

10 Anni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria nel comune di Gubbio

Aggiornamento all'anno 2022

Rapporto Tecnico

Anno 2023



COORDINAMENTO TECNICO-SCIENTIFICO

Via Carlo Alberto dalla Chiesa, 32 - 05100 – Terni

Via Pievaiola 207/B-3 Loc. San Sisto - 06132 – Perugia

Tel. 0744 4796445 / fax 0744 4796399 / coordinamentotecnico@arpa.umbria.it

Sede Legale: Via Carlo Alberto dalla Chiesa 32 - 05100 – Terni / Tel. 0744 47961 / Fax 0744 4796399

pec: protocollo@cert.arpa.umbria.it web: www.arpa.umbria.it C.F. 94086960542 P.IVA 02446620540

1	Introduzione.....	4
1.1	Aggiornamento del 2023.....	4
2	Contesto emissivo.....	4
3	La Rete di Monitoraggio.....	10
3.1	I tipi di inquinanti monitorati	10
3.2	Tipologie di strumenti e metodi di misura	10
3.2.1	Polveri – PM10 e PM2.5	11
3.2.2	Ossidi di azoto – NO ₂ , NO e NO _x	11
3.2.3	Monossido di carbonio – CO.....	11
3.2.4	Biossido di zolfo – SO ₂	11
3.2.5	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli	11
3.3	Rete Attuale - descrizione delle postazioni e dei monitoraggi effettuati	11
3.3.1	Gubbio - Piazza 40 Martiri	12
3.3.2	Gubbio - Ghignano	13
3.3.3	Gubbio - Padule	15
3.3.4	Gubbio - Via Leonardo da Vinci	16
3.3.5	Gubbio - Semonte	17
3.4	Qualità.....	18
4	Risultati del monitoraggio in continuo	20
4.1	Polveri fini PM10 e PM2.5	20
4.2	Ossidi di Azoto	22
4.3	Biossido di Zolfo.....	23
4.4	Metalli pesanti.....	24
4.5	Idrocarburi Policiclici Aromatici	27
4.6	Benzene.....	28
4.7	Analisi degli andamenti di PM10 e NO ₂	29

COORDINAMENTO TECNICO-SCIENTIFICO

Via Carlo Alberto dalla Chiesa, 32 - 05100 – Terni

Via Pievaiola 207/B-3 Loc. San Sisto - 06132 – Perugia

Tel. 0744 4796445 / fax 0744 4796399 / coordinamentotecnico@arpa.umbria.it

Sede Legale: Via Carlo Alberto dalla Chiesa 32 - 05100 – Terni / Tel. 0744 47961 / Fax 0744 4796399

pec: protocollo@cert.arpa.umbria.it web: www.arpa.umbria.it C.F. 94086960542 P.IVA 02446620540

5	Risultati di altri tipi di monitoraggio	38
5.1	Metalli su PM10.....	39
5.2	IPA su PM10.....	41
5.3	Levoglicosano – combustione di biomasse.....	43
5.4	Diossine su PM10	44
5.5	Mercurio in aria.....	46
5.6	Ammoniaca in aria	47
5.7	Deposizioni	47
5.8	Intrusioni di polveri sahariane	51
5.9	Fermate dei cementifici.....	56
5.9.1	Colacem	56
5.9.2	Barbetti	58
5.9.3	Conclusioni comuni sugli impatti.....	59

COORDINAMENTO TECNICO-SCIENTIFICO

Via Carlo Alberto dalla Chiesa, 32 - 05100 – Terni

Via Pievaiola 207/B-3 Loc. San Sisto - 06132 – Perugia

Tel. 0744 4796445 / fax 0744 4796399 / coordinamentotecnico@arpa.umbria.it

Sede Legale: Via Carlo Alberto dalla Chiesa 32 - 05100 – Terni / Tel. 0744 47961 / Fax 0744 4796399

pec: protocollo@cert.arpa.umbria.it web: www.arpa.umbria.it C.F. 94086960542 P.IVA 02446620540

1 Introduzione

Il comune di Gubbio è il comune dell'Umbria con la maggior presenza di grandi industrie produttive nel settore del cemento e, pertanto, con importanti pressioni principalmente rispetto la matrice atmosfera.

In questi anni, Arpa Umbria è stata impegnata sul fronte del monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Gubbio sia con i monitoraggi ordinari che con iniziative e campagne di misura specifiche. In particolare, una campagna intensiva effettuata a partire dal 2021 e attuata in vista del possibile utilizzo in entrambi i cementifici presenti nel territorio di combustibili derivati da rifiuti, ovvero il CSS-C come definito dal DM n.22 del 14/02/2013.

In questo report sono riassunte e analizzate le principali attività di monitoraggio effettuate nell'arco degli ultimi 10 anni per poter fornire uno strumento utile a delineare una base conoscitiva tecnico scientifica relativa all'area del comune di Gubbio e poter, quindi, partire da queste per eventuali ulteriori approfondimenti.

1.1 Aggiornamento del 2023

A seguito della prima redazione nel 2022, con i dati relativi ai dieci anni dal 2012 al 2021, è stato pubblicato questo aggiornamento contenente i dati dei monitoraggi in continuo, di cui al capitolo 4, che sono stati aggiornati con le misure dell'anno 2022. I rimanenti capitoli, comprendenti ulteriori tipi di elaborazioni e analisi sui dati raccolti, sono rimasti originali e non modificati.

2 Contesto emissivo

L'area del comune di Gubbio si estende su circa 525 km² e comprende un'ampia vallata circondata completamente da colline e montagne con al suo interno l'area urbana principale che si sviluppa sul fianco del monte Ingino.

Il comune conta poco più di 30.000 abitanti e comprende oggi i due stabilimenti di produzione di cemento presenti in Umbria di cui uno adiacente all'area urbana mentre l'altro più esterno inserito in un'area collinare.

Per quest'area è possibile fare un'analisi delle pressioni presenti, ovvero dei quantitativi dei diversi inquinanti emesse dalle varie tipologie di sorgenti presenti nell'area. Per far questo si ricorre ai dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni¹. Questo è una raccolta ordinata di tutte le sorgenti, industriali, civili e naturali, e dei relativi carichi emissivi per i principali inquinanti emessi in un dato anno ed è redatto secondo le linee guida e le indicazioni tecniche condivise a livello nazionale ed europeo. I dati emissivi contenuti nell'Inventario derivano sia da valori misurati che da valori stimati con metodologie più o meno complesse: per esempio, gli inquinanti principali emessi dalle aziende con autorizzazione integrata ambientale sono normalmente misurati e dichiarati dagli stessi Gestori degli stabilimenti, ad essi si affiancano le stime dei rimanenti inquinanti che sono calcolate a partire dai dati di produzione o di consumo di combustibili tramite l'uso di fattori di emissione standard. In

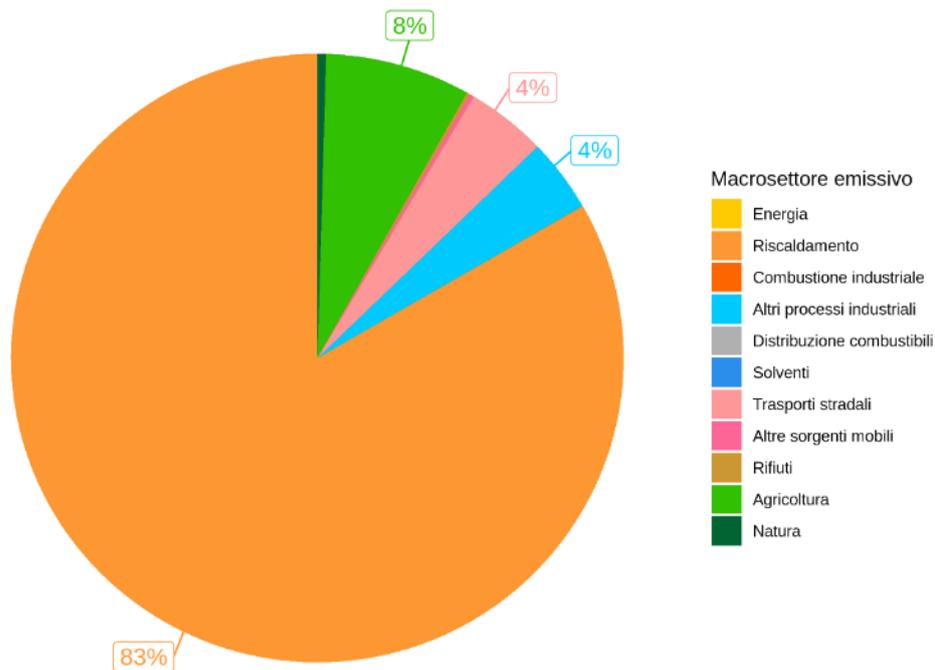
¹ <https://apps.arpa.umbria.it/webgis/emissioni/index.asp>

altri settori, come quello del traffico stradale, la stima è più complessa e deriva dall'uso combinato di appositi modelli di simulazione e stima di flussi stradali, di consumi di combustibile e di assegnazione ai diversi territori comunali.

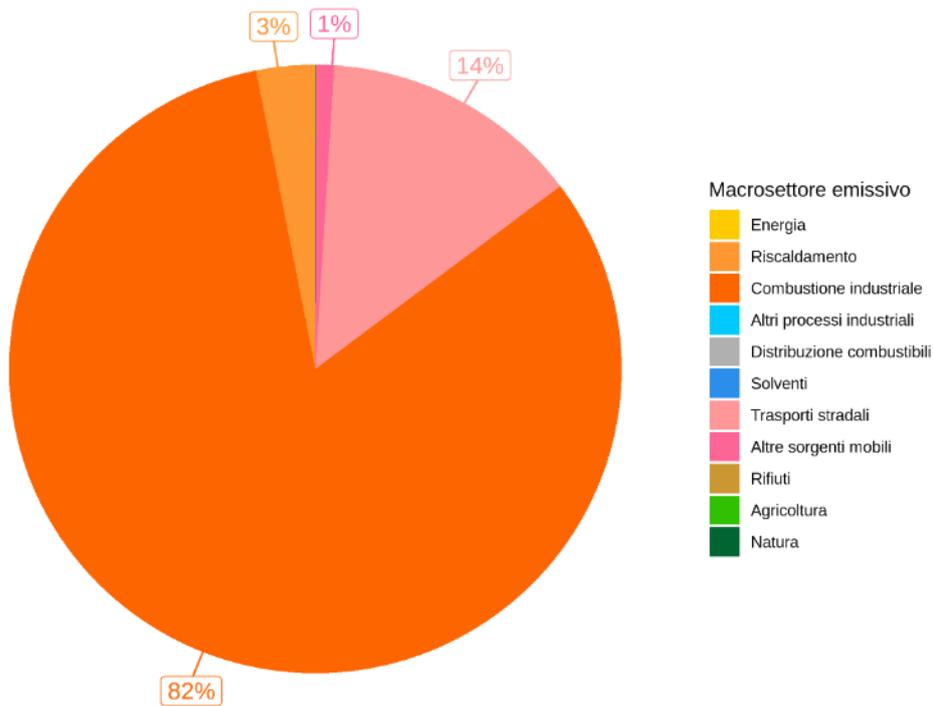
I dati dell'Inventario Regionale sono aggiornati di norma ogni 2/3 anni e l'ultimo aggiornamento disponibile è riferito all'anno 2018.

Nei seguenti grafici possiamo vedere la suddivisione percentuale delle emissioni di PM10, NOx e degli altri inquinanti per l'anno 2018 nel comune di Gubbio.

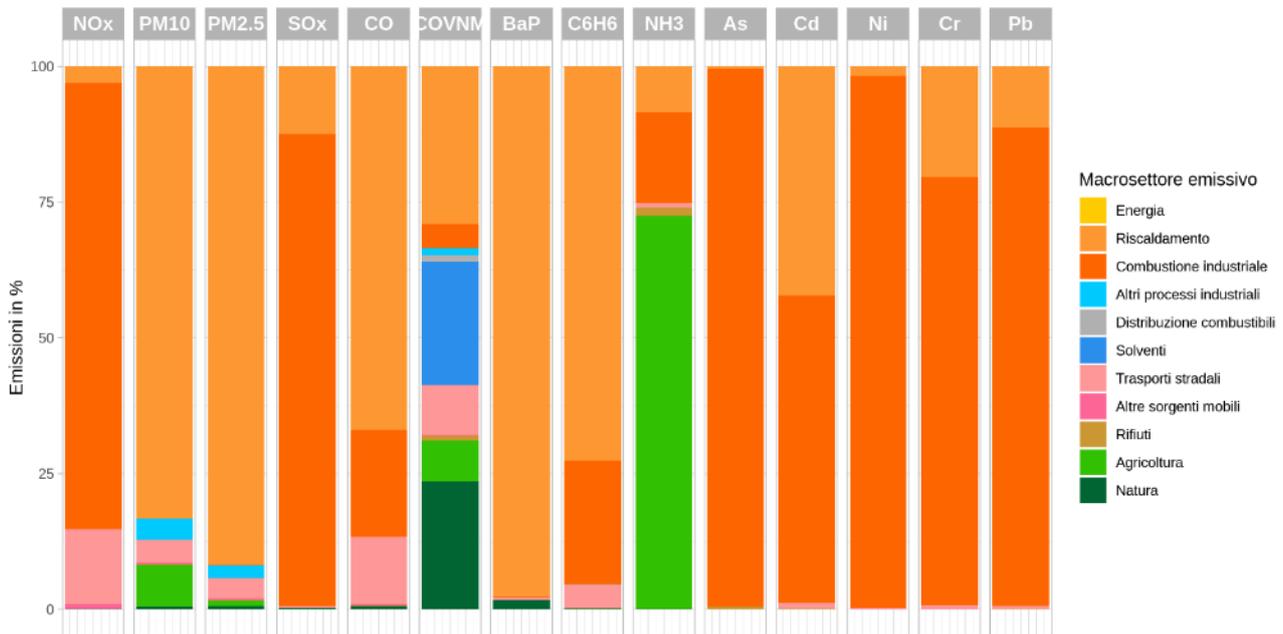
Suddivisione delle emissioni di PM10 del Comune di Gubbio al 2018



Suddivisione delle emissioni di NOx nel Comune di Gubbio al 2018

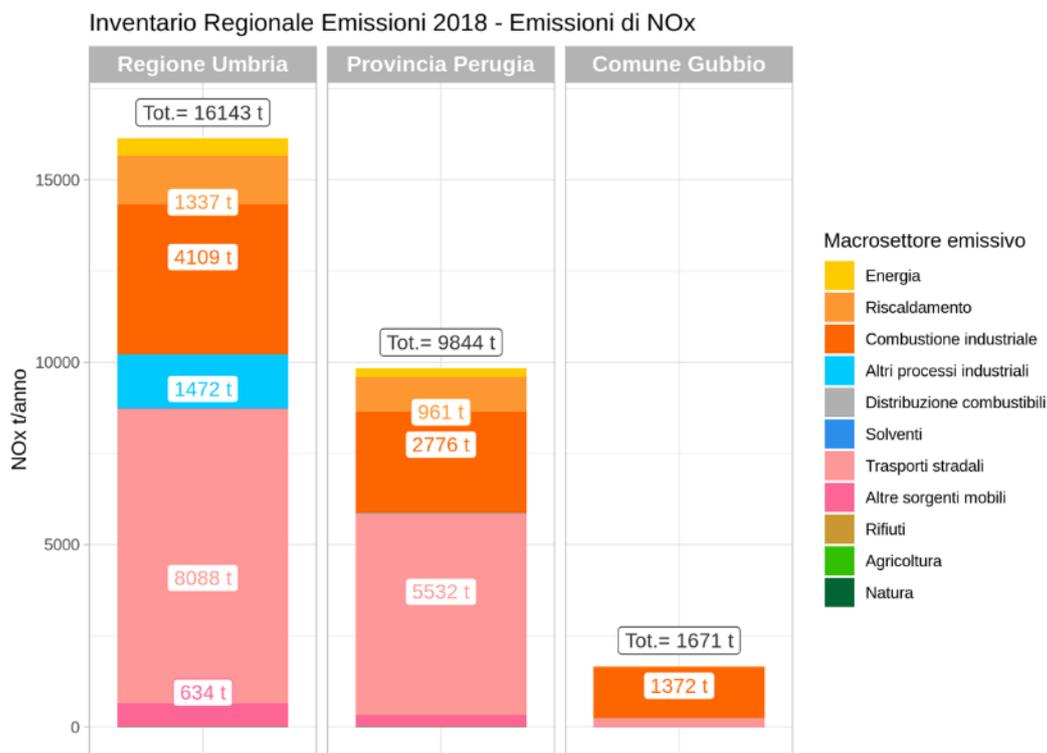
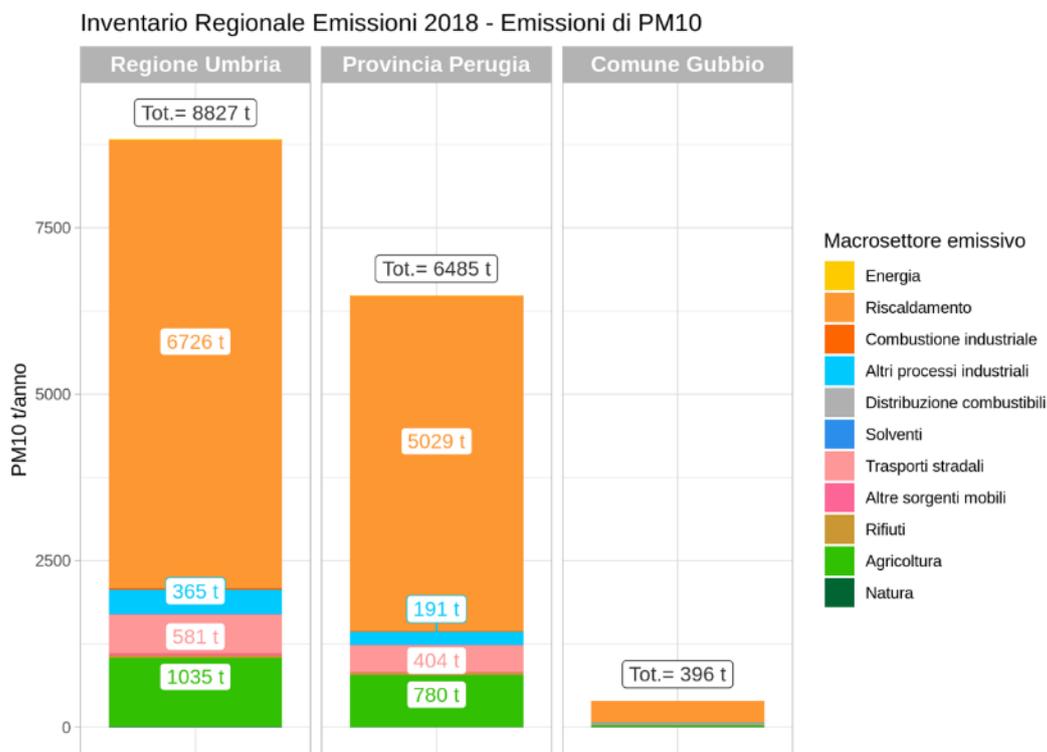


Suddivisione delle emissioni nel Comune di Gubbio al 2018

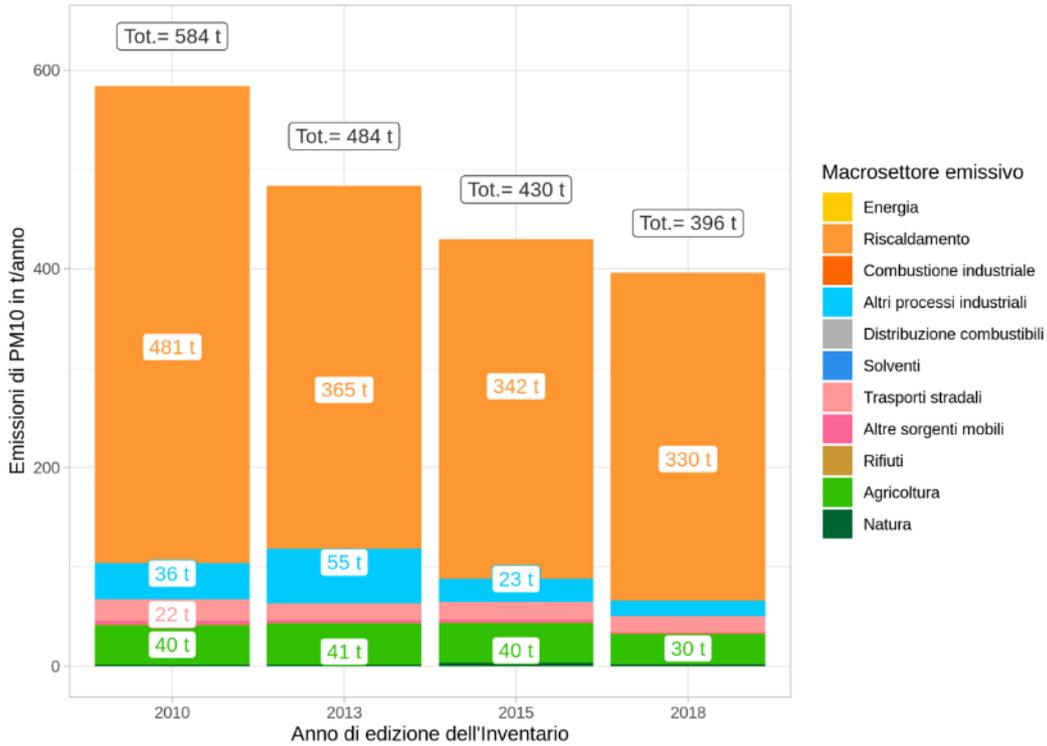


Risalta come alcuni macrosettori emissivi siano i principali responsabili delle emissioni primarie di alcuni inquinanti: in particolare, il riscaldamento è il principale contributore alle emissioni di polveri fini (PM10 e PM2.5), di monossido di carbonio, benzo(a)pirene (il principale tra gli idrocarburi policiclici aromatici) e di benzene (C₆H₆); il macrosettore della combustione industriale è invece il principale emettitore di ossidi di azoto, ossidi di zolfo e di tutti i metalli pesanti (arsenico - As, cadmio - Cd, nichel - Ni, cromo - Cr e piombo - Pb). Infine, l'agricoltura è la principale responsabile delle emissioni di ammoniaca - (NH₃).

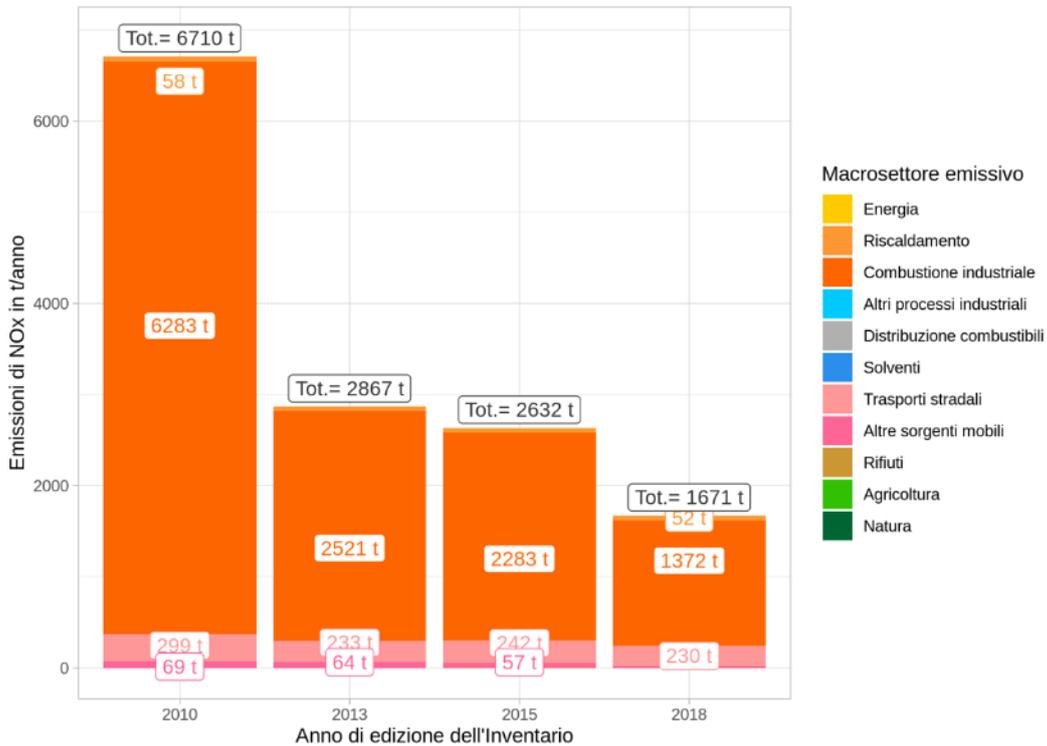
Nelle seguenti figure sono riportate le sole emissioni di PM10 e di NOx sia come confronto tra le emissioni delle tre aree geografiche dell'intera regione, della Provincia di Perugia e del solo Comune di Gubbio, sia come andamento negli anni di riferimento delle precedenti quattro edizioni dell'Inventario Regionale delle Emissioni.



Andamento delle emissioni di PM10 nel Comune di Gubbio



Andamento delle emissioni di NOx nel Comune di Gubbio



Si vede come la presenza della componente industriale dovuta principalmente ai cementifici, faccia sì che le emissioni di NOx, al contrario delle altre aree della regione, derivi quasi esclusivamente dal macrosettore industriale il quale è anche il responsabile delle grandi diminuzioni nelle emissioni di

NO_x avvenute negli anni. Per PM₁₀ pur notando una continua diminuzione, non ci sono grandi differenze nei pesi relativi tra le diverse sorgenti né tra le varie aree né tra i diversi anni.

Occorre sottolineare come i dati presentati siano riferiti alle sole emissioni primarie di inquinanti, ovvero quelli direttamente emessi in atmosfera, che rappresentano una frazione variabile degli inquinanti che effettivamente si trovano in atmosfera. Questo perché gli inquinanti, una volta emessi, si trovano a disperdersi nell'atmosfera e subiscono svariati fenomeni fisici dovuti al trasporto, alla dispersione e dovuta al movimento delle masse d'aria che, oltre a rimescolarli, li trasportano dalle sorgenti ai recettori presenti sul territorio come le persone o, similmente, le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Inoltre, durante questi fenomeni di trasporto alcuni inquinanti come NO e PM₁₀ subiscono anche vari fenomeni di trasformazione che ne modificano anche sostanzialmente le concentrazioni: per esempio l'NO, emesso dalle combustioni, si ossida velocemente e si trasforma in NO₂, le polveri PM₁₀ possono accrescersi inglobando, con fenomeni come l'adsorbimento o la condensazione, altri inquinanti presenti in atmosfera che, a loro volta, erano stati emessi come gas. Questa è chiamata componente secondaria e si va ad aggiungere alla componente primaria che è direttamente emessa. Pertanto il legame tra un inquinante primario direttamente emesso e l'inquinante rilevato in un punto, che comprende anche una componente secondaria, non è lineare e dipende da molti fattori comprese le emissioni e le interazioni con altri inquinanti.

Il legame tra emissioni e qualità dell'aria, e tra le rispettive percentuali indicate, non è quindi diretto ma è mediato da complessi fenomeni di trasporto, diffusione e trasformazione chimica che necessariamente faranno variare le percentuali di peso dei fattori se basate sulle sorgenti o determinate ai recettori.

3 La Rete di Monitoraggio

3.1 I tipi di inquinanti monitorati

Il Programma di Valutazione della Qualità dell’Aria della Regione Umbria, approvato il 16 dicembre 2021, individua nella zona “IT 1006 – Zona Collinare e Montuosa” l’area omogenea in cui è ricompreso il territorio del Comune di Gubbio ed individua in questo comune la postazione di Piazza 40 Martiri come punto di monitoraggio della città Gubbio.

In seguito con l’approvazione delle Autorizzazioni Integrate Ambientali dei due cementifici, sono state installate, a cura delle aziende, le centraline di monitoraggio di Ghigiano, Padule, Semonte e Via Leonardo da Vinci.

I parametri da monitorare previsti dalla normativa sono individuati nella tabella seguente:

NOME	TIPO STAZIONE	SO ₂	PM10	PM2.5	NO ₂	CO	Pb Ni Cd As	B(a)P
P.zza 40 Martiri	Urbana/Traffico		SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ghigiano	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI	SI			SI
Padule	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI	SI			
Semonte	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI	SI			
Via L. da Vinci	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI	SI			SI

I parametri biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO) e particolato PM10 e PM2.5 sono monitorati in continuo con analizzatori automatici mentre i metalli piombo (Pb), nichel (Ni), arsenico (As), cadmio (Cd), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), e in particolare il benzo(a)pirene (BaP) sono analizzati in laboratorio sui filtri del particolato PM10.

Insieme ai metalli e il BaP, per i quali sono individuati i limiti o valori obiettivo, sono analizzati altri metalli e IPA utili alla caratterizzazione delle sorgenti emmissive.

Inoltre sempre sui filtri del PM10 sono analizzati gli inquinanti organici persistenti (Persistent Organic Pollutants - POP) insieme alle famiglie di diossine e furani (PCDD/F).

In alcune postazioni, per avere il controllo delle contaminazioni del suolo e quindi l’eventuale accumulo nella catena alimentare, i POP sono ricercati anche nelle deposizioni al suolo raccolte mediante appositi deposimetri di tipo wet&dry, per la raccolta delle deposizioni totali, e analizzati in laboratorio.

3.2 Tipologie di strumenti e metodi di misura

La strumentazione installata è rispondente ai requisiti di qualità richiesti dal D.Lgs. 155/2010 e ai metodi di riferimento riportati dalla stessa norma all’allegato VI. Tali requisiti sono certificati secondo le specifiche tecniche delle ISO EN da appositi Istituti di certificazione internazionale.

Di seguito sono descritti i principali strumenti impiegati per la misura dei parametri di legge e le rispettive analisi di laboratorio a cui sono sottoposti.

3.2.1 Polveri – PM10 e PM2.5

Per questi inquinanti sono impiegati strumenti di tipo SWAM dual channel della ditta FAI Instruments. Questi sono campionatori/misuratori di polveri a due canali, uno con una testa di prelievo per PM10 e uno per il PM2.5, che effettuano un campionamento a basso volume su filtri da 47mm secondo la norma UNI EN 12341:2014. Inoltre, effettuano una misura online della massa giornaliera tramite il metodo dell'attenuazione di raggi beta che è equivalente alla metodologia tramite la pesatura del materiale raccolto sui filtri.

3.2.2 Ossidi di azoto – NO₂, NO e NO_x

Questi parametri sono misurati tramite analizzatori della serie 200 della Teledyne API che, secondo la norma UNI EN 14211:2012, impiegano la tecnica della chemiluminescenza per la misura di NO e NO_x e, infine, di NO₂ come differenza tra quelli di NO_x e NO.

3.2.3 Monossido di carbonio – CO

La misura di CO avviene secondo la tecnica della spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva secondo la norma UNI EN 14626:2012. Questo tramite analizzatori della serie 300 della Teledyne API.

3.2.4 Biossido di zolfo – SO₂

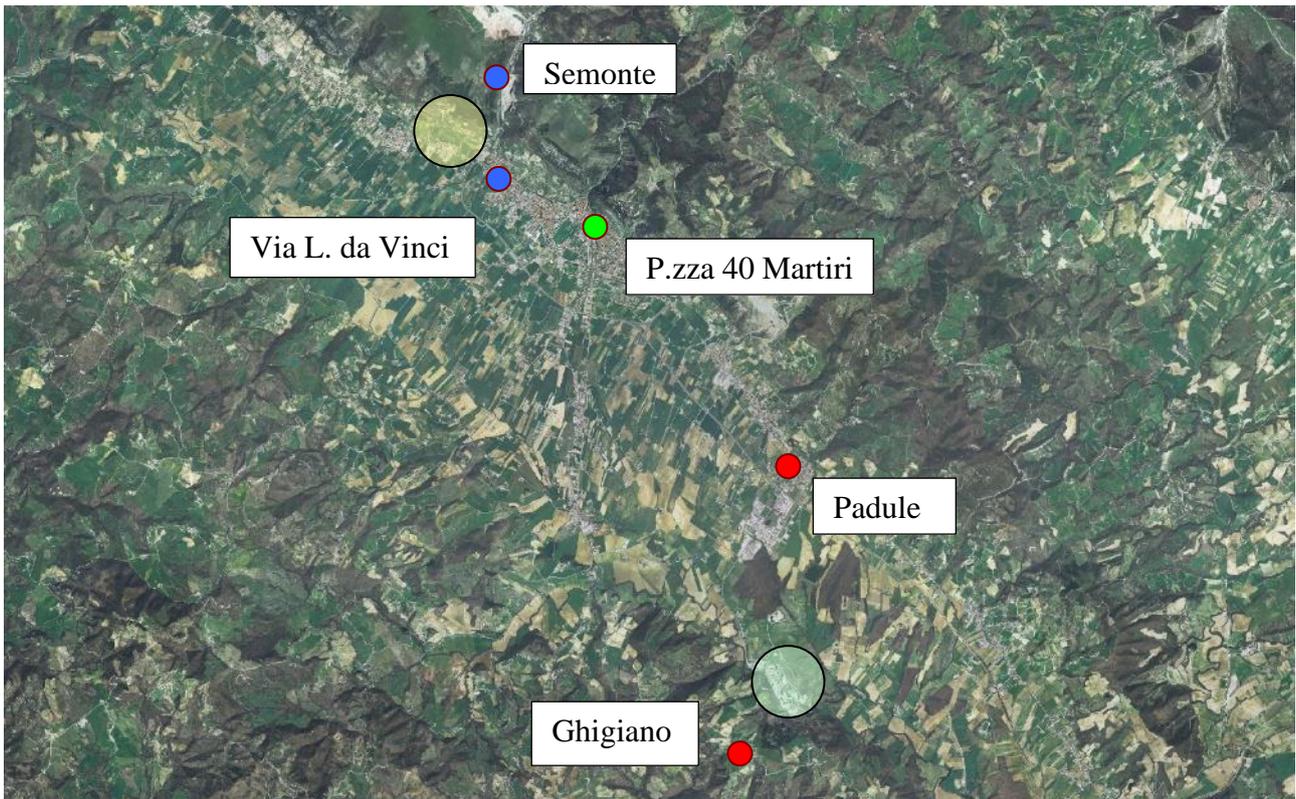
Il parametro SO₂ è misurato in continuo in analizzatori della serie 100 della Teledyne API tramite la tecnica di fluorescenza ultravioletta secondo la norma UNI EN 14212:2012.

3.2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli

Gli IPA e i metalli non sono misurati con strumentazione automatica ma si determinano a partire dalle polveri raccolte sui filtri di PM10. Questi sono accumulati mensilmente o settimanalmente, al fine di aumentarne i valori al di sopra delle soglie di rilevabilità, e sono analizzati in laboratorio secondo le metodiche previste dalla norma tecnica UNI EN 15549:2008 per gli IPA e la norma UNI EN 14902:2005 per il piombo, il cadmio, l'arsenico e il nichel.

3.3 Rete Attuale - descrizione delle postazioni e dei monitoraggi effettuati

La rete attuale è evidenziata nella figura seguente, in cui sono riportati i siti di monitoraggio che sono distinti tra stazione della rete regionale, Piazza 40 Martiri (pallino verde) e quelle industriali Ghigiano, Padule della rete Colacem (pallino rosso) e Via Leonardo da Vinci, Semonte (pallino azzurro) della rete Barbetti.



Dislocazione Centraline di monitoraggio Conca Eugubina

scala 1: 70.000

Nelle schede successive si riportano i dati salienti delle postazioni di monitoraggio, con la collocazione in mappa e la strumentazione installata.

3.3.1 Gubbio - Piazza 40 Martiri

Coordinate: 12,576516 - 43,352850

Altitudine: 505 metri s.l.m.

Anno di attivazione: 2008

Tipo zona: Urbana

Caratteristiche della zona: Installata in prossimità del vecchio ospedale, in uno spazio verde con traffico locale in area residenziale e commerciale

Tipo stazione: Fondo



Strumentazione Installata

Analizzatore di Ossidi di Azoto - NO, NO₂, NO_x

Analizzatore di Monossido di Carbonio - CO

Analizzatore di Particolato PM₁₀, PM_{2.5}

Contatore di Particelle

Sensori Meteo

Parametri determinati in laboratorio

Benzo(a)pirene

Metalli

Diossine e furani

3.3.2 Gubbio - Ghigiano

Coordinate: 12,611488 - 43,274711

Altitudine: 524 metri s.l.m.

Anno di attivazione: 2009

Tipo zona: Suburbana

Caratteristiche della zona: Installata in prossimità del prefabbricato adibito a chiesa in località Ghigiano in zona scarsamente abitata

Tipo stazione: Industriale

Note: Fa parte della rete delle Cementerie Colacem come da prescrizione in AIA ed è rappresentativa della massima ricaduta dell'attività industriale.



Strumentazione Installata

Analizzatore di Ossidi di Azoto - NO, NO₂, NO_x

Analizzatore di Biossido di Zolfo – SO₂

Analizzatore di Particolato PM₁₀, PM_{2.5}

Sensori Meteo

Parametri determinati in laboratorio

Benzo(a)pirene

Metalli

Diossine e furani

3.3.3 Gubbio - Padule

Coordinate: 12,618547 - 43,318618

Altitudine: 442 metri s.l.m.

Anno di attivazione: 2009

Tipo zona: Suburbana

Caratteristiche della zona: La stazione di tipo amovibile, è installata in piccolo borgo in prossimità di un'area di aggregazione sociale in località Padule

Tipo stazione: Industriale

Note: Fa parte della rete delle Cementerie Colacem come da prescrizione in AIA e serve a valutare i possibili impatti verso le zone abitate.



Strumentazione Installata

Analizzatore Particolato PM10, PM2.5

Analizzatore di Ossidi di Azoto - NO, NO2, NOx

Analizzatore di Biossido di Zolfo – SO2

Parametri determinati in laboratorio

Benzo(a)pirene

Metalli

Diossine e furani

3.3.4 Gubbio - Via Leonardo da Vinci

Coordinate: 12,557228 - 43,359057

Altitudine: 472 metri s.l.m.

Anno di attivazione: 2009

Tipo zona: Urbana

Caratteristiche della zona: installata in prossimità di una scuola area periferica dell'area urbana

Tipo stazione: Industriale

Note: Fa parte della rete delle Cementerie Barbetti come da prescrizione AIA e serve a valutare i possibili impatti verso le zone abitate.



Strumentazione Installata

Analizzatore di Ossidi di Azoto - NO, NO₂, NO_x

Analizzatore di Biossido di Zolfo – SO₂

Analizzatore Particolato PM₁₀/PM_{2.5}

Parametri determinati in laboratorio

Benzo(a)pirene

Metalli

Diossine e furani

3.3.5 Gubbio - Semonte

Coordinate: 12,547132 - 43,368326

Altitudine: 623 metri s.l.m.

Anno di attivazione: 2013

Tipo zona: Suburbana

Caratteristiche della zona: Installata in una piazzola creata lungo la strada vicinale, sulla collina prospiciente le Cementerie Barbetti

Tipo stazione: Industriale

Note: La stazione è un mezzo amovibile, originariamente presso il centro abitato, è stata spostata nell'attuale posizione, più rappresentativa della massima ricaduta dell'attività industriale, nel mese di febbraio del 2013. Per indicare tale spostamento, a volte si fa riferimento alla stazione con il nome Semonte Alto. Fa parte della rete delle Cementerie Barbetti come da prescrizione AIA.



Strumentazione Installata

Analizzatore Particolato PM10 e PM2.5

Analizzatore di Ossidi di Azoto NO, NO₂, NO_x

Analizzatore di Biossido di Zolfo – SO₂

Parametri determinati in laboratorio

Benzo(a)pirene

Metalli

Diossine e furani

3.4 Qualità

Il monitoraggio e la valutazione dello stato della qualità dell'aria sono finalizzati a supportare la realizzazione di politiche ambientali per prevenire o ridurre eventuali effetti dannosi sull'ambiente e la salute dovute all'inquinamento atmosferico. Le valutazioni a livello regionale, nazionale e/o europeo sono efficaci quando queste sono basate su dati di misurazione accurati, affidabili e tra loro comparabili e compatibili. Per questo motivo i provvedimenti normativi quali il D.Lgs. 155/2010 di recepimento della Direttiva 2008/50/CE, come modificato dal D.Lgs. 250/2012, hanno fissato i metodi di misurazione da utilizzare nel monitoraggio della qualità dell'aria e i loro obiettivi di qualità unitamente ad una serie di prescrizioni e attività per controllare e assicurare la qualità e la comparabilità dei dati prodotti dalle reti di monitoraggio.

Il Servizio di Arpa Umbria che gestisce le reti di monitoraggio già dal 2003 ha ottenuto la certificazione ISO 9001 e segue quanto previsto in materia di qualità dei dati dal DM 30 marzo 2017. Gli obiettivi di qualità dei dati indicati dal D.Lgs. 155/2010 in termini di raccolta minima dei dati e di incertezza delle misure sono riportati nella tabella seguente:

Parametri	Raccolta Minima Dati	Incertezza
SO ₂	90%	15%
NO ₂ e NO _x	90%	15%
PM ₁₀ e PM _{2.5}	90%	25%
Pb	90%	25%
Benzene	90%	25%
CO	90%	15%
O ₃	90%	15%

Il DM individua la rispondenza alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025 nei seguenti punti:

- a) 5.2 qualificazione e formazione del personale, da applicare agli operatori cui sono affidate le attività di controllo della qualità;
- b) 5.3 condizioni ambientali;
- c) 5.5 apparecchiature utilizzate;
- d) 5.6 riferibilità dei risultati;
- e) 5.4.6 valutazione dell'incertezza di misura;
- f) 5.4.7 tenuta sotto controllo dei dati

Al fine di garantire la copertura ottimale dei dati e la loro qualità il decreto individua le azioni di Quality Assurance (QA) e di Quality Control (QC):

- Accredитamento delle operazioni di taratura in conformità con la norma ISO/IEC 17025:2005
- Riferibilità metrologica dei dati delle reti di monitoraggio (una catena ininterrotta di tarature che partendo da un campione nazionale o internazionale arriva alla taratura dello strumento della stazione);
- l'incertezza di misura;
- la documentazione delle procedure utilizzate per le tarature effettuate ai diversi livelli della catena di riferibilità;
- la competenza tecnica del personale che effettua le tarature ad ogni livello della catena;
- il riferimento alle unità di misura. La catena di riferibilità deve partire, qualora possibile, da un campione primario per la realizzazione delle unità SI;

- la ripetizione delle tarature a intervalli appropriati. La durata di questi intervalli dipende da un certo numero di variabili, ad es. l'incertezza richiesta, la frequenza d'uso, le modalità d'uso, la stabilità delle apparecchiature
- effettuazione della manutenzione sulla strumentazione ad intervalli stabiliti al fine di ridurre i valori invalidati e quindi garantire una ottimale copertura dei dati;

Nella tabella seguente sono riportate schematicamente lo schema di tarature e manutenzione, le frequenze, i criteri di azione e le azioni da intraprendere al fine di tenere sotto controllo i dati delle reti di monitoraggio:

Taratura, controlli e manutenzione	Frequenza di intervento	Criteri di azione	Azione
Verifica della Taratura dell'analizzatore	Almeno ogni tre mesi e dopo la riparazione	Al superamento dell'intervallo di tolleranza previsto dall'utilizzatore	Manutenzione e regolazione
Controllo della ripetibilità dell'analizzatore allo zero ed allo span (da effettuare in laboratorio o in campo)	In combinazione con la verifica di taratura	Scarto tipo di ripetibilità: allo zero: > 1 nmol/mol allo span: > 0,75% della concentrazione dello span	Manutenzione e regolazione
verifica delle miscele gassose di lavoro con miscele certificate	Almeno ogni sei mesi	Zero: \geq limite di rilevazione Span: \geq 5,0% rispetto all'ultimo valore certificato	Sostituzione miscele di lavoro e/o manutenzione del generatore di aria di zero
Controllo di zero e span	Almeno ogni due settimane. Consigliato ogni 23 o 25 ore	Zero: \geq 4 nmol/mol o \leq -4 nmol/mol Span: \geq 5,0% del valore iniziale di span	Se superamento del criterio di azione dovuto ad analizzatore: taratura e regolazione su due livelli di concentrazione Se dovuto a miscela gassosa deteriorata: verifica miscela e sostituzione o impostazione nuovi livelli di controllo
Verifica della linearità (lack of fit) (da effettuare in laboratorio o in campo)	Entro un anno dopo l'installazione e dopo la riparazione; ulteriori interventi	Verifica dello scostamento dalla linearità > 4,0% del valore misurato e/o > 5 nmol/mol allo zero	Manutenzione/riparazione dell'analizzatore

	dipendenti dalla verifica		
Efficienza convertitore (NOx)	Almeno ogni anno	< 95%	Verifica della perdita della valvola interna di commutazione e sostituzione del convertitore Con valori di efficienza compresi tra il 95% ed il 98% tutti i dati misurati tra il precedente controllo e quello attuale devono essere corretti. L'incertezza della correzione deve essere inclusa nella valutazione dell'incertezza totale

Le Analisi di laboratorio sono accreditate secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 (Accredia Lab. N. 0485 L) per tutte le prove di laboratorio previste dal D.Lgs. 155/2010 per i metalli quali Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio, l'IPA Benzo-a-pirene e le Diossine.

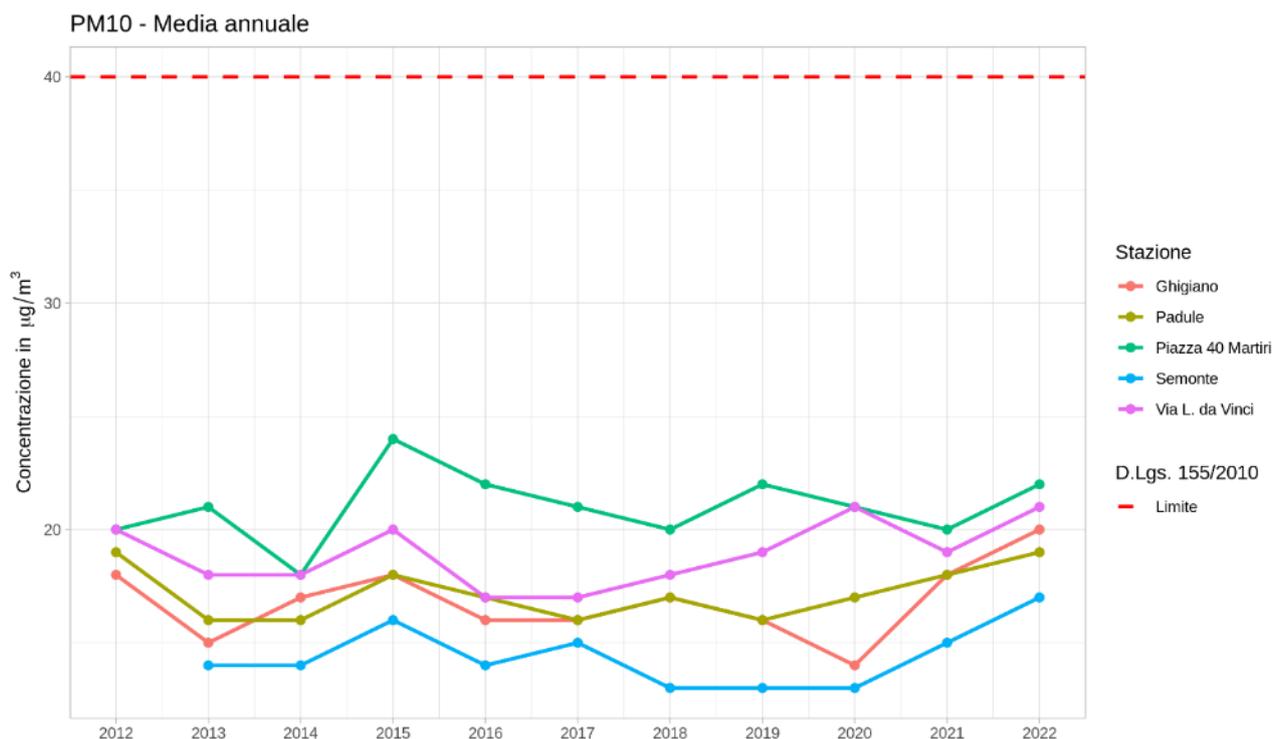
4 Risultati del monitoraggio in continuo

4.1 Polveri fini PM10 e PM2.5

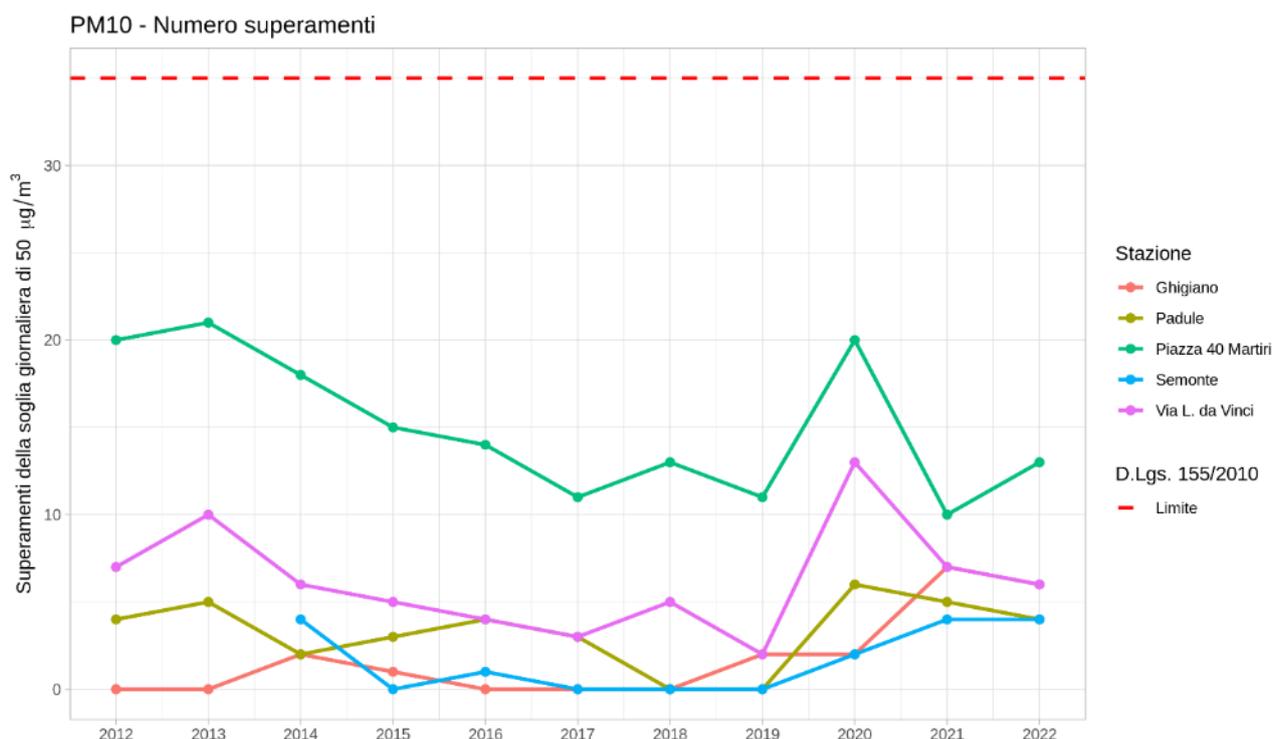
Per le polveri fini, PM10 e PM2.5, il D.Lgs. 155/2010 elenca tre indicatori per la valutazione della qualità dell'aria:

Parametro	Indicatore	Valore limite
PM10	Valore medio annuale	40 µg/m ³
PM10	Numero di superamenti del valore medio giornaliero di 50 µg/m ³	35 superamenti/anno
PM2.5	Valore medio annuale	25 µg/m ³

Nella seguente figura è riportato l'andamento dei valori medi annuali di PM10 a partire dall'anno 2012:

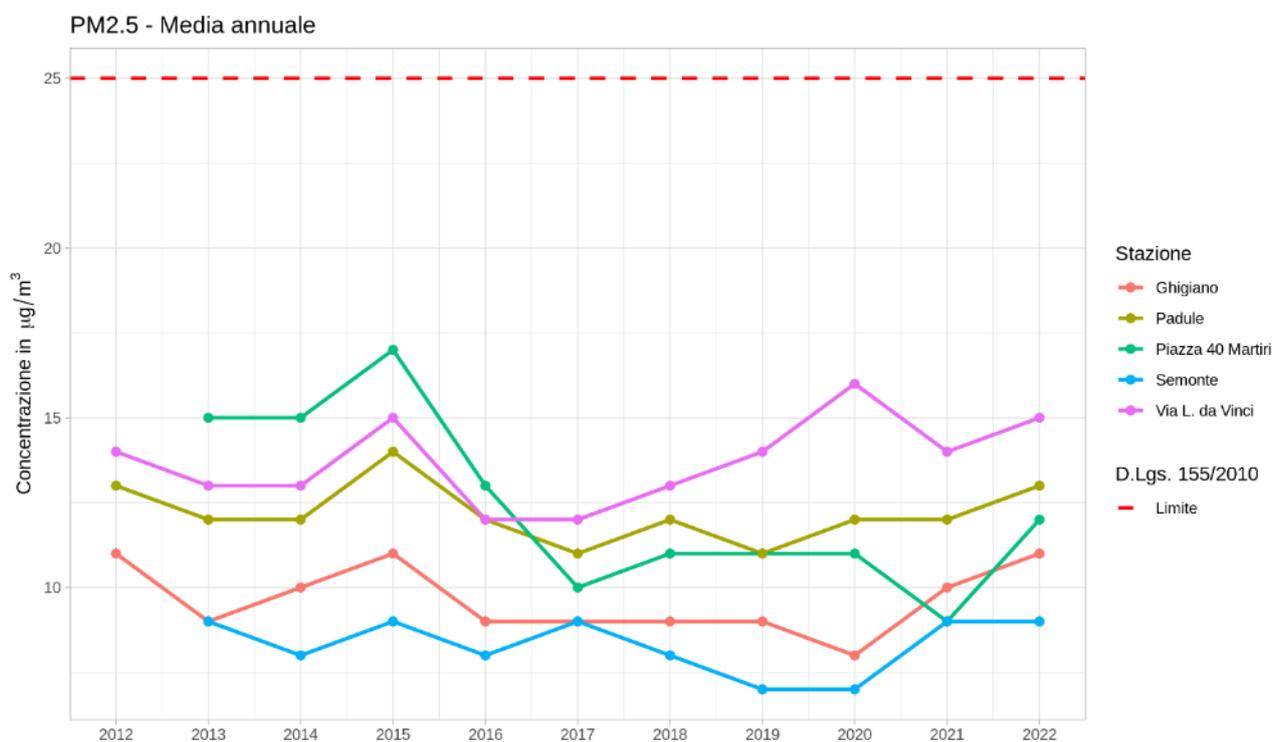


Si vede come per tutti gli anni riportati, nessuna centralina di qualità dell'aria ha mai superato il valore limite con valori medi annuali sempre molto contenuti e intorno e inferiori alla metà del limite stesso. La situazione rimane molto buona anche considerando il numero di superamenti della soglia media giornaliera riportati nella seguente figura:



Anche in questo caso, il limite annuale di 35 superamenti della soglia giornaliera non è mai stato raggiunto. Inoltre, centraline come Semonte, Ghigiano e anche Padule hanno avuto più di un anno senza mai avere giorni con superamenti della soglia giornaliera.

Infine, per quanto riguarda l'indicatore relativo alle polveri PM2.5, la situazione degli ultimi 10 anni è riportata nella seguente figura:



Per il PM2.5 si vede come tra il 2015 e il 2017 ci sia stato un trend decrescente per la sola stazione di Piazza 40 Martiri mentre tutte le altre mostrano un andamento quasi costante e, comunque, tutte ampiamente al di sotto del limite di legge.

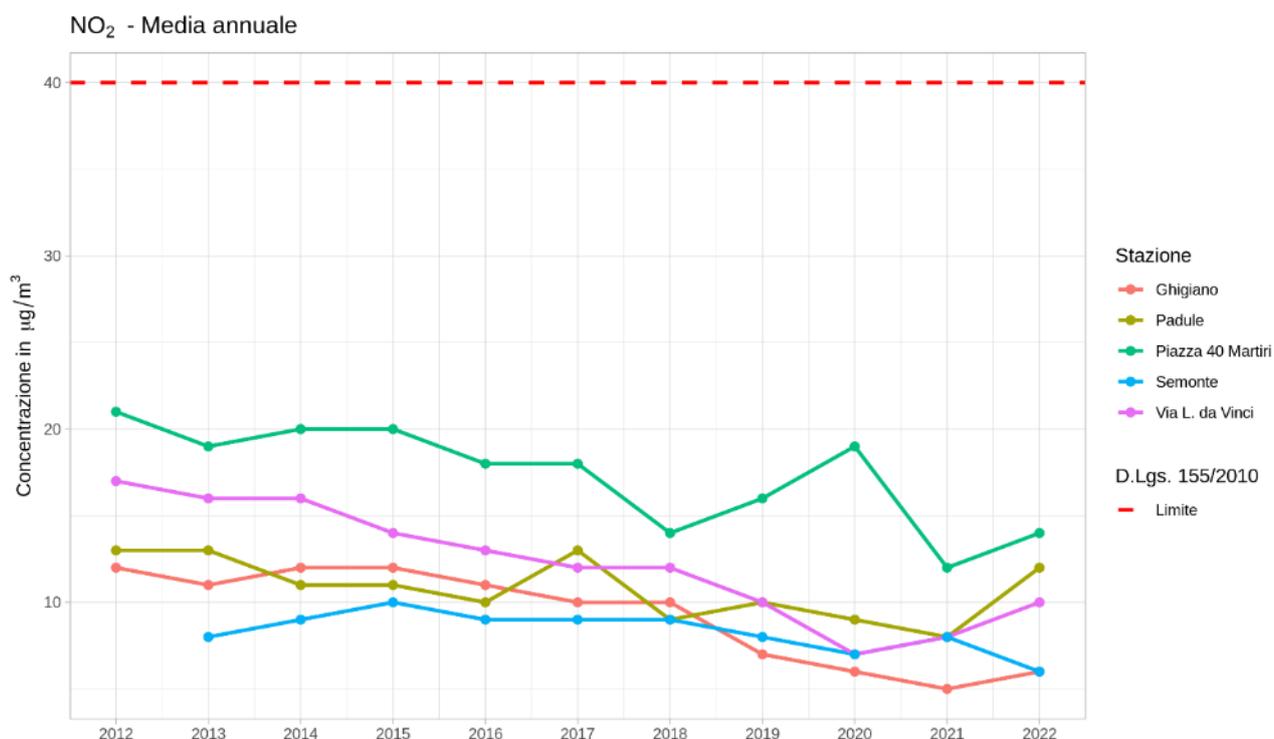
Valutando insieme i tre grafici relativi alle polveri fini, si può notare come la stazione urbana di Piazza 40 Martiri mostri i valori di PM10 maggiori rispetto le altre stazioni industriali, mentre per il PM2.5 negli ultimi anni la stazione con valori relativamente maggiori è quella di Via L. da Vinci.

4.2 Ossidi di Azoto

Per il biossido di azoto (NO₂), il D.Lgs. 155/2010 elenca due indicatori per la valutazione della qualità dell'aria per la protezione della salute umana:

Parametro	Indicatore	Valore limite
NO ₂	Valore medio annuale	40 µg/m ³
NO ₂	Numero di superamenti del valore medio orario di 200 µg/m ³	18 superamenti/anno

Nella seguente figura è riportato l'andamento dei valori medi annuali di NO₂ negli ultimi 11 anni:



Si vede come per tutti gli anni riportati, nessuna centralina di qualità dell'aria ha mai rilevato il superamento del valore limite; inoltre, i valori medi annuali sono stati sempre molto contenuti anche intorno a un quarto di tale limite.

Per quanto riguarda il numero di superamenti del valore medio orario di 200 µg/m³, questa soglia non è mai stata superata nelle attuali centraline di monitoraggio negli ultimi 11 anni.

Come per il PM10, anche per gli ossidi di azoto, la centralina che ha mostrato valori relativamente più elevati risulta essere quella di Piazza 40 Martiri.

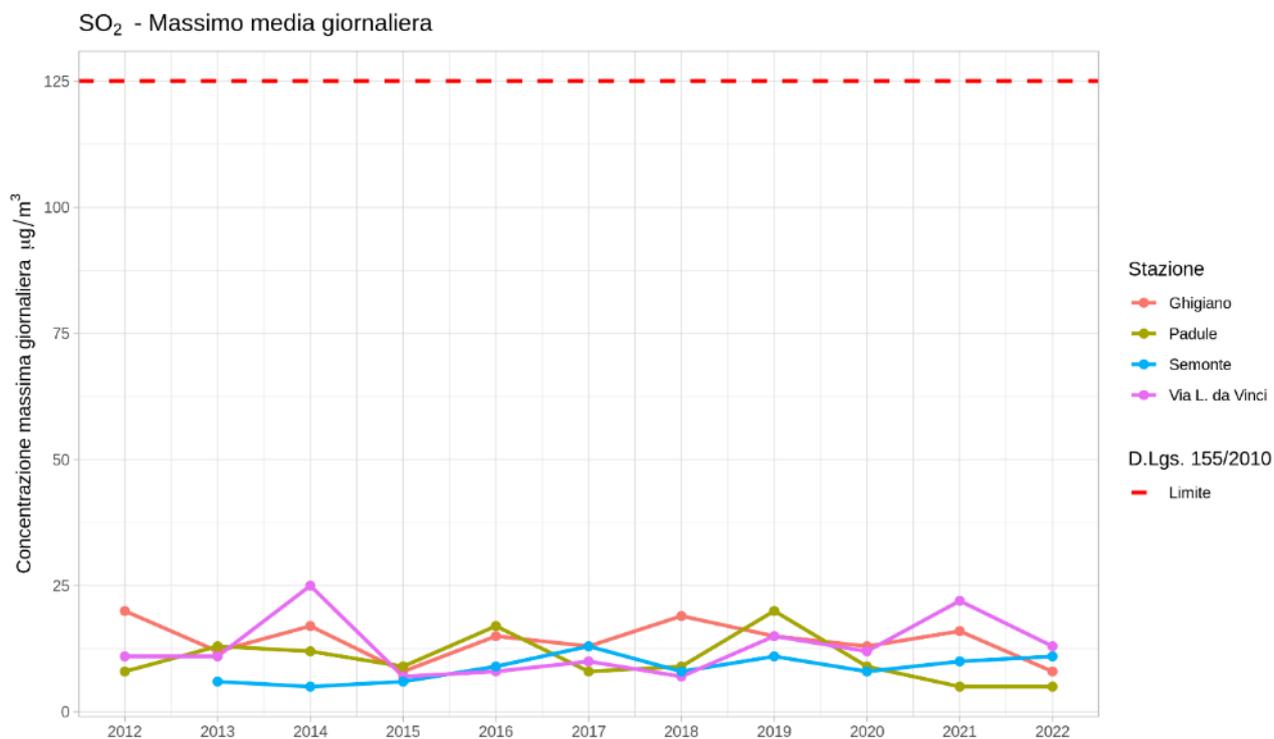
Infine, è possibile vedere una lenta ma continua tendenza al miglioramento per tutte le stazioni tranne quella di Semonte che fin dai primi anni ha mantenuto un valore basso e costante.

4.3 Biossido di Zolfo

Per il biossido di azoto (SO₂), il D.Lgs. 155/2010 elenca due indicatori per la valutazione della qualità dell'aria per la protezione della salute umana:

Parametro	Indicatore	Valore limite
SO ₂	Numero di superamenti del valore medio orario di 350 µg/m ³	24 superamenti/anno
SO ₂	Numero di superamenti del valore medio giornaliero di 125 µg/m ³	3 superamenti/anno

Quest'inquinante è misurato nelle sole quattro stazioni industriali ma non in quella di Piazza 40 Martiri e, negli ultimi 11 anni entrambi gli indicatori non hanno mai registrato superamenti. Per poter fornire comunque un'indicazione sull'andamento temporale di questo, nella seguente figura è riportato l'andamento del massimo valore medio di SO₂ negli ultimi 11 anni:



Da questo si vede come non solo non ci siano mai stati superamenti almeno per l'indicatore relativo alla media giornaliera ma per tutti gli anni riportati il massimo valore medio giornaliero è stato sempre molto contenuto è sempre un ordine di grandezza inferiore rispetto la soglia giornaliera.

Il discorso è del tutto analogo per il valore medio orario.

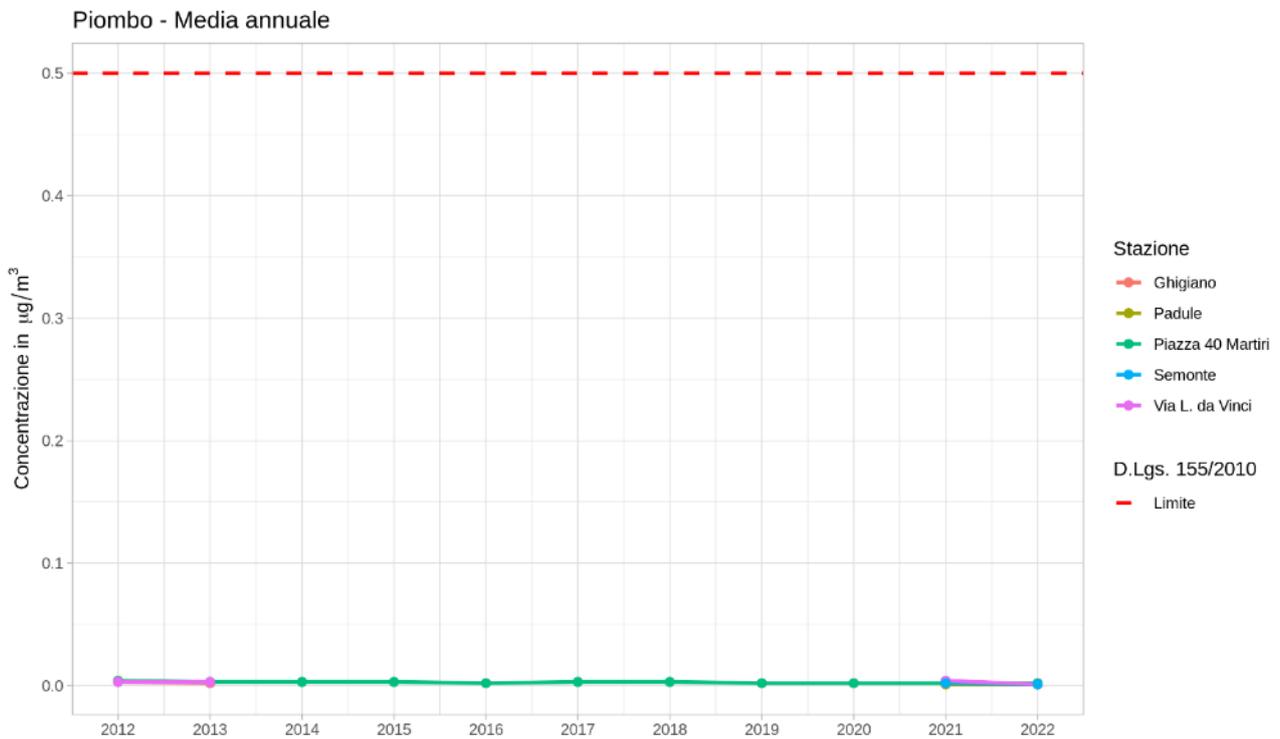
4.4 Metalli pesanti

Nella seguente tabella sono indicati i valori limite e/o obiettivo per i 4 diversi metalli pesanti indicati dal D.Lgs. 155/2010:

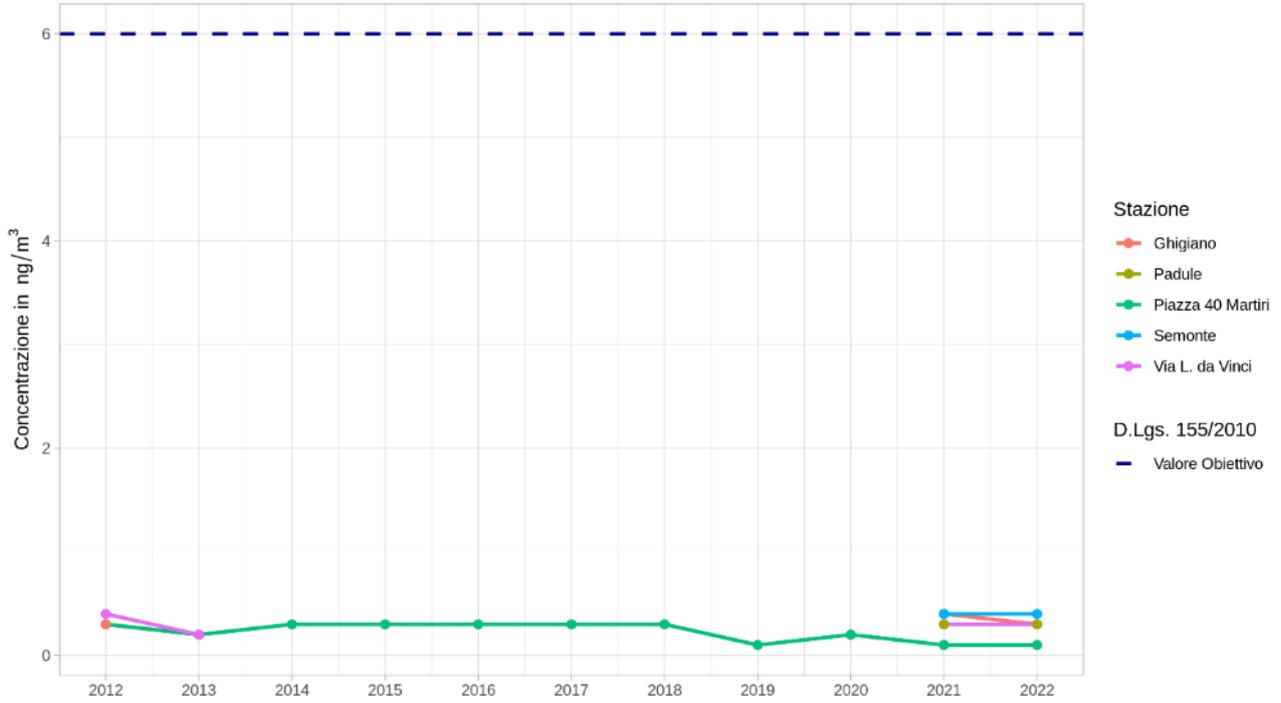
Parametro	Indicatore	Valore limite	Tipologia
Piombo - Pb	Valore medio annuale	0,5 µg/m ³	Valore limite
Arsenico - As	Valore medio annuale	6 ng/m ³	Valore obiettivo
Cadmio - Cd	Valore medio annuale	5 ng/m ³	Valore obiettivo
Nichel - Ni	Valore medio annuale	20 ng/m ³	Valore obiettivo

Nella norma, un valore obiettivo ha una maggior flessibilità rispetto a un valor limite in quanto va conseguito, ove possibile, entro una data mentre un valore limite deve essere raggiunto tassativamente entro un termine prestabilito e, in seguito, non deve essere superato.

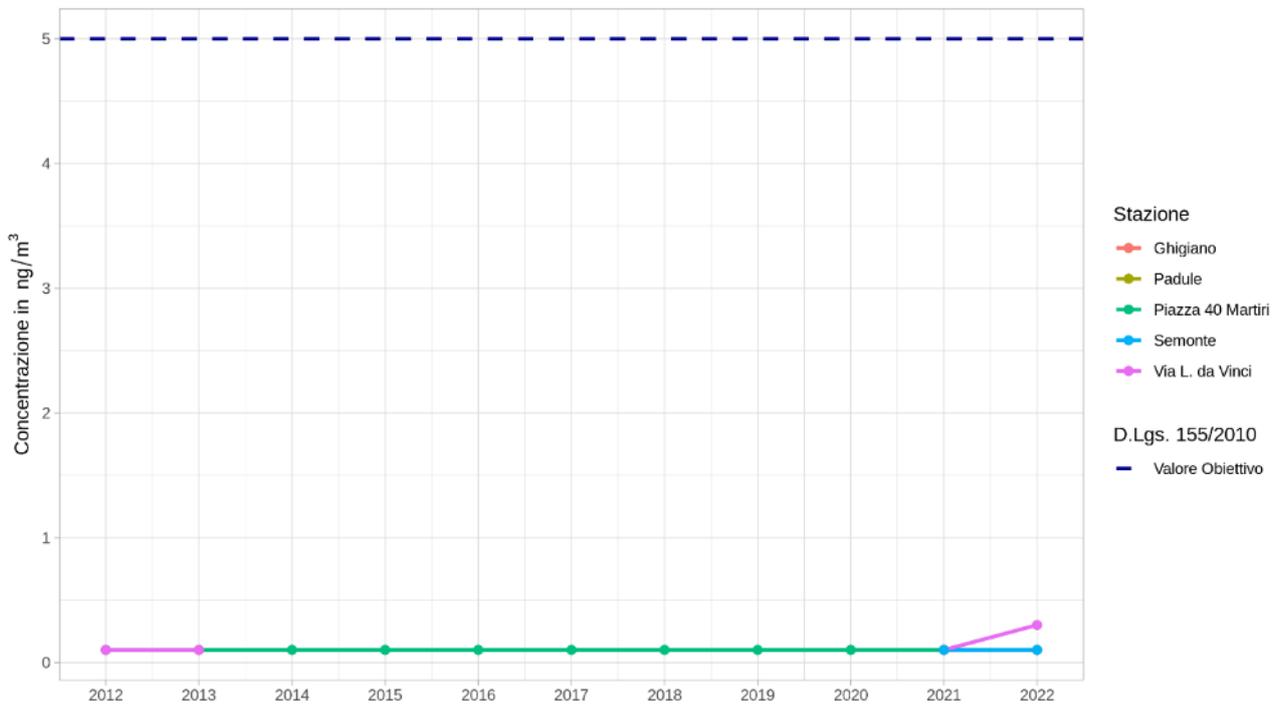
Nelle successive figure sono riportati gli andamenti dei valori medi annuali negli ultimi 11 anni per i quattro metalli pesanti normati:

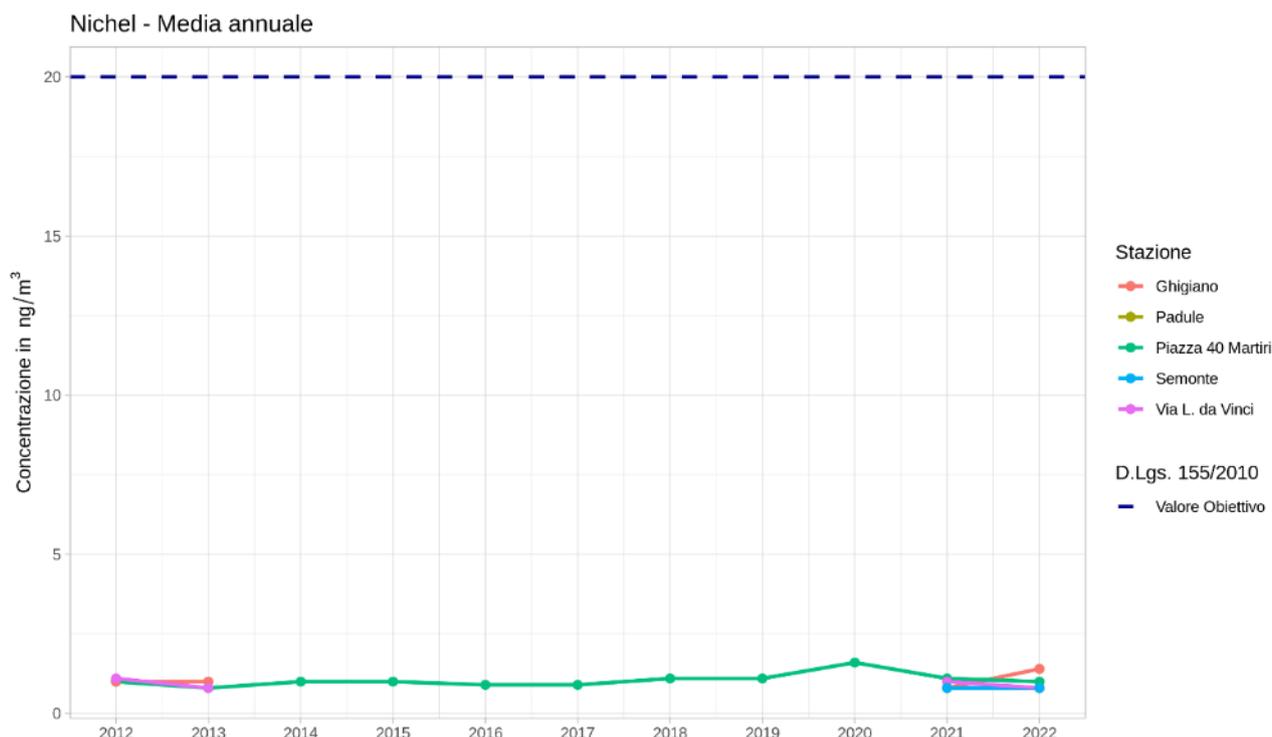


Arsenico - Media annuale



Cadmio - Media annuale





Le misure evidenziano non solo che per tutti i metalli non siano mai stati superati il valore limite o obiettivo ma che i valori medi rilevati sono almeno un ordine di grandezza inferiori ai limiti stessi (per il Pb si arriva a due ordini di grandezza inferiori al limite).

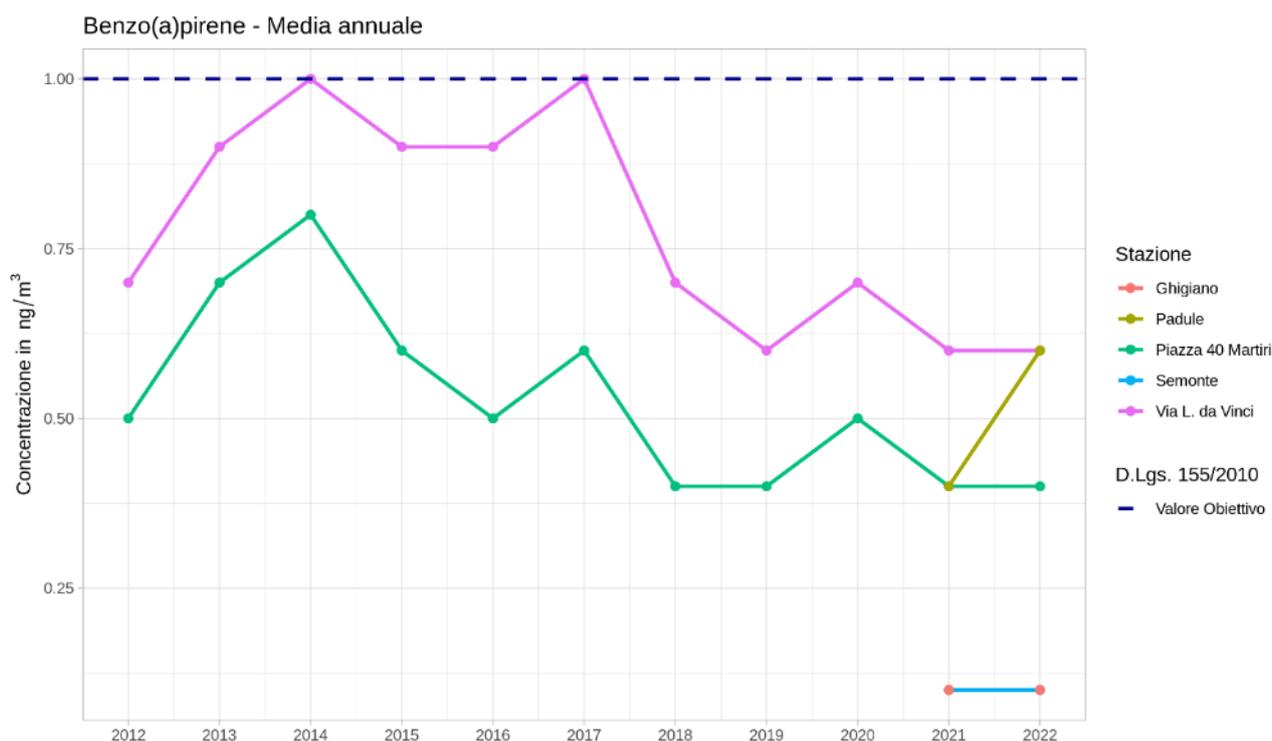
4.5 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Il D.Lgs. 155/2010 prescrive di valutare la classe di composti degli Idrocarburi Policiclici Aromatici principalmente tramite la misura del composto principale e più rappresentativo, ovvero il benzo(a)pirene (BAP).

Nella seguente tabella è indicato il valore obiettivo per tale composto:

Parametro	Indicatore	Valore limite	Tipologia
BAP	Valore medio annuale	1 ng/m ³	Valore obiettivo

Nella successiva figura è riportato l'andamento dei valori medi annuali di tale parametro negli ultimi 11 anni:



Questo parametro è stato monitorato inizialmente in tre stazioni, due da traffico e una industriale di Ghigiano. Poi, dato che la stazione industriale ha sempre mostrato valori costantemente bassi, e dato che tale parametro è più legato alle emissioni da traffico, il monitoraggio presso questa stazione è stato interrotto perché superfluo. Infine, nel 2021 è ripartito il monitoraggio presso tutte le rimanenti stazioni industriali.

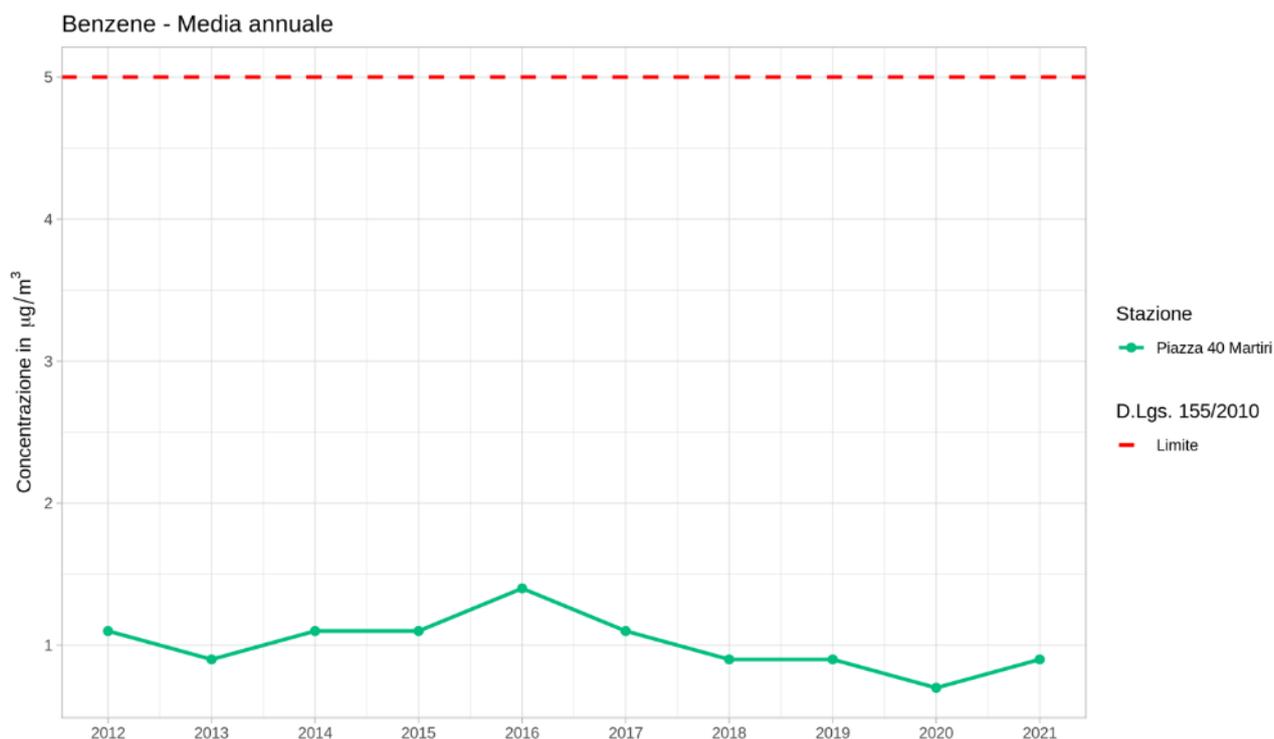
Negli anni, questo parametro ha avuto valori vicini al valore obiettivo per la stazione di Via L. da Vinci ma che, negli ultimi anni sono discesi nuovamente verso valori pienamente accettabili.

4.6 Benzene

Il D.Lgs. 155/2010 prevede la valutazione della qualità dell'aria per la protezione della salute umana rispetto alle concentrazioni di benzene tramite il seguente indicatore:

Parametro	Indicatore	Valore limite	Tipologia
C ₆ H ₆	Valore medio annuale	5 µg/m ³	Valore obiettivo

Nella successiva figura è riportato l'andamento dei valori medi annuali di tale parametro nei 10 anni dal 2012 al 2021 presso la sola stazione urbana di Piazza 40 Martiri:



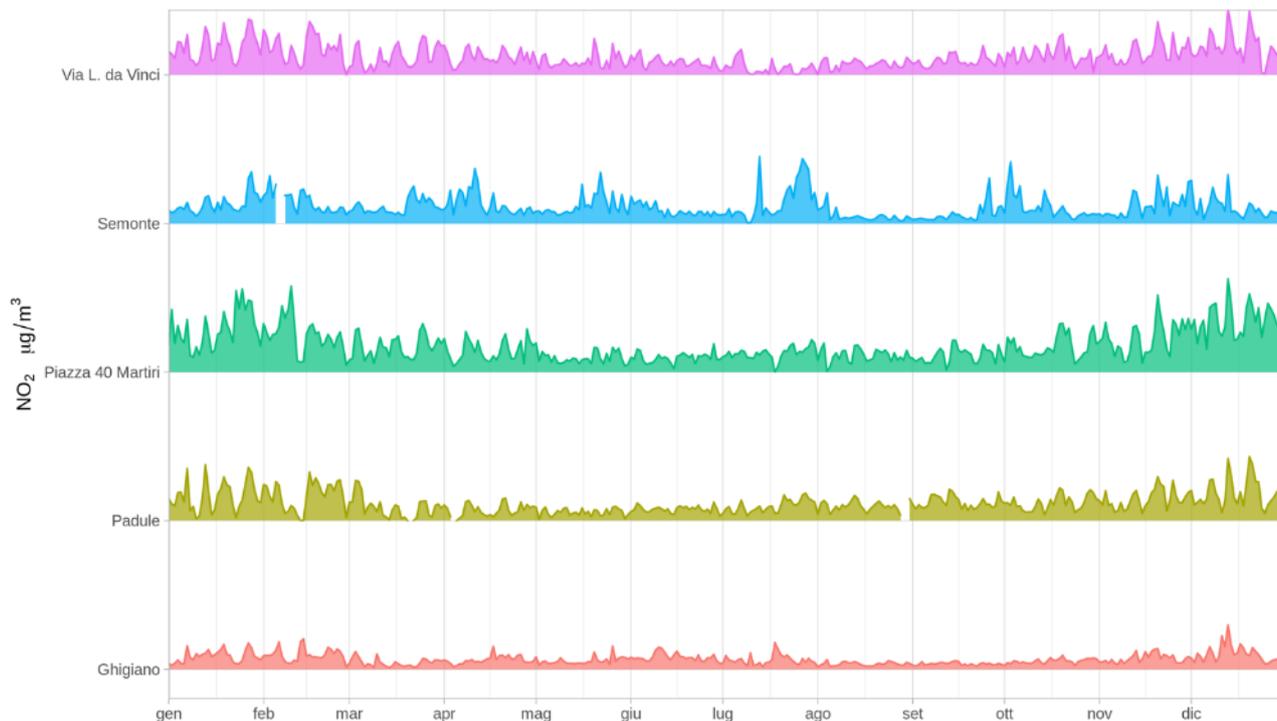
Questo inquinante non è stato monitorato tramite una strumentazione in continuo ma con l'ausilio di campionatori passivi e, dato che i valori hanno sempre mostrato l'abbondante rispetto del limite di legge, nell'anno 2022 si è deciso di interromperne il monitoraggio. Perciò motivo tale anno non è compreso nel precedente grafico.

4.7 Analisi degli andamenti di PM10 e NO₂

Per comprendere meglio le caratteristiche delle stazioni e gli andamenti di due degli inquinanti principali PM10 e NO₂, sono state fatte analisi dei valori misurati dalle varie stazioni aggiuntive rispetto agli indicatori previsti dal D.Lgs. 155/10.

Nei seguenti due grafici, sono riportati gli andamenti medi giornalieri di PM10 e NO₂ misurati nelle varie centraline durante l'ultimo anno, ovvero il 2021.

Valori giornalieri di NO₂ nel 2021



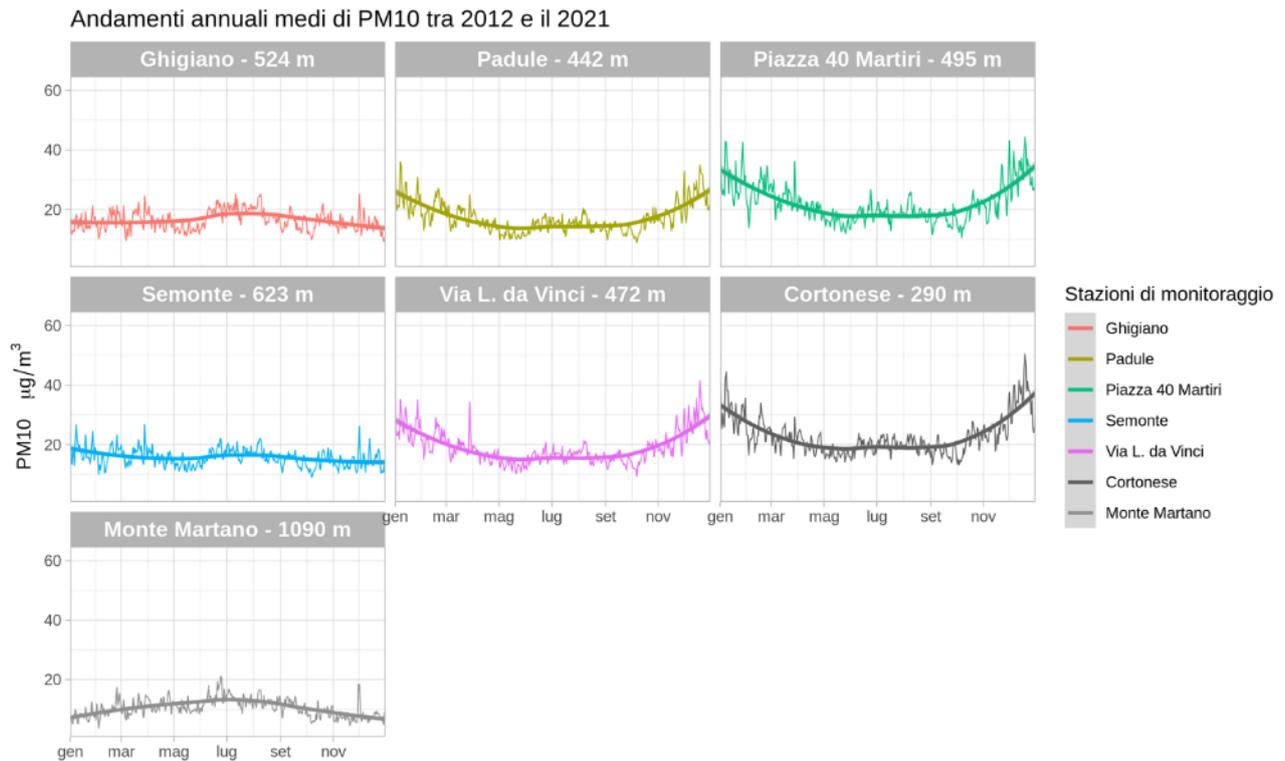
Valori giornalieri di PM10 nel 2021



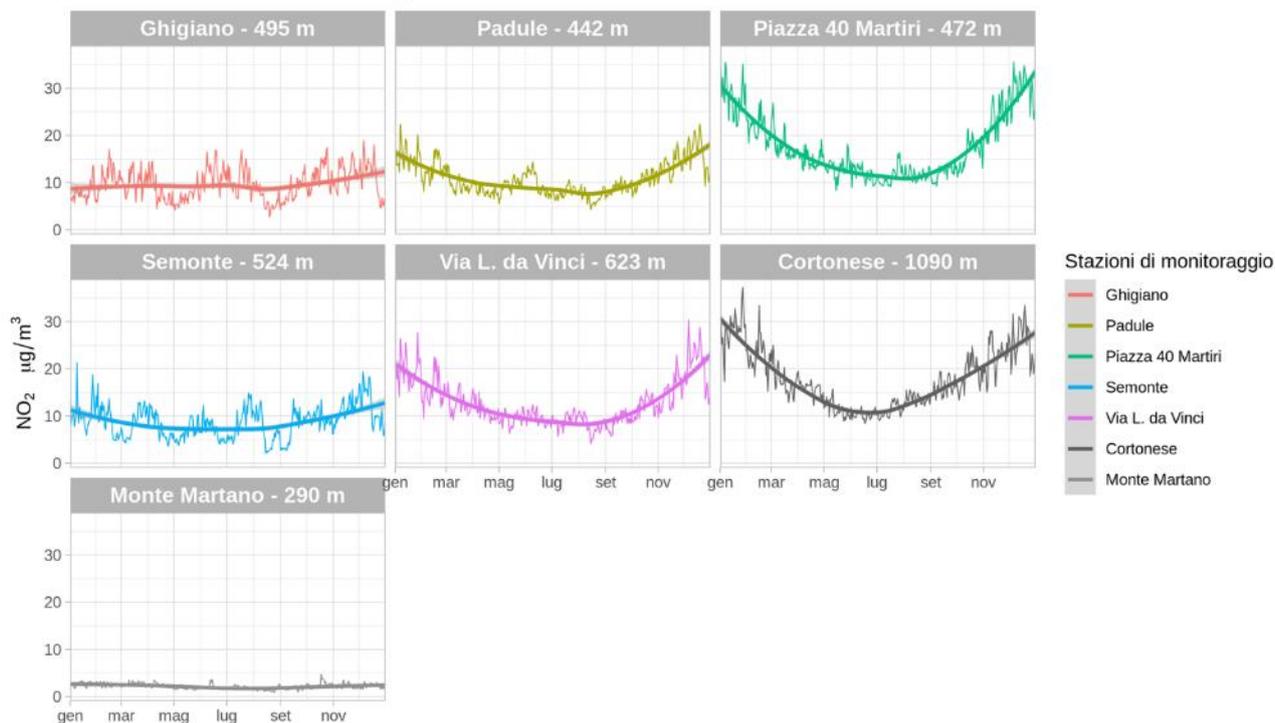
Da questi è possibile estrarre alcune caratteristiche comuni o specifiche di questi due inquinanti. Entrambi hanno un andamento simile delle concentrazioni durante l'anno: per le stazioni di Piazza 40 Martiri, e le due industriali di Padule e Via L. da Vinci si notano valori massimi durante i mesi invernali mentre le altre due stazioni industriali di Ghigiano e Semonte hanno un andamento più costante. Questo fatto è dovuto a una caratteristica della bassa atmosfera tipica dei mesi freddi che favorisce l'accumulo degli inquinanti emessi al suolo per le stazioni a più bassa quota e lo favorisce di meno per quelle stazioni a più alta quota.

Inoltre, per il PM10, sappiamo che in autunno e inverno è attiva una sorgente aggiuntiva, ovvero il riscaldamento domestico a biomasse che è più evidente nei pressi dei centri urbani e, quindi, anche in questo caso per le stazioni di Piazza 40 Martiri, Padule e Via L. da Vinci.

Nelle seguenti due figure sono riportati gli andamenti di un anno tipo nei quali a ciascun giorno dell'anno è assegnato il valore medio dei valori assunti lo stesso giorno negli anni tra il 2012 e il 2021. In questa maniera è possibile evidenziare l'andamento annuale tipico di ciascuna centralina che, nel grafico, è reso più evidente tramite la sovrapposizione di una linea di tendenza. Inoltre, per confronto, sono riportati gli andamenti anche della stazione di Perugia – Cortonese, che è una stazione di fondo urbano, e la stazione di fondo regionale ad alta quota di Monte Martano.



Andamenti annuali medi di NO₂ tra 2012 e il 2021



Da questi si vede come le centraline nei pressi di centri urbani (Piazza 40 Martiri, Padule, Via L. da Vinci e anche Perugia - Cortonese) abbiano una evidente andamento annuale a “U” con i valori massimi nei mesi invernali. Al contrario, le centraline di Ghigiano, Semonte e Monte Martano non seguono questa tendenza ma hanno valori generalmente più costanti durante l’anno. Inoltre, in quest’ultime si hanno anche valori medi giornalieri relativamente più bassi rispetto alle stazioni urbane, fatto evidente per PM10 e meno per NO₂.

Questo avviene per il fatto che le stazioni di Ghigiano e Semonte sono industriali e risentono delle emissioni di inquinanti dai rispettivi cementifici, soprattutto per NO₂ come si può dedurre dall’Inventario Regionale delle Emissioni.

Dai grafici per il 2021, oltre agli andamenti comuni dovuti principalmente a fattori meteorologici, per il PM10 sono evidenti svariati picchi di concentrazione elevata e di durata di qualche giorno che sono comuni a tutte le centraline e presenti anche durante i mesi caldi. Questi sono dovuti principalmente a intrusioni di polveri provenienti principalmente dal Nord Africa, intrusioni di polveri sahariane, che possono determinare concentrazioni elevate anche per svariati giorni.

La seguente figura mostra lo stesso andamento del 2021 per PM10 con evidenziati in grigio gli eventi di intrusione di tali tipi di polveri individuati tramite la metodologia Diapason elaborata nell’ambito dell’omonimo progetto europeo che ha definito e messo a punto un metodo automatico per l’individuazione e la quantificazione del contributo di polveri sahariane.

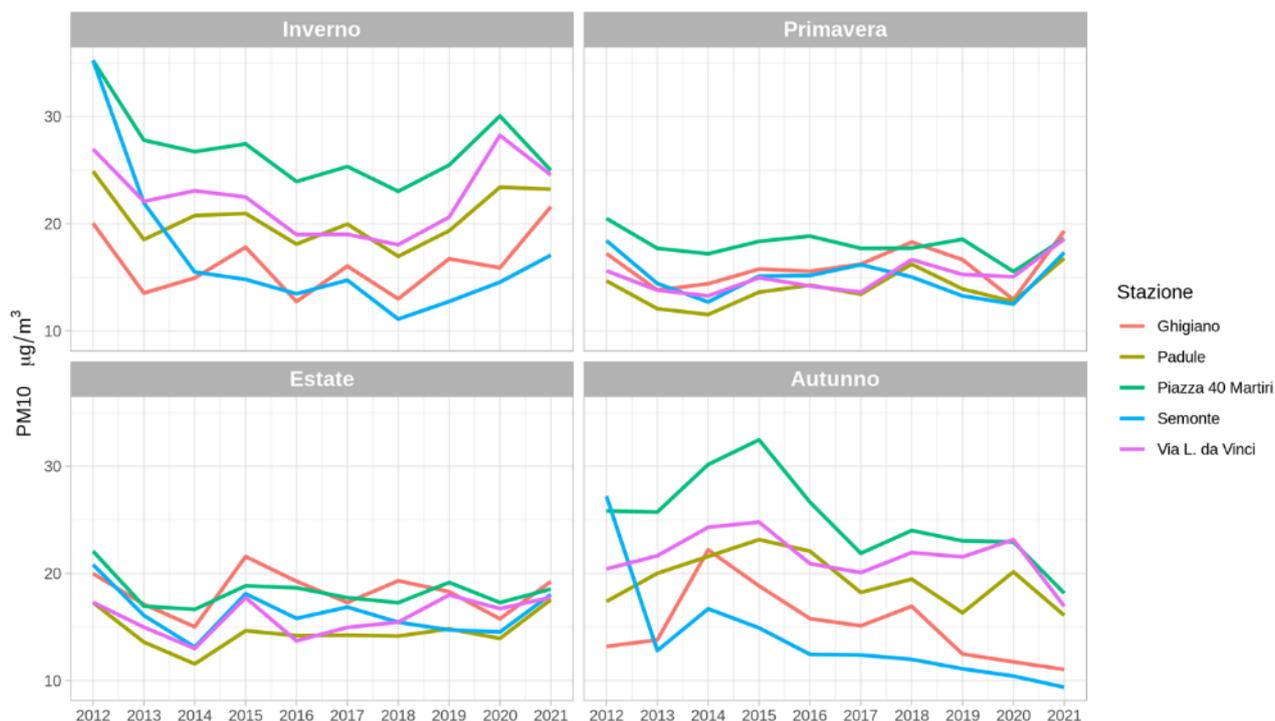
Valori giornalieri di PM10 nel 2021



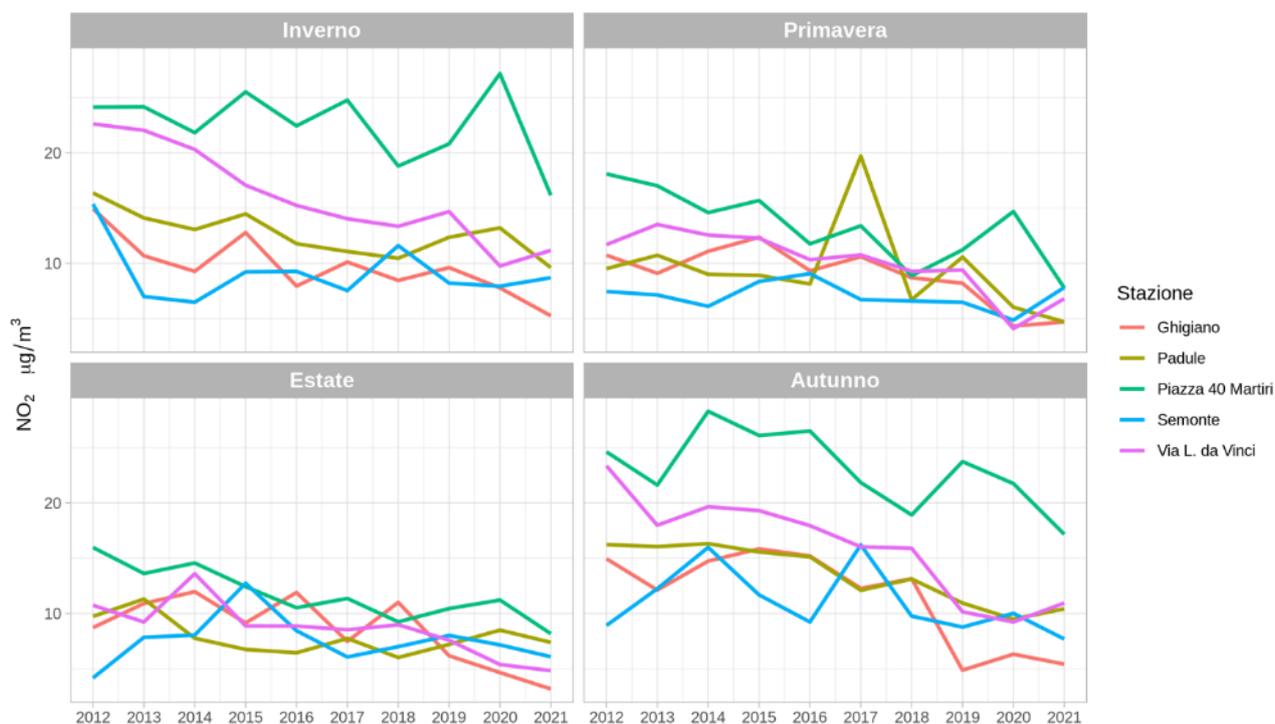
Si vede che la maggior parte di questi picchi di concentrazione di PM10 derivano da tali tipi di intrusioni, soprattutto in primavera ed estate. Poi, sono presenti altri picchi comuni, come quelli di dicembre, che hanno altre possibili origini, come a quella dovuta a forti fenomeni di inversione termica al suolo per le tipiche condizioni meteorologiche invernali.

Oltre agli andamenti annuali, è possibile valutare anche gli stessi su base stagionale o settimanale. Nelle seguenti due immagini sono riportati gli andamenti medi stagionali di PM10 e NO₂ per i vari anni.

Andamenti dei valori stagionali di PM10



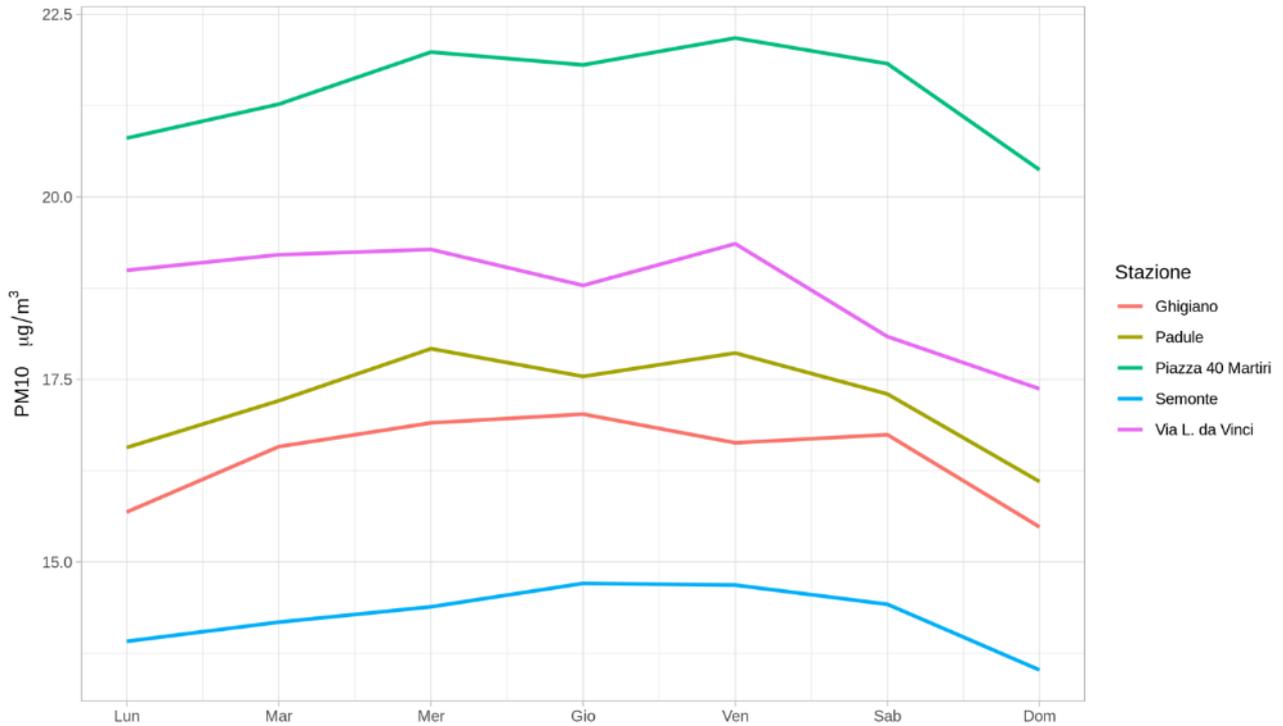
Andamenti dei valori stagionali di NO₂



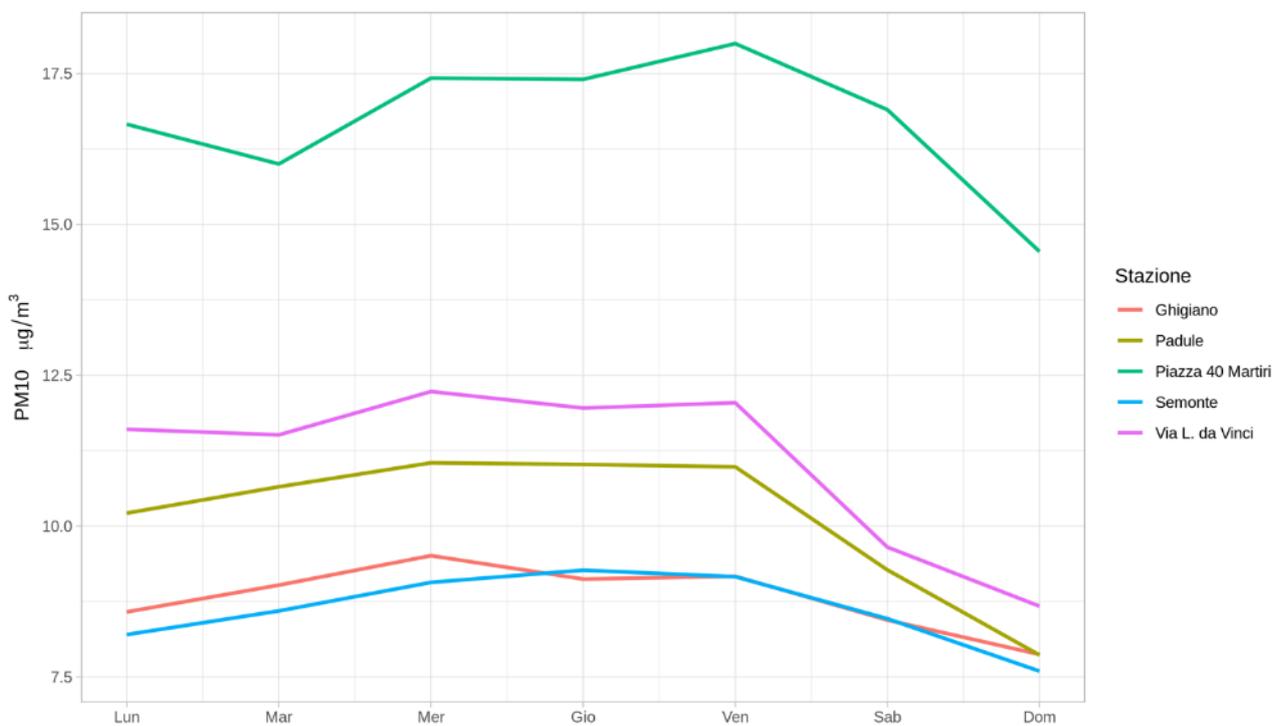
È possibile vedere come per entrambi gli inquinanti, i valori nelle stagioni fredde (autunno e inverno) siano maggiori di quelli caldi; come già accennato, questo è dovuto principalmente alle condizioni meteorologiche per le quali in questi mesi l'altezza di rimescolamento è più bassa che nei mesi caldi determinando un volume minore nel quale si possono diluire gli inquinanti. Inoltre, in questi mesi freddi è presente la sorgente aggiuntiva dovuta al riscaldamento.

Inoltre, è possibile vedere un leggero trend in diminuzione durante questi anni, più marcato per NO₂. Nei seguenti due grafici è mostrato invece l'andamento del valore settimanale medio inteso come settimana tipo nella quale i giorni corrispondono ai valori medi su tutto il periodo di quello stesso giorno della settimana.

Andamenti dei valori settimanali medi di PM10

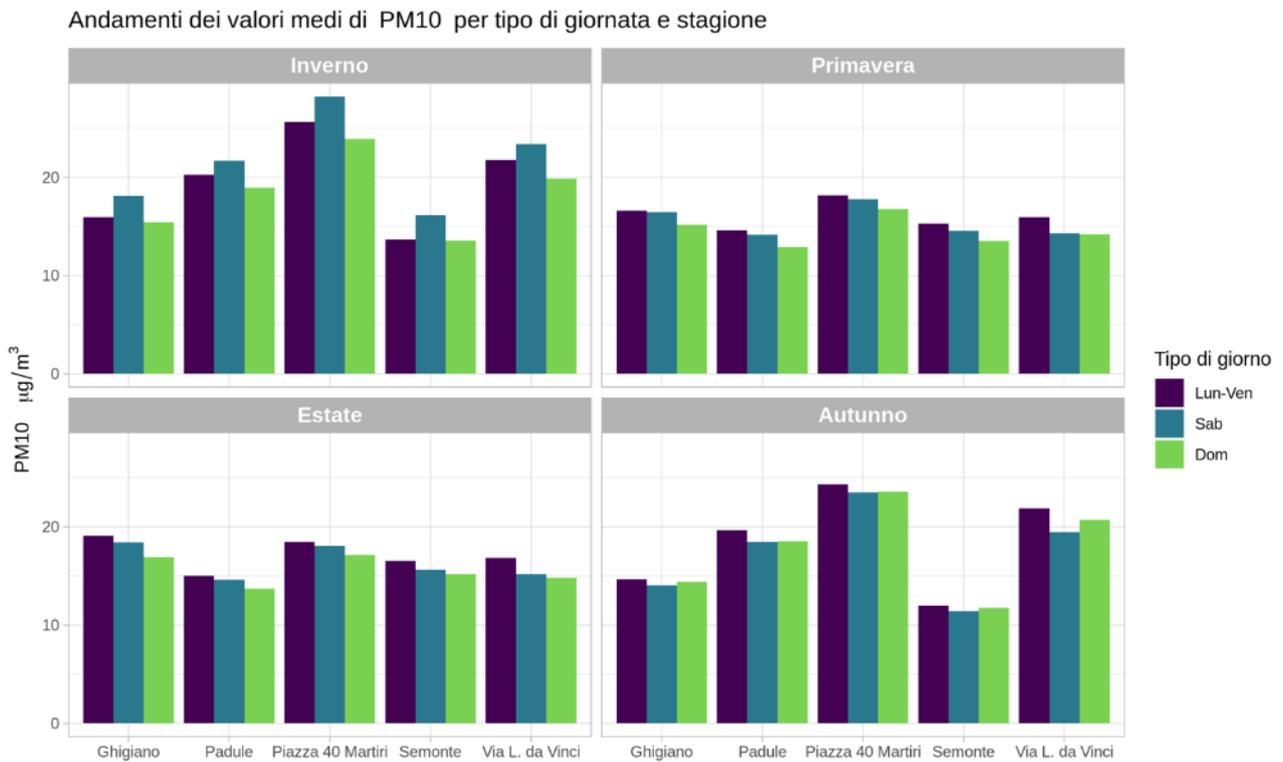


Andamenti dei valori settimanali medi di NO₂

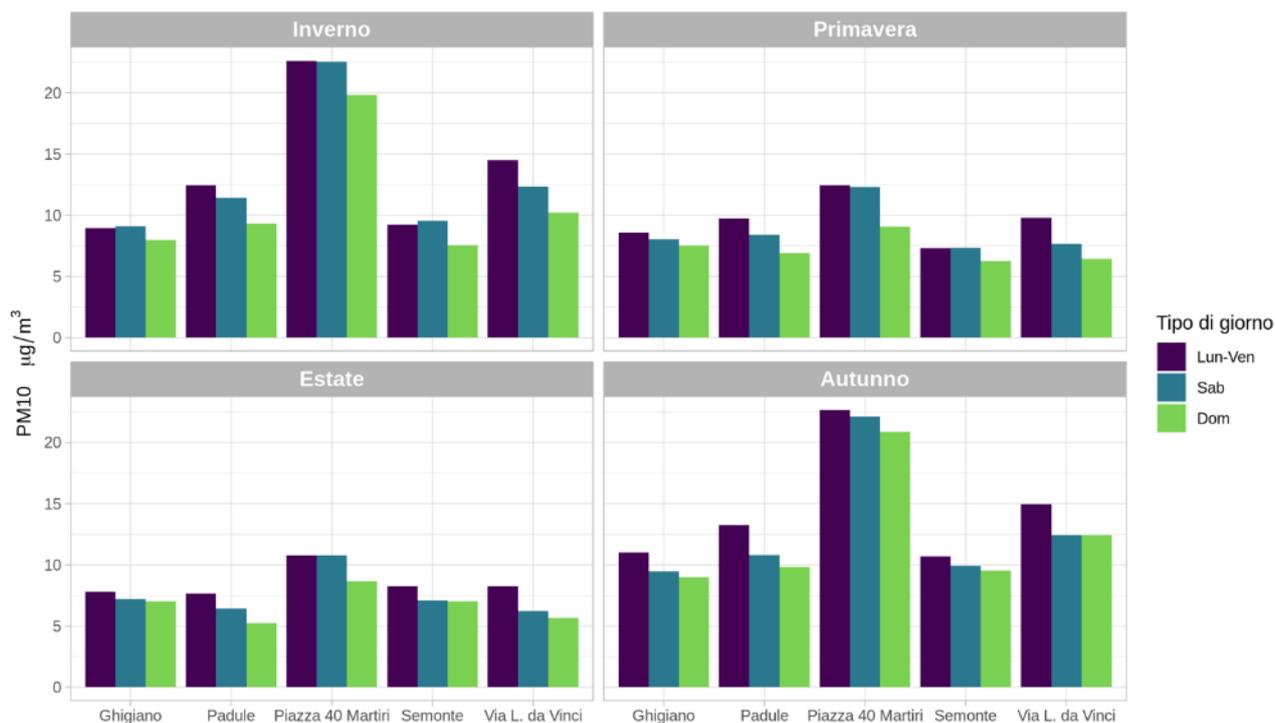


Da questi è evidente come esista per entrambi gli inquinanti un ciclo settimanale con una fase crescente durante i giorni feriali e una decrescente nel fine settimana anche se per PM10 la diminuzione avviene nel giorno di domenica mentre per NO₂ già da sabato.

Per valutare meglio questo fatto, nei seguenti grafici sono confrontati i valori medi di PM10 e di NO₂ dei giorni feriali (da lunedì a venerdì) con quelli del sabato e della domenica differenziando per stagioni.



Andamenti dei valori medi di NO₂ per tipo di giornata e stagione

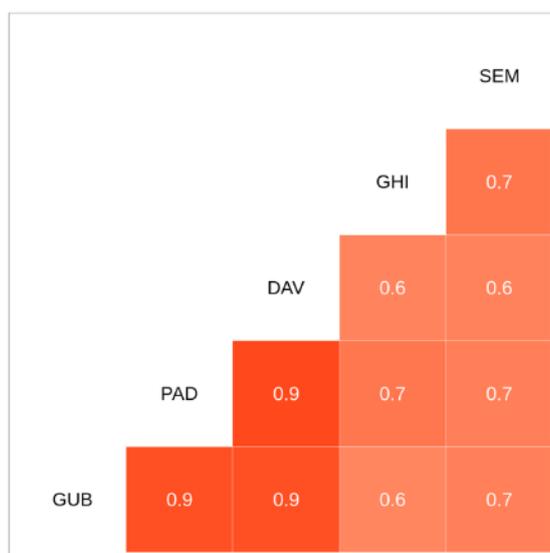


Si nota come in inverno, durante la giornata di sabato si ha un netto aumento dei valori di PM₁₀ in aria per tutte le stazioni; in autunno la tendenza alla diminuzione dei valori è meno marcata con il giorno di domenica che assume valori pari o maggiori a quelli del sabato. Questa tendenza è quasi sempre assente per NO₂ tranne che in inverno presso le stazioni di Ghigiano e Semonte.

Questo fenomeno è attribuibile con buona certezza alla sorgente dovuta al riscaldamento con biomassa che è una componente molto importante nelle emissioni di PM₁₀.

Infine, nei seguenti grafici sono riportate le correlazioni tra i valori giornalieri medi di tutte le centraline e, per NO₂ anche dei valori orari.

Correlazione dei valori giornalieri di PM₁₀

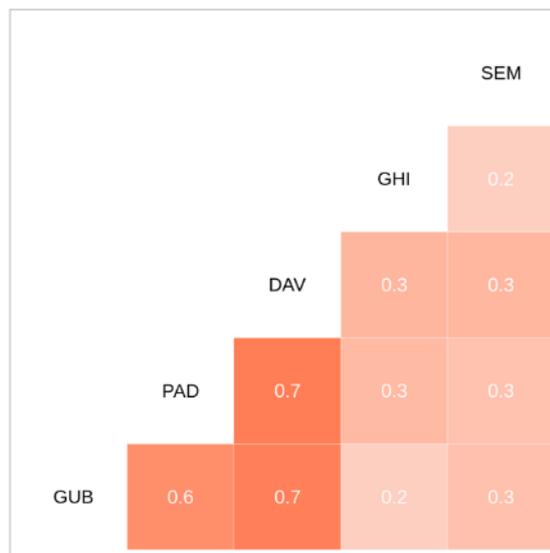


L'alta correlazione ottenuta per i valori giornalieri di PM10 mostra come le varie centraline più vicine ai centri urbani, Piazza 40 Martiri - indicata come "GUB", Padule indicata come "PAD" e Via L. da Vinci indicata come "DAV", stiano misurando valori con un andamento temporale molto simile e, molto probabilmente, anche da tipi di sorgenti simili come tutte le emissioni tipicamente presenti in zone urbane, ovvero principalmente traffico e riscaldamento; le due centraline di Ghigiano e Semonte mostrano andamenti più differenti dalle altre centraline a conferma della natura di centraline di tipo industriale con caratteristiche proprie.

Correlazione dei valori giornalieri di NO₂



Correlazione dei valori orari di NO₂



Anche in questo caso è molto evidente come le centraline più vicine ai centri abbiano andamenti più simili e correlati tra loro mentre Ghigiano e Semonte abbiano valori praticamente non correlati né rispetto le stazioni urbane né tra loro. Questo è ancora più evidente dai valori medi orari.

Questo conferma, rispetto gli andamenti dei parametri PM10 e NO₂, la natura nettamente differente tra la stazione urbana di Piazza 40 Martiri, le due stazioni di tipo industriale di Via L. da Vinci e Padule che sono posizionate nei pressi di centri urbani con quelle industriali di Ghigiano e Semonte posizionate nelle zone più rappresentative delle emissioni industriali stesse.

5 Risultati di altri tipi di monitoraggio

In questo capitolo sono presentati i risultati di una serie di monitoraggi e analisi che, sebbene non siano previsti dal D.Lgs. 155/10, permettono di chiarire meglio il tipo di impatti presenti e le possibili cause che li determinano.

In particolare, a partire dal 2021 è stata avviata una campagna di misura intensiva in tutte e 5 le centraline presenti a nel territorio di Gubbio in vista del possibile utilizzo in entrambi i cementifici presenti nel territorio di combustibili derivati da rifiuti, ovvero il CSS-C come definito dal DM n.22 del 14/02/2013. L'utilizzo del CSS-C è diventata una possibilità con l'avvio dell'iter della domanda di autorizzazione a inizio del 2021 e concluso a fine dicembre 2021 con la modifica delle rispettive AIA. Ad oggi un solo cementificio ha completato i lavori e ha avviato l'uso del CSS-C come combustibile aggiuntivo a fine 2022.

La finalità del monitoraggio è quella di avere una valutazione ex-ante, ovvero prima dell'attivazione dell'utilizzo di tale combustibile, ed ex-post di modo da poter verificare eventuali modifiche alla qualità dell'aria che potrebbero esserci a seguito dell'introduzione di tale combustibile.

Pertanto, la campagna si concluderà dopo un congruo periodo di osservazione a seguito dall'avvio della combustione di CSS-C in entrambi gli impianti ma già da ora è possibile fare una valutazione preliminare dei dati raccolti da gennaio 2021 ad oggi, con gli ultimi mesi del 2022 che non sono ancora stati analizzati.

Di seguito sono sintetizzati i risultati di vari tipi di monitoraggi di parametri aggiuntivi rispetto le previsioni del D.Lgs. 155/2010 effettuati in questi 10 anni in alcune centraline alle quali, da inizio 2021 si sono aggiunte le determinazioni di quest'ultima campagna di misura intensiva.

I monitoraggi riportati riguardano la determinazione di metalli, IPA levoglucosano e diossine nel PM10 e nelle deposizioni totali di polveri e, inoltre, mercurio e ammoniaca in aria.

5.1 Metalli su PM10

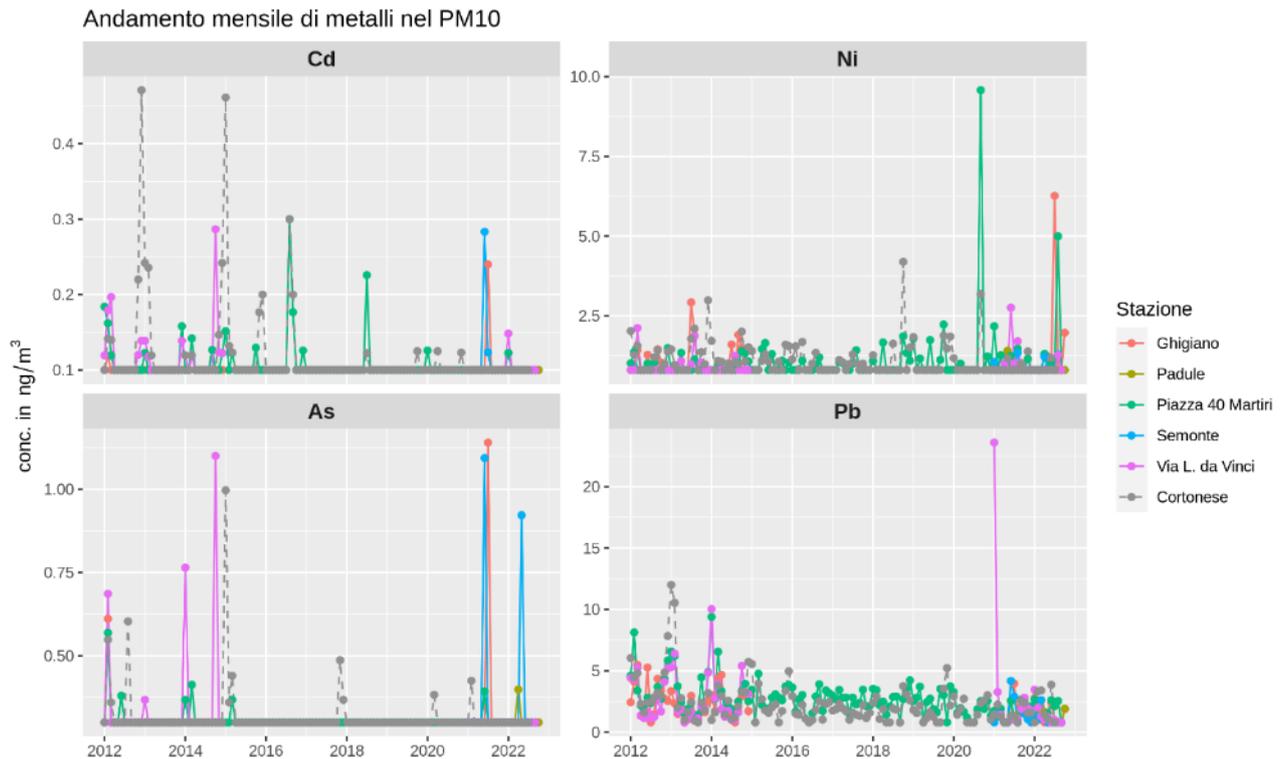
Negli ultimi anni i metalli sono stati determinati di continuo presso la stazione di Piazza 40 Martiri e dal 2012 al 2014 compresi, anche presso le stazioni industriali di Via L. da Vinci e Ghigiano. Dal 2021 è attivo il monitoraggio di questi anche presso le rimanenti stazioni a seguito dell'avvio del monitoraggio intensivo per la valutazione ex-ante dell'utilizzo di CSS-C nei cementifici.

Tra i metalli oggetto di misura, quattro sono normati nel D. Lgs.155/2010, ovvero il cadmio - Cd, il nichel - Ni, l'arsenico - As e il piombo - Pb, ed è previsto un valore limite o valore obiettivo in termini di valore medio annuale. Il confronto con tali valori limite o obiettivo è stato riportato nei paragrafi precedenti.

Di seguito sono riportati gli andamenti dei valori medi mensili che permettono di effettuare valutazioni aggiuntive e individuare eventuali trend o eventi con alte concentrazioni.

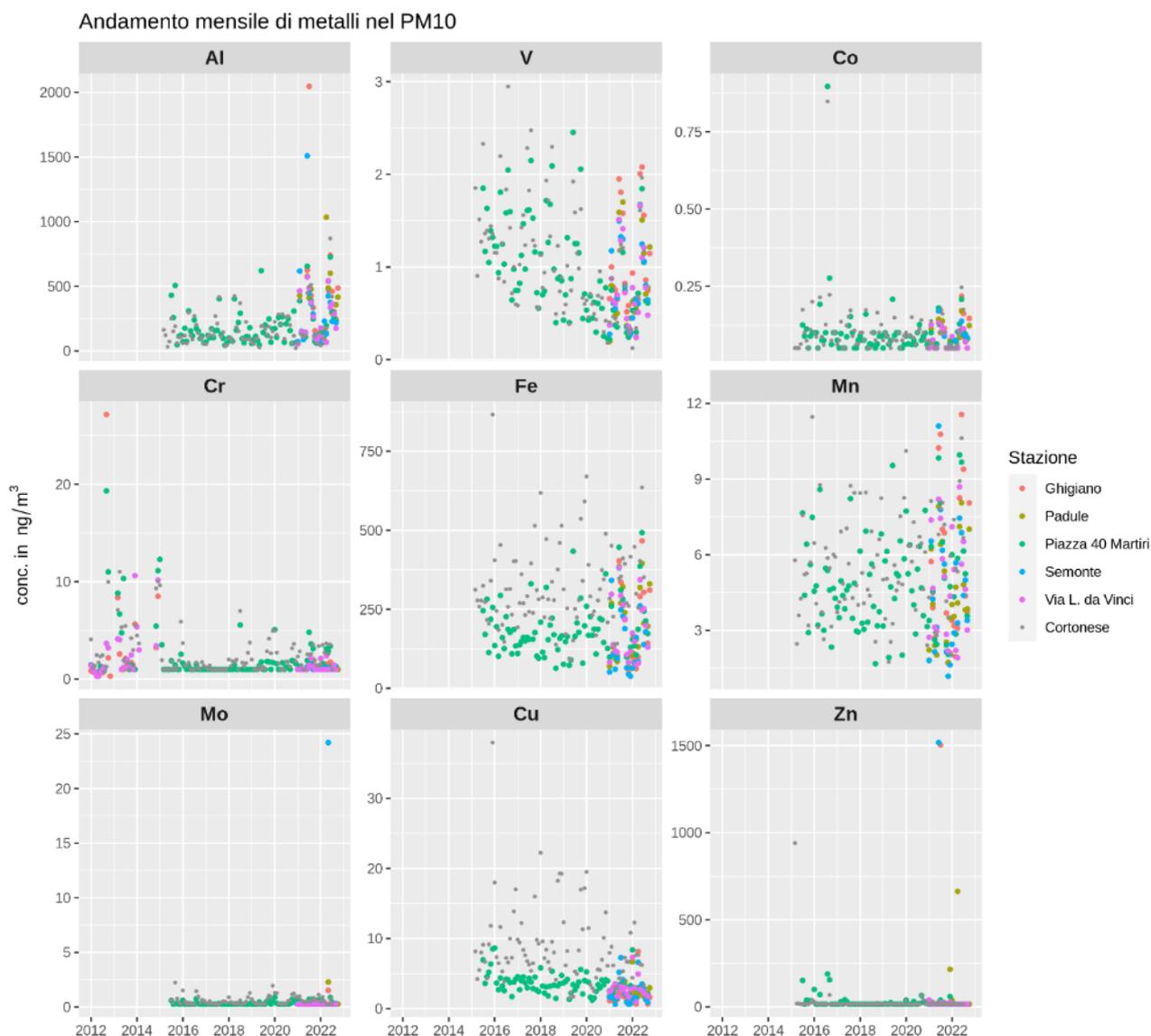
Inoltre, come termine di confronto, sono riportati i valori di metalli determinati sul PM10 della stazione di fondo urbano di Perugia – Cortonese, situata in un parco urbano.

Nel seguente grafico è riportato l'andamento mensile dei quattro metalli normati.



Non solo non sono evidenti trend di diminuzione o aumento, ma i valori si distribuiscono in un fondo abbastanza costante e, per cadmio e arsenico, al limite di rilevabilità con alcuni eventi occasionali con più alte concentrazioni. Questa situazione sembrerebbe sia la norma in quanto è comune anche con la stazione di Perugia – Cortonese nei pressi della quale sono presenti le tipiche sorgenti urbane di traffico e, nei periodi più freddi, del riscaldamento e nessuna sorgente industriale. In tutti i casi, anche i valori medi mensili sono molto al di sotto dei valori limite o obiettivo previsti dalla norma e come valori medi annuali.

Nel seguente grafico sono riportati tutti i metalli oggetto di determinazione analitica nella matrice del PM10 per i quali, oltre ai suddetti quattro, non esistono target di qualità ambientale. Questi sono alluminio - Al, vanadio - V, cobalto - Co, cromo - Cr, ferro - Fe, manganese - Mn, molibdeno - Mo, rame - Cu e zinco - Zn.



Il set di metalli completo utilizzato anche oggi è iniziato ad essere determinato intorno all'anno 2015 mentre inizialmente solo alcuni metalli erano misurati analiticamente, in particolare, tutti quelli normati dal D.Lgs. 155/2010 insieme al cromo.

Anche in questo caso, non sono evidenti particolari trend negli anni e, inoltre, non ci sono differenze sostanziali nei comportamenti e nei valori rilevati nelle centraline di Gubbio con quelle del Parco Cortonese a Perugia.

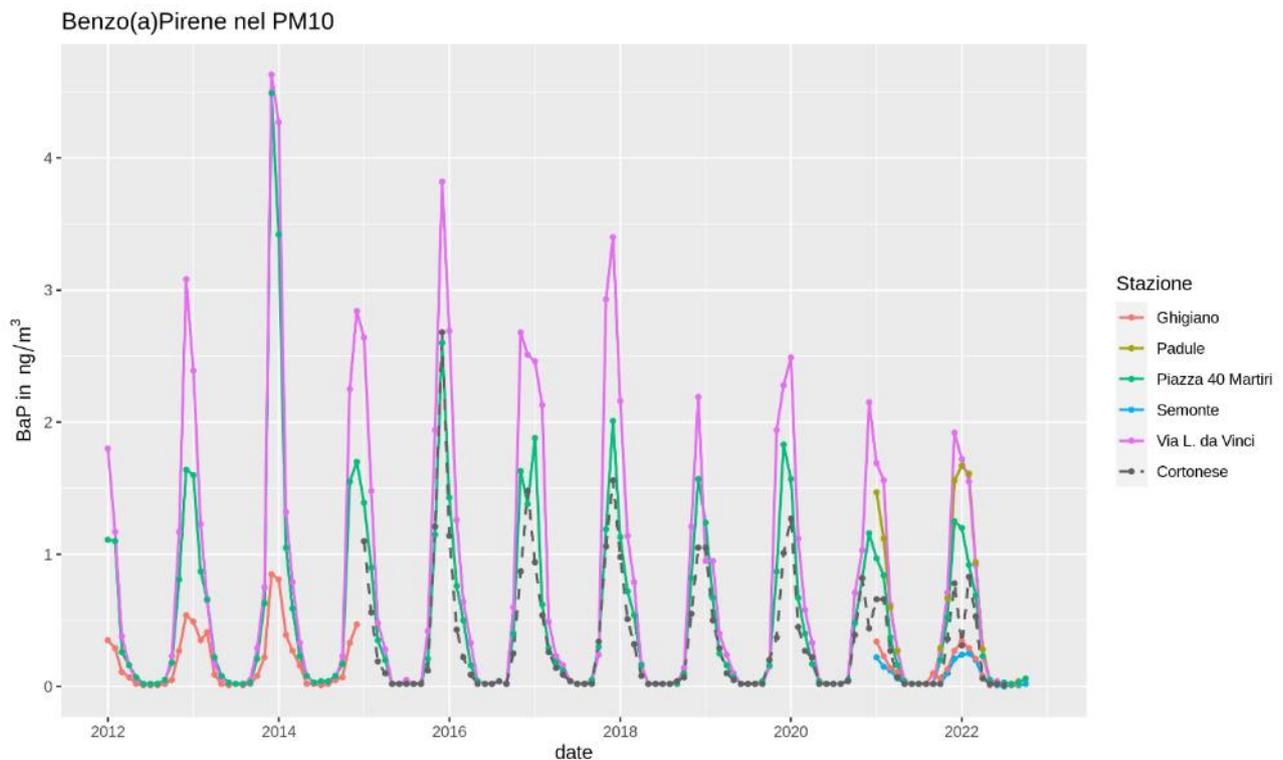
5.2 IPA su PM10

Sempre sui filtri di PM10 è possibile determinare i vari composti appartenenti agli idrocarburi policiclici aromatici di cui il benzo(a)pirene è considerato il più rappresentativo e, infatti, è quello per cui la norma individua un valore obiettivo come valore medio annuale che è stato presentato precedentemente.

Negli ultimi anni, le misure di IPA sono state effettuate sugli stessi filtri raccolti per le misure di PM10 e sono stati determinati di continuo presso la stazione di Piazza 40 Martiri e Via L. da Vinci, dal 2012 al 2014 presso la stazione industriale di Ghigiano e dal 2021 contemporaneamente in tutte

le stazioni del comune di Gubbio al fine del monitoraggio intensivo per la valutazione ex-ante dell'utilizzo di CSS-C nei cementifici.

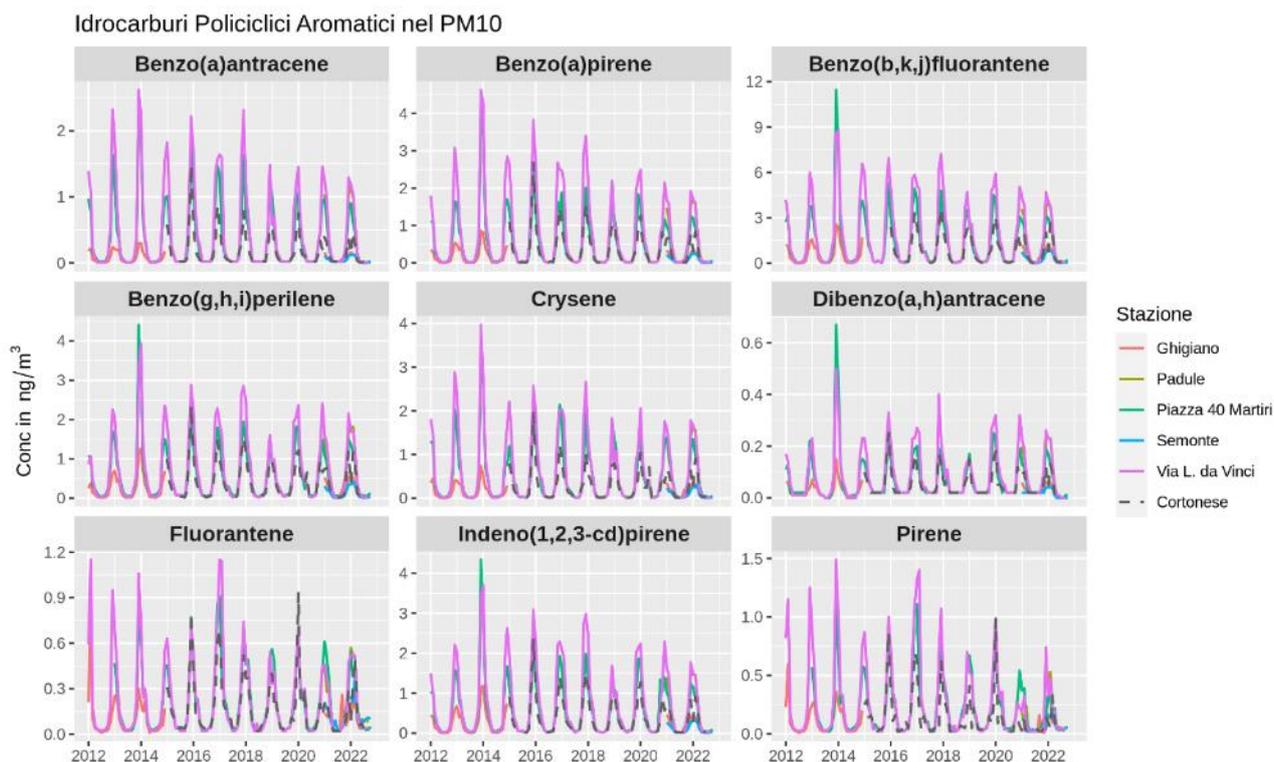
Di seguito sono riportati gli andamenti medi mensili di benzo(a)pirene.



Da questo è già possibile notare che durante l'anno il benzo(a)pirene ha un andamento ciclico con un massimo in inverno e valori prossimi allo zero in estate. Inoltre, c'è un evidente trend in decrescita di tali valori massimi e, di conseguenza, dei valori medi annuali.

Le centraline vicino le aree urbane di Piazza 40 Martiri, Via L. da Vinci e Padule hanno valori relativamente maggiori, anche in confronto con quelli rilevati nella stazione di Parco Cortonese a Perugia. Di contro, le stazioni industriali di Ghigiano e Semonte hanno valori nettamente più bassi anche rispetto alla stazione Perugia - Cortonese.

Di seguito sono riportati insieme gli andamenti dei valori medi mensili di tutti gli IPA determinati analiticamente.



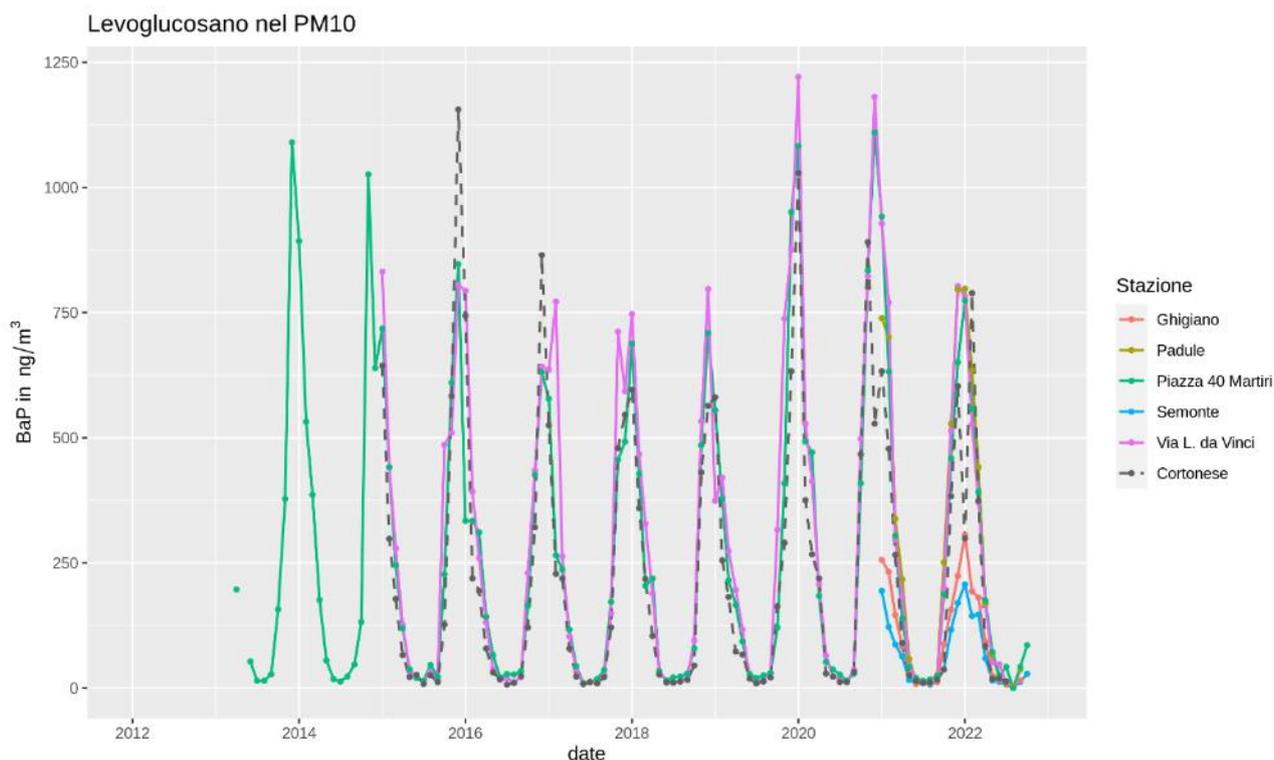
La situazione è abbastanza simile a quanto già visto per il benzo(a)pirene sia come andamenti che come confronto tra i valori nelle varie centraline.

5.3 Levoglucosano – combustione di biomasse

Il levoglucosano è uno zucchero anidro che deriva dalla combustione incompleta di biomassa legnosa e, in particolare, della cellulosa presente nel tronco e nel fogliame. È molto importante perché è considerato universalmente come il miglior marker chimico della combustione di legna e ne permette, quindi, di tracciare il contributo di tale sorgente alle polveri presenti in aria.

Tale parametro è stato aggiunto all'insieme delle determinazioni analitiche effettuate in laboratorio a partire da metà 2013 sulle polveri PM10 raccolte presso la centralina di Piazza 40 Martiri e dal 2015 anche presso la centralina di Via L. da Vinci. Dal 2021 viene determinato contemporaneamente in tutte le stazioni del comune di Gubbio al fine del monitoraggio intensivo per la valutazione ex-ante dell'utilizzo di CSS-C nei cementifici.

Di seguito sono riportati gli andamenti dei valori medi mensili di levoglucosano sul PM10



L'andamento è fortemente stagionale e presenta valori prossimi allo zero in estate, coerentemente con la sorgente di provenienza che è legata al riscaldamento a legna. I valori massimi rilevati alle centraline nei pressi delle zone più abitate, ovvero Piazza 40 Martiri, Via L. da Vinci e Padule sono tutti confrontabili e mostrano un pari impatto della combustione di legna sui valori di PM10 in aria. Di contro, le stazioni industriali di Ghigiano e Semonte hanno i valori più bassi, coerentemente con il loro posizionamento in zone a bassa densità abitativa.

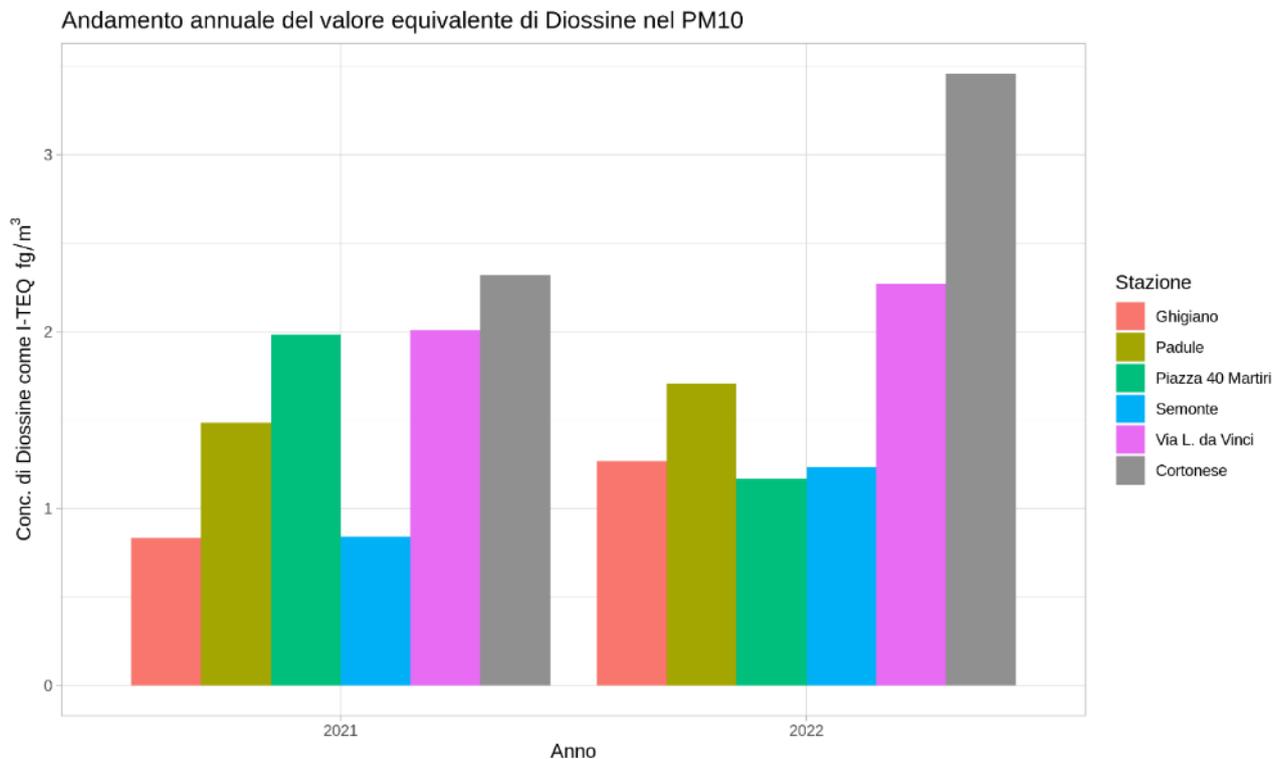
5.4 Diossine su PM10

Il monitoraggio delle diossine in aria avviene attraverso l'analisi del materiale particellare presente nei filtri di PM10 campionati nelle varie postazioni. Questo parametro comprende vari composti con accertata cancerogenicità che vengono espressi insieme attraverso un indicatore che li pesa rispetto alla rispettiva tossicità equivalente. Il monitoraggio sistematico di queste è iniziato nel 2021 con il monitoraggio intensivo per la valutazione ex-ante dell'utilizzo di CSS-C nei cementifici.

Dati i valori estremamente bassi, le diossine sono monitorate accumulando i filtri di 3 mesi. Inoltre, nel tempo il laboratorio ha investito nell'acquisto di strumentazione sempre più sensibile e, pertanto, negli anni sono stati messi in funzione apparati di misura che hanno permesso di ridurre il limite di rilevamento dai 40 fg/m³ iniziali ai 10 fg/m³ da circa il 2016 a 1 fg/m³ da circa il 2017.

La convenzione attuale sul reporting dei valori sotto soglia prevede che tali valori siano sostituiti da un valore pari alla metà del limite di rilevabilità, anche al fine del calcolo delle medie annuali. Dati i valori molto prossimi o inferiori alle soglie di rilevabilità che si ottengono normalmente, nei seguenti grafici si è cercato di differenziare graficamente i valori riferiti a misure valide e superiori a tali soglie o quelli inferiori.

Nella seguente figura sono quindi mostrati gli andamenti degli ultimi 2 anni di misure, con ovviamente il 2022 ancora parziale. Per riferimento è riportato anche il valor medio di diossine determinato presso la stazione di fondo urbano di Perugia – Cortonese.

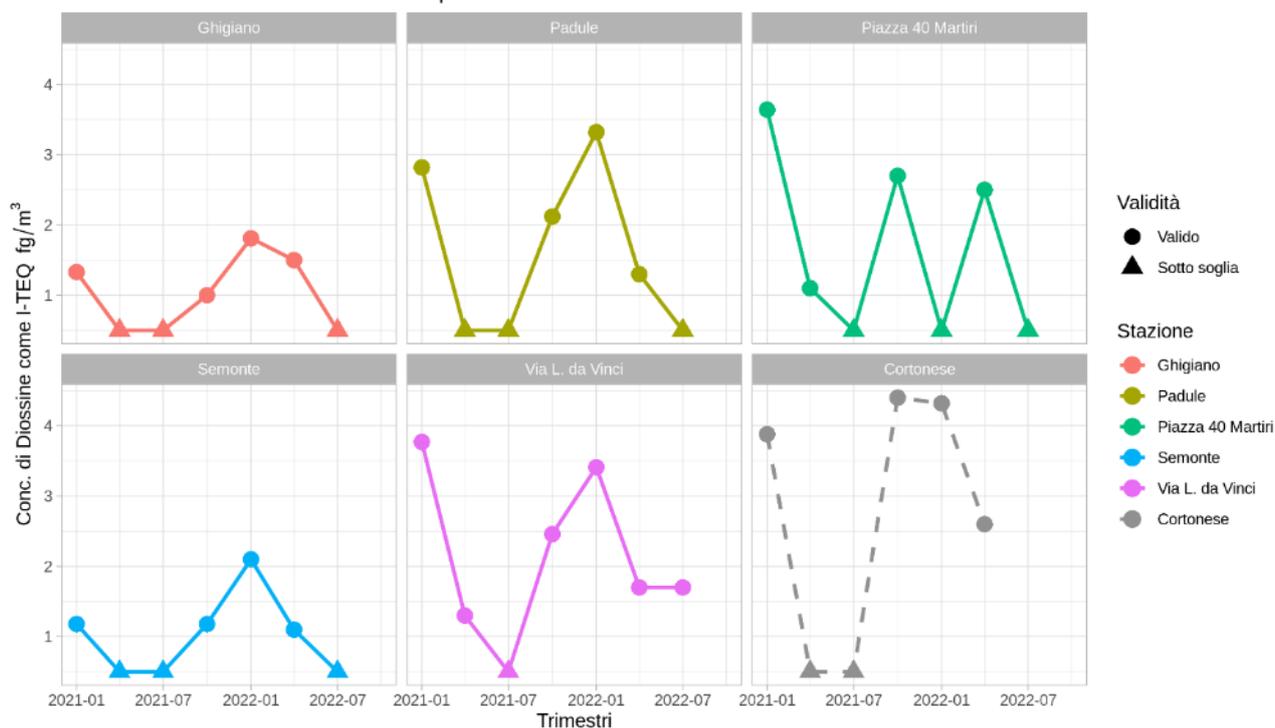


Il valore della soglia indicativa pari a 40 fg I-TEQ/m³ era stato individuato dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale che lo ha riportato, in un Parere rilasciato nella seduta del 12/02/1988, come valore soglia per l'aria ambiente. Tale valore non risulta più ripreso in altri documenti o atti normativi, pertanto è riportato solamente come una soglia indicativa.

Dal grafico si nota che i valori rilevati sono di molto inferiori rispetto a tale soglia indicativa.

Per valutare meglio l'andamento nel tempo, nel seguente grafico sono mostrati i risultati dei singoli trimestri con evidenziati i valori sotto soglia (pari a metà del limite di rilevabilità) tramite un simbolo triangolare.

Andamento trimestrale del valore equivalente di Diossine nel PM10



Da quest'ultimo grafico è possibile vedere che le diossine non sembra abbiano un andamento evidente di crescita o decrescita negli ultimi due anni ma una variazione periodica con valori sempre prossimi al limite di rilevabilità e, spesso, inferiori a questo e con i valori massimi nei trimestri invernali, ovvero nei periodi con la maggior concentrazione in aria anche di polveri fini.

Inoltre, si conferma che i valori rilevati risultano di poco inferiori rispetto a quelli che si ottengono nella stazione di Perugia – Cortonese.

5.5 Mercurio in aria

Nella Conca Eugubina sono state effettuate due campagne di misura del Mercurio, una nel 2010 e una nel 2021; la prima campagna ha monitorato il mercurio nel particolato siti di Piazza 40 Martiri, Ghigiano e Via L. da Vinci per tre mesi.

La seconda campagna, effettuata per avere un valore di fondo prima dell'uso di CSS-C negli impianti, ha monitorato il mercurio gassoso nei siti di Piazza 40 Martiri, Ghigiano, Padule, Semonte e Via L. da Vinci con campionamenti giornalieri di una settimana per sito.

In entrambe le campagne i risultati sono rimasti al di sotto dei limiti di rilevabilità per le due differenti tipologie di misura: per il mercurio determinato nel particolato effettuato nel 2010 è di $0,1 \text{ ng/m}^3$ e per la rilevazione di mercurio gassoso è stato pari a 6 ng/m^3 .

5.6 Ammoniaca in aria

Sempre nelle quattro postazioni industriali di Ghigiano, Padule, Via L. da Vinci e Semonte dal 23 aprile al 21 maggio 2021 sono stati posizionati campionatori passivi di tipo Radiello* per la determinazione in laboratorio dell'ammoniaca. La rilevazione si è svolta con campionamenti di una settimana per ogni postazione.

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:

Postazione	Inizio campionamento	Fine Campionamento	Ammoniaca (NH ₃) - µg/m ³
Ghigiano	23.04.2021 ore 09:50	30.04.2021 ore 10:40	3,0
	30.04.2021 ore 10:40	07.05.2021 ore 11:20	0,6
	07.05.2021 ore 11:20	14.05.2021 ore 10:00	0,6
	14.05.2021 ore 11:20	21.05.2021 ore 12:15	0,2
Padule	23.04.2021 ore 10:10	30.04.2021 ore 11:15	2,0
	30.04.2021 ore 11:15	07.05.2021 ore 11:50	0,9
	07.05.2021 ore 11:50	14.05.2021 ore 10:30	0,7
	14.05.2021 ore 11:50	21.05.2021 ore 12:30	0,5
Via Leonardo da Vinci	23.04.2021 ore 10:30	30.04.2021 ore 12:15	2,0
	30.04.2021 ore 12:15	07.05.2021 ore 12:20	0,7
	07.05.2021 ore 12:20	14.05.2021 ore 10:50	1,0
	14.05.2021 ore 12:20	21.05.2021 ore 13:15	1,2
Semonte Alto	23.04.2021 ore 10:50	30.04.2021 ore 12:50	1,0
	30.04.2021 ore 12:50	07.05.2021 ore 12:55	0,4
	07.05.2021 ore 12:55	14.05.2021 ore 11:15	0,4
	14.05.2021 ore 12:55	21.05.2021 ore 13:30	0,6

L'ammoniaca che è un gas presente nelle aree urbane con concentrazioni che possono raggiungere anche i 20 microgrammi al metrocubo, nella realtà eugubina è stato ricercato per l'utilizzo che ne viene fatto negli impianti di produzione di cemento per l'abbattimento degli ossidi di azoto; le concentrazioni rilevate sono basse e molto al di sotto della soglia olfattiva che è di oltre 5 ppm (1000 volte superiore alle concentrazioni rilevate).

5.7 Deposizioni

Nella stazione di Ghigiano da tempo viene raccolto e analizzato il materiale particellare che si depone al suolo in quanto lo studio delle deposizioni atmosferiche può risultare un utile strumento di valutazione delle emissioni diffuse e fuggitive delle emissioni industriali o di altro tipo.

Questo viene fatto con l'utilizzo di deposimetri di tipo "bulk", costituiti da una bottiglia di raccolta e da un sovrastante imbuto a parete cilindrica, sostenuto in posizione verticale, la cui superficie è libera da ingombri così da intercettare tutte le polveri e le precipitazioni. Si tratta di sistemi di campionamento di tipo "passivo", che non necessitano di alimentazione elettrica, in grado di raccogliere la polvere sedimentabile dall'atmosfera. Sulle polveri raccolte sono effettuate analisi per determinare i metalli, il benzo(a)pirene e le diossine.

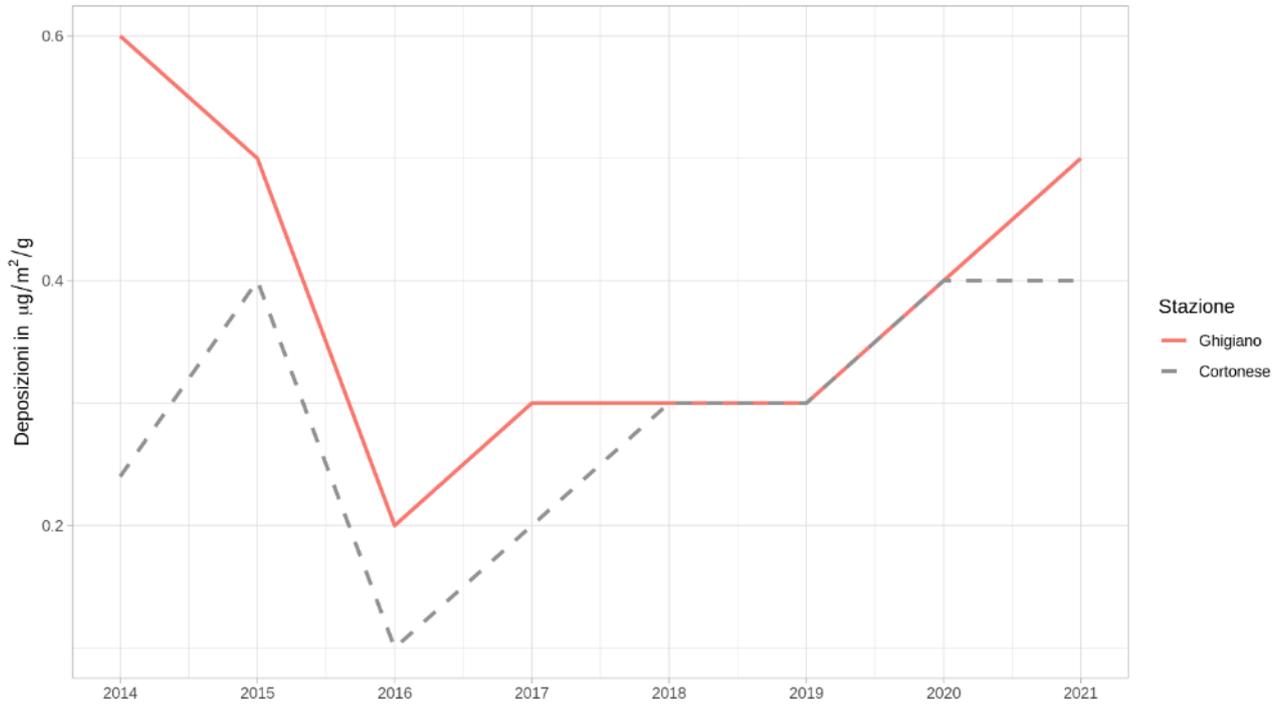
Sebbene il D.Lgs. 155/2010 consigli l'effettuazione delle misure di deposizione, non esistono ad oggi valori limite o obiettivo e, pertanto, i valori vanno confrontati in senso relativo e rimangono utili per valutare le possibili sorgenti dei rispettivi microinquinanti. A tal fine, in tutti i grafici sono riportati i

valori dei tassi di deposizione anche per la stazione di Perugia – Cortonese che è una stazione di fondo urbano.

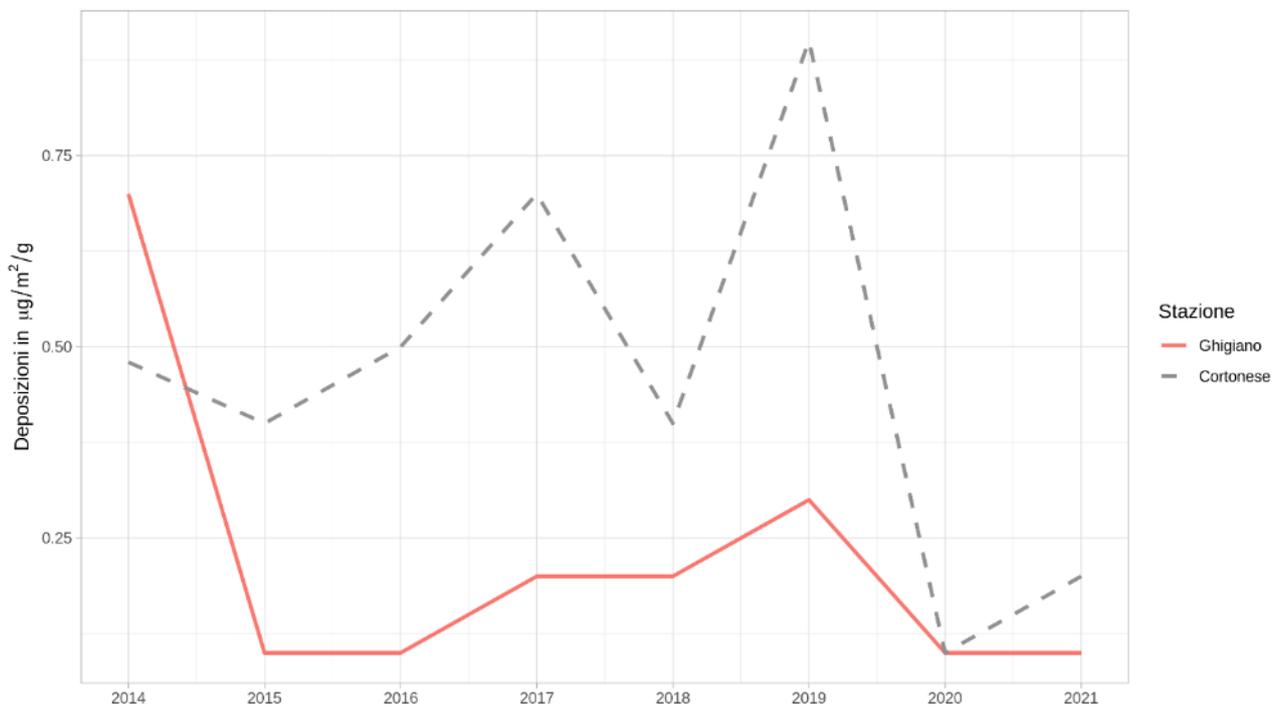
Dal 2022, a seguito dell'avvio del monitoraggio intensivo per la valutazione ex-ante dell'utilizzo di CSS-C nei cementifici, è stata aggiunta l'analisi delle deposizioni anche presso la postazione di Via L. da Vinci e quindi, non avendo ad oggi completato le misure per l'anno, non viene riportata in questo report.

Nei seguenti grafici è riportato l'andamento negli ultimi anni di tali misurazioni per i metalli arsenico, cadmio, nichel, piombo.

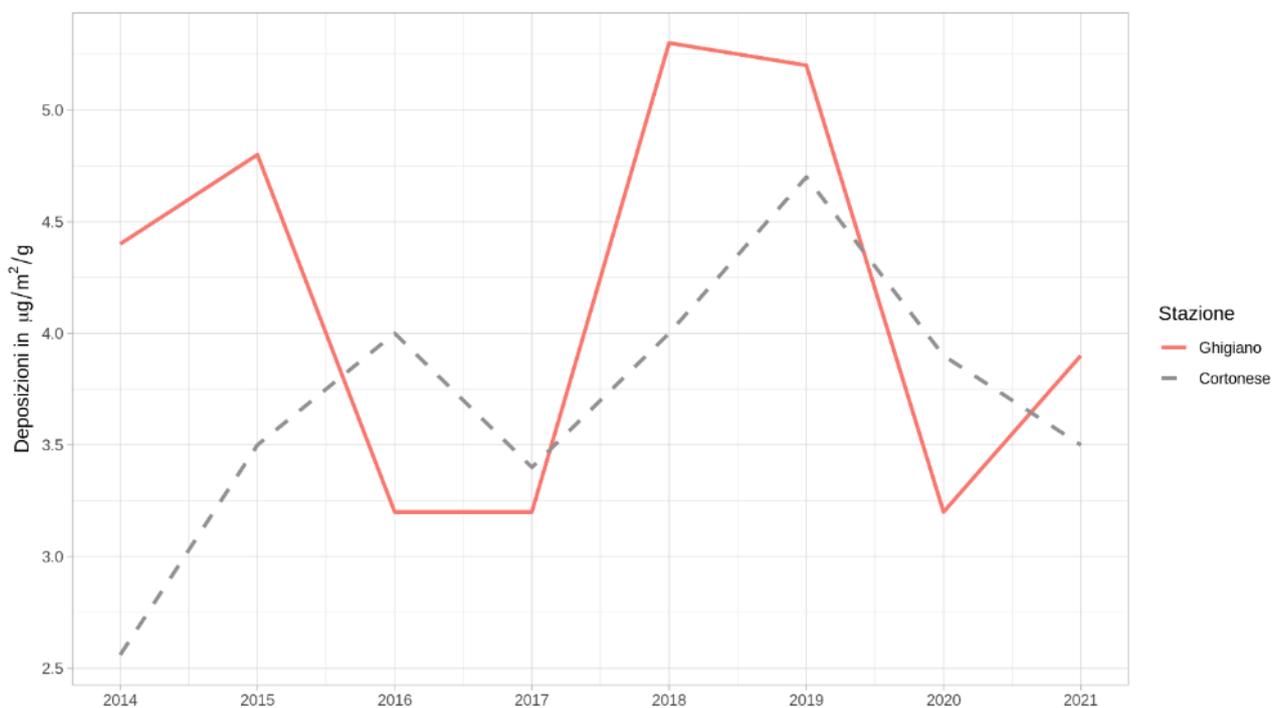
Arsenico - Media annuale



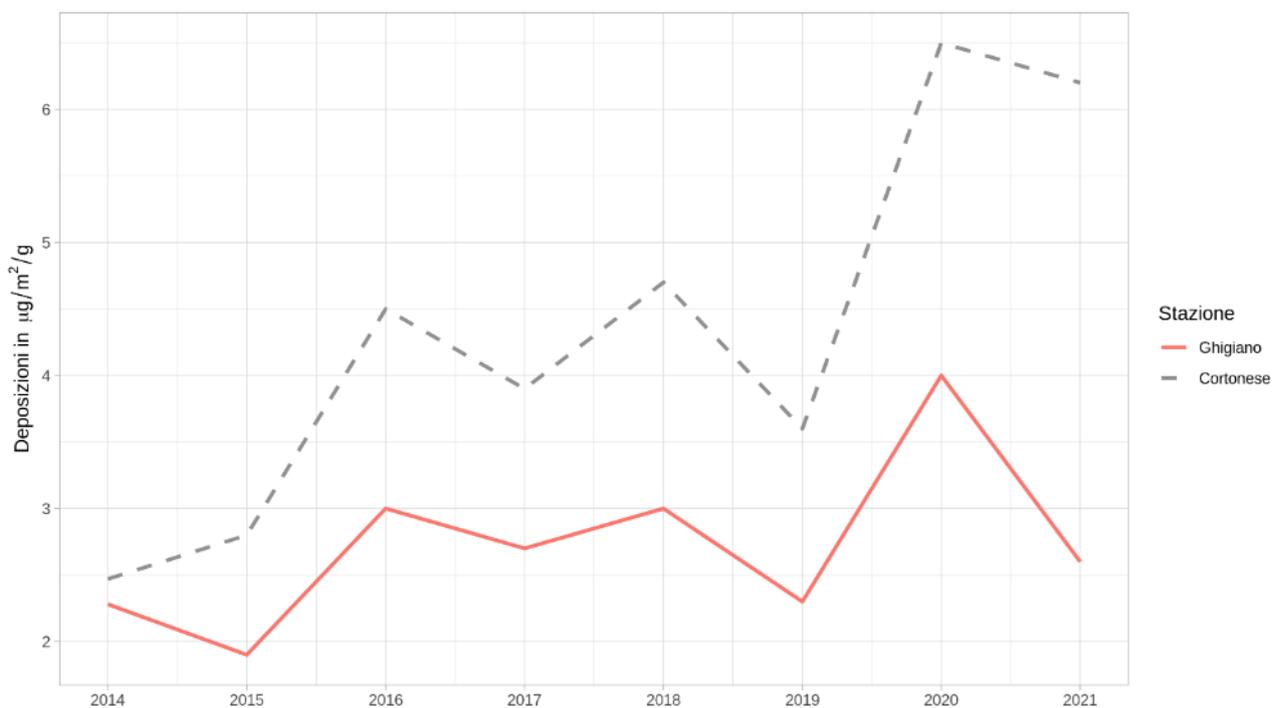
Cadmio - Media annuale



Nichel - Media annuale

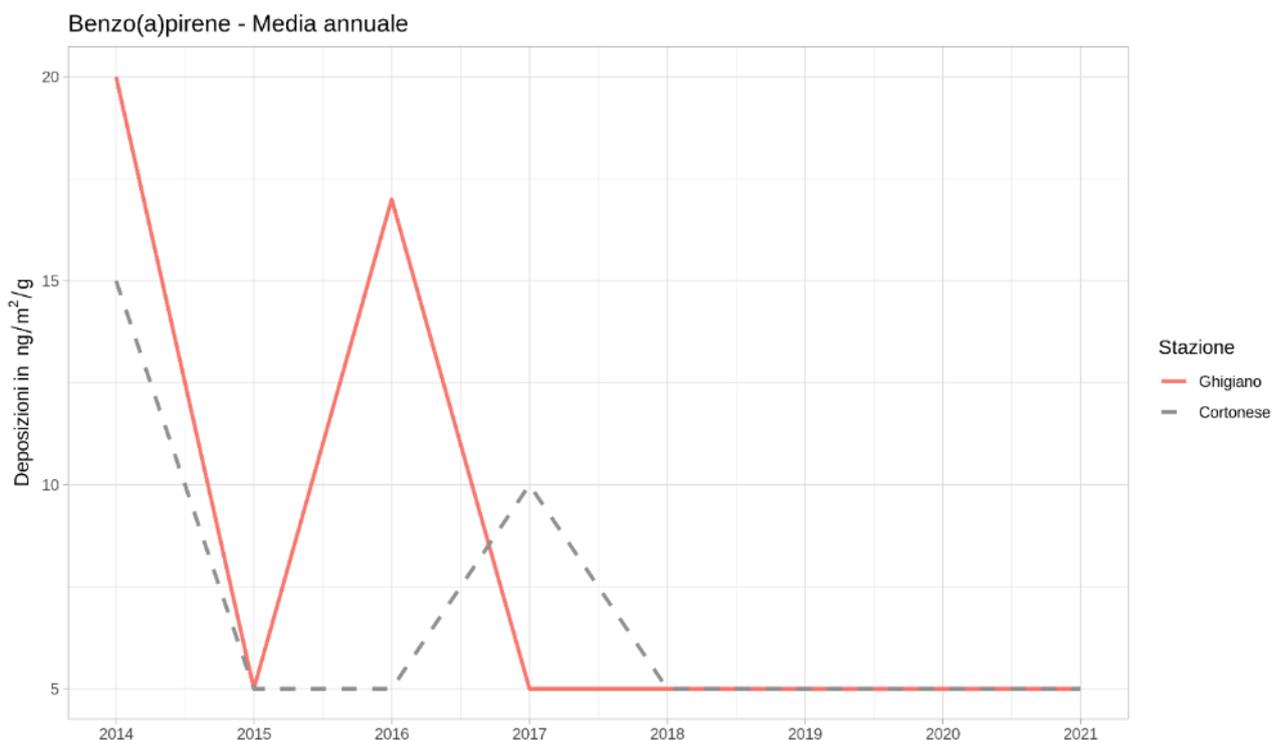


Piombo - Media annuale



I tassi di deposizione dei 4 metalli rilevati presso la stazione di Ghigiano non mostrano andamenti evidenti nel tempo e, inoltre, non sono sostanzialmente differenti da quelli rilevati presso la stazione di Perugia – Cortonese.

Di seguito sono riportati gli andamenti negli anni delle deposizioni di benzo (a)pirene.



È evidente come negli ultimi anni i tassi di deposizione di benzo(a)pirene siano risultati sempre inferiori alla soglia di rilevabilità sia presso la centralina di Ghigiano che presso quella di Perugia – Cortonese.

5.8 Intrusioni di polveri sahariane

Nel 2022 è stata implementata la metodologia Diapason per l'individuazione e la quantificazione del contributo di polveri sahariane ai valori di PM10 su tutto il territorio regionale. Tale metodo è stato elaborato nell'ambito del Progetto Europeo Diapason, al quale hanno partecipato vari enti tra i quali Arpa Lazio e CNR-ISAC, che ha avuto come scopo l'elaborazione e la messa a punto di una metodologia conforme a quanto richiesto dalla Direttiva europea sulla Qualità dell'Aria 2008/50/EC recepita in Italia dal D.Lgs. 155/2010, che prevede la possibilità di sottrarre dal computo i contributi naturali, a patto di dimostrarne l'origine e valutarne l'entità.

Con tale metodologia è stato possibile individuare e quantificare il contributo dell'evento di trasporto di polveri sahariane ai valori misurati presso tutte stazioni di qualità dell'aria della Rete Regionale. Il contributo così quantificato può essere sottratto ai valori di PM10 rilevati giornalmente e confermare o escludere il superamento della soglia giornaliera.

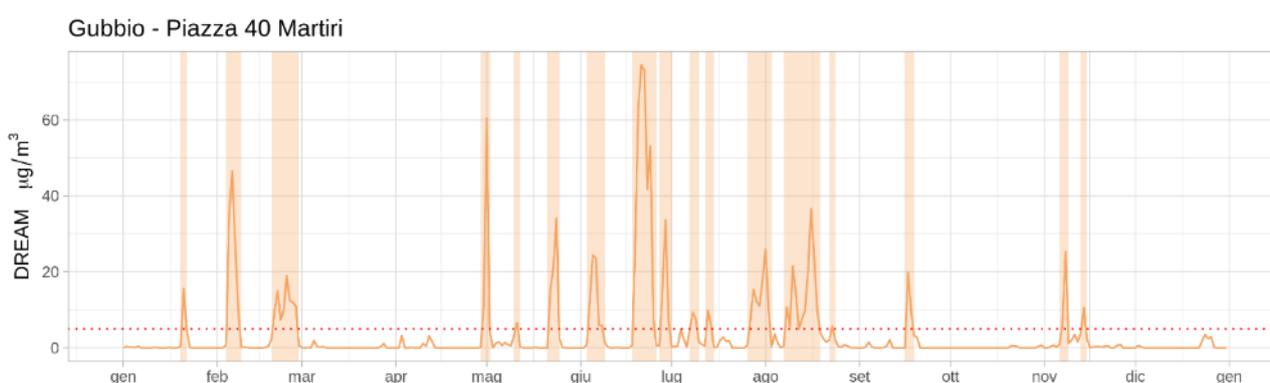
La metodologia comprende due fasi, la prima è l'individuazione degli eventi con possibilità di intrusione di polveri sahariane, e la seconda è la quantificazione statistica del contributo aggiuntivo (*dust load*) ai valori giornalieri di PM10.

La fase di individuazione si basa sull'uso del modello BSC-DREAM8b v2.0 (oggi confluito nel modello MONARCH) elaborato dal dipartimento di scienze della terra del Centro di Supercalcolo di

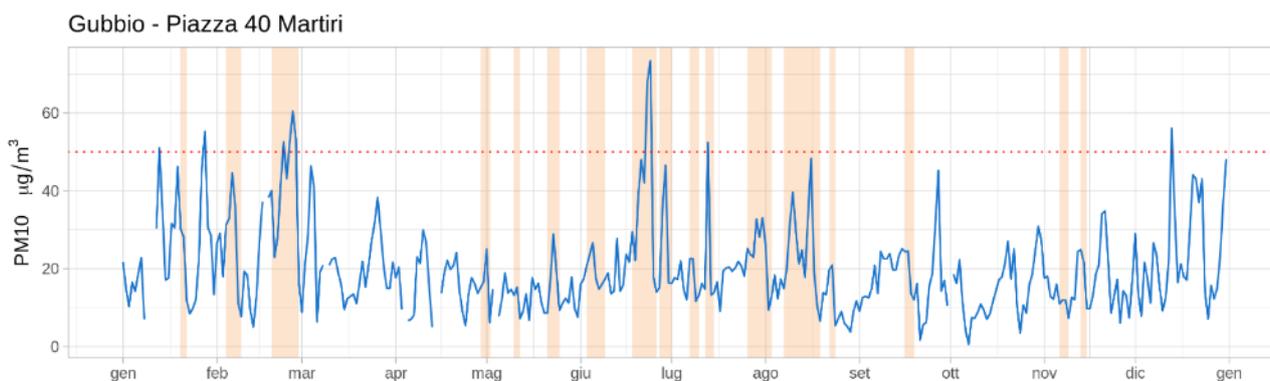
Barcelona (BSC) e che serve a simulare il ciclo di formazione e trasporto atmosferico delle polveri del deserto erose e sollevate dal vento.

Tramite questo è possibile valutare i valori di polveri al suolo derivanti da tali fenomeni di trasporto sahariano in corrispondenza di ciascuna centralina di qualità dell'aria, individuando gli eventi attraverso il confronto con una soglia prestabilita.

Nella seguente figura è riportato un esempio di elaborazione per la centralina di Piazza 40 Martiri per tutto l'anno 2021 dove è mostrato il valore al suolo di polveri sahariane del modello BSC-DREAM8b e i giorni individuati dal confronto con la soglia indicata dalla metodologia pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e indicati dalle fasce arancioni verticali.

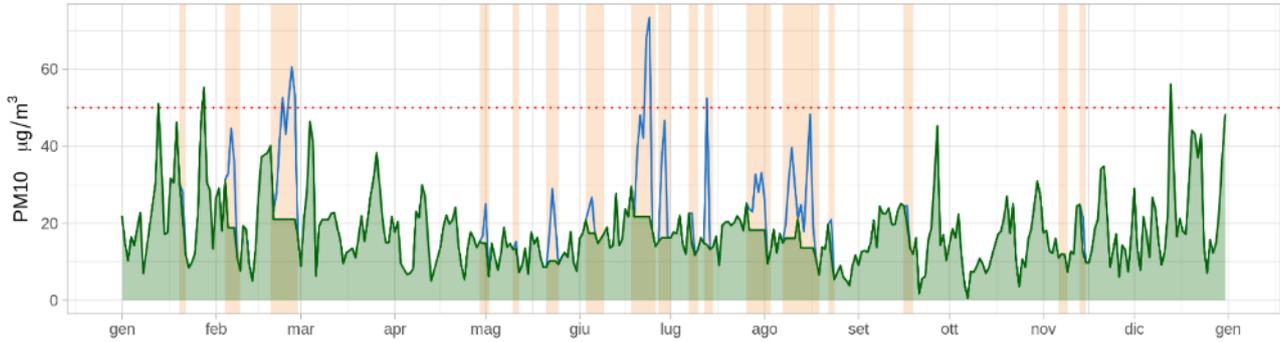


Nel seguente grafico è rappresentato l'andamento medio giornaliero di PM10 misurato nella stessa centralina di Piazza 40 Martiri con sovrapposte le giornate con eventi di trasporto sahariano precedentemente individuate.



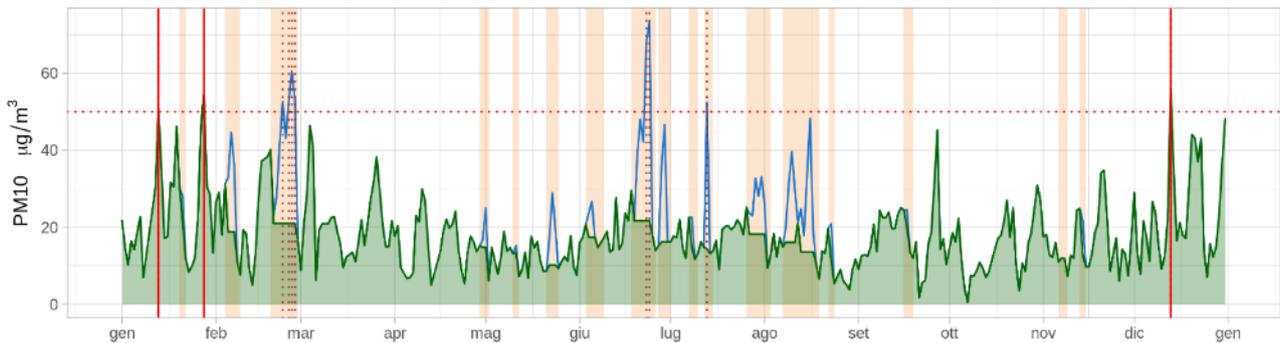
Una volta individuati gli eventi con una rispettiva durata in giorni, è possibile valutare il *dust load* attraverso il calcolo di un valore di base (*baseline*) senza il contributo sahariano che è pari al valore mediano tra i tre giorni precedenti l'evento e i tre giorni successivi all'evento. Il *dust load* è quindi pari al valore misurato sottratto il valore di base. Nel seguente grafico è mostrato il valore originario di PM10 (linea blu) e il valore di PM10 corretto con la sottrazione del *dust load* (linea e area verde).

Gubbio - Piazza 40 Martiri



In questo esempio è possibile vedere come, per la centralina di Piazza 40 Martiri, nel 2021 ci siano stati tre eventi di intrusione di polvere sahariana di più giorni, a fine febbraio, a fine giugno e a metà luglio, che possono essere scorporati dal calcolo dei giorni di superamento per tale centralina. La seguente immagine mostra i giorni di superamento del 2021 per la stessa centralina di Piazza 40 Martiri con linee rosse verticali le quali sono tratteggiate nel caso di superamento giornaliero che va scorporato dal computo annuale e continuo nel caso di superamenti confermati anche dopo la sottrazione del dust-load.

Gubbio - Piazza 40 Martiri



Con questo tipo di analisi sono state elaborati i valori di PM10 corretti con la sottrazione del contributo dovuto a eventi di intrusione di polveri sahariane a partire dal 2014.

Nel seguente grafico sono riportati i giorni di superamento annuali misurati dalle varie centraline presenti a Gubbio, separando quelli dovuti al contributo di *dust load* che, quindi, una volta sottratto non va considerato ai fini del confronto con il limite di 35 superamenti annuali, e i superamenti non dovuti al contributo di polveri sahariane.

Numero di superamenti annuali per origine

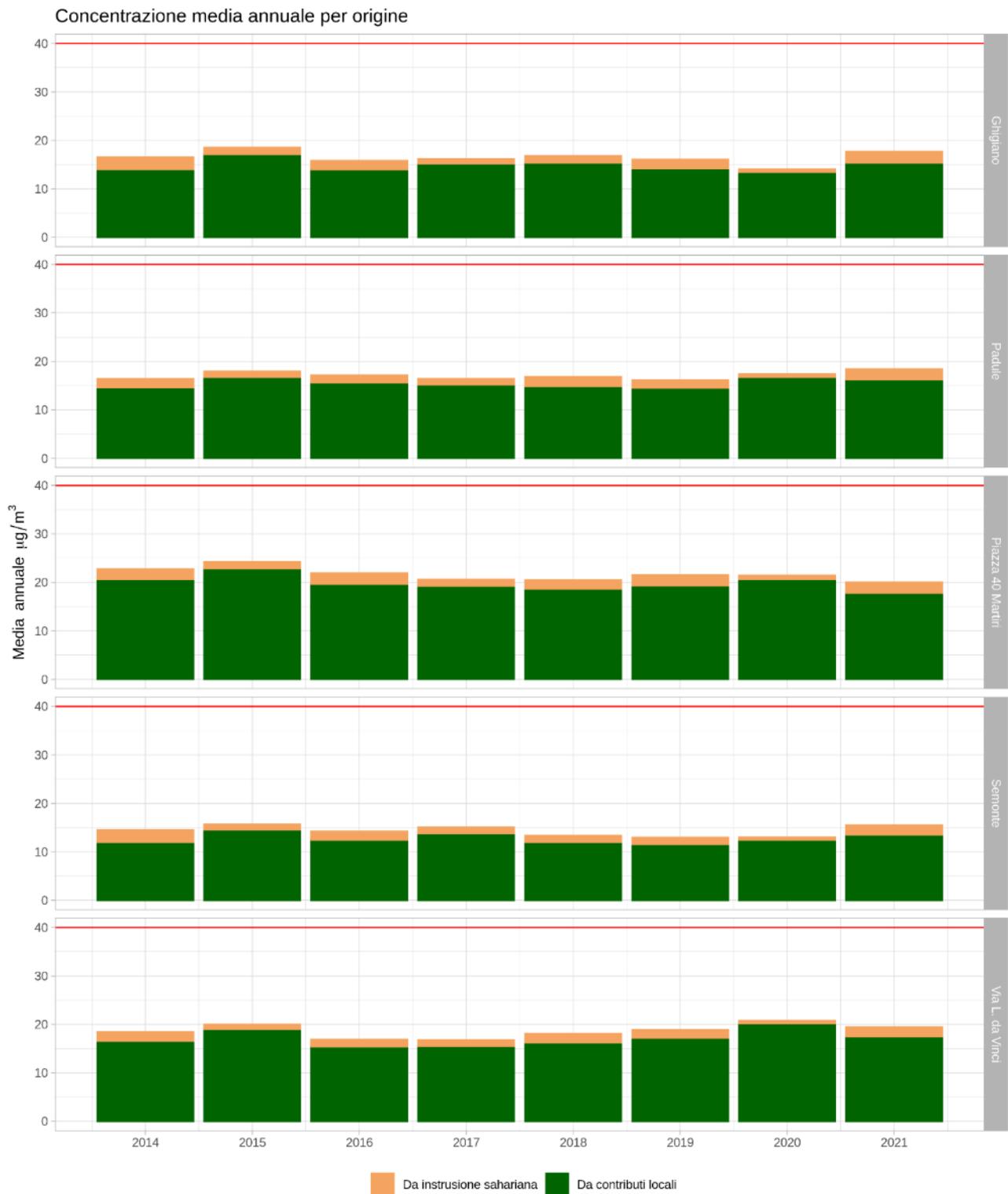


Si vede come, sebbene il limite annuale sul numero di superamenti del valore soglia giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non sia mai stato superato in nessuna centralina, ci siano state annualità nelle quali i pochi superamenti rilevati sono stati interamente dovuti alle intrusioni sahariane.

Per esempio, per la stazione di Semonte, tranne nell'anno 2020, non ci sono superamenti di PM10 se non per cause naturali dovute alle intrusioni di polveri sahariane. Similmente a Ghigliano e Padule, ci sono anni nei quali i superamenti giornalieri sono solamente attribuibili alle intrusioni sahariane.

Le centraline che registrano più superamenti non dovuti a tali fenomeni di trasporto di polveri sono quelle di Piazza 40 Martiri e Via L. da Vinci.

Per quanto riguarda il contributo di polvere sahariana ai valori medi annuali di PM10, la situazione è riportata nel seguente grafico.



In questo caso, il contributo di polveri sahariane non ha mai determinato superamenti del valor medio annuale di PM10 e rimane contenuto e simile in tutte le centraline.

5.9 Fermate dei cementifici

In questi ultimi anni, anche a partire dall'inizio della pandemia da Covid19, i due cementifici hanno avuto numerosi periodi nei quali il forno è stato fermato.

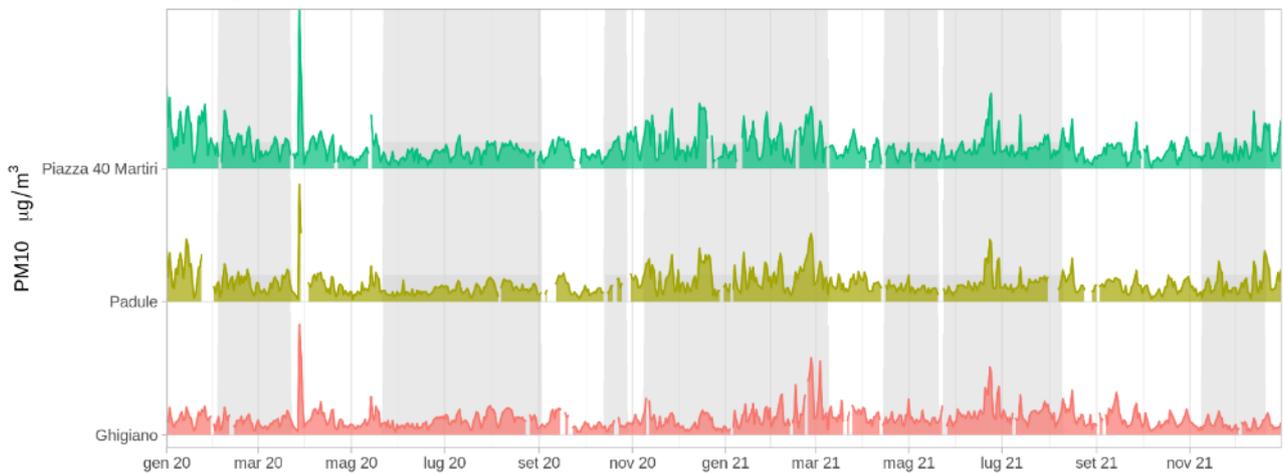
Questo può permettere di fare una prima valutazione dell'incidenza delle emissioni di questi impianti rispetto la qualità dell'aria.

Per questo sono stati valutati gli andamenti dei valori medi giornalieri di PM10 e NO₂ nelle cinque centraline presenti nel comune di Gubbio negli anni 2020 e 2021 insieme ai periodi di funzionamento e di fermata dei due impianti.

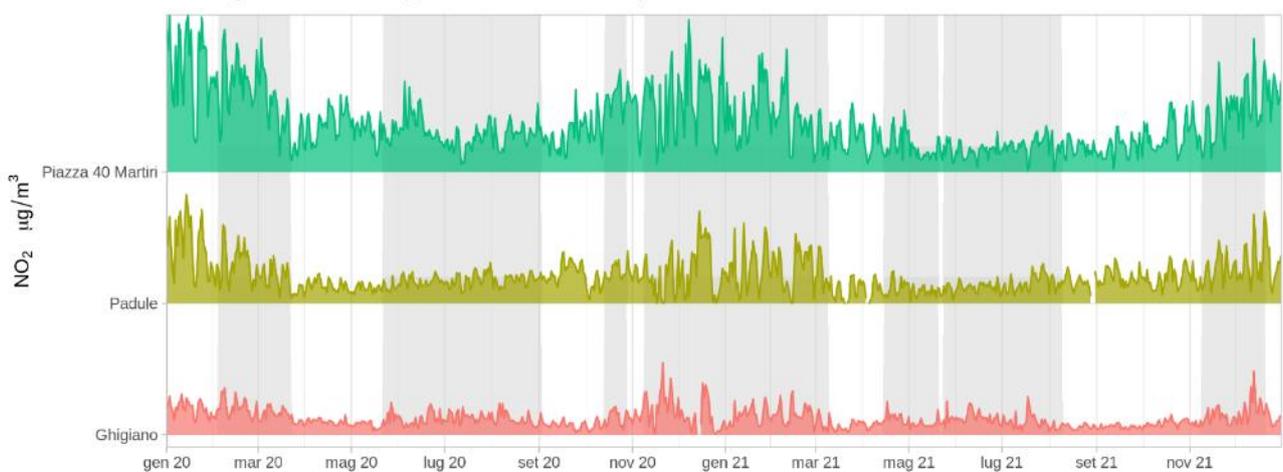
5.9.1 Colacem

In questo periodo, l'impianto Colacem è stato in funzione per circa 62% dei giorni. Nei seguenti grafici è mostrato l'andamento di PM10 e di NO₂ per le due centraline industriali dell'impianto, ovvero Ghigiano e Padule, insieme alla centralina urbana di Piazza 40 Martiri con evidenziati in grigio i giorni nei quali l'impianto è stato in funzione.

Valori giornalieri di PM10 e funzionamento impianto Colacem tra il 2020 e il 2021

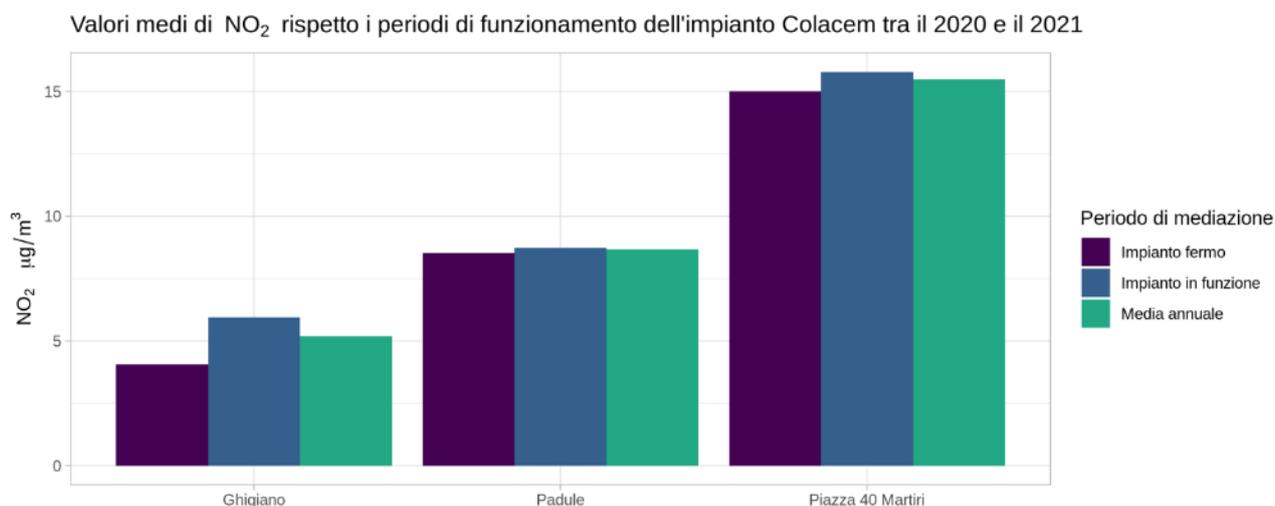
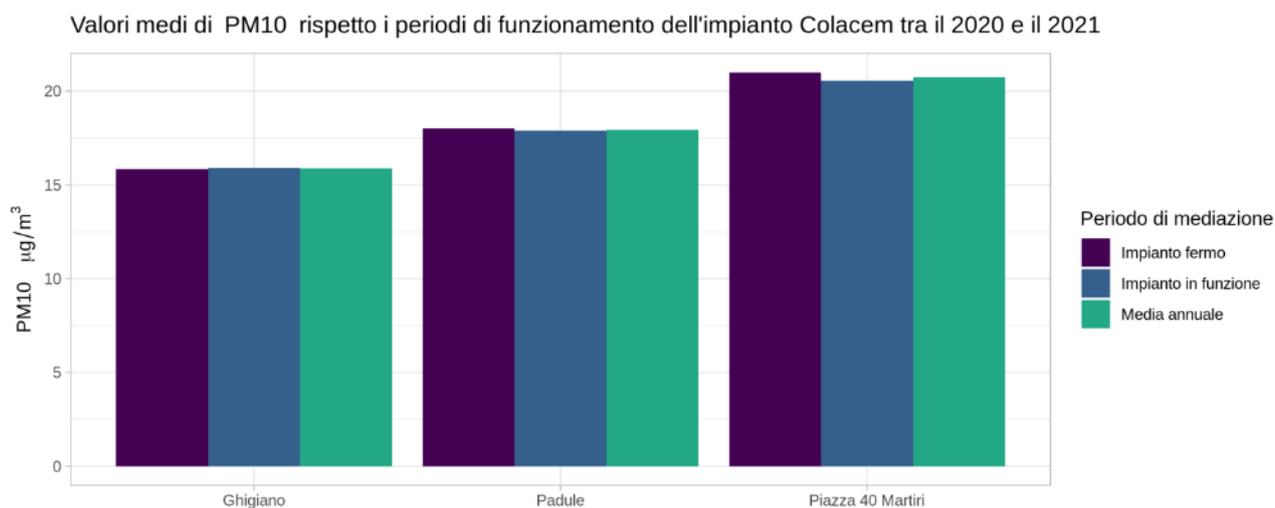


Valori giornalieri di NO₂ e funzionamento impianto Colacem tra il 2020 e il 2021



Da questi non è evidente una correlazione tra i valori misurati e i periodi di funzionamento dell'impianto se non per NO₂ presso la stazione di Ghigiano dove i valori relativamente più elevanti sembrerebbero essere in coincidenza con i periodi di funzionamento dell'impianto.

Per poter valutare meglio un eventuale impatto delle emissioni dell'impianto su tali valori, nei seguenti due grafici sono confrontati i valori medi di PM10 e NO₂ per i due anni considerati e i valori medi rispetto i soli giorni di funzionamento dell'impianto e quelli con l'impianto fermo.



Dai valori medi di PM10 si può evincere che le emissioni di polveri dall'impianto non sembrano avere un impatto evidente né rispetto le due centraline industriali, né rispetto quella urbana. In particolare, presso la stazione di Padule e in quella di Piazza 40 Martiri i valori medi di PM10 sono leggermente inferiori durante il funzionamento dell'impianto in quanto, evidentemente, sono determinati da altre sorgenti e non il cementificio. Questo conferma anche la bassa importanza relativa delle emissioni di PM10 dal settore industriale che si deduce dai dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni.

Rispetto NO₂, la differenza tra i valori medi nei periodi con l'impianto attivo e quelli con l'impianto fermo sembra essere maggiore e significativa solo presso la stazione industriale di Ghigiano: sebbene

in questa postazione i valori di NO₂ siano in termini assoluti molto minori rispetto alle altre postazioni di misura, questi sembrerebbero comunque dipendere dalle emissioni dell'impianto industriale.

Questo conferma la localizzazione della postazione di Ghigiano che è stata scelta per essere rappresentativa della massima ricaduta dei fumi del cementificio.

Di contro, nelle altre due stazioni di Padule e, soprattutto, presso quella di Piazza 40 Martiri i valori di NO₂ sembrerebbero quindi dipendere da altre sorgenti, come il traffico, che determinano valori medi annuali più elevati.

5.9.2 Barbetti

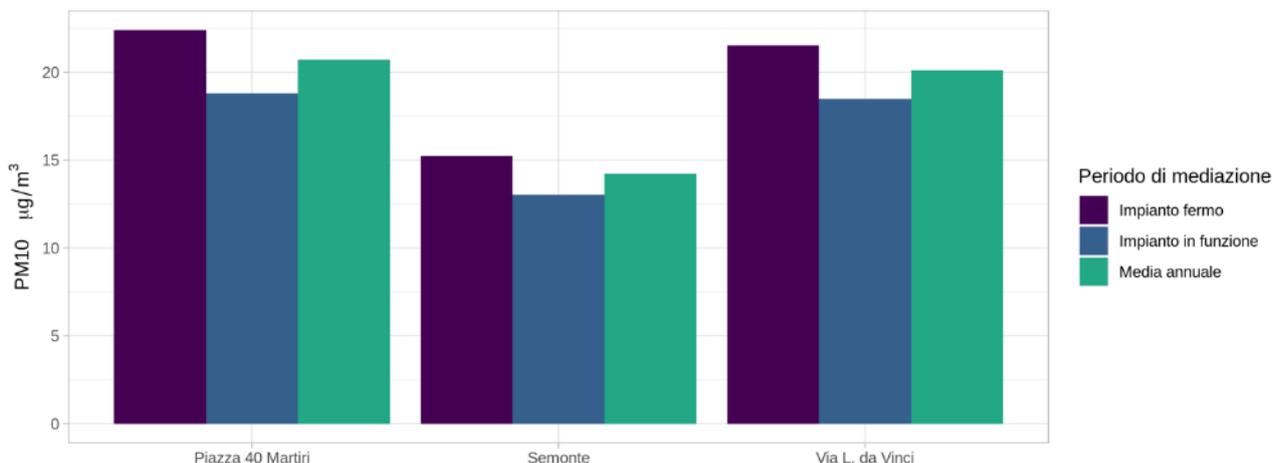
Nei due anni in esame il cementificio Barbetti questo è stato in funzione per poco meno del 50% dei giorni. Nei seguenti grafici è mostrato l'andamento di PM10 e di NO₂ per le due centraline industriali di Semonte e Via L. da Vinci, e la centralina urbana di Piazza 40 Martiri con evidenziati in grigio i giorni nei quali l'impianto è stato in funzione.



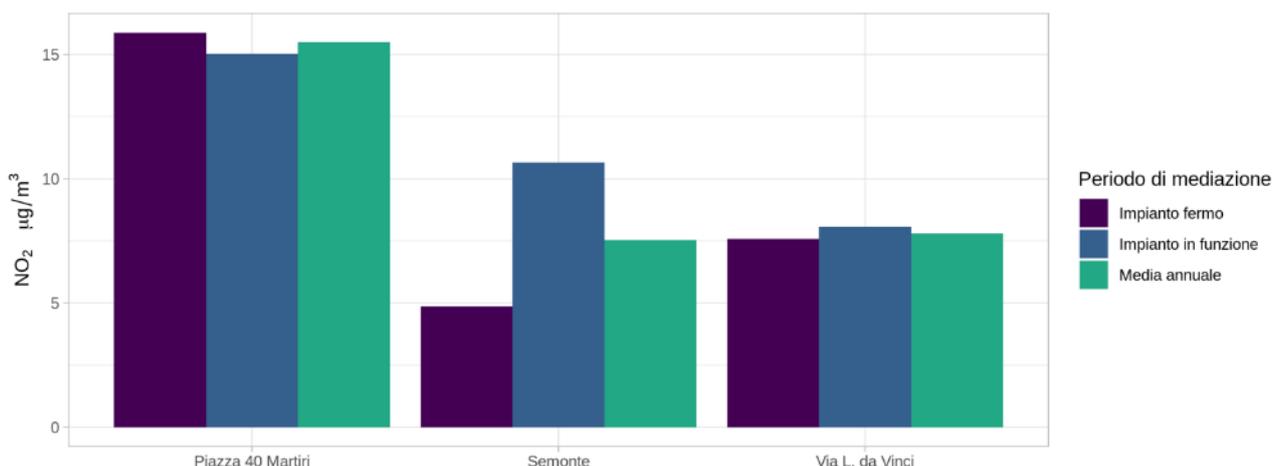
Da questi non è evidente una correlazione tra i valori misurati e i periodi di funzionamento dell'impianto se non per NO₂ presso la stazione di Semonte dove è abbastanza evidente come i valori di NO₂ misurati dipendano abbastanza esclusivamente dal funzionamento dell'impianto.

Per poter valutare meglio un eventuale impatto delle emissioni dell'impianto su tali valori, nei seguenti due grafici sono confrontati i valori medi di PM10 e NO₂ per i due anni considerati e i valori medi rispetto i soli giorni di funzionamento dell'impianto e quelli con l'impianto fermo.

Valori medi di PM10 rispetto i periodi di funzionamento dell'impianto Barbetti tra il 2020 e il 2021



Valori medi di NO₂ rispetto i periodi di funzionamento dell'impianto Barbetti tra il 2020 e il 2021



Anche per il cementificio Barbetti non si hanno impatti significativi sul PM10 in nessuna postazione di misura. I valori medi durante i periodi di funzionamento che sono minori rispetto la media sui periodi con l'impianto fermo può confermare che i valori che si rilevano di PM10 totale non dipendono direttamente dalle emissioni del cementificio ma da altre sorgenti o, come visto nel paragrafo precedente, da fenomeni come il trasporto a lungo raggio di polveri.

Per NO₂ si ha la stessa situazione tranne che per la postazione di Semonte dove, invece, è ben evidente l'incidenza delle emissioni di NOx dall'impianto sui valori misurati al suolo che, nei periodi di funzionamento, sono più che doppi rispetto i valori di fondo in tale sito.

5.9.3 Conclusioni comuni sugli impatti

Dall'analisi effettuata si conferma che gli impatti delle emissioni dei due impianti sono evidenti solo rispetto i valori di NO₂ rilevati presso la postazione di massima ricaduta che sono la stazione di Ghigiano per l'impianto Colacem e quella di Semonte per l'impianto Barbetti. Questo a conferma della localizzazione di tali postazioni, previste dalle rispettive autorizzazioni integrate ambientali, con lo scopo di essere rappresentative dei fumi emessi dai rispettivi impianti.

Nonostante tale impatto determini evidenti picchi presenti solo durante i periodi di funzionamento dell'impianto, i valori assoluti di questi rimangono comunque modesti e non solo sempre al di sotto di tutti i limiti previsti dal D.Lgs.155/2010 per gli ossidi di azoto ma anche inferiori ai valori usualmente rilevati in centraline urbane come quella in Piazza 40 Martiri a Gubbio o quella di Perugia Cortonese.

Rispetto le emissioni di polveri, dall'analisi fatta non sono evidenti impatti sui valori misurati alle centraline, questo anche a conferma delle concentrazioni di polveri in uscita dai camini industriali che, in base all'autorizzazione, sono almeno 30 volte inferiori a quelle di NOx.

Infine, è evidente come la postazione di Piazza 40 Martiri non risenta direttamente delle emissioni dai due impianti ma rilevi gli impatti delle tipiche sorgenti presenti nelle aree urbane a partire dal traffico e dal riscaldamento.