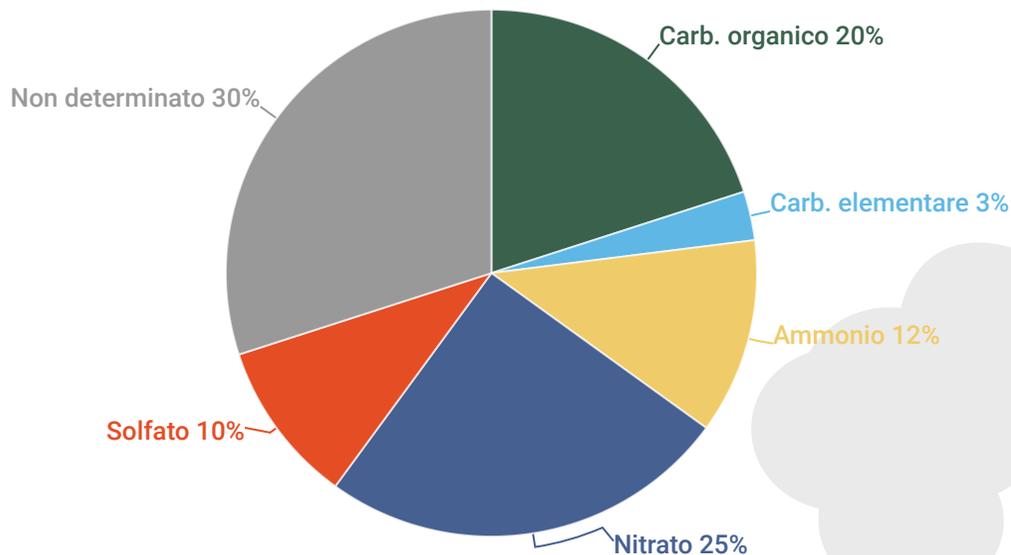


5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.3. Composizione percentuale del PM2.5 nel 2023

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Molinella (BO)

I numeri riportati sono approssimati all'unità

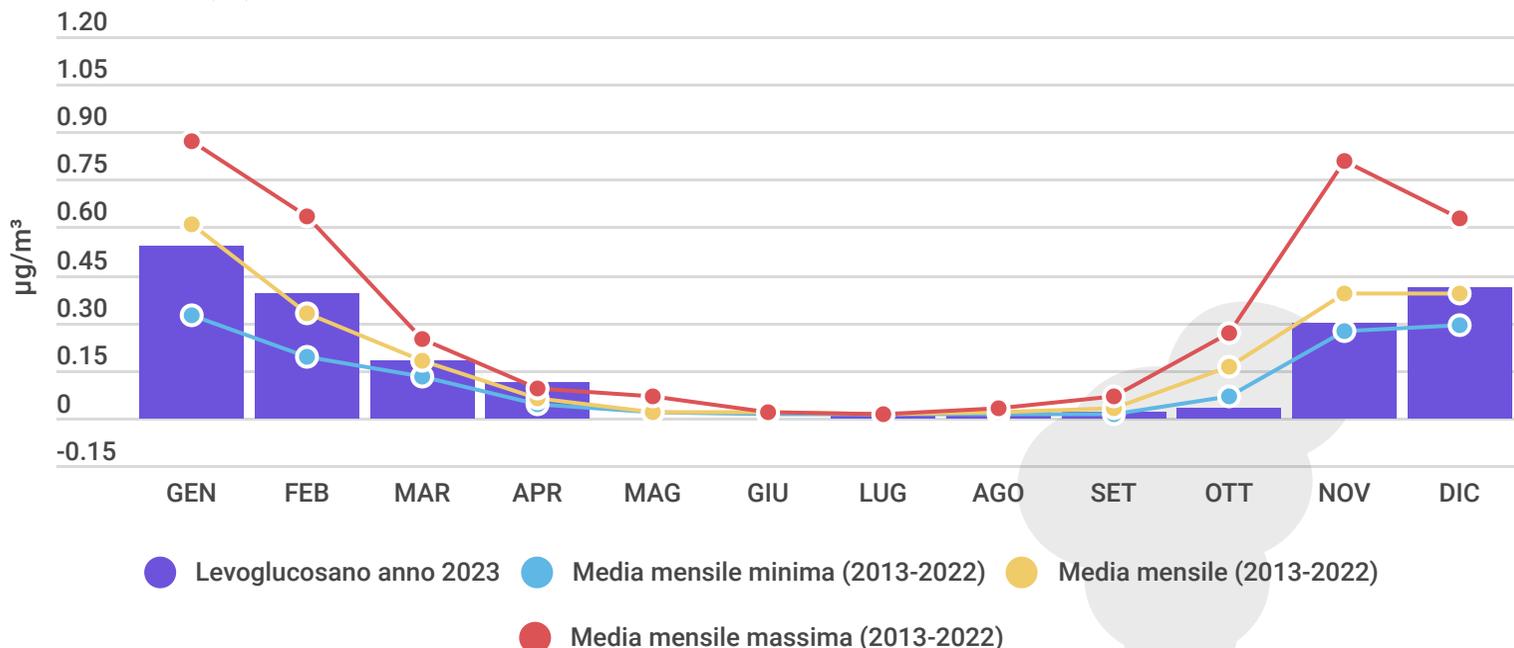


5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Il Levoglucosano nel 2023 - Confronto con gli anni precedenti

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2023 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2022. Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna; pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



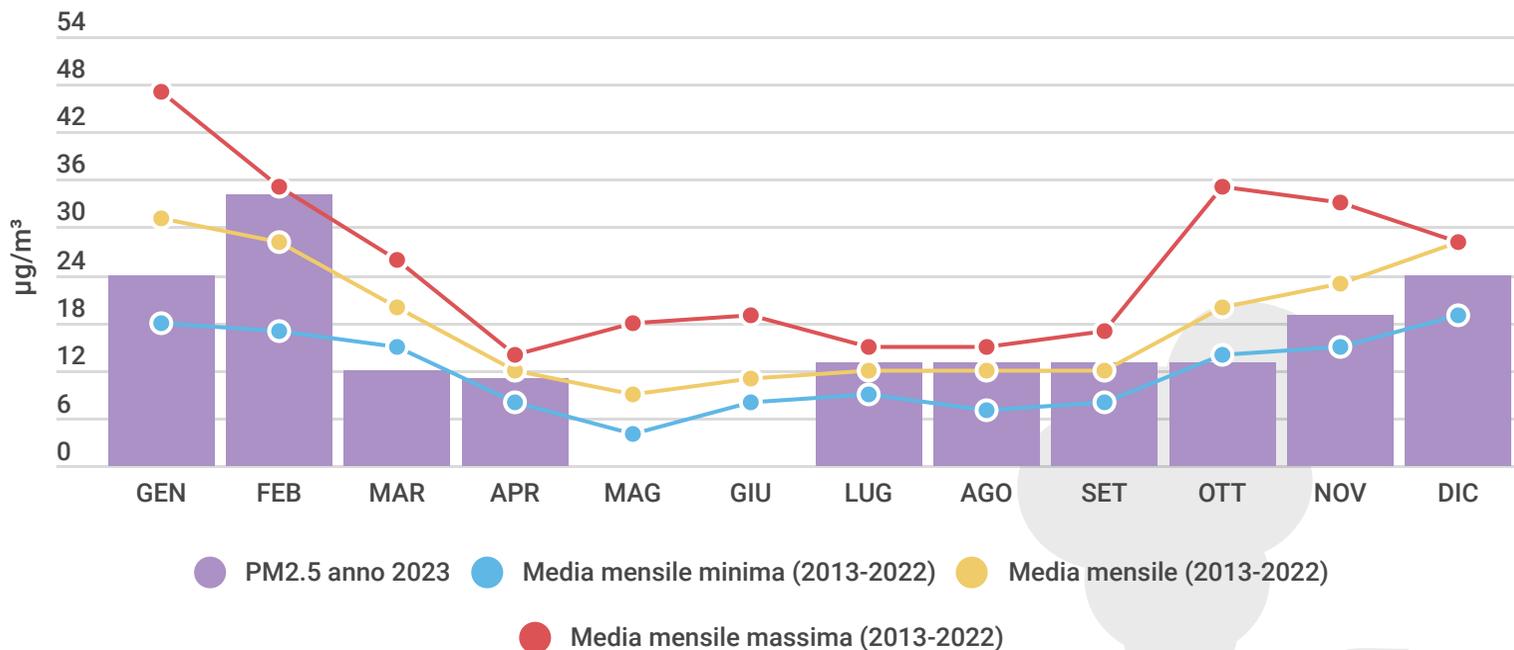
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.1. PM2.5

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



*Definizioni

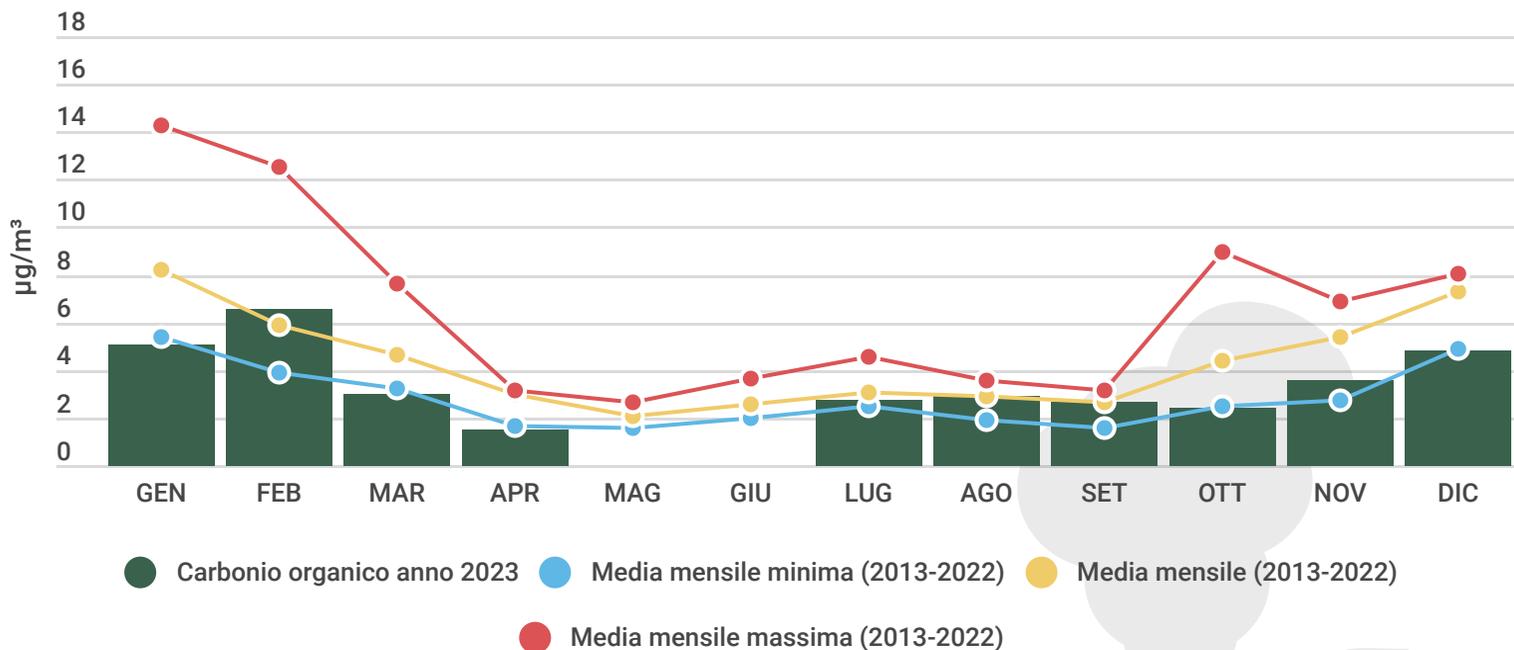
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.2. Carbonio organico

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



*Definizioni

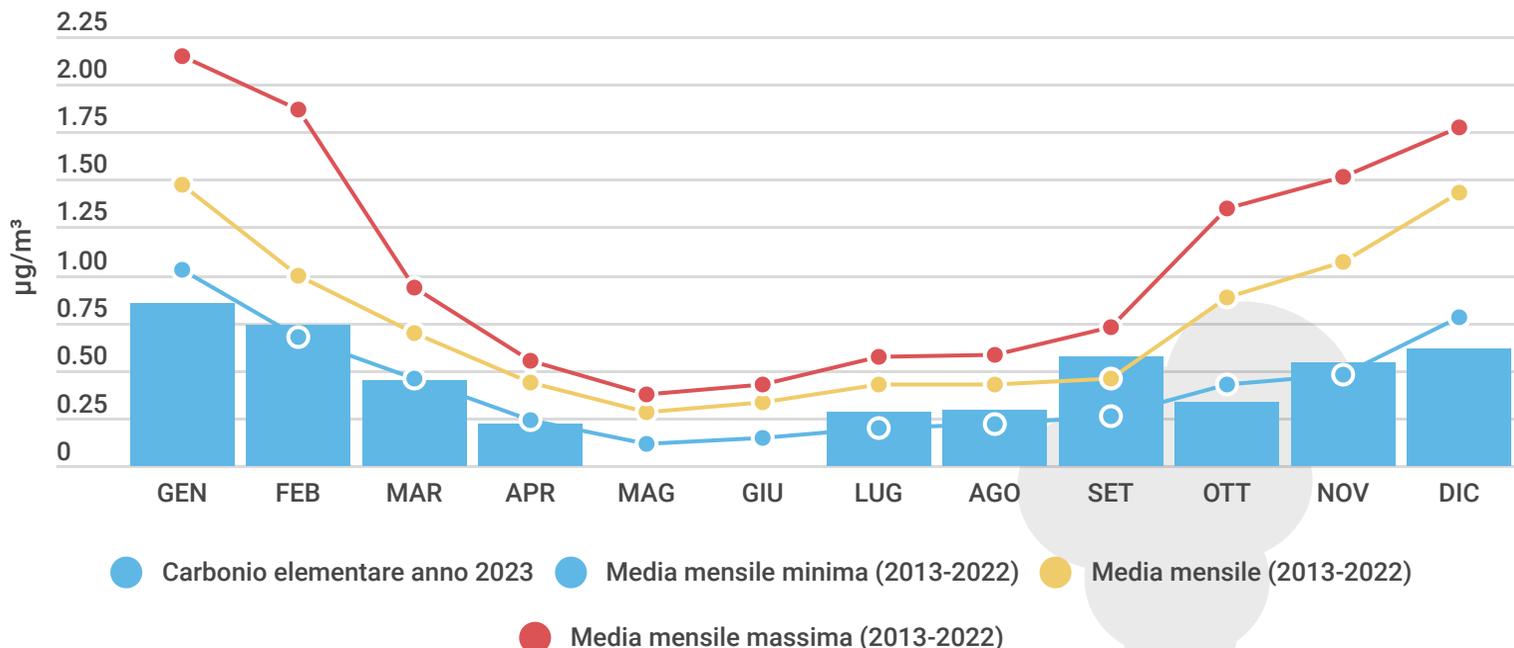
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



*Definizioni

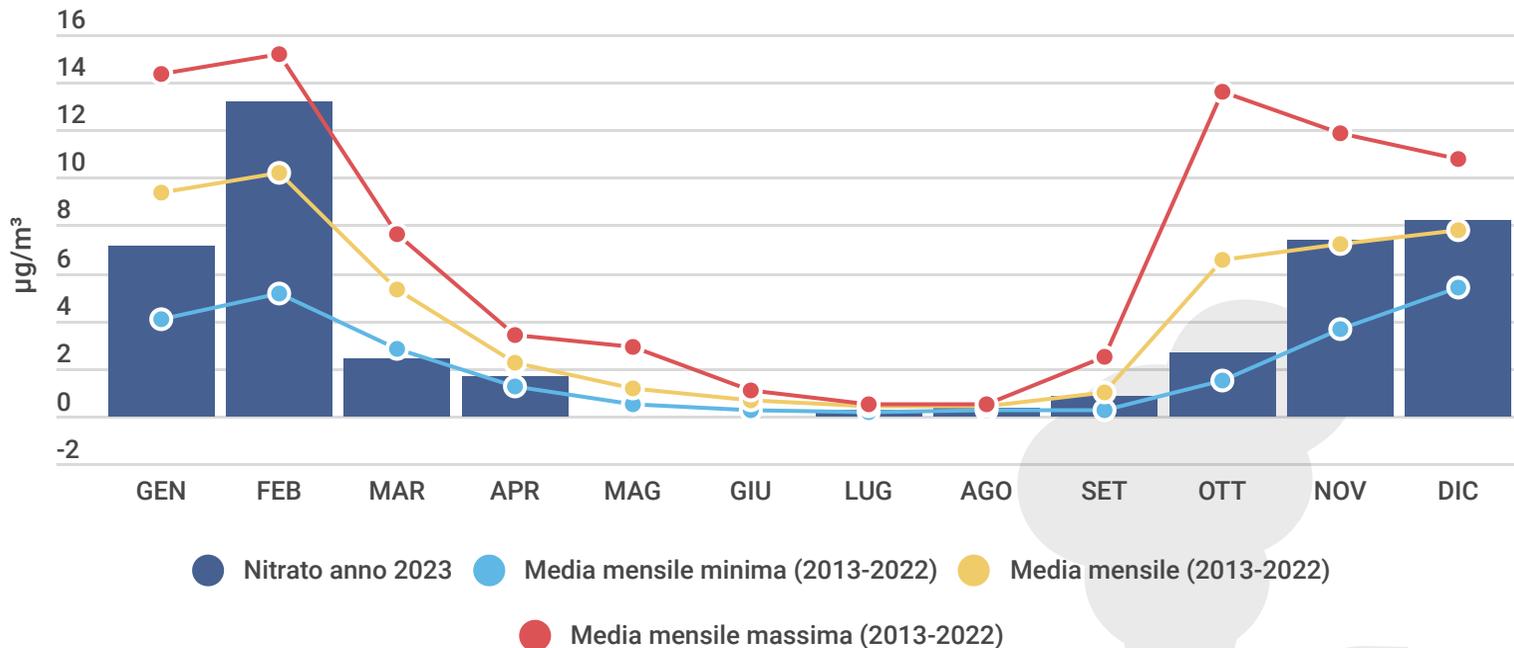
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.4. Nitrato

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



*Definizioni

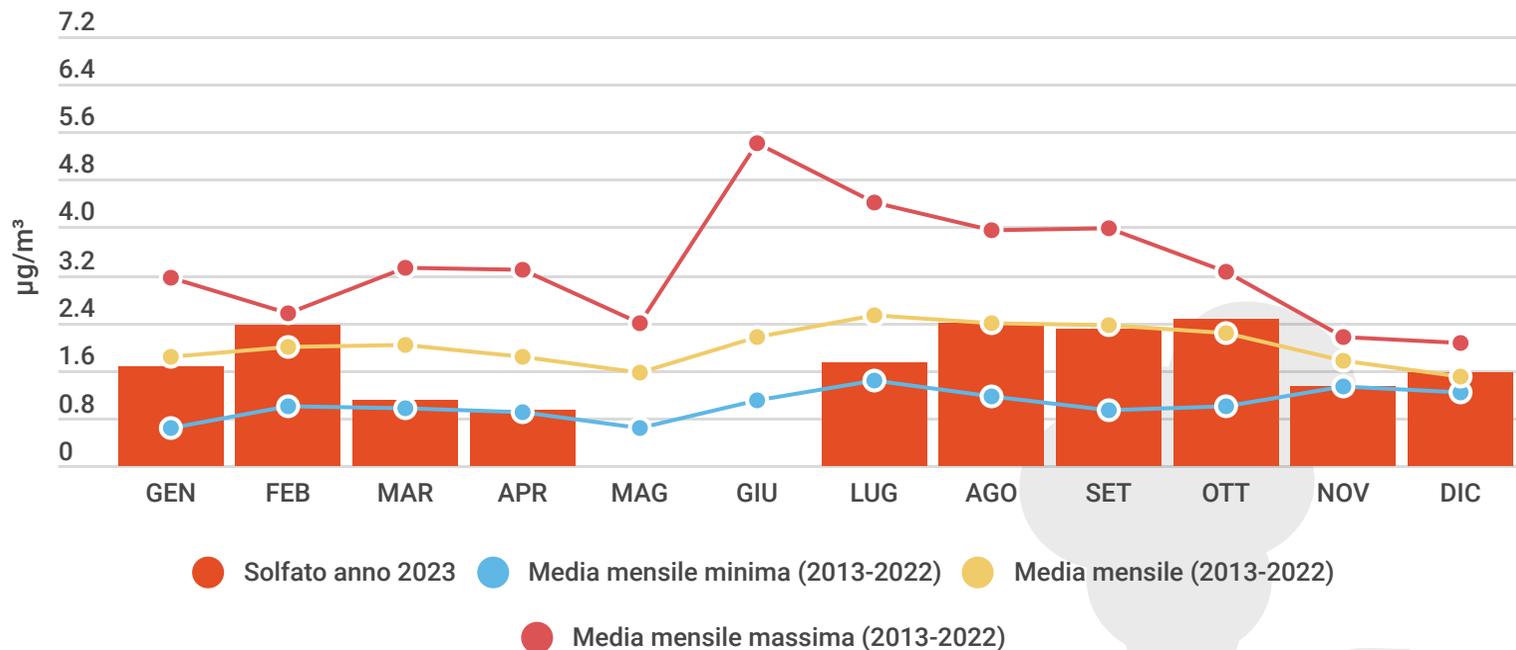
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.5. Solfato

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



*Definizioni

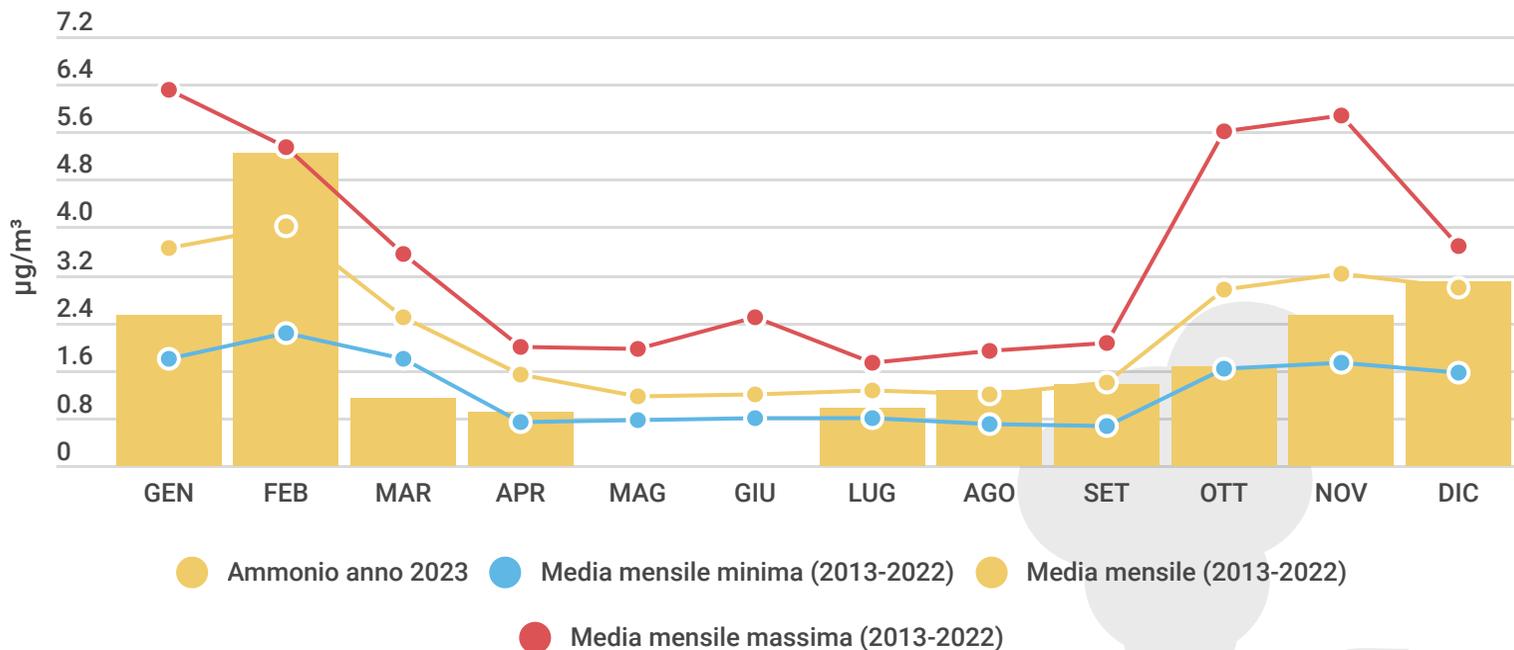
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

5.5. Confronto con gli anni precedenti

5.5.6. Ammonio

Stazione di Molinella (BO), anno 2023



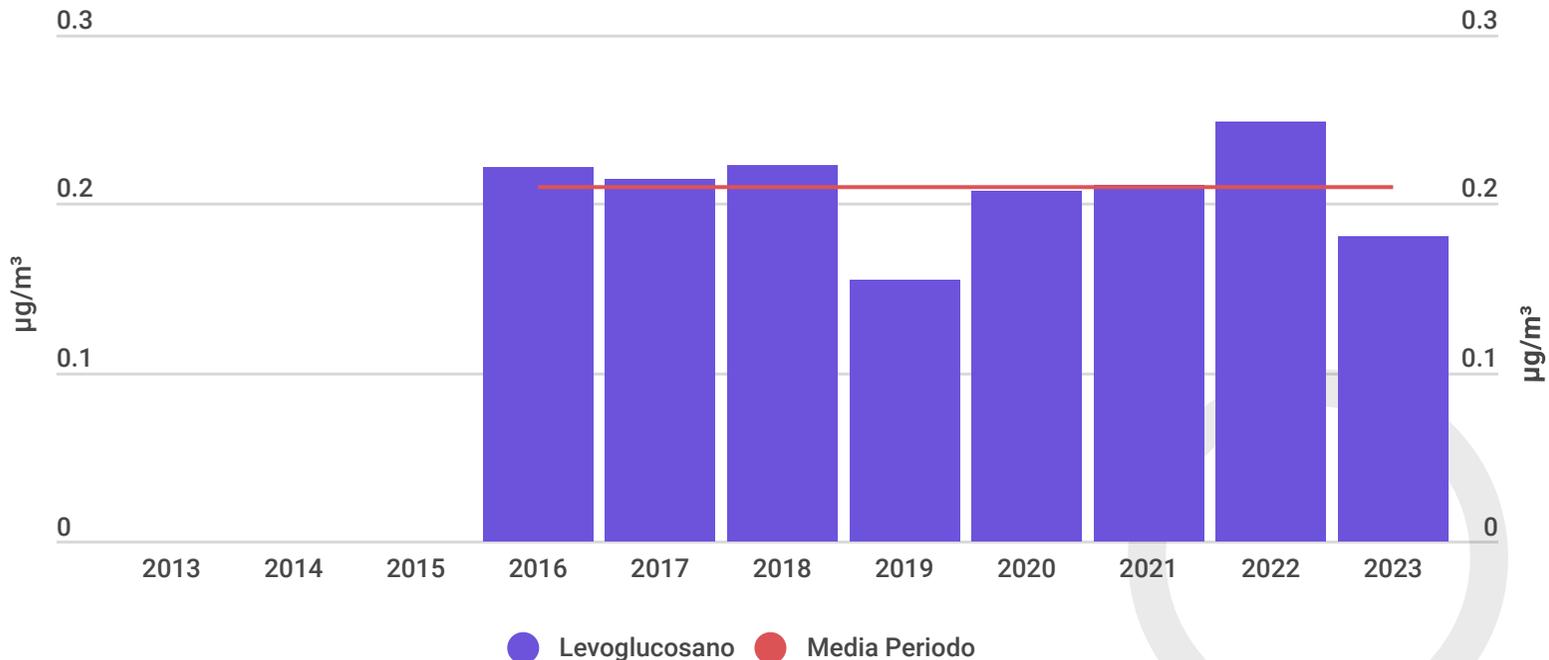
*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.1. Levoglucosano

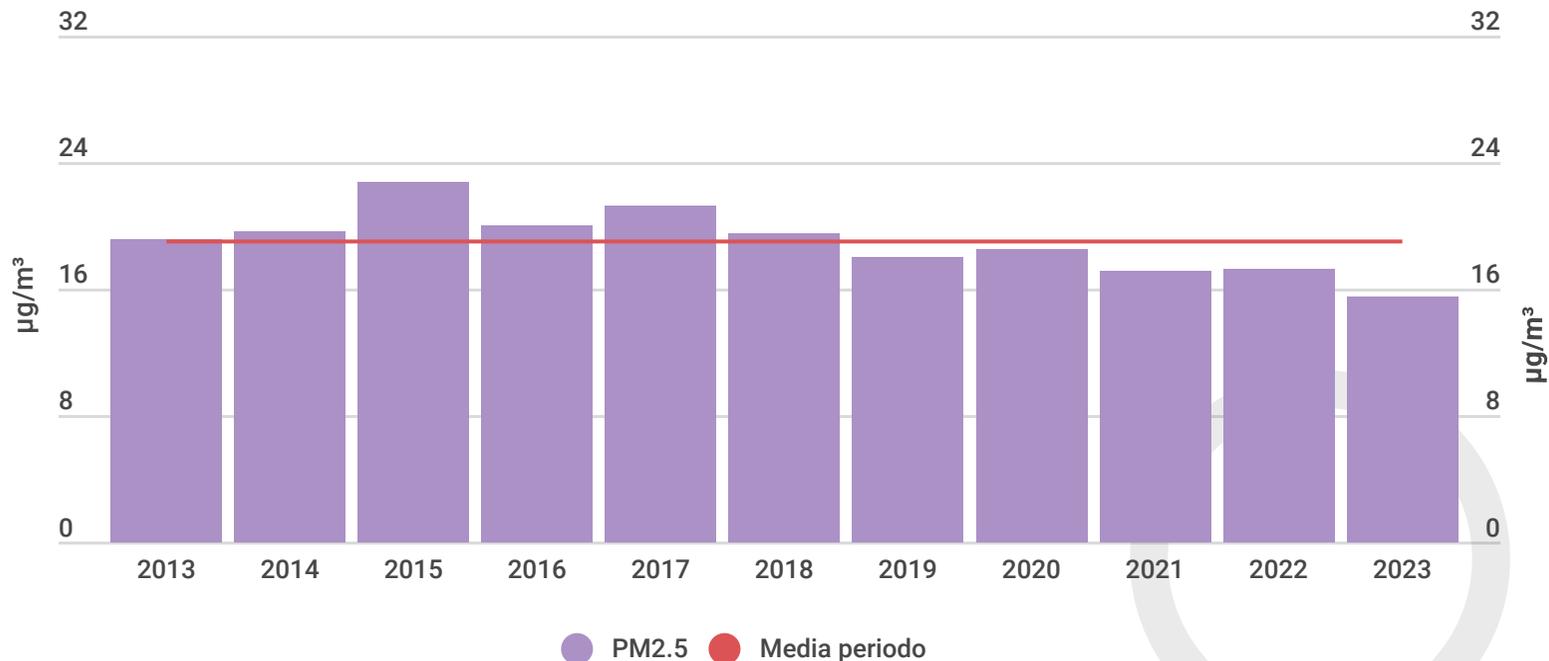
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.2. PM 2.5

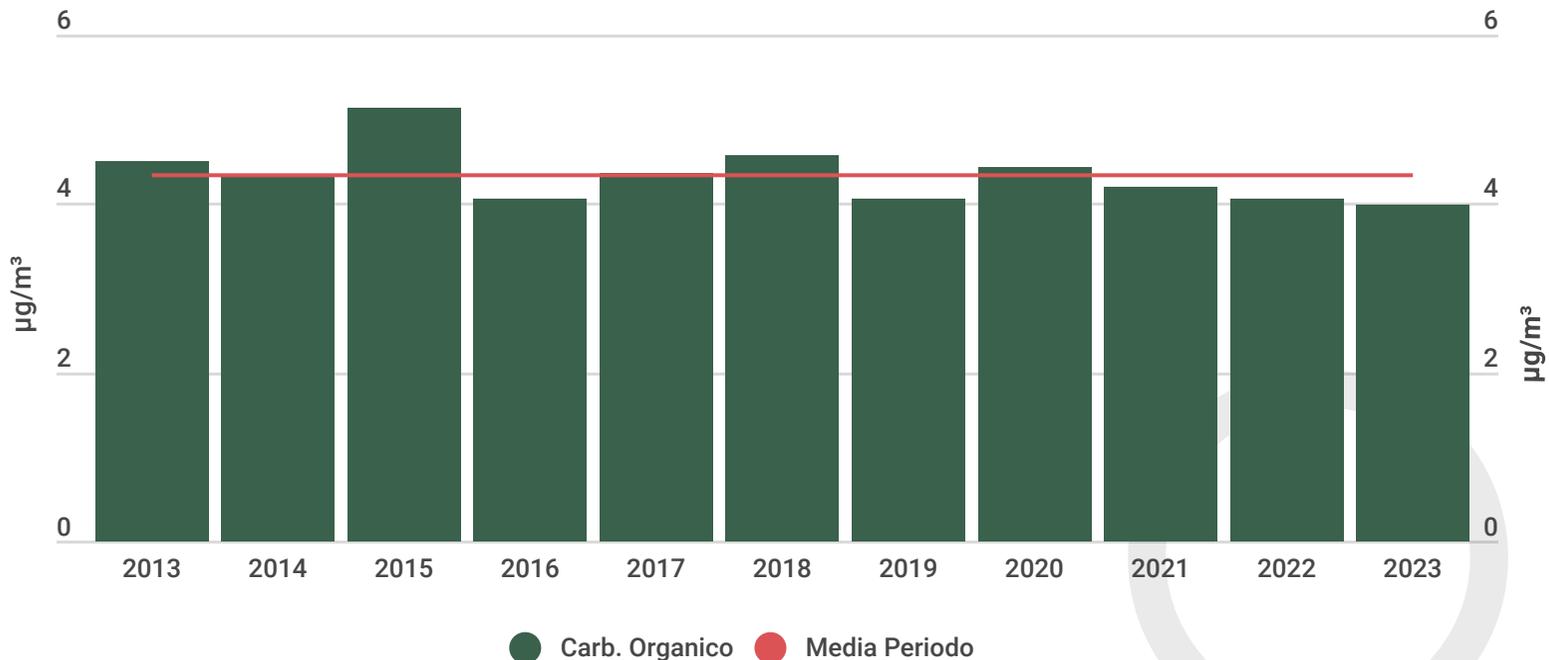
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.3. Carbonio organico

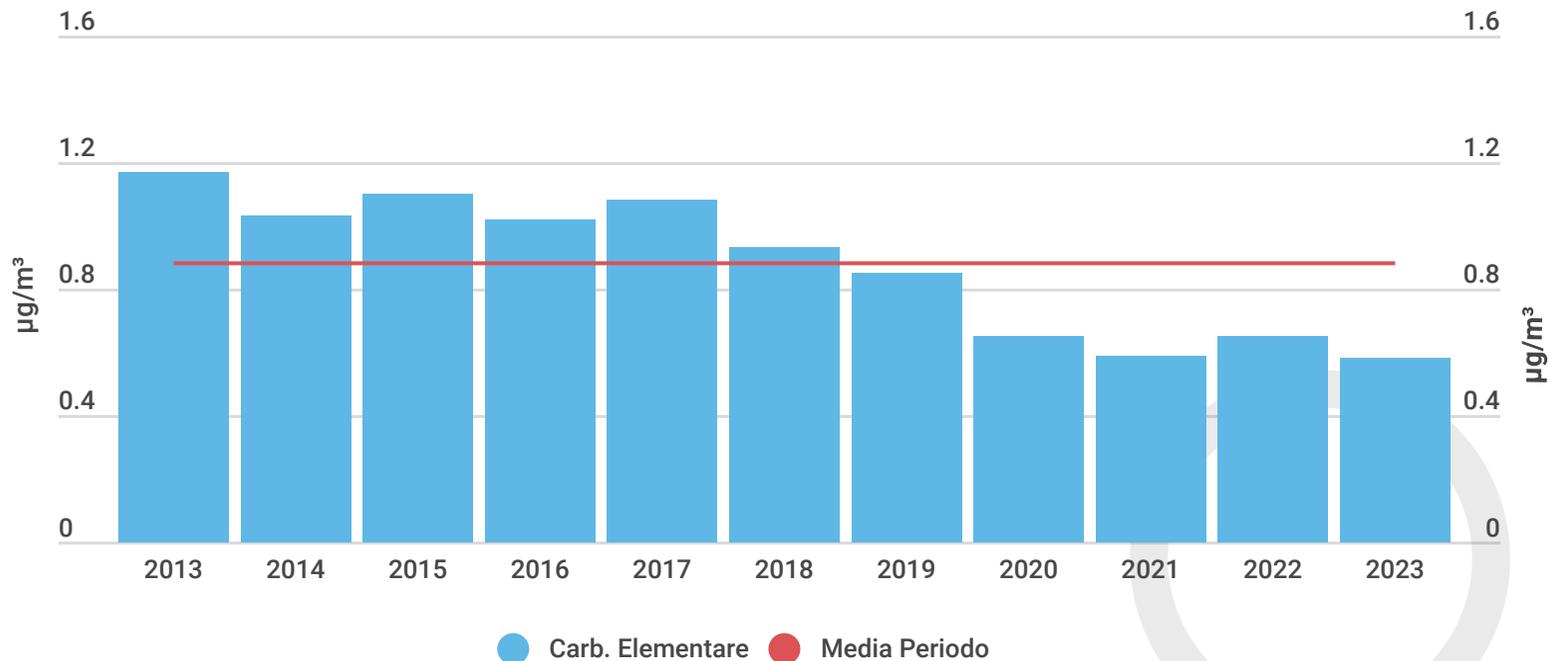
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.4. Carbonio elementare

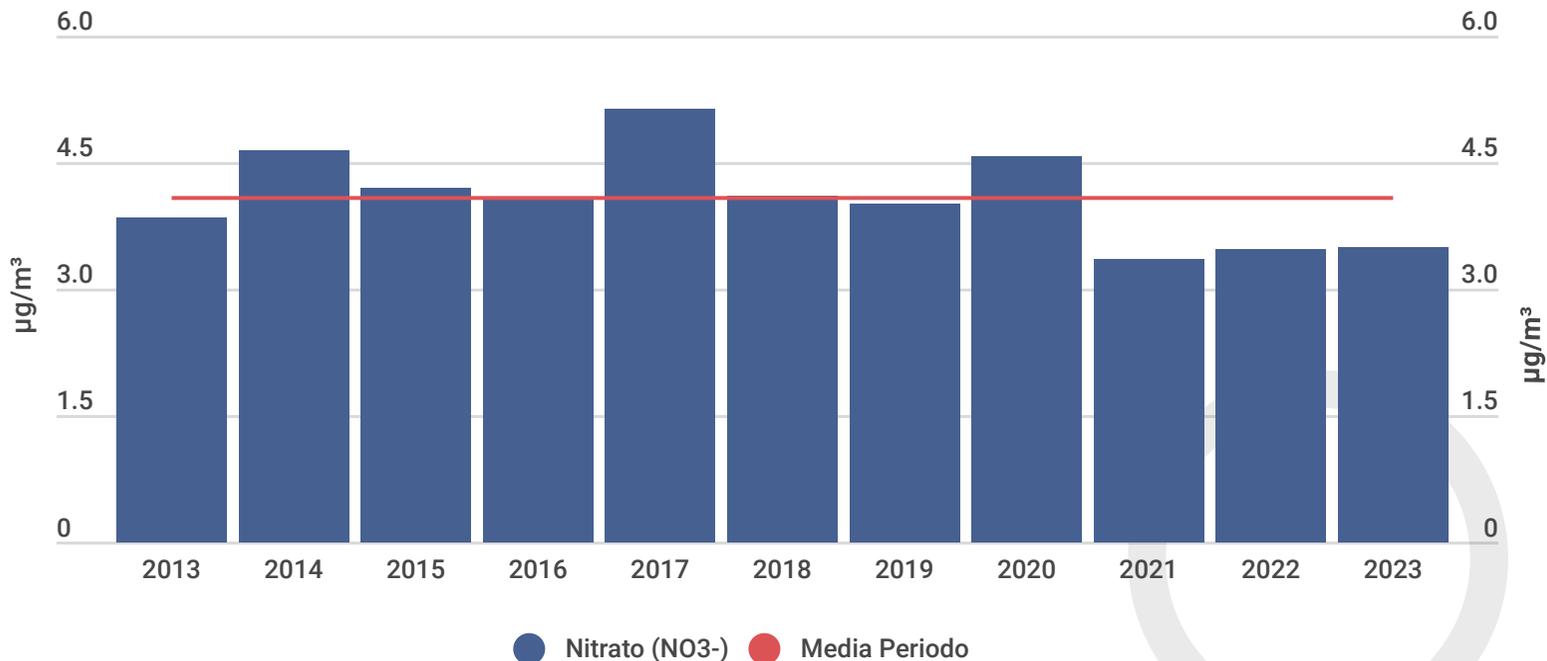
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.5. Nitrato

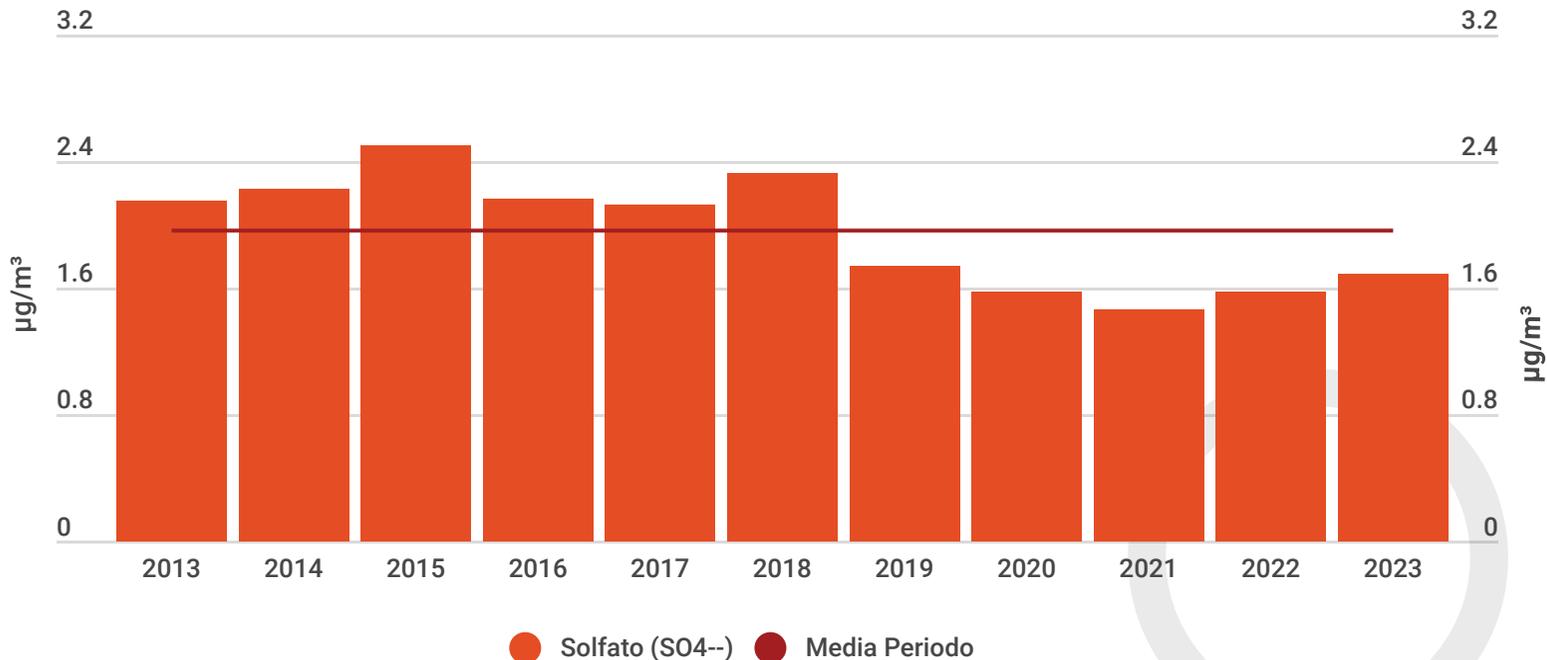
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.6. Solfato

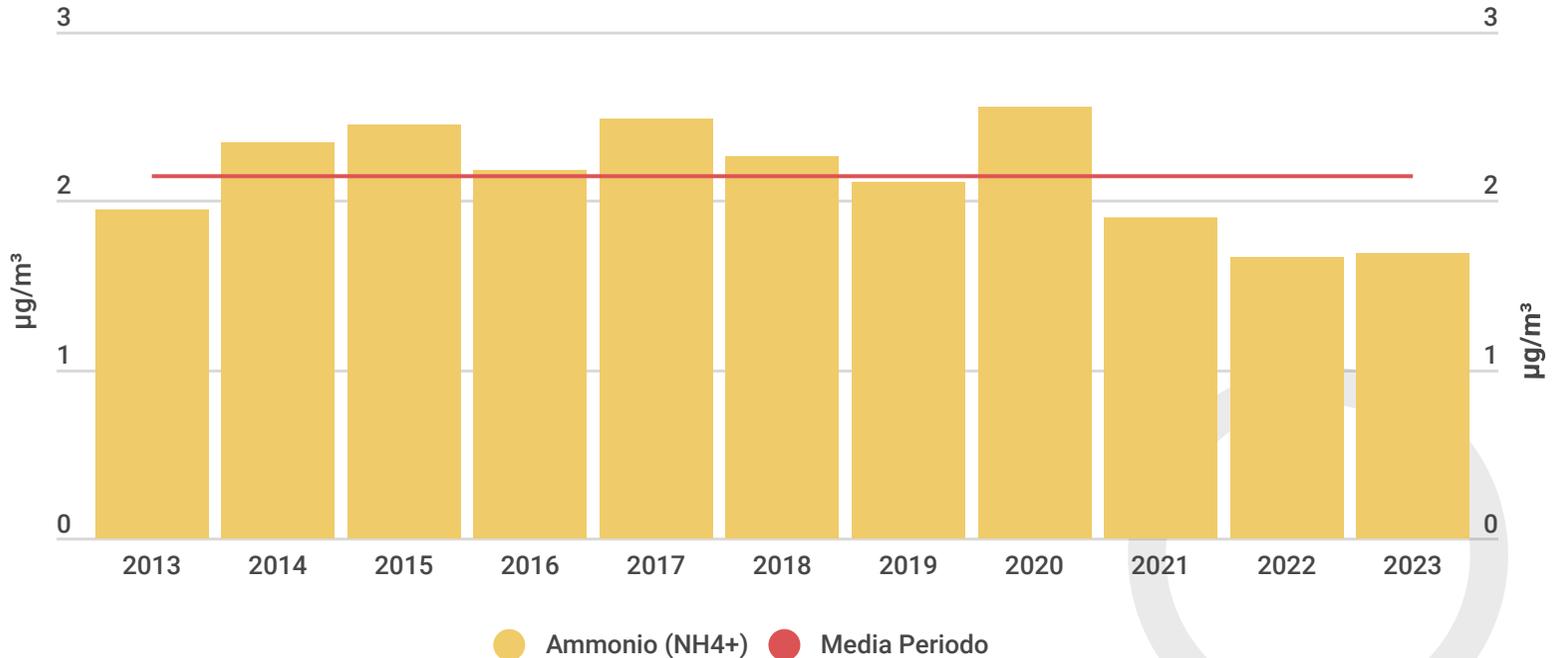
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



6. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in valore assoluto

6.7. Ammonio

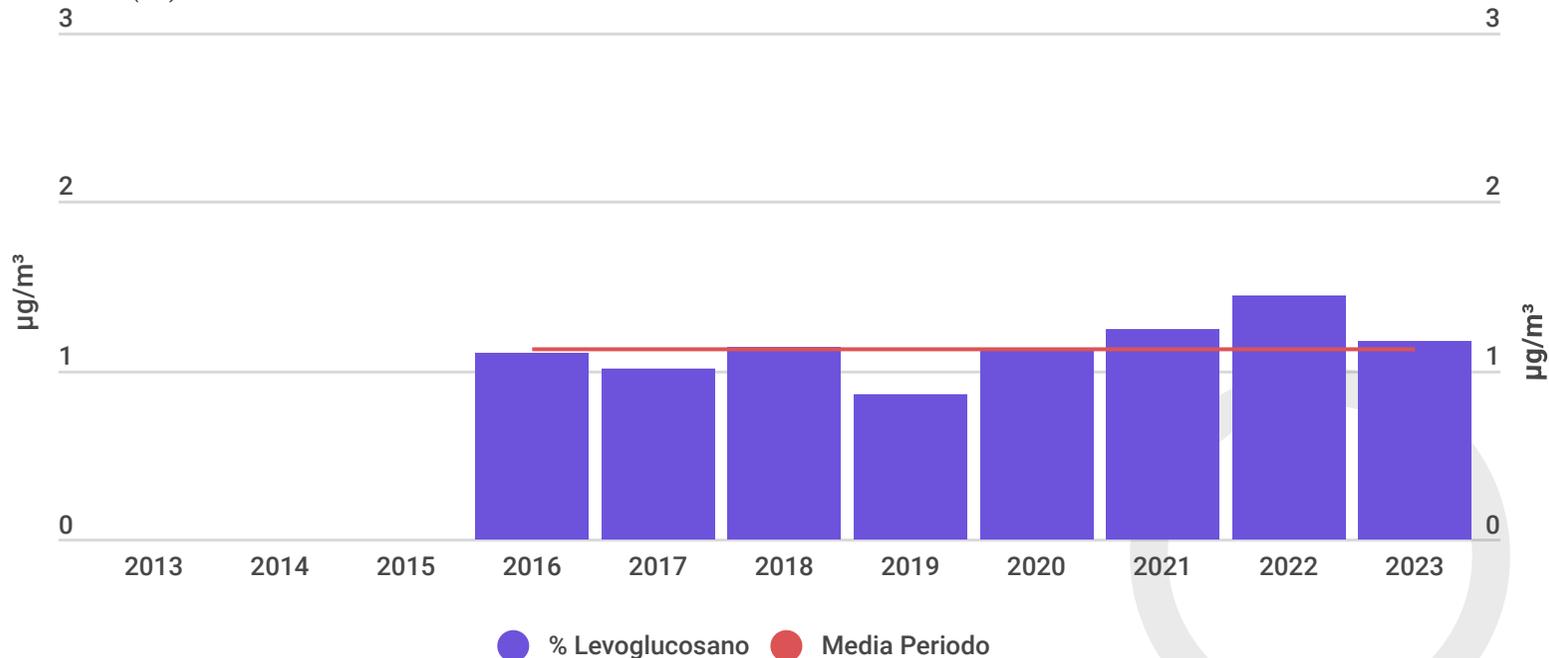
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

7.1. Levoglucosano

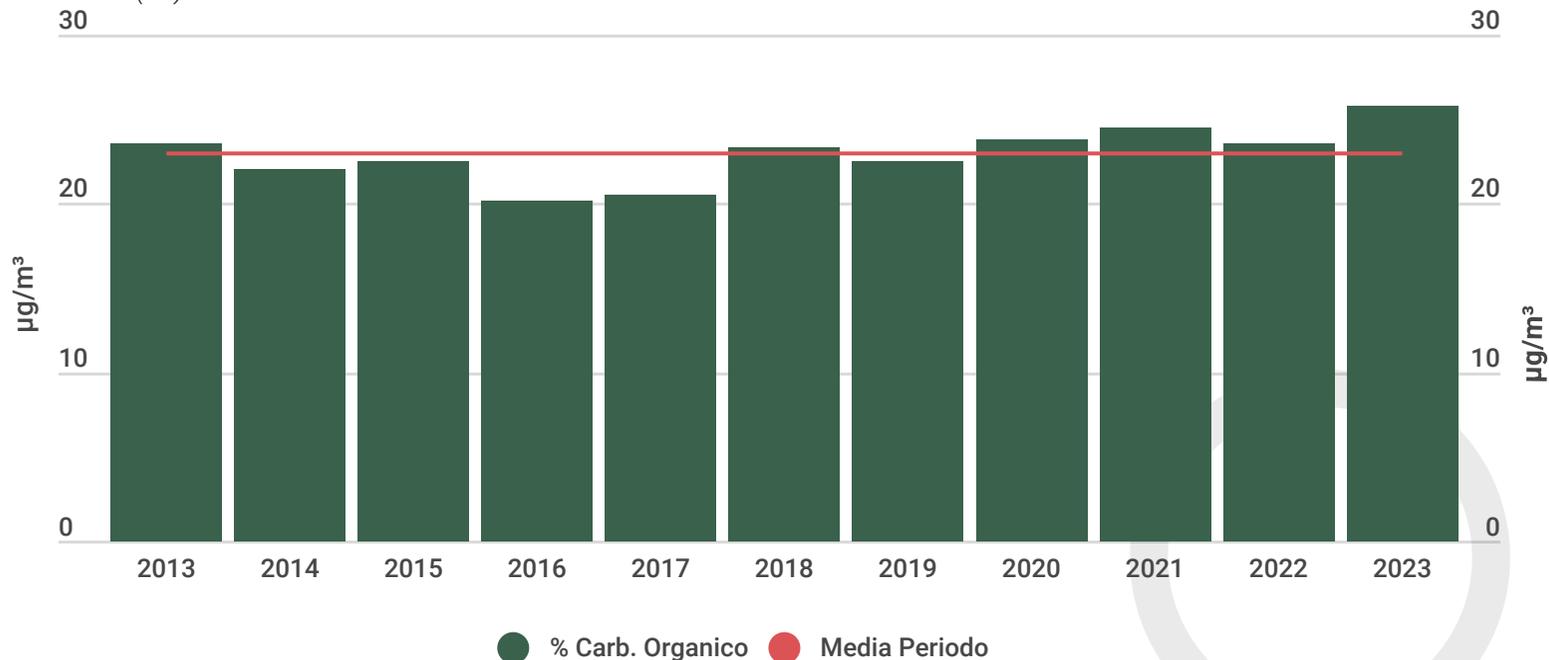
Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

7.2. Carbonio organico

Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

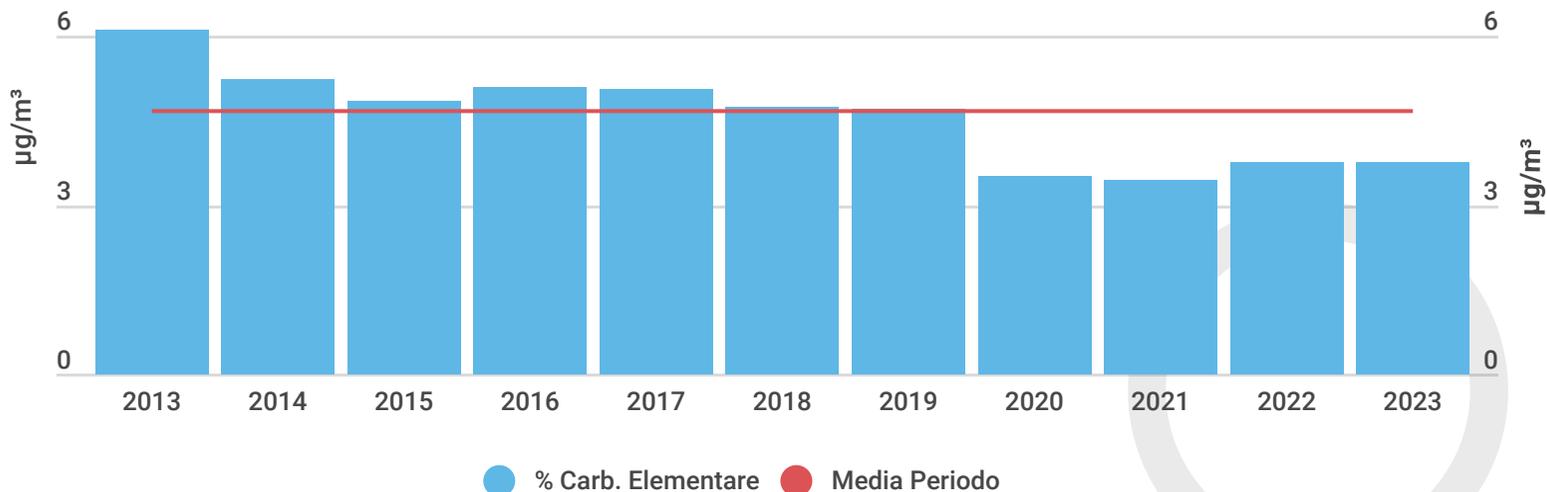


7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

7.3. Carbonio elementare

Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

9

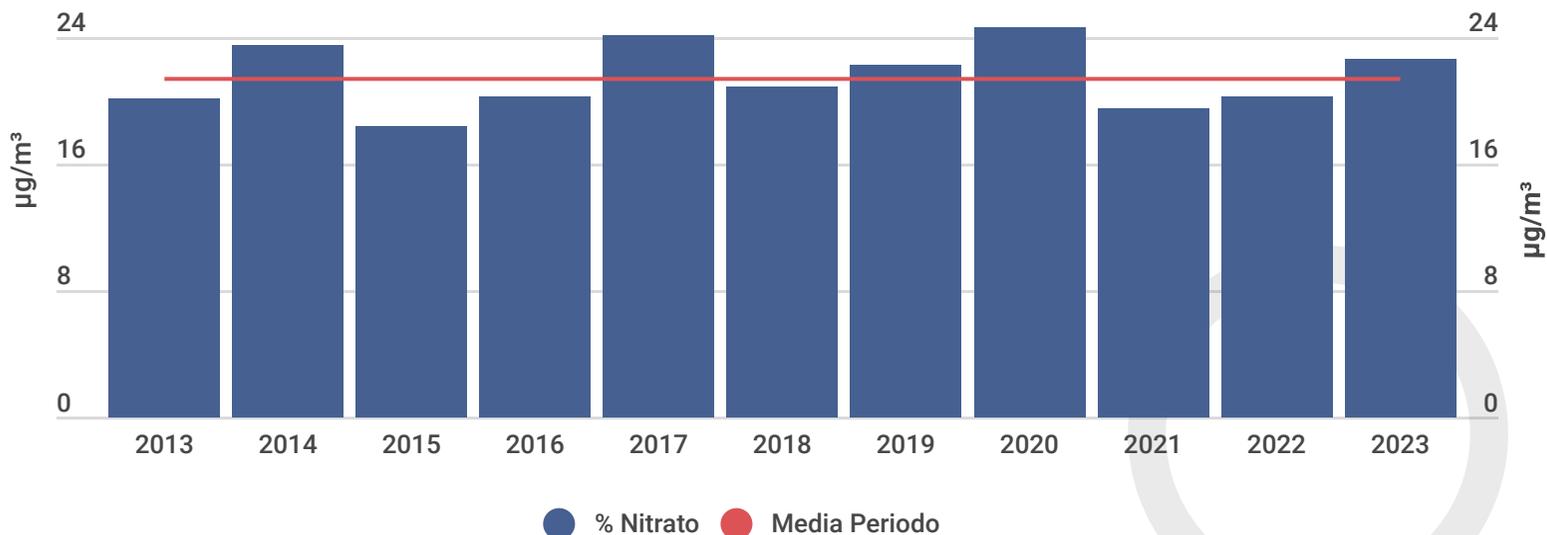


7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

7.4. Nitrato

Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

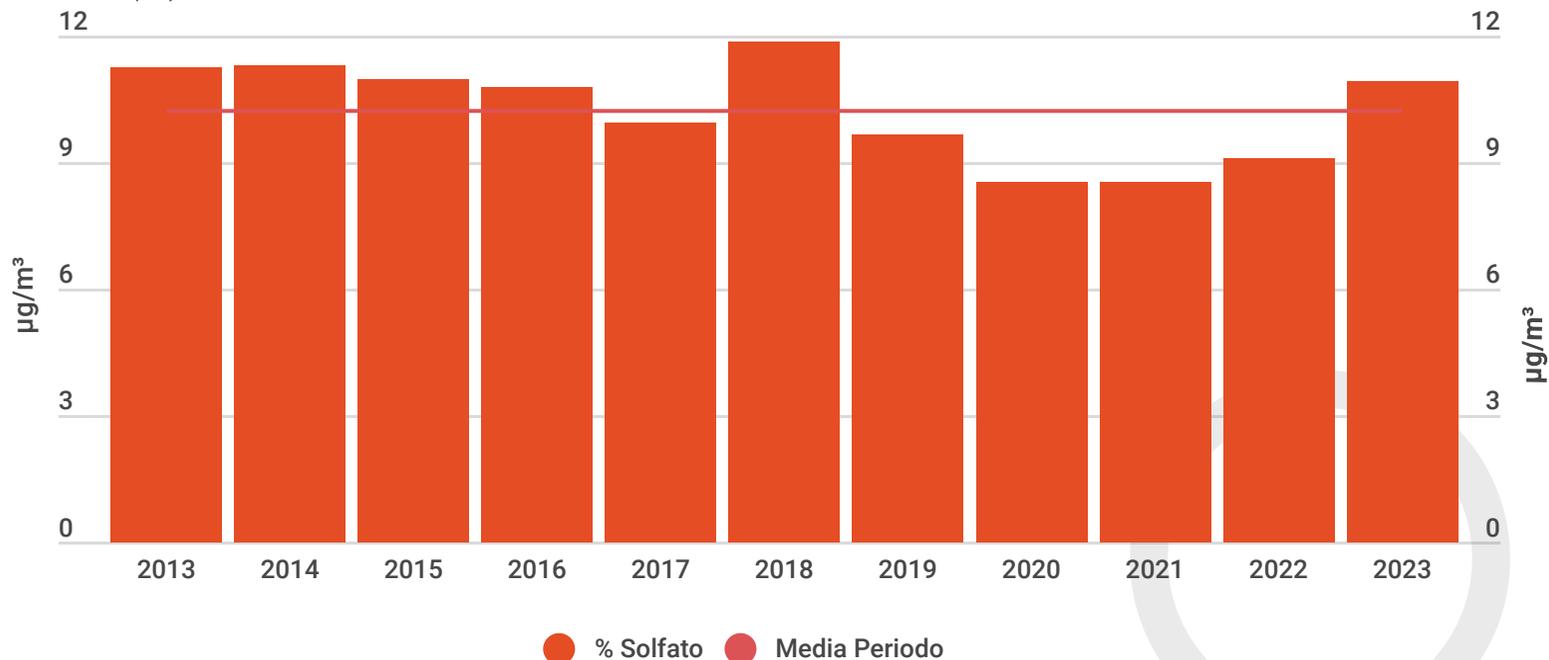
32 32



7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

7.5. Solfato

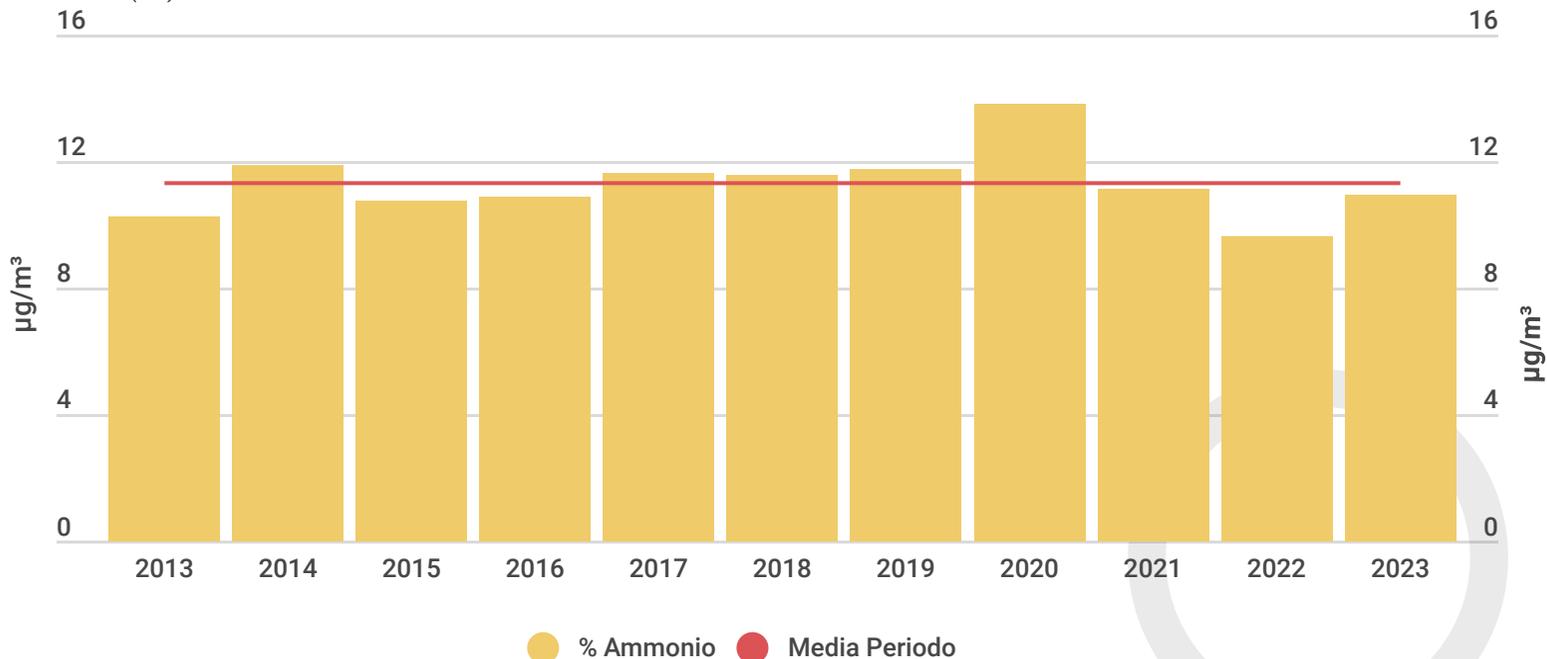
Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



7. Le specie chimiche nel PM2.5 - Medie negli anni in percentuale

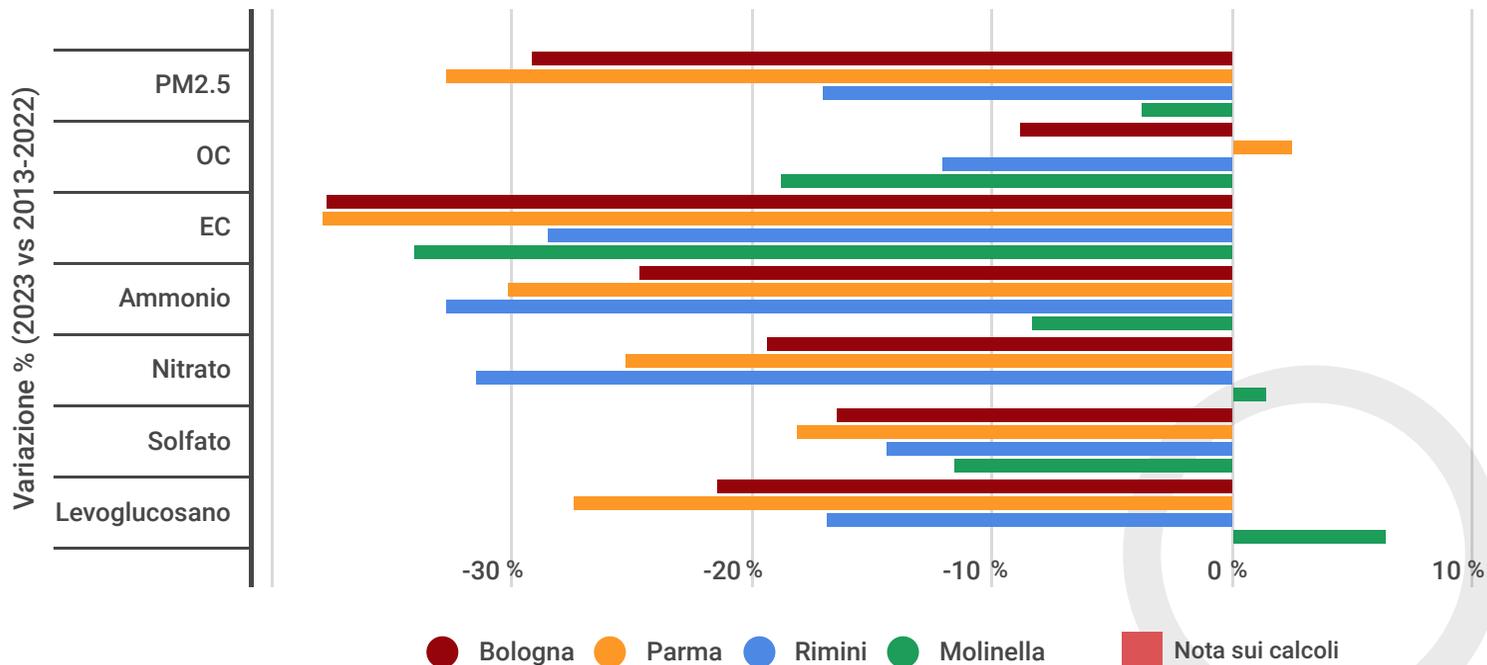
7.6. Ammonio

Media annuale delle specie in esame espressa come % sul PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



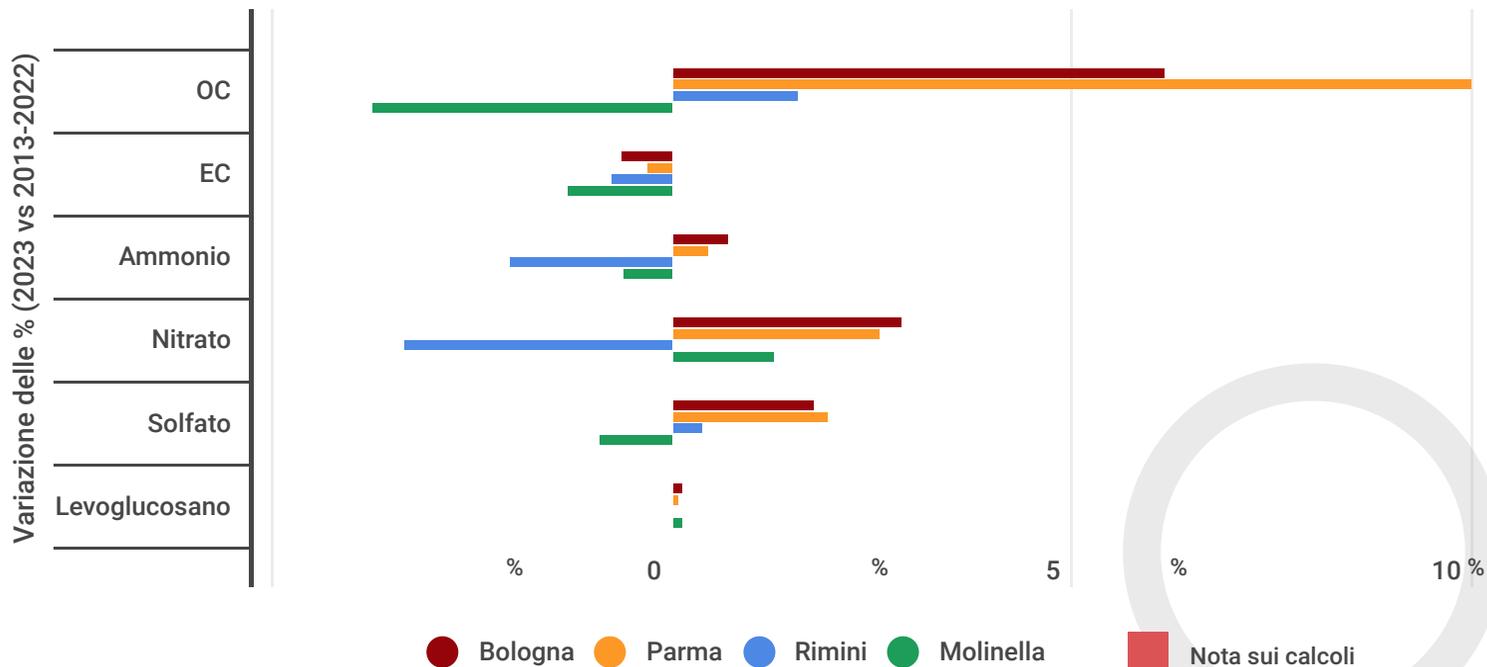
8. Le specie chimiche nel PM2.5 - Variazione della concentrazione in percentuale (2023 vs 2013-2022)

Variazione % delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



9. Le specie chimiche nel PM2.5 - Variazione delle percentuali di ogni specie sul PM2.5

Variazione % di ogni specie in esame rispetto al PM2.5 nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



10. Discussione

10.1. Inquadramento meteorologico

Il 2023, a livello regionale, è stato l'anno più caldo dal 1961, per temperatura media e massima, e il secondo più caldo in termini di temperatura minima, dopo il 2014. Queste condizioni generali si sono tradotte in un elevato numero di notti con temperatura minima superiore a 20 °C e frequenti ondate di calore. Le precipitazioni totali medie regionali del 2023 hanno raggiunto un valore di 891 mm, molto vicino alla media del periodo di riferimento 1991-2020, pari a 889 mm, nel corso dell'anno però, hanno mostrato un andamento temporale molto intermittente, con conseguenti periodi critici sia in termini di abbondanza sia di scarsità delle risorse. A tal proposito si devono ricordare, dopo un lungo periodo di siccità, le eccezionali piogge di maggio, pari a 3,3 volte il valore climatico mensile a livello regionale, e con picchi locali sull'Appennino romagnolo superiori alla metà del valore atteso annuo.

link:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/rapporti-annuali/rapporto-idrometeoclima-2023>

10.2. Commento

Nel 2023 quasi tutte le specie considerate si confermano a valori inferiori rispetto alla media dei dati dall'inizio delle misure. In particolare, il carbonio elementare, che si può considerare tracciante delle sorgenti primarie di combustione (come il traffico), mantiene il suo andamento di costante diminuzione negli anni.

Osservando la variazione del peso percentuale delle specie nei singoli siti si osserva un incremento a Parma e a Bologna (che ricordiamo essere gli unici con l'annualità completa) per Carbonio Organico OC, Nitrato, Solfato e Ammonio che indicherebbe come il calo del contributo alla massa del particolato delle sorgenti primarie, suggerito dall'andamento del Carbonio Elementare EC, non sia seguito in egual misura da un calo del contributo della frazione secondaria del PM.