

Composizione chimica e sorgenti del PM10 nel distretto lombardo dei mobilifici caratterizzato da elevate concentrazioni di benzo(a)pirene

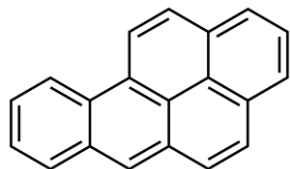
U. Dal Santo, B. Biffi, L. Carroccio, C. Colombi, E. Cuccia, L. D'Angelo, A. Di Leo, M. Franciosa, A. Marongiu, F. Raddrizzani, G. Lanzani.*

ARPA Lombardia

Milano, via Taramelli 26

**Corresponding author, e-mail: u.dalsanto@arpalombardia.it*

Il **benzo(a)pirene**, classificato dallo IARC come **cancerogeno** per l'uomo, è l'unico Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) con un limite di legge: **1 ng/m³** sulla concentrazione media annuale.

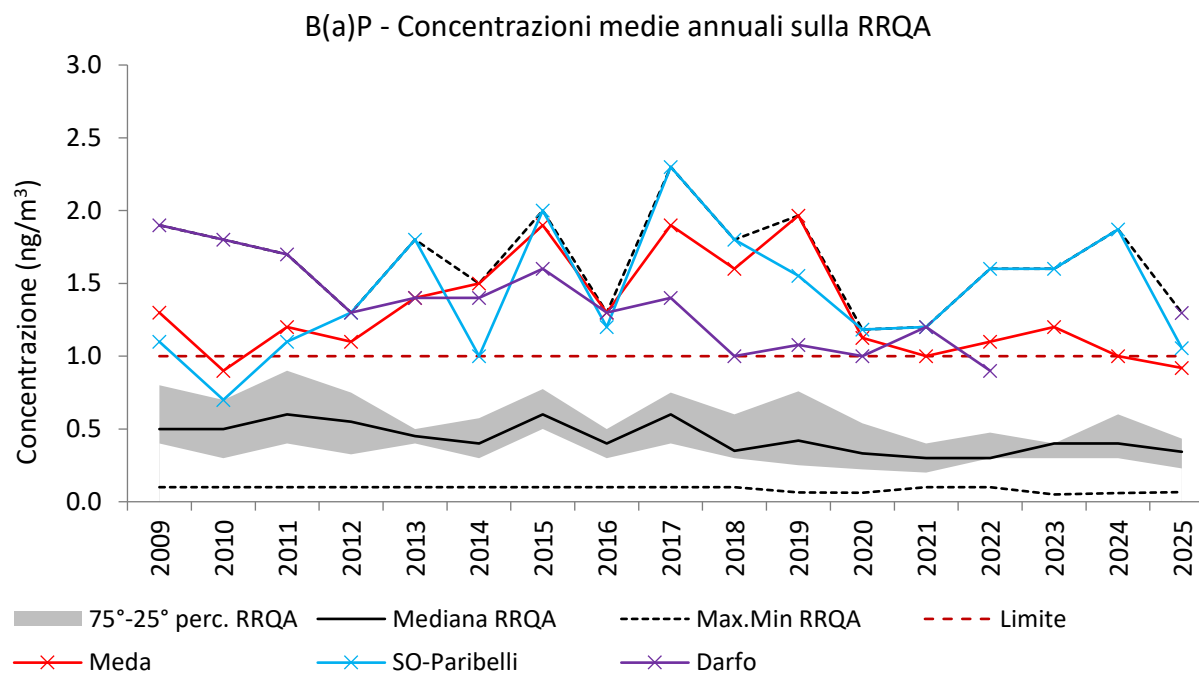


Secondo quanto previsto da D. Lgs. 152/07 e D. Lgs. 155/10, in Lombardia è attiva dal 2008 una **rete di misura per il B(a)P** che **comprende i 14 siti** riportati in tabella.

Sito	Prov.	Tipo (D. Lgs. 155/10)	Zonizzazione (D.G.R 2605/11)
Milano Senato	MI	UT	Agglomerati urbani
Milano Pascal	MI	UB	Agglomerati urbani
Meda	MB	UT	Agglomerati urbani
Brescia Villaggio Sereno	BS	UB	Agglomerati urbani
Bergamo Meucci	BG	UB	Agglomerati urbani
Mantova Sant'Agnese	MN	UB	Zona A
Varese Copelli	VA	UT	Zona A
Magenta	MI	UT	Zona A
Casirate d'Adda	BG	RB	Zona A
Soresina	CR	ST	Zona B
Schivenoglia	MN	RB	Zona B
Moggio	LC	RB	Zona C
Darfo	BS	SB	Zona D
Sondrio Paribelli	SO	UB	Zona D

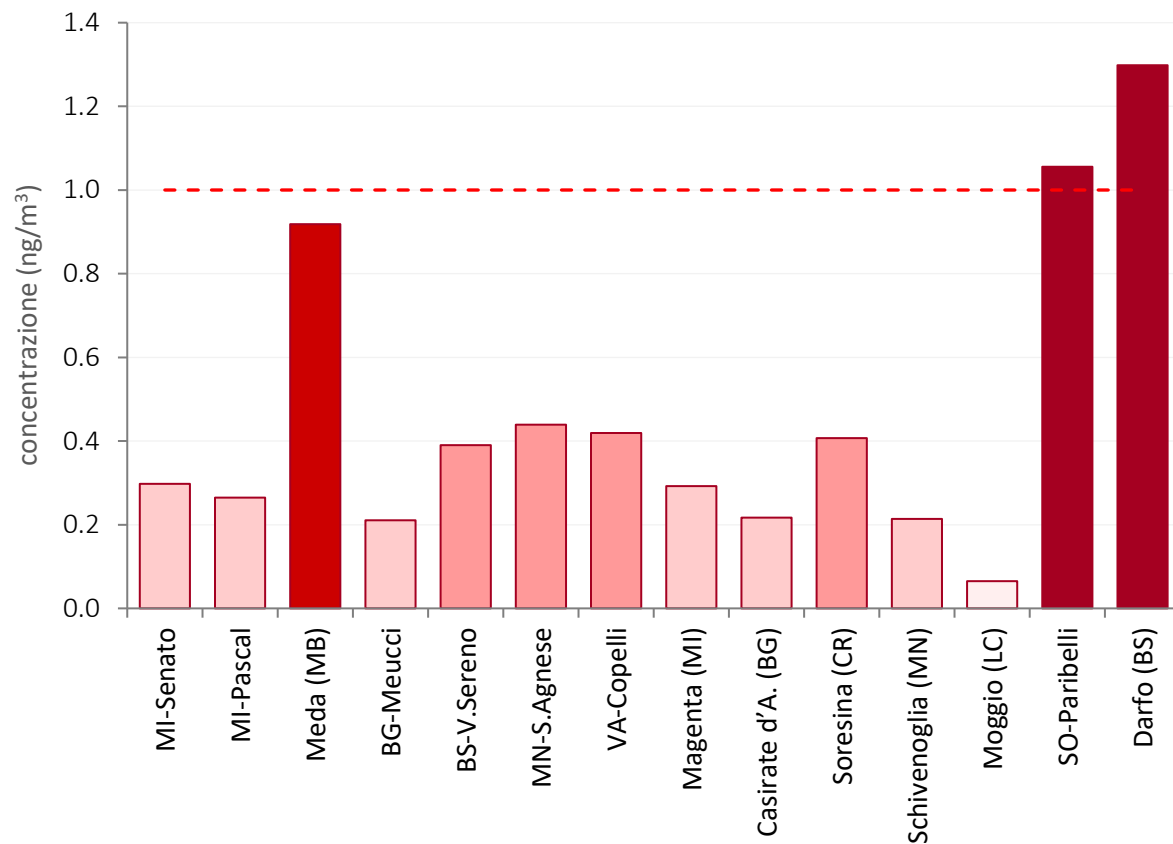
Siti lombardi in cui si misura regolarmente il benzo(a)pirene secondo D. Lgs. 155/2010.

Storicamente, le concentrazioni **più elevate** di B(a)P sono state rilevate nei siti di **Darfo, Meda e Sondrio**.

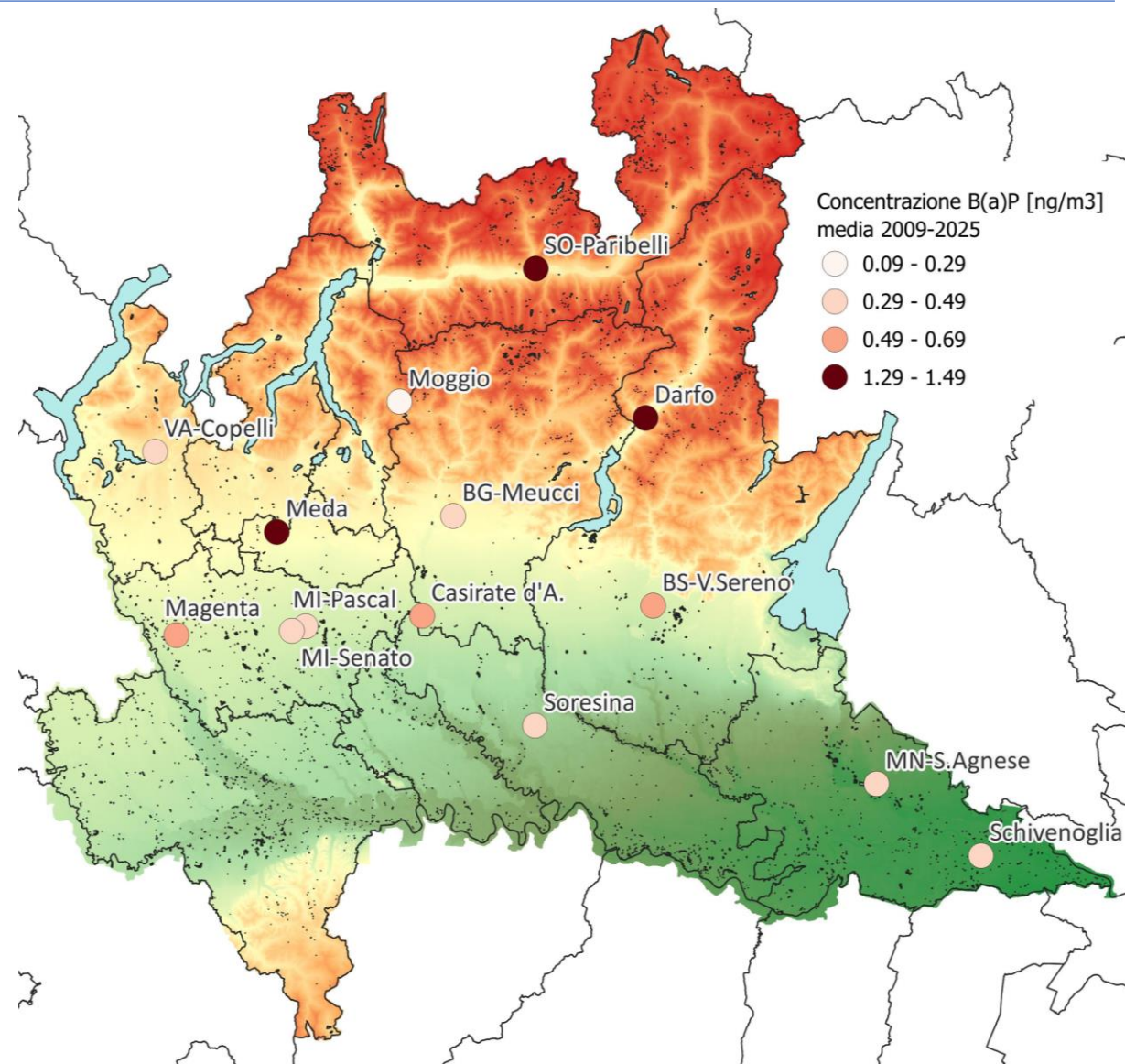


Andamento delle concentrazioni medie annuali di B(a)P misurate dalla Rete di Rilevamento della Qualità d'Aria (RRQA) di ARPA Lombardia.

B(a)P - Concentrazioni medie annuali 2025



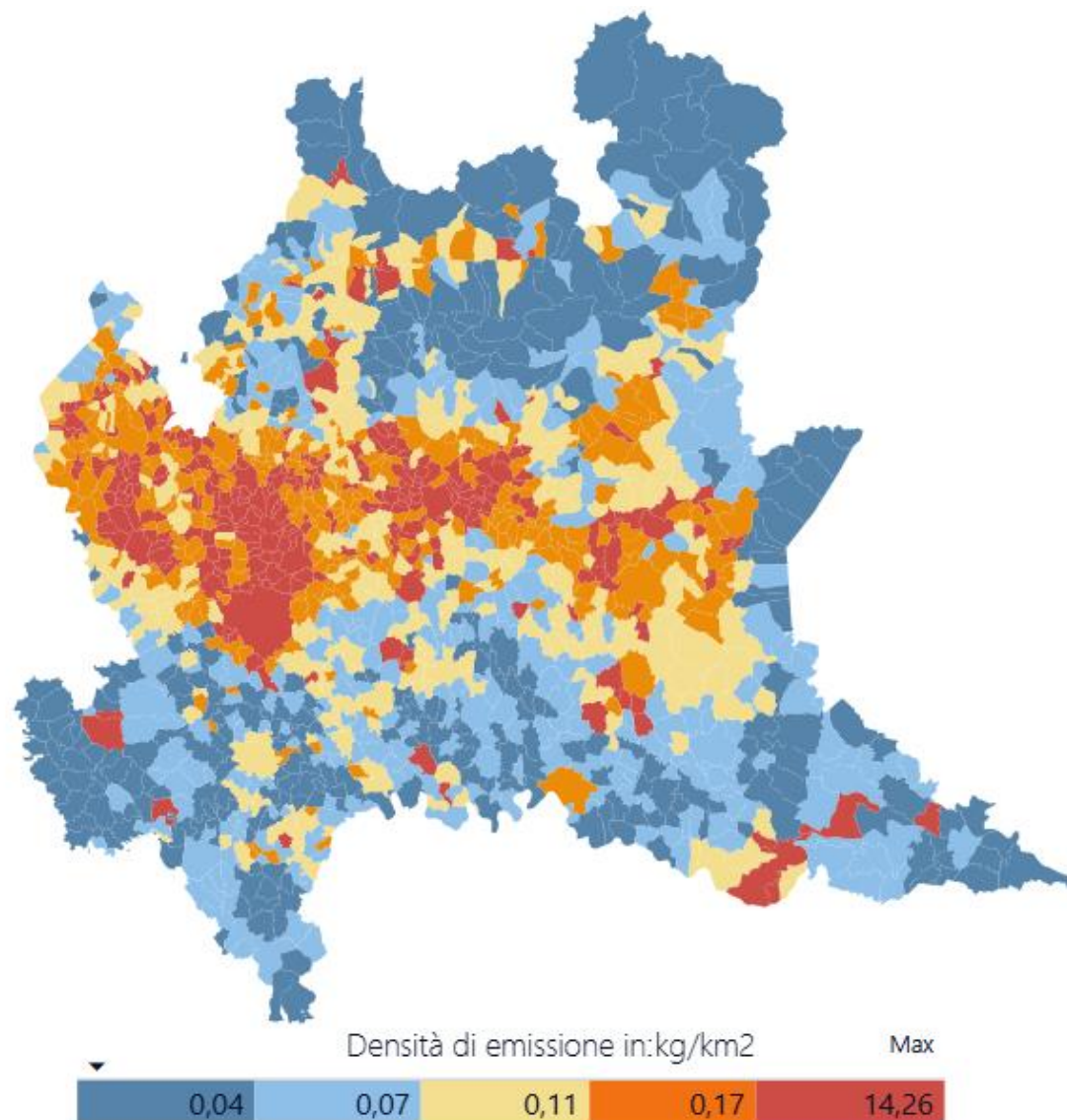
Concentrazioni medie annuali di B(a)P, riferite all'anno 2025, misurate dalla Rete di Rilevamento della Qualità d'Aria (RRQA) di ARPA Lombardia.



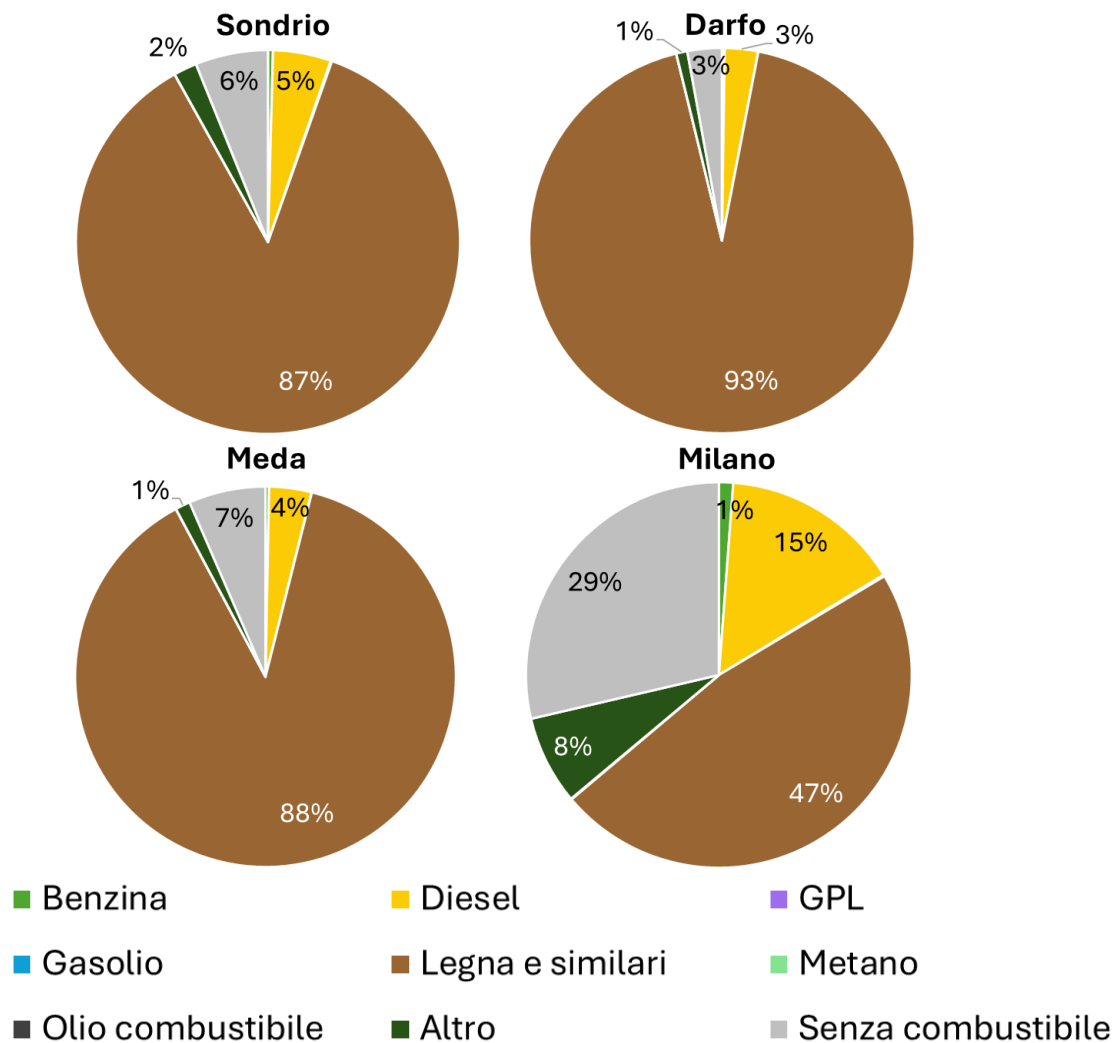
Secondo l'inventario IN.EM.AR.¹, che fornisce una **stima quantitativa dei contributi alle emissioni** in atmosfera provenienti da varie sorgenti, i comuni a Nord di Milano tra le provincie di Como e Monza e Brianza sono, in Lombardia, quelli con i valori maggiori di emissione di B(a)P per km².

¹ <https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/Inventario+delle+emissioni+in+atmosfera>

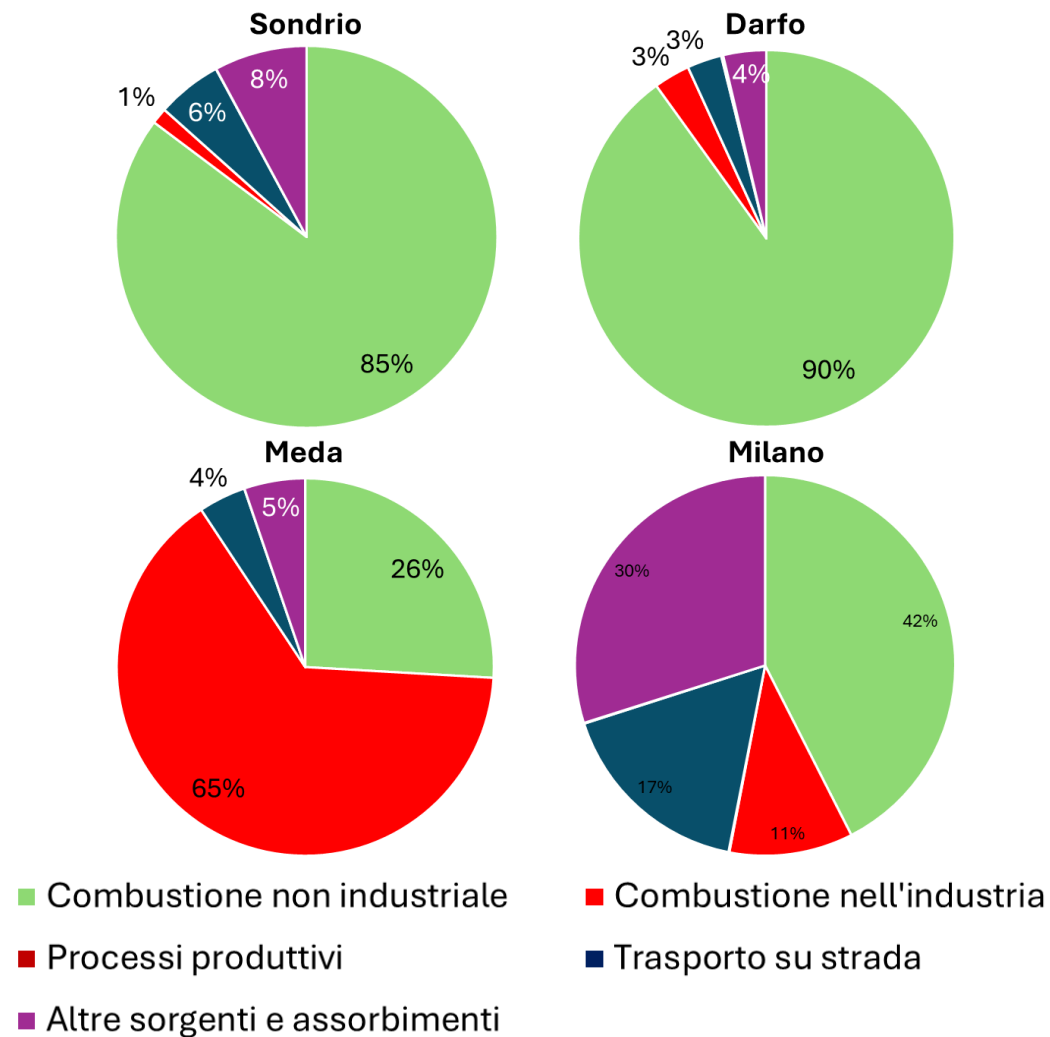
La Lombardia è la principale regione per produzione di mobili in Italia, sia per numero di imprese, sia per fatturato, sia per export. All'interno della Lombardia, Monza e Brianza è il distretto più rilevante per il mobile: è la provincia con il maggior numero di imprese nel settore, con fatturato molto alto.



Emissioni di B(a)P ripartite per tipologia di combustibile



Emissioni di B(a)P ripartite per macrosetto



Tra **novembre 2020** e **luglio 2021** ARPA Lombardia ha effettuato una campagna di approfondimento sul PM10 effettuandone la speciazione chimica e misurando il benzo(a)pirene, in quattro comuni ricadenti all'interno del *"distretto del mobile"* :

Mariano Comense (CO)

Cantù (CO)

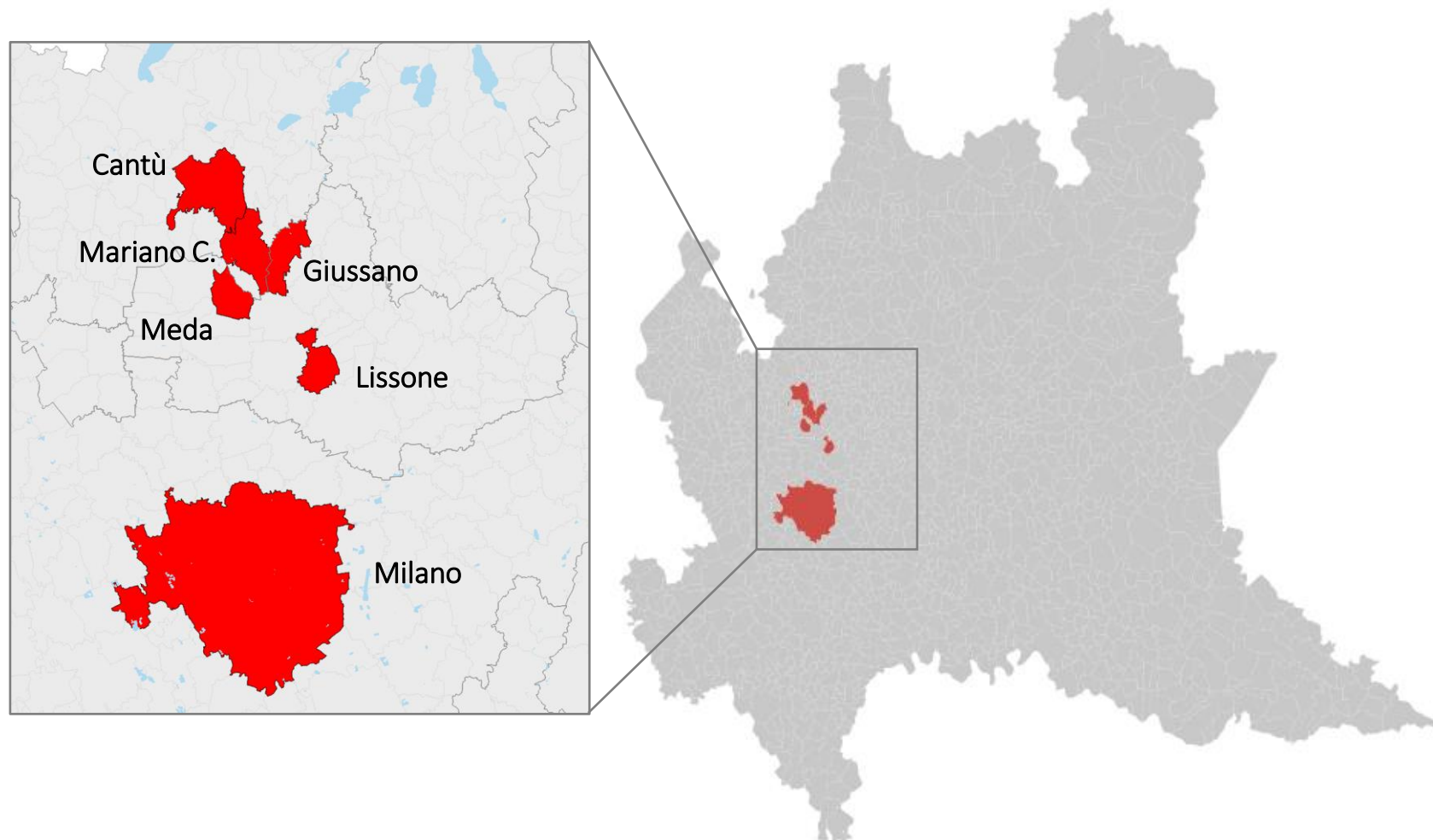
Giussano (MB)

Meda (MB)

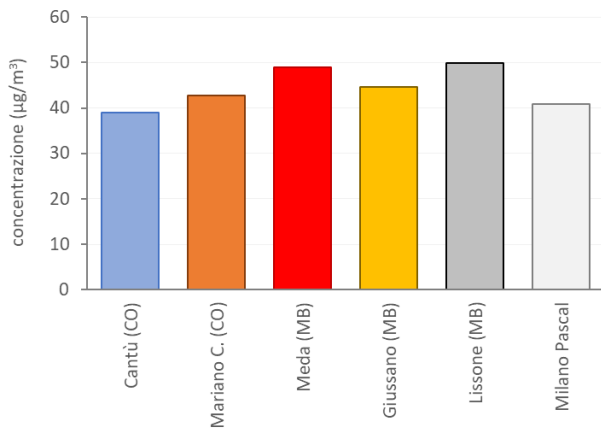
Solo per la fase invernale:

Lissone (MB)

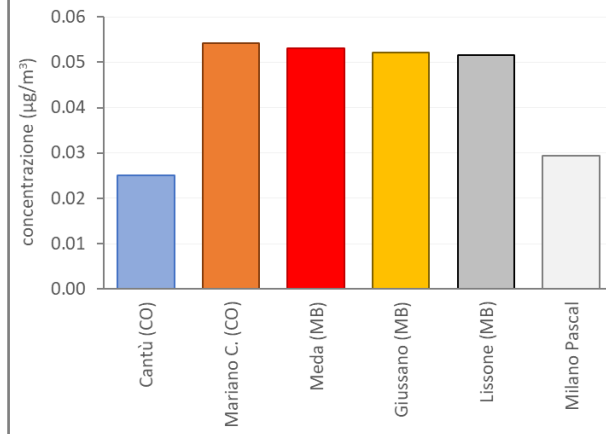
Milano Pascal è stato assunto "bianco"



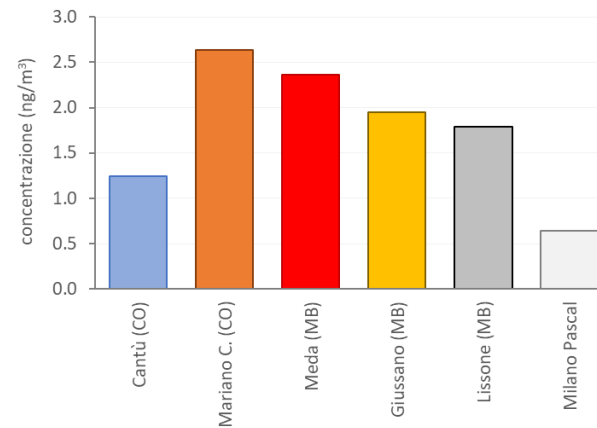
Concentrazioni medie PM10
18/11/2020 ÷ 30/01/2021



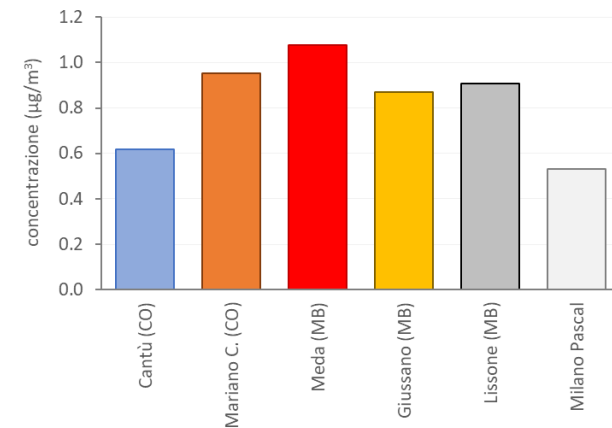
Concentrazioni medie Ti
18/11/2020 ÷ 30/01/2021



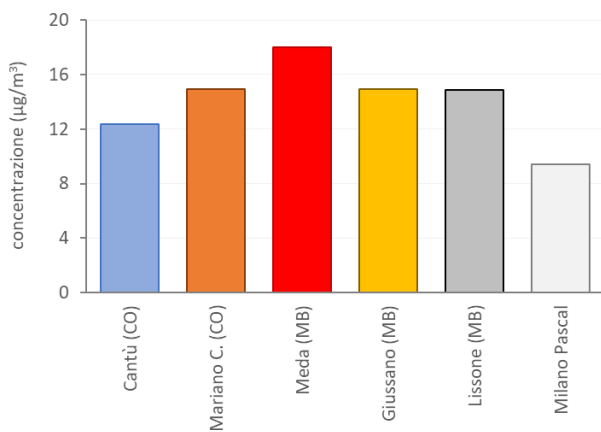
Concentrazioni medie B(a)P
18/11/2020 ÷ 30/01/2021



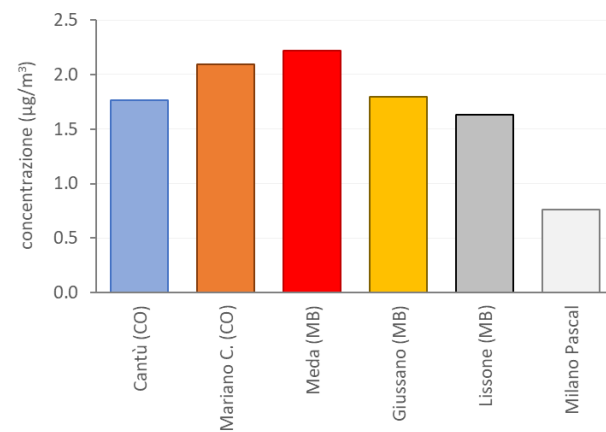
Concentrazioni medie K
18/11/2020 ÷ 30/01/2021



Concentrazioni medie OC
18/11/2020 ÷ 30/01/2021

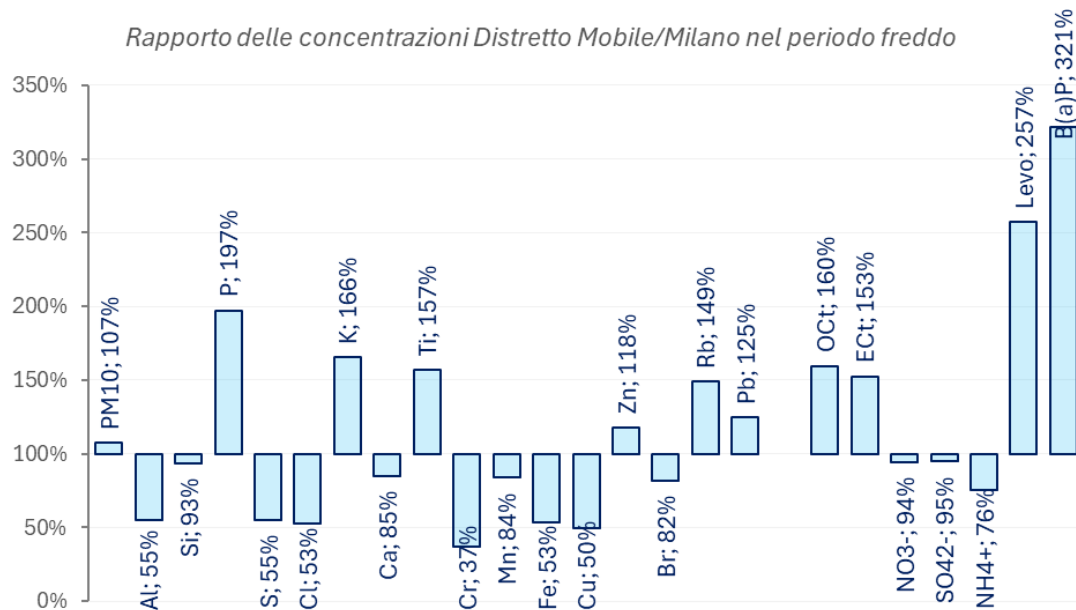


Concentrazioni medie Levo
18/11/2020 ÷ 30/01/2021

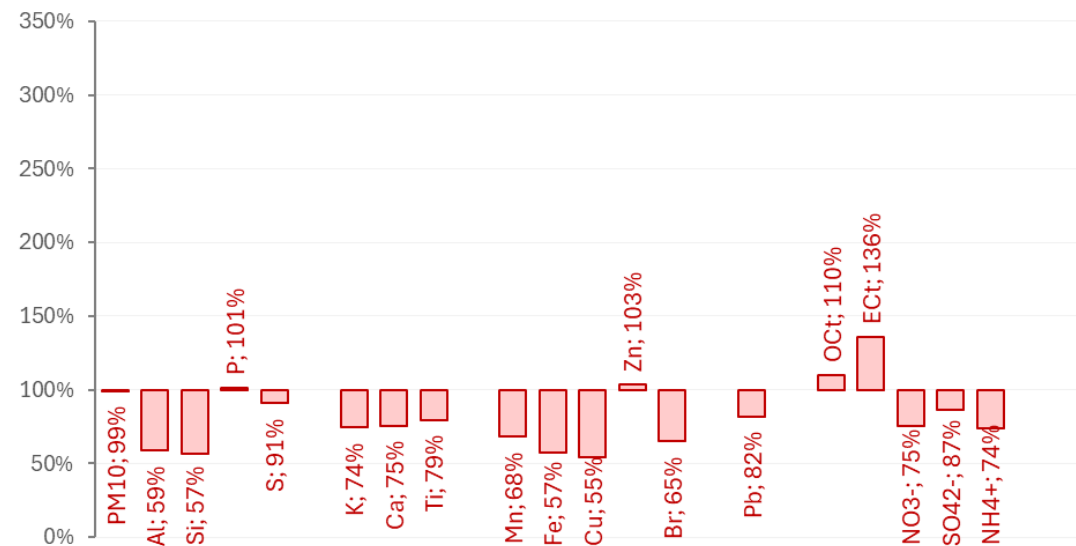


- Per i siti del “*distretto del mobile*” le concentrazioni di PM10 e delle sue componenti sono risultate abbastanza **uniformi**.
- Tutte le componenti originate da processi di combustione di biomassa, quali CO, EC, K, Rb, B(a)P e levo, sono risultate **maggiori** nel “distretto del mobile” rispetto a quelle di Milano Pascal.

Rapporto delle concentrazioni Distretto Mobile/Milano nel periodo freddo



Rapporto delle concentrazioni Distretto Mobile/Milano nel periodo caldo



➤ Nei siti del “distretto del mobile” sono state registrate **concentrazioni di Titanio significativamente superiori** rispetto a quelle misurate a Milano, non attribuibili alla consueta origine terrigena.

Le analisi effettuate sembrano **correlare le maggiori concentrazioni di B(a)P all'utilizzo della legna e dei suoi derivati** come scarti, pannelli verniciati e/o incollati, nei processi di combustione di biomassa per il mantenimento del ciclo produttivo e il riscaldamento industriale.

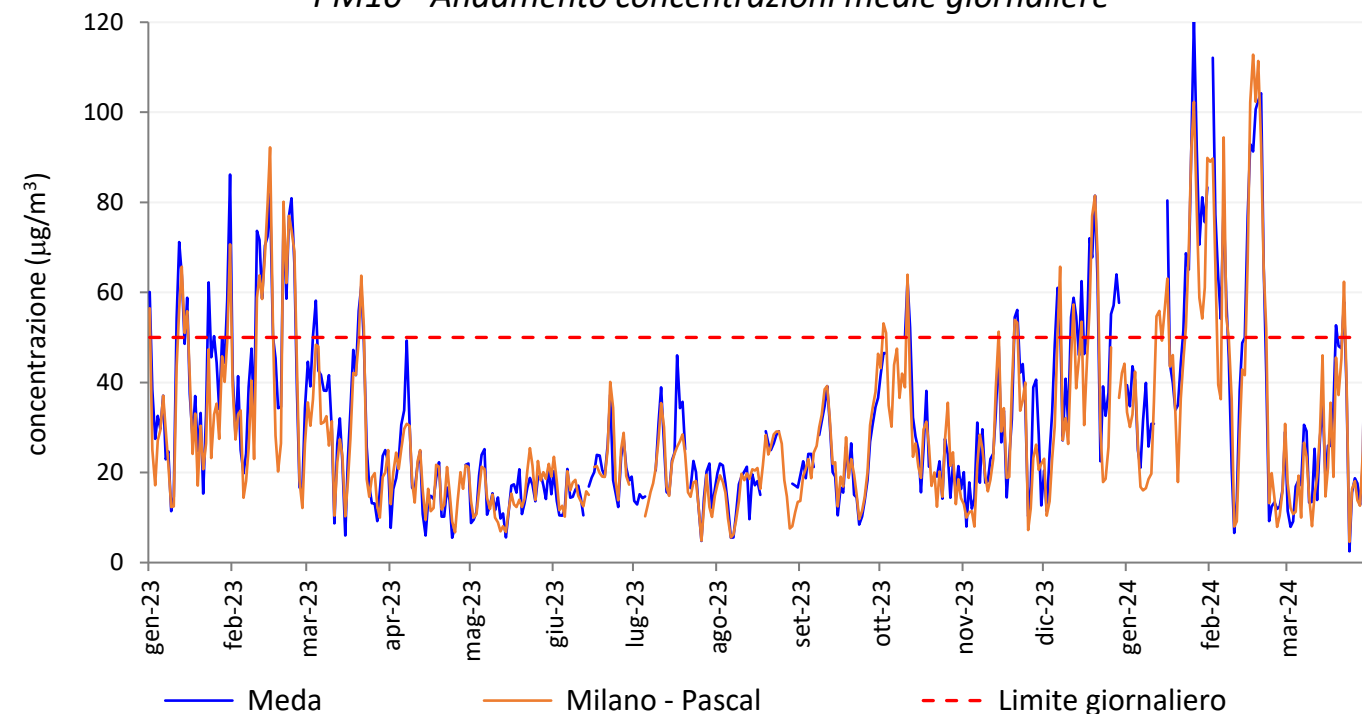
Inoltre, **la combustione di tali composti sembra emettere più IPA** rispetto a quanto ne vengano prodotti dalla biomassa certificata per tale scopo (es. pellet), spiegando così anche il diverso rapporto Levo/B(a)P osservato nel “*distretto del mobile*” rispetto alla città di Milano o di Sondrio, così come una correlazione non particolarmente alta tra i due traccianti.

ARPA Lombardia ha effettuato un **ulteriore approfondimento** nel “*distretto del mobile*” su un periodo più lungo, con l’obiettivo di:

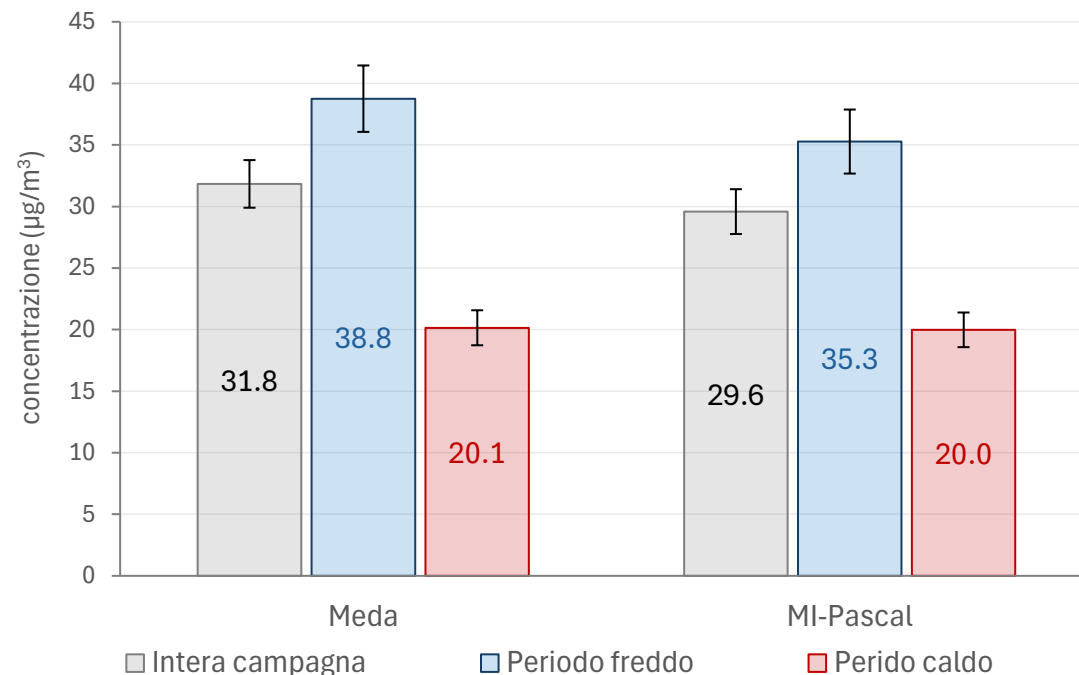
- Confermare e descrivere il processo di formazione del B(a)P.
- Valutare i **trend** nel corso degli anni.

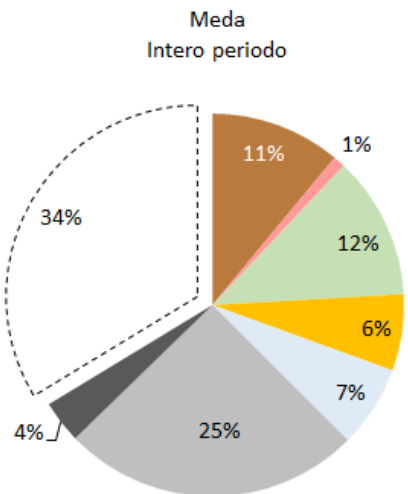
Considerata l’omogeneità delle misure effettuate nei quattro comuni coinvolti nella precedente campagna di monitoraggio e considerata l’importante serie storica di dati di PM10, B(a)P e metalli disponibile per il sito di **Meda**, si è deciso di focalizzare lo studio su quest’ultimo sito, effettuandone la **speciazione chimica completa del PM10 dal gennaio 2023 al marzo 2024**.

PM10 - Andamento concentrazioni medie giornaliere

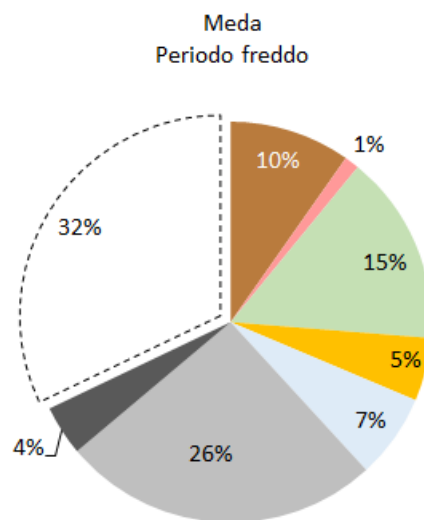
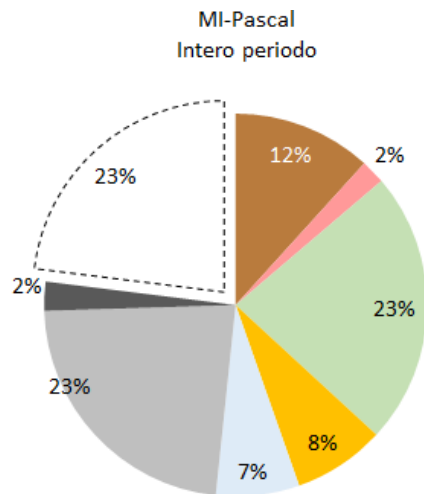


PM10 - Concentrazione media 1° gen 23 - 31 mar 24

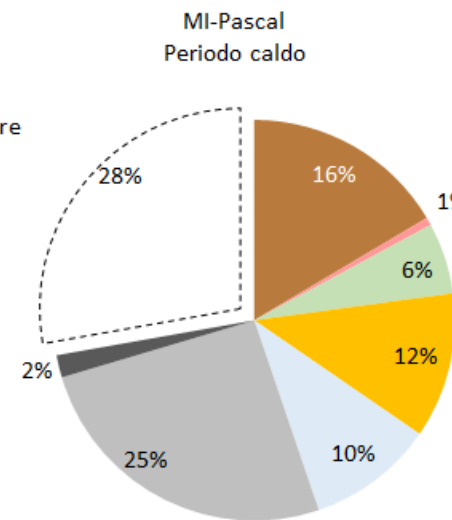
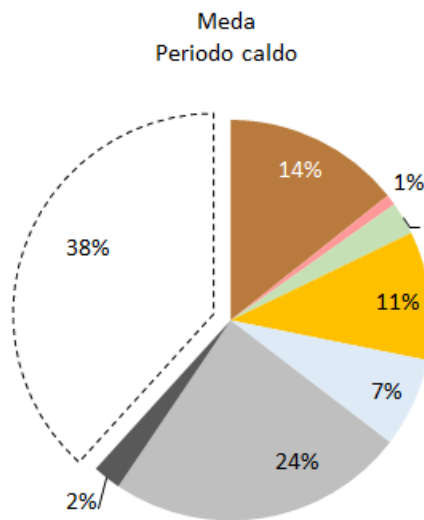
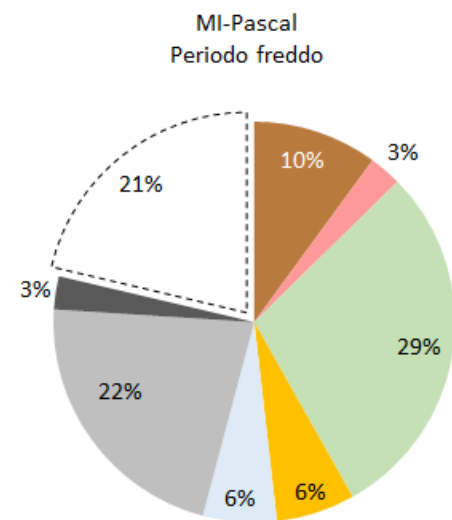




■ Materia crostale
■ Composti antropici
■ Nitrato d'ammonio
■ Solfato d'ammonio
■ Altri ioni
■ Carbonio Organico
■ Carbonio Elementare
□ Non determinato



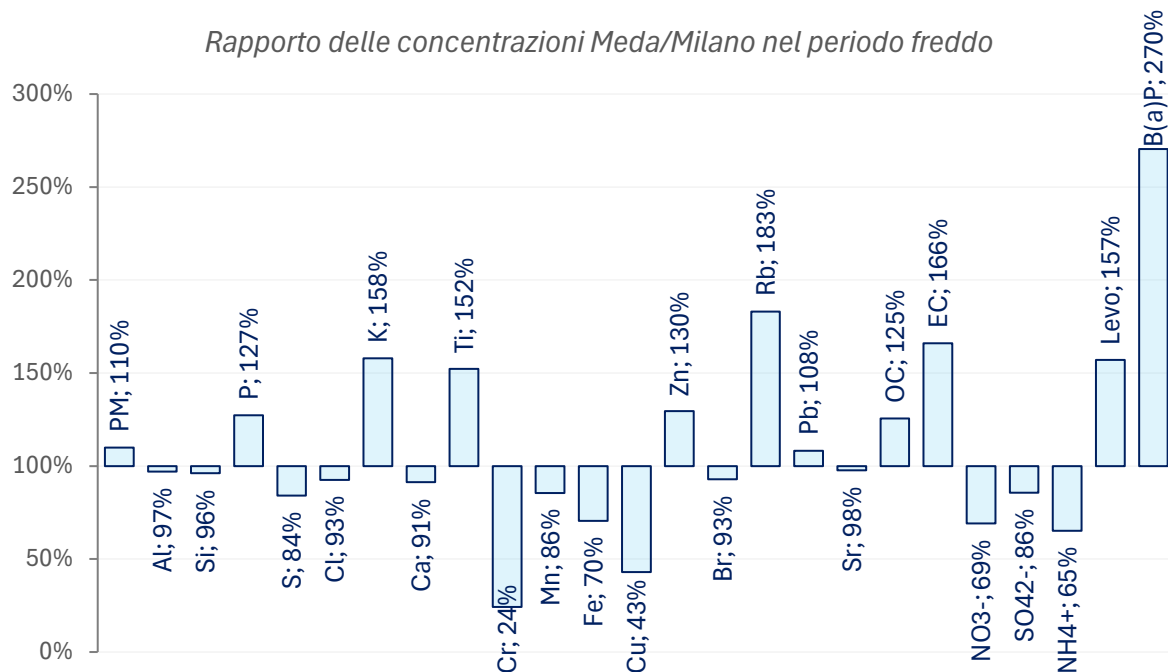
■ Materia crostale
■ Composti antropici
■ Nitrato d'ammonio
■ Solfato d'ammonio
■ Altri ioni
■ Carbonio Organico
■ Carbonio Elementare
□ Non determinato



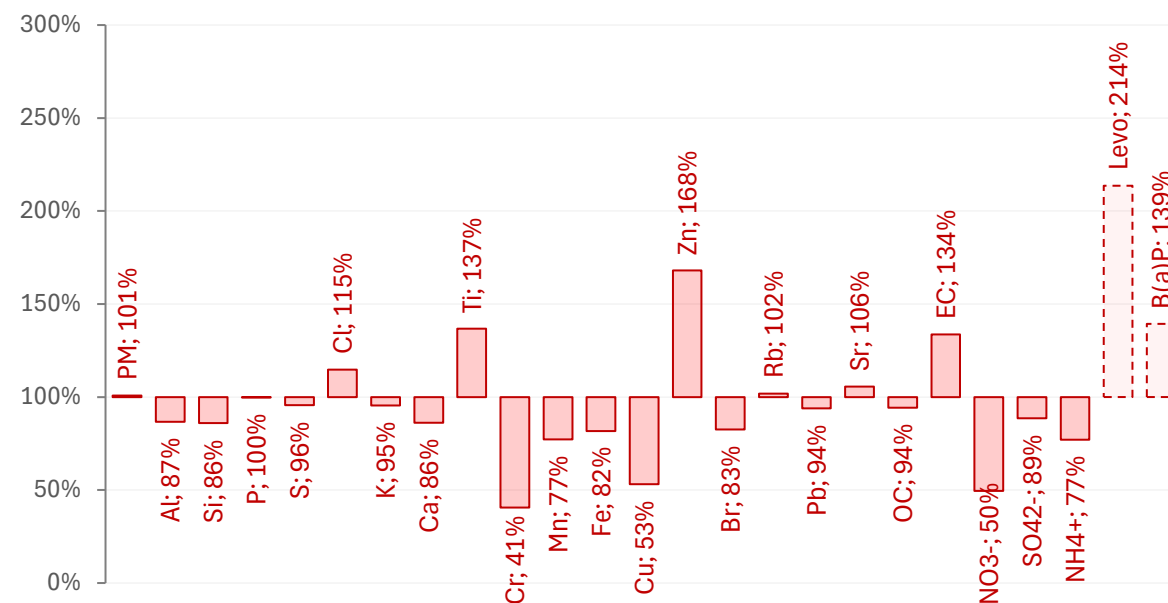
Le componenti principali del PM10 sono risultate, in percentuale, abbastanza simili tra loro; tuttavia, **Meda** ha presentato un contributo maggiore, in termini sia percentuali sia assoluti, della componente carboniosa nel periodo invernale.

Nel periodo freddo tutti i traccianti della combustione presentano valori significativamente più alti a Meda rispetto a Milano, così come il titanio. A fronte di un PM10 quasi confrontabile, le concentrazioni di potassio e levoglucosano nel periodo invernale sono risultati essere circa il 60% maggiori a Meda rispetto Milano e il B(a)P addirittura ben più del doppio.

Rapporto delle concentrazioni Meda/Milano nel periodo freddo

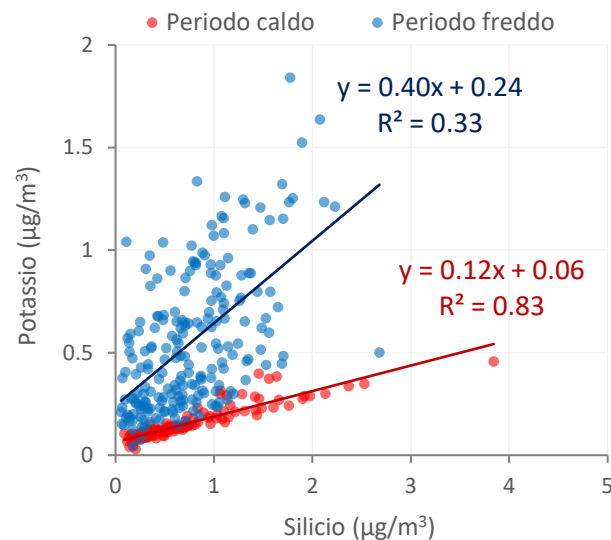


Rapporto delle concentrazioni Meda/Milano nel periodo caldo

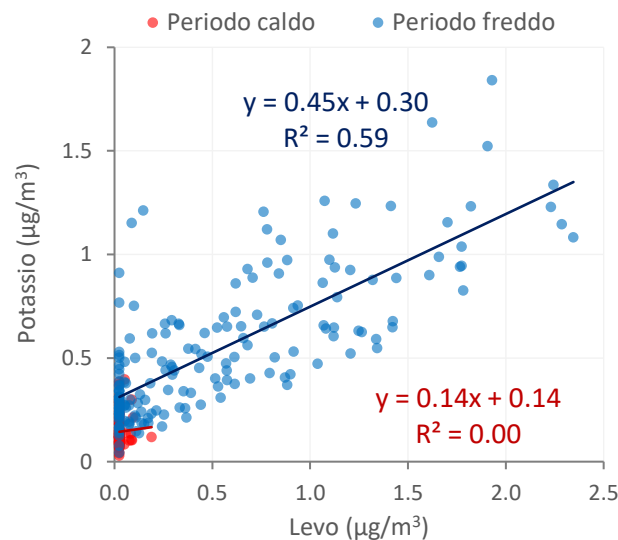


Rapporto in percentuale tra le concentrazioni medie misurate a Meda e Milano Pascal. Nel periodo caldo, considerata la perdita di levoglucosano e benzo(a)pirene in fase particolato rispettivamente in presenza di elevate temperature e irraggiamento solare, i rapporti relativi a tali composti sono da considerarsi poco significativi a causa dei pochi valori al sopra il limite di rilevazione strumentale.

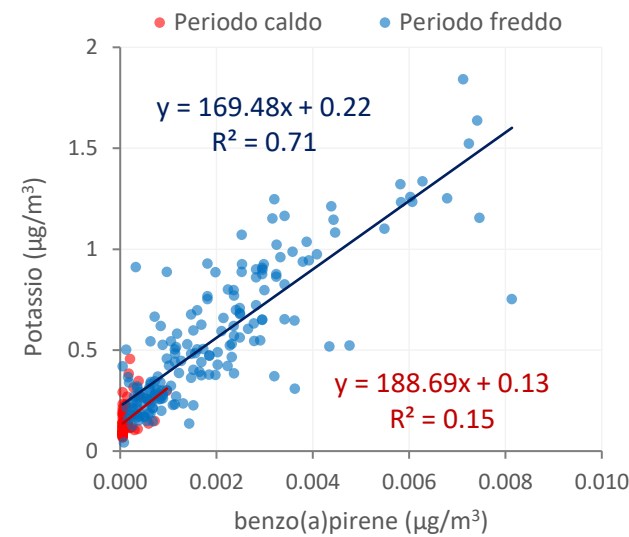
Correlazione K-Si Meda



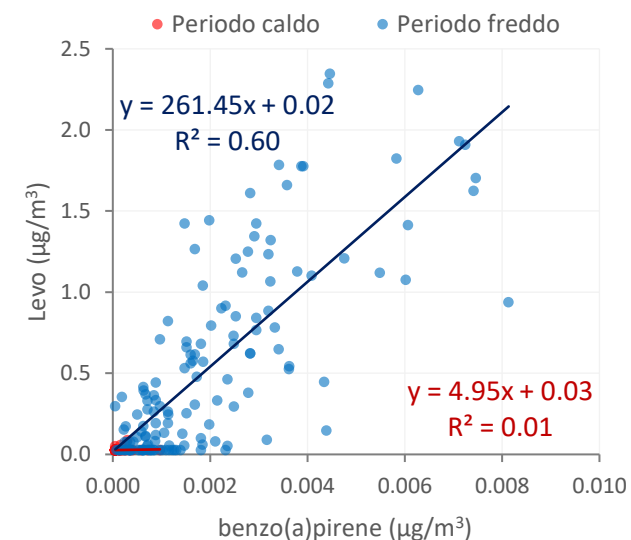
Correlazione K-Levo Meda



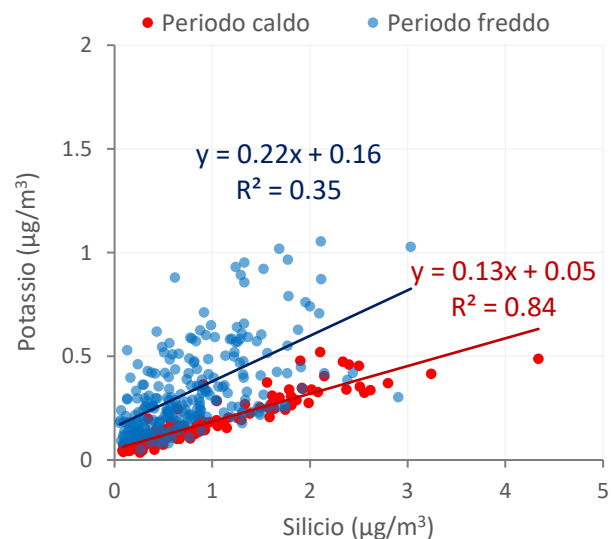
Correlazione K-B(a)P Meda



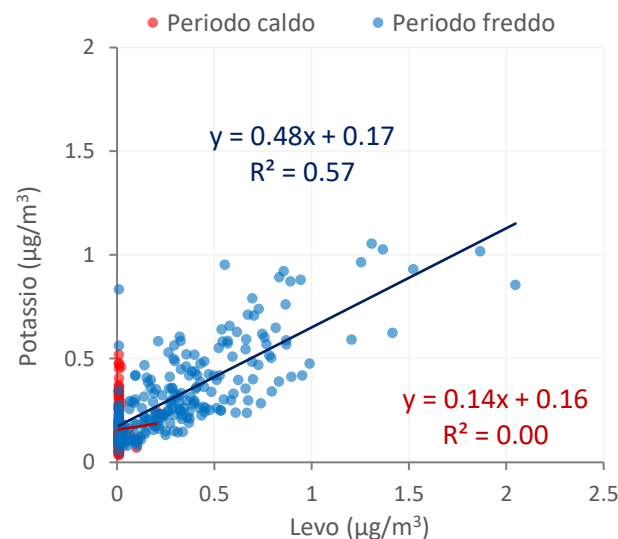
Correlazione Levo-B(a)P Meda



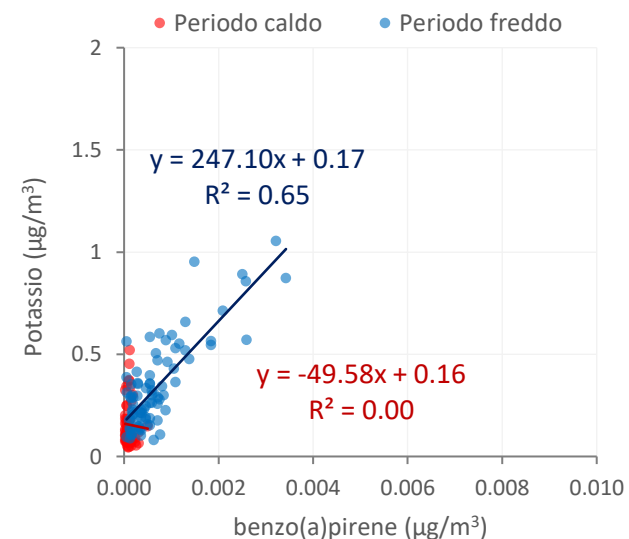
Correlazione K-Si MI-Pascal



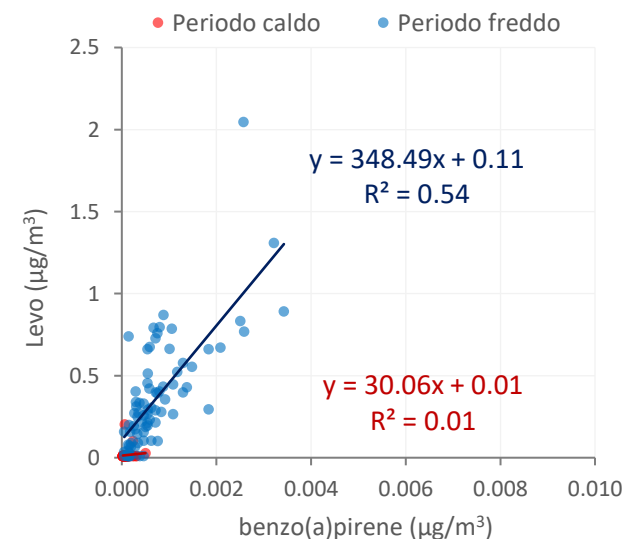
Correlazione K-Levo MI-Pascal



Correlazione K-B(a)P MI-Pascal



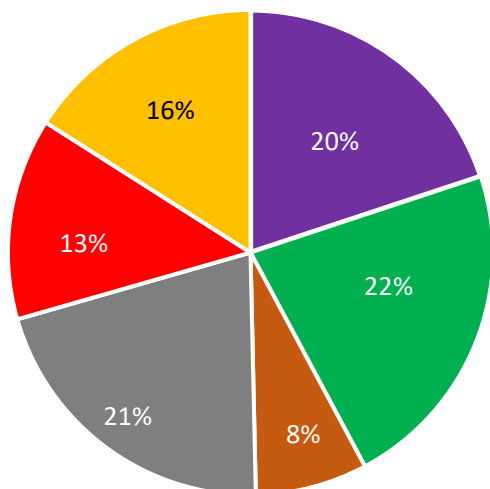
Correlazione Levo-B(a)P MI-Pascal



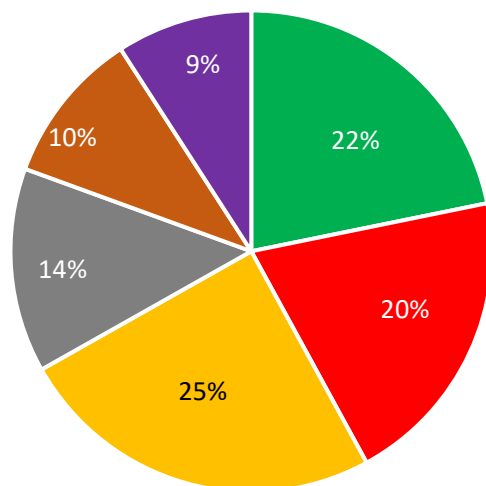
- Potassio e silicio sono ben correlati durante la stagione estiva mentre nella stagione invernale il potassio presenta una correlazione maggiore con il levoglucosano.
- A Milano, ma soprattutto a Meda, la correlazione tra potassio e benzo(a)pirene è risultata migliore rispetto le correlazioni tra potassio e levoglucosano e tra B(a)P e levoglucosano.
- Oltre al fatto che, a differenza del Levo, K e B(a)P sono traccianti non specifici della combustione di biomassa, bisogna inoltre tenere conto che esiste una forte variabilità nei Fattori di Emissione (FE) delle diverse specie a seconda della tipologia di materiale combusto e delle modalità di combustione. Pertanto, può cambiare molto la quantità e la qualità delle sostanze emessa in atmosfera, rendendo le correlazioni meno lineari.
- Nello specifico, K e B(a)P sembrano rispondere più coerentemente ad una sorgente comune (presumibilmente, sempre di combustione di biomassa) rispetto al levoglucosano.
- Nella precedente campagna 2020-2021, la correlazione tra B(a)P e K per i siti del “distretto del mobile” era risultata nell’insieme pari al 68%, quindi simile al valore ottenuto a Meda sul 2023-2024; mentre la correlazione tra B(a)P e Levo era risultata, per il solo sito di Meda, pari al 41%, quindi più basso rispetto al valore ottenuto per campagna di misura in esame.
- In merito alla correlazione B(a)P-Levo, è interessante notare come sia cambiata la percentuale soprattutto per il sito di Milano: dall’80% del 2020-2021 al 54%, simile a Meda, del 2023-2024.

Campagna 2020 ÷ 2021

Distretto mobilifici PM10
 Periodo freddo 2020 ÷ 2021



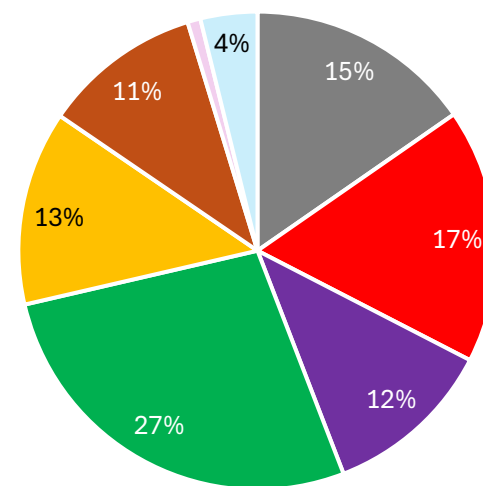
Milano PM10
 Periodo freddo 2020÷2021



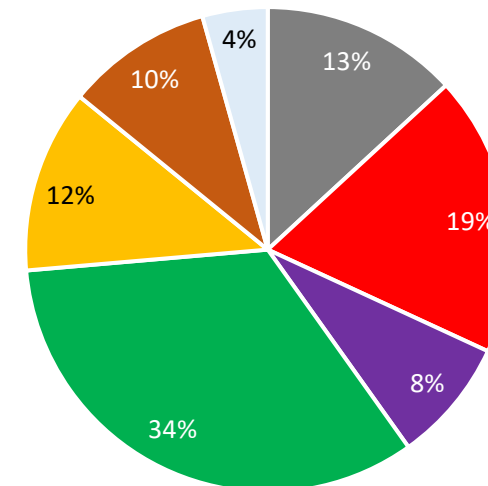
- Altre attività antropiche in particolare in ambito produttivo
- Nitrato d'ammonio
- Polvere Minerale
- Combustione non industriale di biomassa
- Traffico
- Cloro e S+SO

Campagna 2023 ÷ 2024

Meda PM10
 Periodo freddo 2023 ÷ 2024



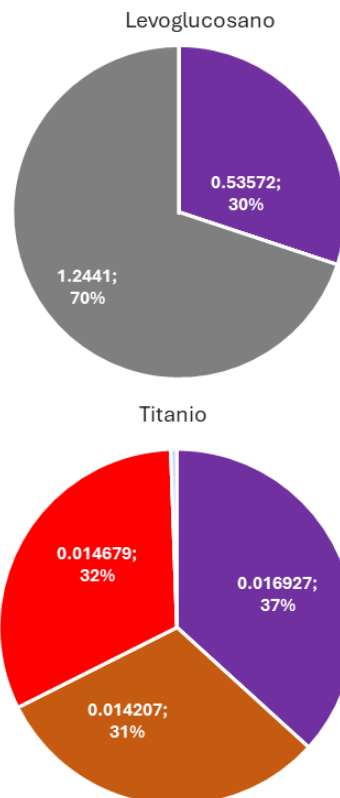
Milano PM10
 Periodo freddo 2023 ÷ 2024



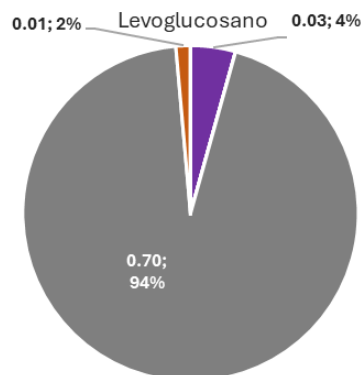
- Combustione di Biomassa
- Traffico
- Attività antropiche in particolare ambito produttivo
- Secondario invernale
- Fondo secondario
- Suolo
- Mix antropogenico
- Sale

Campagna 2020 ÷ 2021

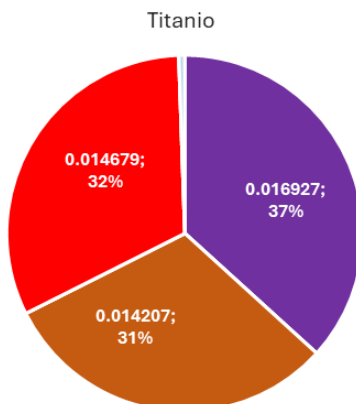
Distretto mobilifici



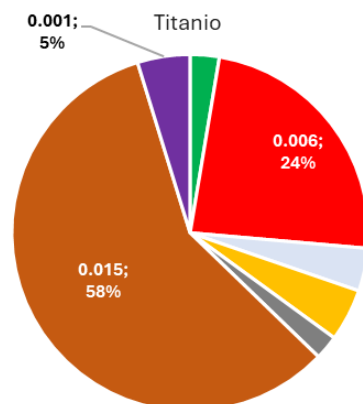
Milano



Titanio



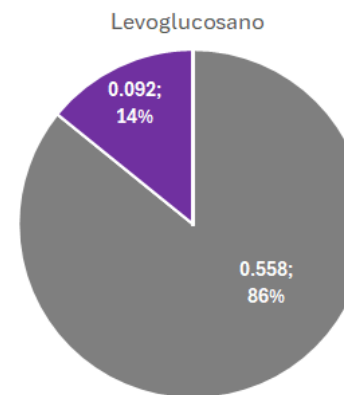
Titanio



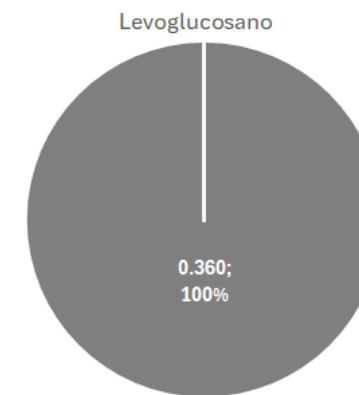
- Nitrato d'Ammonio
- Cloro
- Combustione non industriale di biomassa
- Altre attività antropiche in particolare in ambito produttivo
- Traffico
- S+SO
- Polvere minerale

Campagna 2023 ÷ 2024

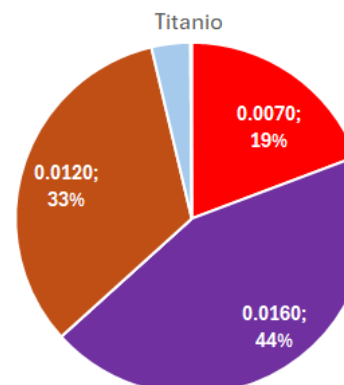
Meda



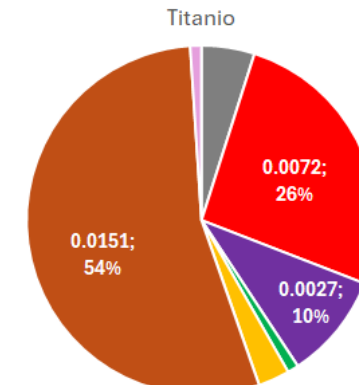
Milano



Titanio



Titanio



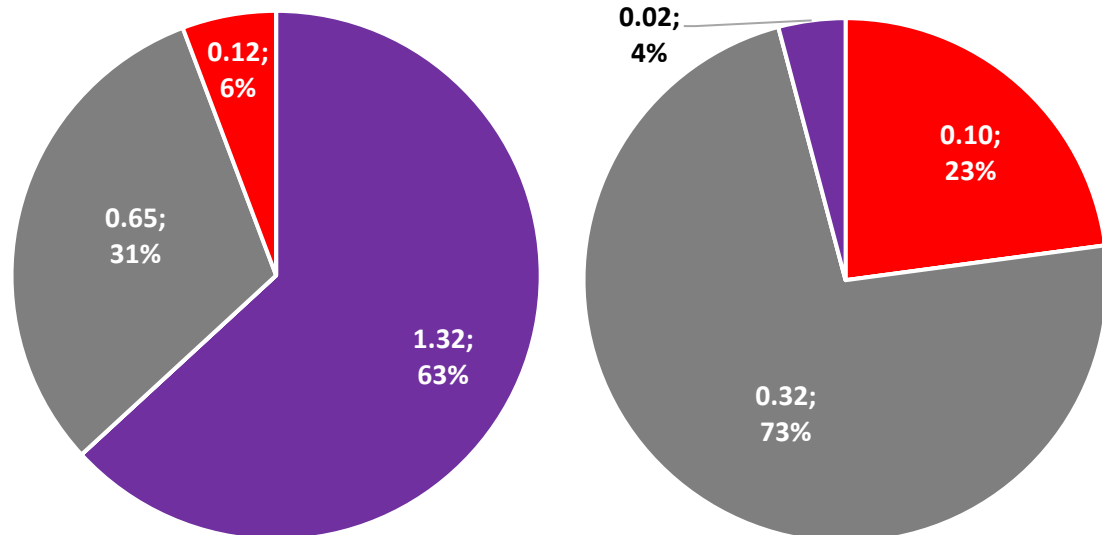
- Combustione di Biomassa
- Attività antropiche in particolare ambito produttivo
- Fondo secondario
- Mix antropogenico
- Traffico
- Secondario invernale
- Suolo
- Sale

Campagna 2020 ÷ 2021

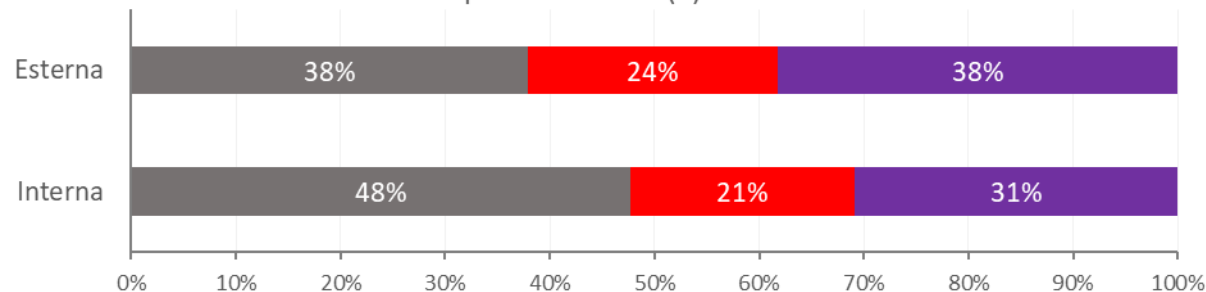
Campagna 2023 ÷ 2024

Distretto dei mobilifici B(a)P

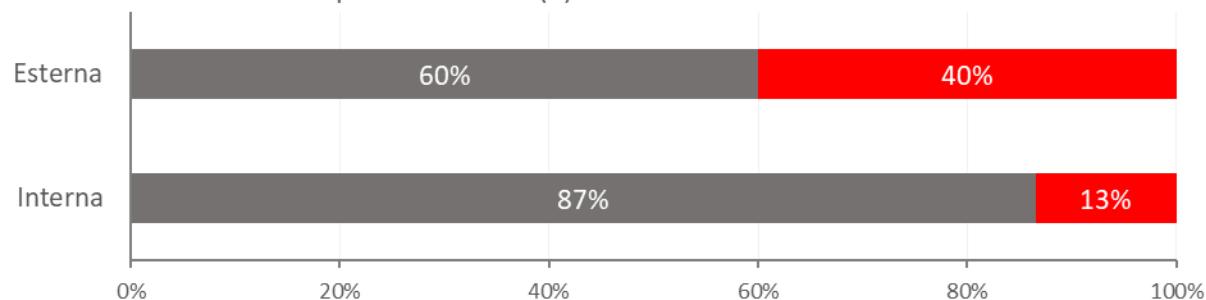
Milano Pascal B(a)P



Ripartizione del B(a)P a Meda



Ripartizione del B(a)P a Milano Pascal

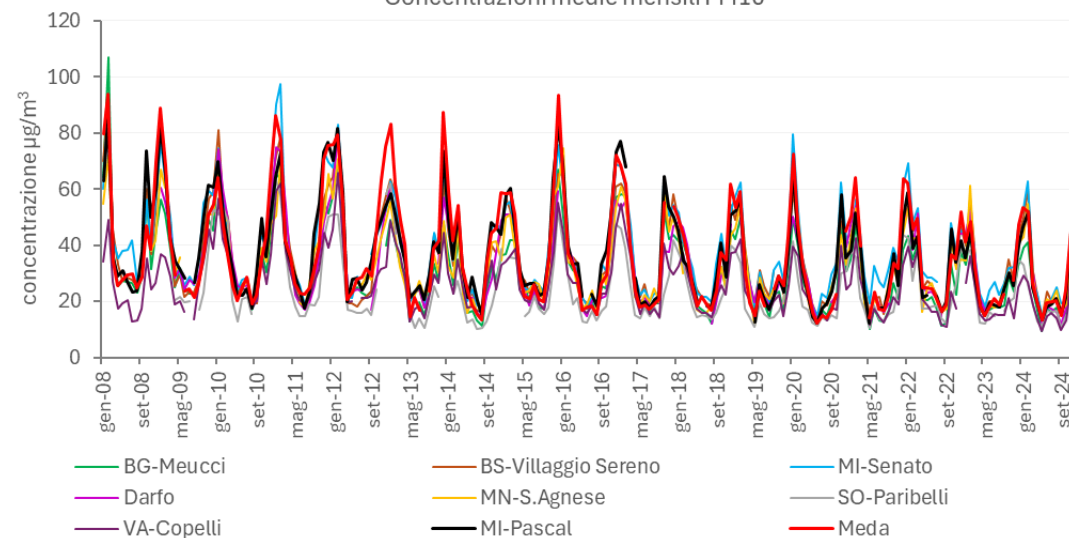


■ Altre attività antropiche in particolare in ambito industriale

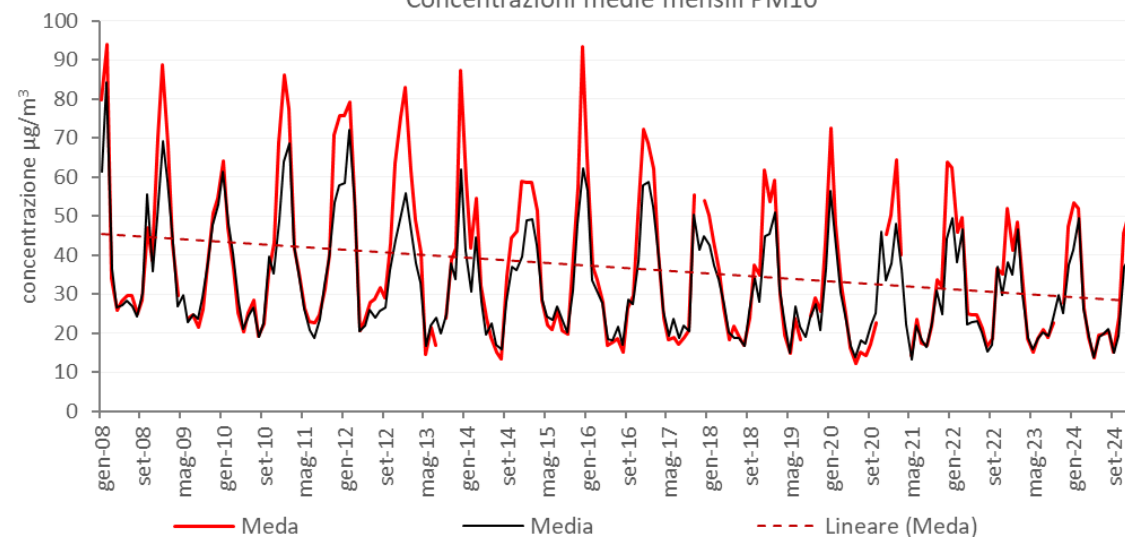
■ Combustione non industriale di biomassa

■ Traffico

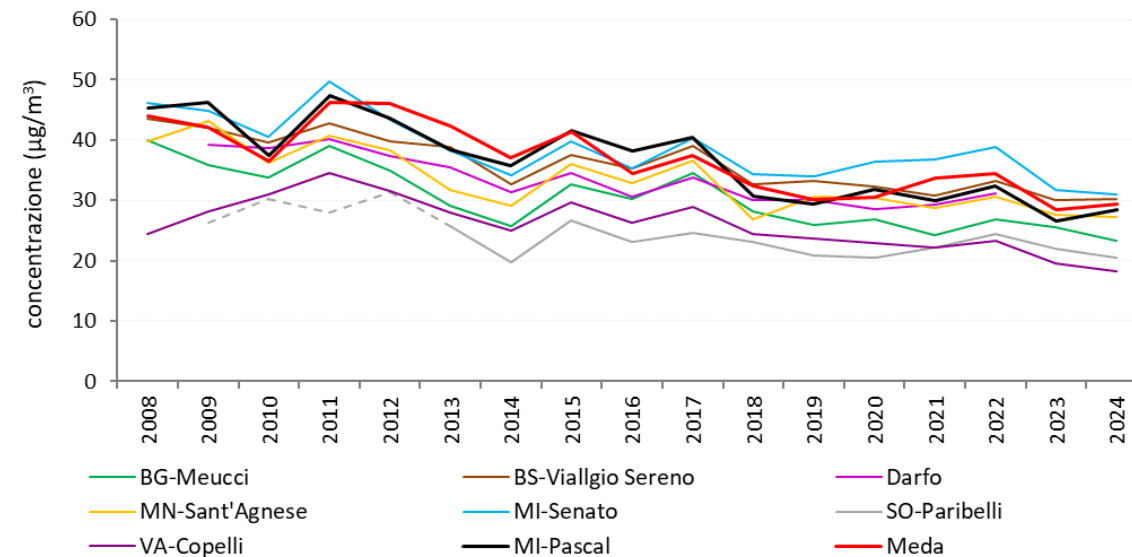
Concentrazioni medie mensili PM10



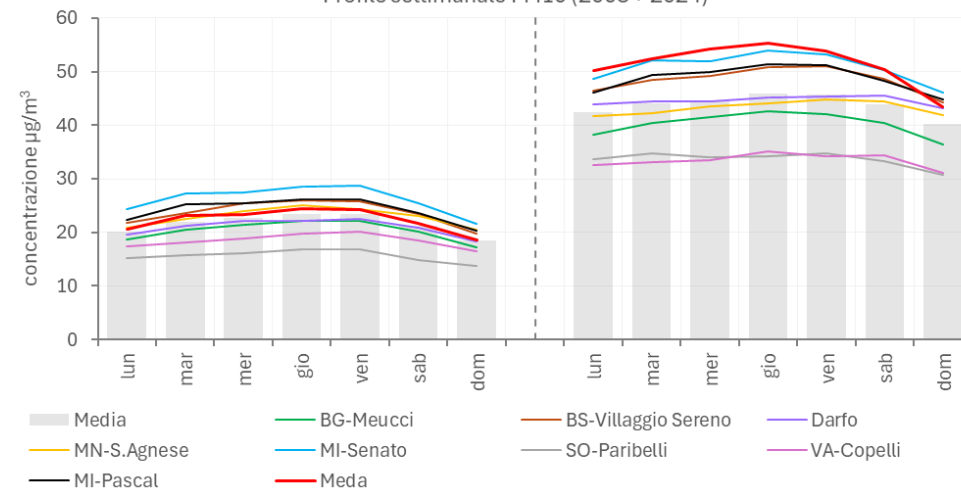
Concentrazioni medie mensili PM10



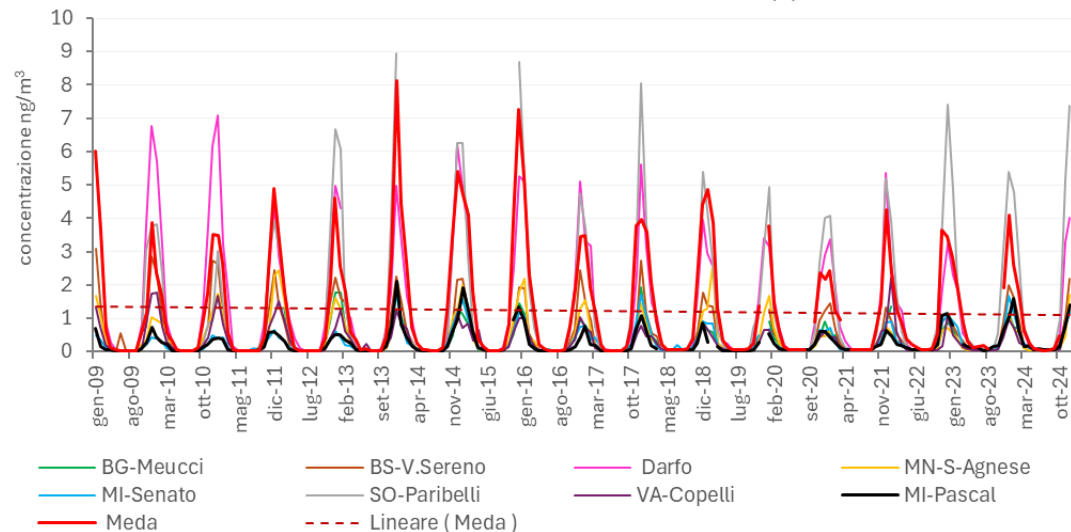
Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM10



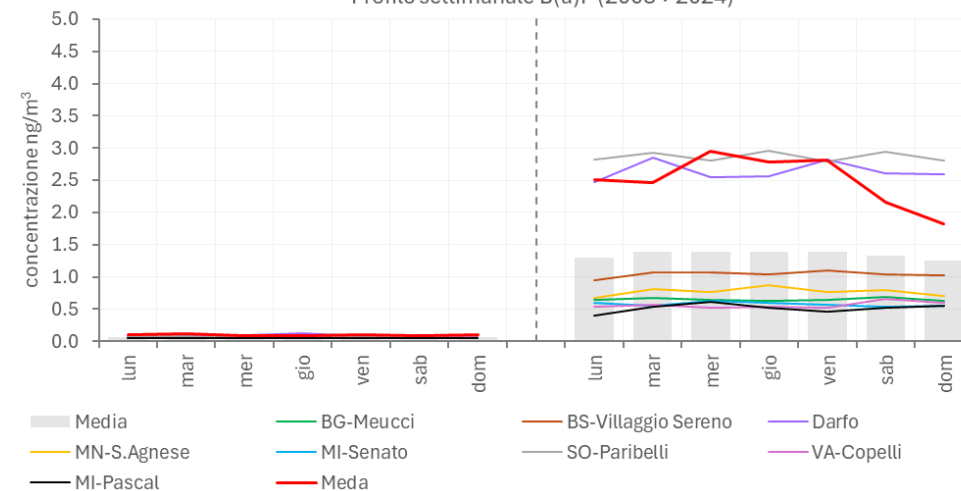
Profilo settimanale PM10 (2008 ÷ 2024)



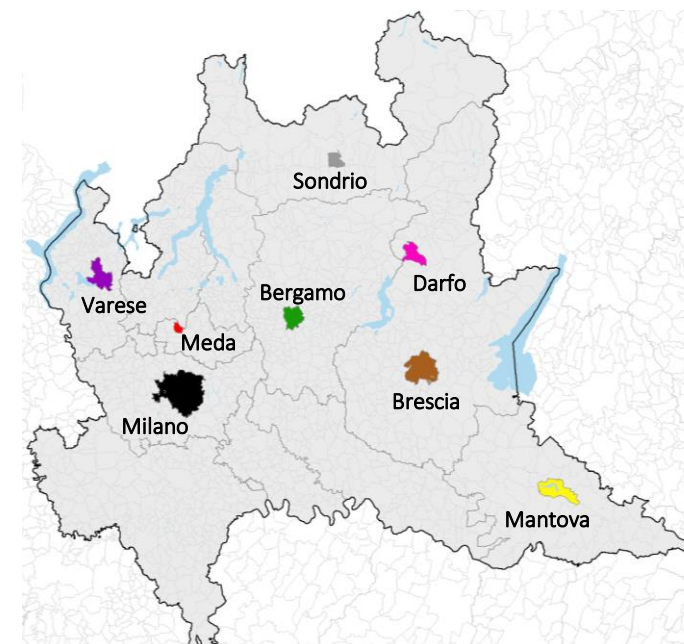
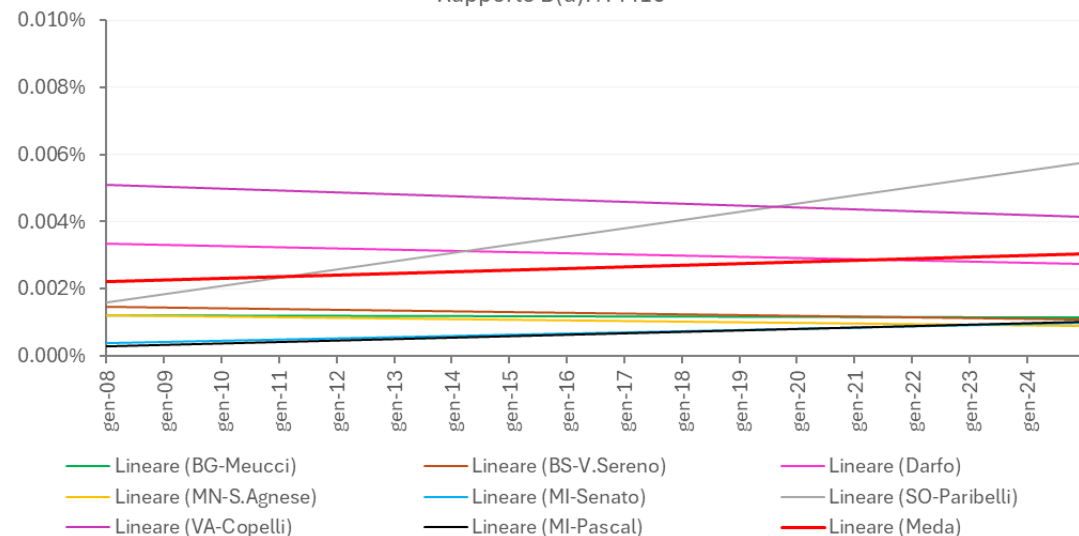
Andamento delle concentrazioni medie mensili B(a)P



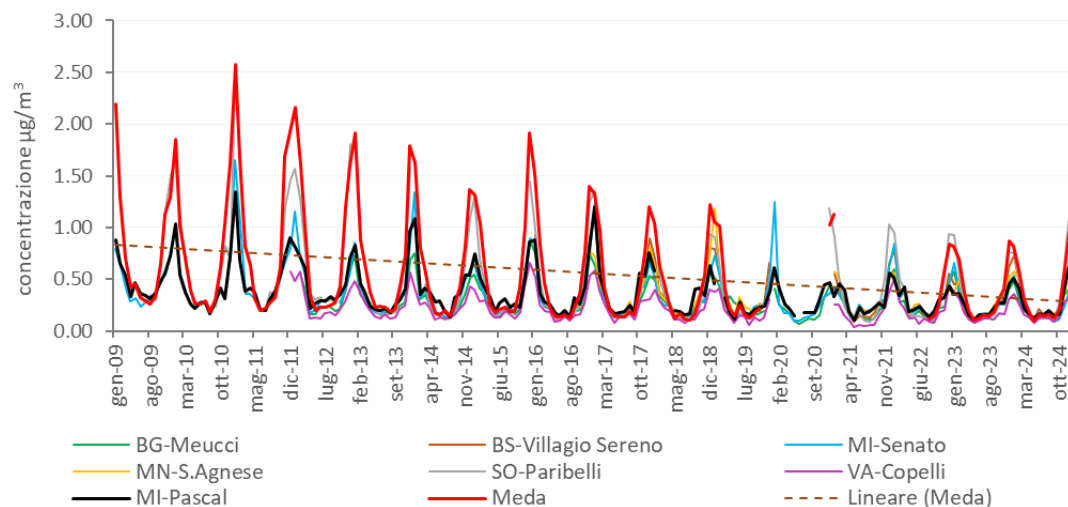
Profilo settimanale B(a)P (2008 ÷ 2024)



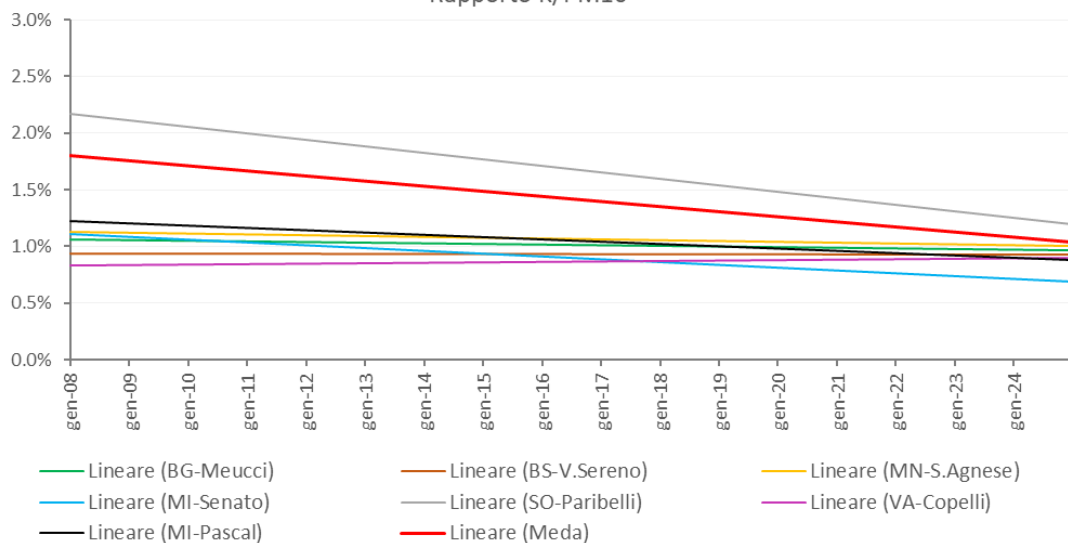
Rapporto B(a)P/PM10



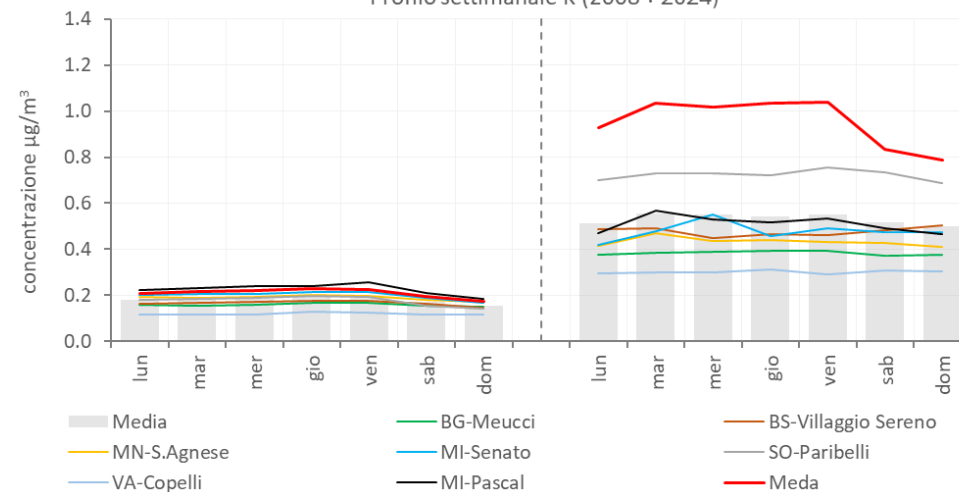
Andamento delle concentrazioni medie mensili potassio



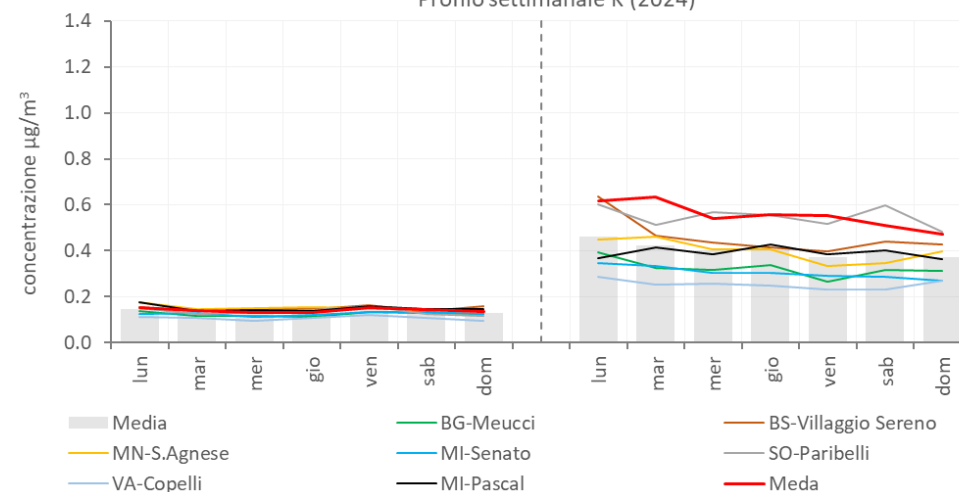
Rapporto K/PM10



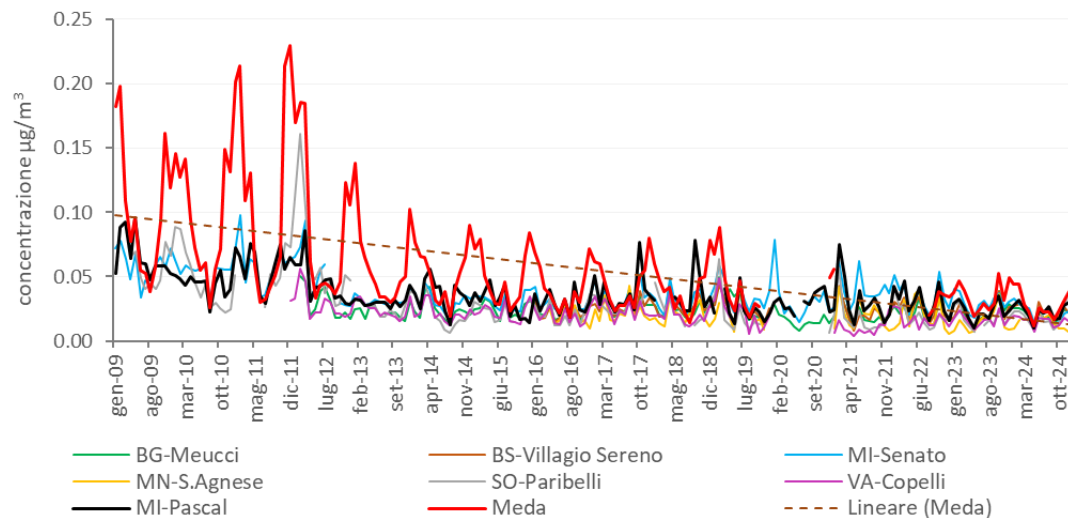
Profilo settimanale K (2008 ÷ 2024)



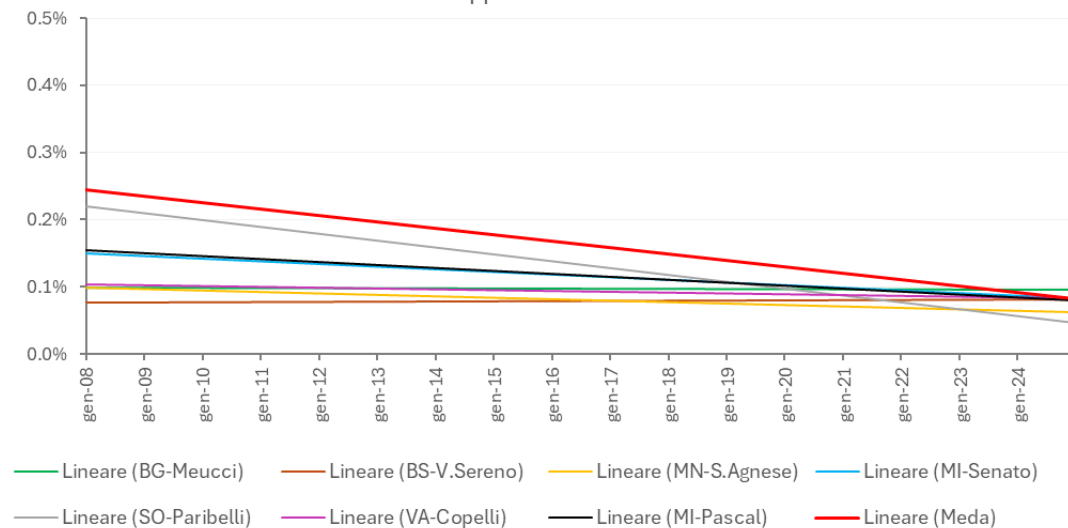
Profilo settimanale K (2024)



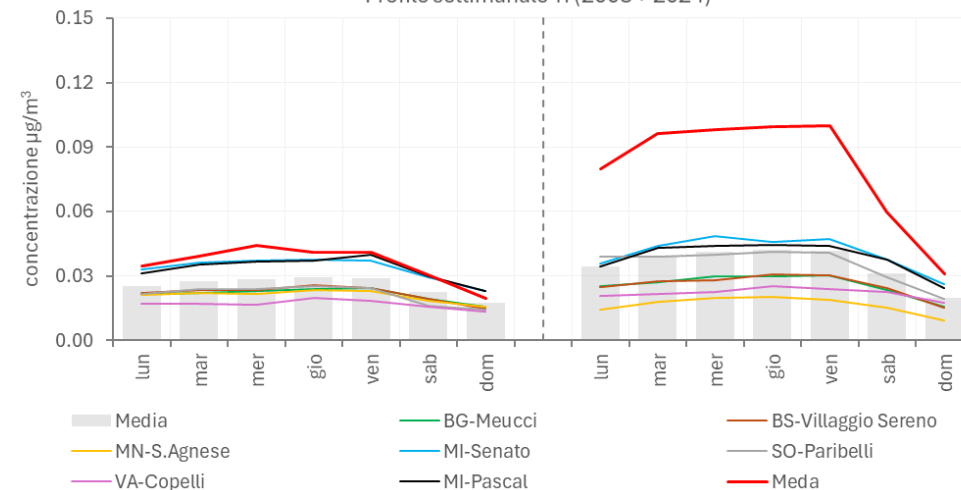
Andamento delle concentrazioni medie mensili titanio



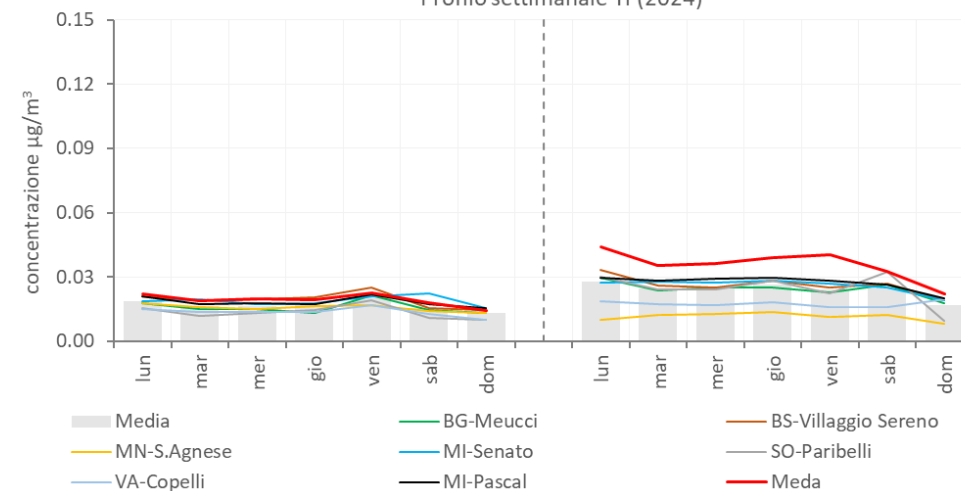
Rapporto Ti/PM10



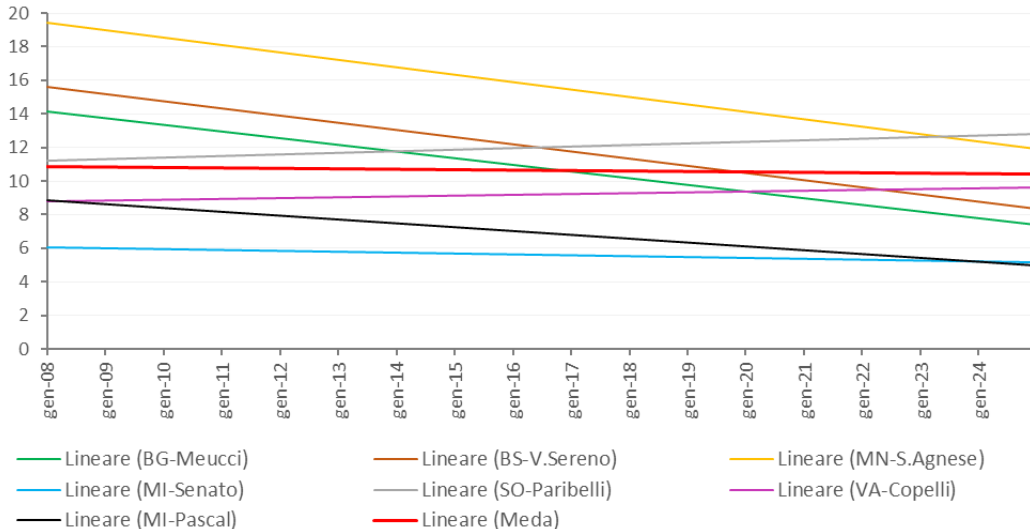
Profilo settimanale Ti (2008 ÷ 2024)



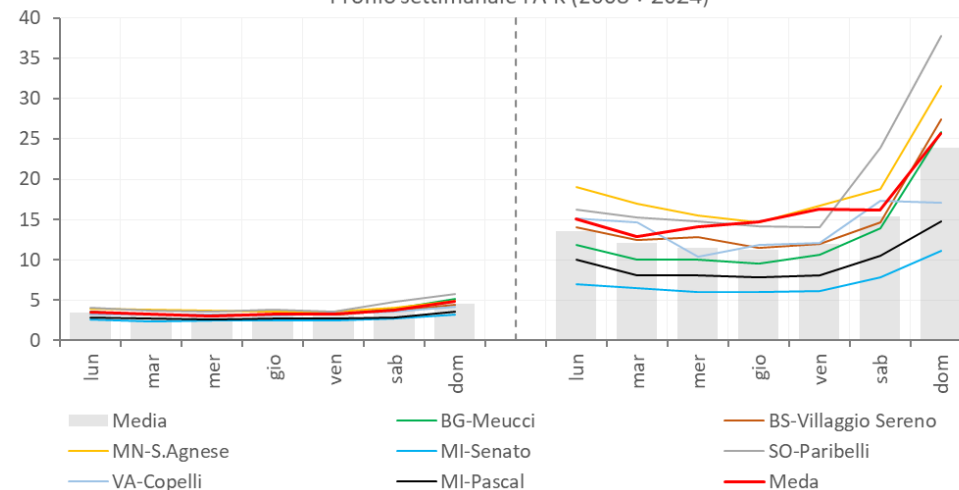
Profilo settimanale Ti (2024)



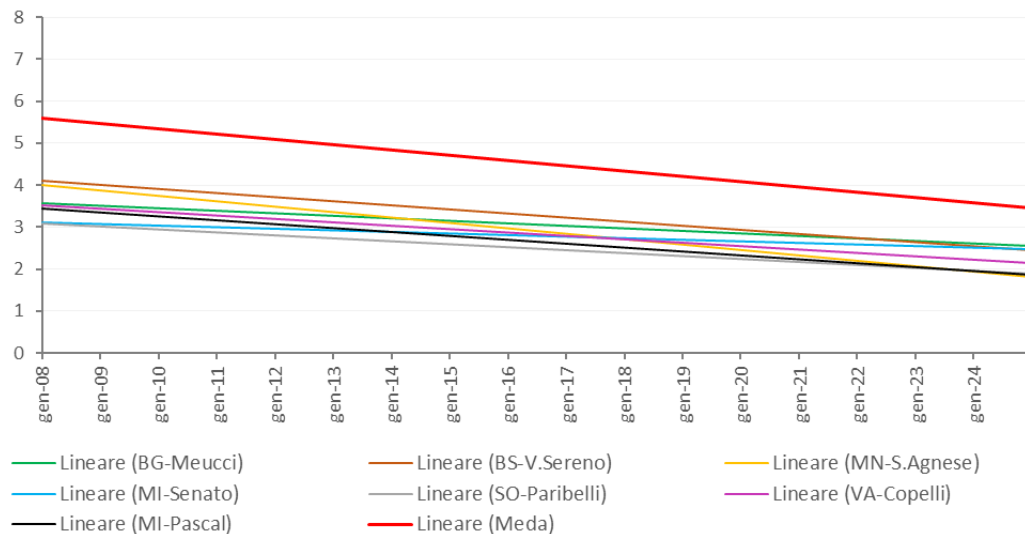
Fattore Arricchimento Potassio



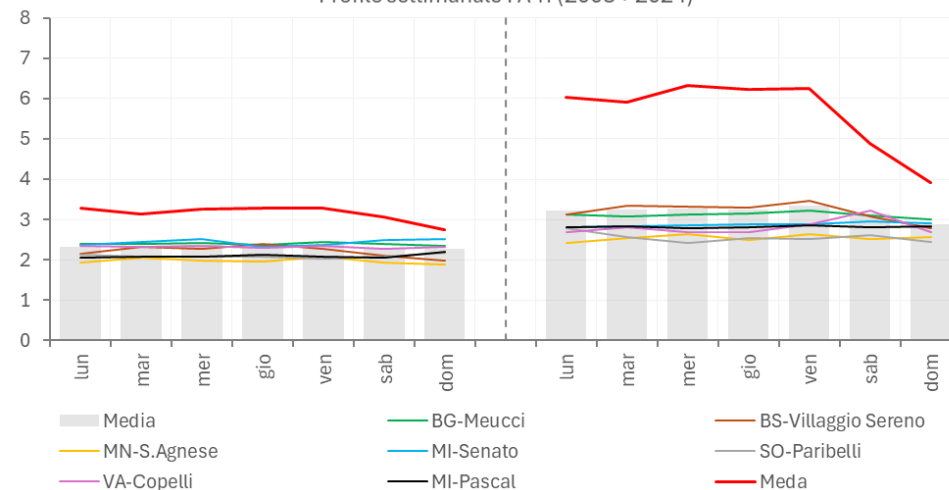
Profilo settimanale FA K (2008 ÷ 2024)



Fattore Arricchimento Titanio



Profilo settimanale FA Ti (2008 ÷ 2024)



- *Le stime IN.EM.AR e le analisi chimiche sul PM10 sembrano individuare la **presenza di un'attività antropogenica, di tipo industriale e con processi di combustione di biomassa**, attiva sul territorio di Meda, in particolare durante i giorni feriali.*
- *Traccianti di questa sorgente sono tutti i composti del PM10 originati da combustioni di biomassa, in particolare legna, quali benzo(a)pirene, potassio, levoglucosano, Carbonio Organico e Carbonio Elementare.*
- *Questa sorgente risulta essere significativa soprattutto in relazione alle emissioni di B(a)P, presentando a Meda concentrazioni molto superiori rispetto a Milano in relazione a quanto misurato per altri marker quali levoglucosano, potassio, OC ed EC.*
- *Ulteriore tracciante di questa sorgente è il titanio, probabilmente correlato alla combustione di legna trattata con vernici al TiO₂. Questi risultati sono concordi con quanto trovato nella precedente campagna di misura sul "distretto del mobile".*
- *Nel corso degli anni, a partire dal 2008 fino al 2024, le concentrazioni di potassio e titanio, in rapporto al PM10, sono andate progressivamente diminuendo, a differenza del B(a)P che non ha mostrato alcuna tendenza in merito.*
- *Questo potrebbe evidenziare una **modifica nelle sorgenti antropiche di tipo industriale e, in particolare, dei relativi processi di combustione, che potrebbe avere coinvolto sia la quantità e la tipologia del materiale combusto, sia le modalità stesse di combustione** con effetti diversificati sulle singole specie chimiche, con miglioramenti più evidenti per alcune (come a esempio, il titanio) e meno significative per altre, quali il benzo(a)pirene.*

Grazie per l'attenzione

U. Dal Santo, B. Biffi, L. Carroccio, C. Colombi, E. Cuccia, L. D'Angelo, A. Di Leo, M. Franciosa,
A. Marongiu, F. Raddrizzani, G. Lanzani.*

ARPA Lombardia

Milano, via Taramelli 26

**Corresponding author, e-mail: u.dalsanto@arpalombardia.it*