



Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di **BARBERINO TAVARNELLE**

Area industriale di Barberino Val d'Elsa

siti di rilevamento
DROVE – Via F. Brunelleschi
ZAMBRA – Via della Stazione
VALCANORO – Via E. Tortora

Settore CRTQA
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

MAGGIO 2023

REPORT

ARIA 

Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di

BARBERINO TAVARNELLE - AREA INDUSTRIALE DI BARBERINO VAL D'ELSA

siti di rilevamento

DROVE – VIA F. BRUNELLESCHI

ZAMBRA – VIA DELLA STAZIONE

VALCANORO – VIA E. TORTORA

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

ARPAT – Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori:

Alessandra Lazzarelli, Tiziana Cecconi, Marco Stefanelli.

ARPAT - Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Ha collaborato: il Laboratorio CRRQA del CRTQA per la determinazione di PM₁₀ e di PM_{2,5} e il Settore Laboratorio dell'Area Vasta Centro per la determinazione di metalli e IPA.

Maggio, 2023

Sintesi

L'attività di monitoraggio effettuata da ARPAT in tre zone dell'area industriale di Barberino Val D'elsa, svolta tra dicembre 2021 e dicembre 2022, ha permesso di arrivare ad una prima valutazione dello stato della qualità dell'aria delle aree monitorate; le tre postazioni di monitoraggio individuate sono:

- **Barberino-Valdelsa-Zambra:** a margine nord-est dell'area industriale, collocata ai piedi della frazione di Vico D'Elsa;
- **Barberino-Valdelsa-Drove:** nel cuore della zona industriale;
- **Barberino-Valdelsa-Valcanoro:** al margine della zona industriale di Cipressino.

Secondo quanto richiesto dal Comune sono stati monitorati gli ossidi di azoto (NO, NO_x, NO₂), il biossido di zolfo (SO₂), le polveri fini PM₁₀ e PM_{2.5}, IPA su PM₁₀ e piombo, cadmio, nichel e arsenico su PM₁₀.

Gli esiti del monitoraggio non hanno messo in evidenza alcun tipo di criticità e per tutti gli inquinanti le concentrazioni misurate sono risultate ben al di sotto dei valori di riferimento indicati dalla norma per la valutazione dello stato, il D.Lgs 155/2010 e s.m.i.

Biossido di azoto – NO₂: il valore limite espresso come media annuale di 40 µg/m³ è stato ampiamente rispettato in tutti e tre i siti, inoltre nel periodo monitorato in nessuna delle postazioni sono stati raggiunti valori della media oraria superiori a 200 µg/m³, valore del limite della media oraria (D.Lgs 155/2010, All. XI).

Biossido di zolfo – SO₂: la media giornaliera massima e il valore orario massimo registrati sono nettamente inferiori ai limiti indicati nella norma (D.Lgs 155/2010, All. XI) di 350 µg/m³ e 125 µg/m³.

Polveri fini - PM₁₀: i valori delle medie annuali ricavate per le tre postazioni risultano tutti inferiori al valore limite di 40 µg/m³ e anche il 90.4° percentile delle medie giornaliere registrate è sempre inferiore a 50 µg/m³, è pertanto rispettato anche il valore limite espresso come numero di superamenti consentiti in un anno della media giornaliera di 50 µg/m³ uguale a 35 superamenti, (D.Lgs 155/2010, All. XI).

Polveri fini – PM_{2.5}: il valore limite espresso come media annuale pari a 25 µg/m³ (D.Lgs 155/2010, All. XI) è stato ampiamente rispettato in tutti e tre i siti monitorati.

IPA nel PM₁₀ - benzo(a)pirene: i valori medi delle singole campagne relativi al Benzo(a)pirene risultano tutti nettamente inferiori al valore obiettivo indicato nel D.Lgs 155/2010, All. XIII.

Metalli pesanti (Pb, Cd, Ni, As) nel PM₁₀: il valore limite per il Piombo, espresso come media annuale viene ampiamente rispettato in tutti i siti monitorati (D.Lgs 155/2010, All. XI); i valori di media annuale di Nichel, Cadmio e Arsenico risultano anch'essi molto inferiori ai valori obiettivo indicati nella norma, (D.Lgs 155/2010, All. XIII).

Sommario

1	Premessa.....	6
2	Siti di misura.....	7
3	Materiali e metodi	10
3.1	Calendario delle sessioni di monitoraggio	11
4	Analisi dei dati.....	13
4.1	Valutazione degli indicatori e analisi di correlazione	13
	<i>Coefficiente di correlazione Pearson</i>	13
	<i>Coefficiente di concordanza di LIN</i>	13
	<i>Coefficiente di correlazione differenza media</i>	13
4.2	Biossido di azoto NO ₂	14
4.2.1	Normativa e limiti	14
4.2.2	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	14
4.2.3	Correlazione con SI-Poggibonsi.....	17
4.3	Monossido di carbonio CO.....	20
4.3.1	Normativa e limiti	20
4.3.2	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	20
4.3.3	Biossido di zolfo SO ₂	24
4.3.4	Normativa e limiti	24
4.3.5	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	24
4.4	Particolato PM ₁₀	26
4.4.1	Normativa e limiti	26
4.4.2	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	26
4.4.3	Correlazione con SI-Poggibonsi.....	29
4.5	Particolato PM _{2,5}	31
4.5.1	Normativa e limiti	31
4.5.2	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	31
4.5.3	Correlazione con SI-Poggibonsi.....	34
4.6	Rapporto PM _{2,5} /PM ₁₀	34
4.7	Benzo(a)pirene e Idrocarburi Policiclici Aromatici	38
4.7.1	Normativa e limiti	38
4.7.2	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	39
4.8	Metalli.....	43
4.8.1	Normativa e limiti	43
4.9	Calcolo degli indicatori e analisi dei dati	44

5	meteo.....	49
5.1	Concentrazione NO ₂ in relazione a velocità e direzione vento	49
5.2	Concentrazione CO in relazione a velocità e direzione vento	51
5.3	Concentrazione SO ₂ in relazione a velocità e direzione vento	53
6	Conclusioni.....	55

1 Premessa

La presente relazione illustra i risultati dell'attività di monitoraggio effettuata da ARPAT tra dicembre 2021 e dicembre 2022 nella zona industriale di Barberino Valdelsa nell'ambito di una convenzione tra ARPAT e il Comune di Barberino Tavarnelle, formalizzata nel disciplinare del 09/12/2021 e stipulata a seguito della Richiesta del Comune al Dipartimento ARPAT di Firenze.

L'area industriale di Barberino Val D'elsa si trova nel comune di Barberino Tavarnelle, al margine dell'aera urbana del comune di Poggibonsi, nella valle delineata dal fiume Elsa ed inserita in un contesto a vocazione prevalentemente rurale e boschivo in cui è presente anche una zona artigianale/industriale collocata nel fondo valle del fiume Elsa. Per lo svolgimento della campagna, in accordo con il Comune sono state individuate tre postazioni: una nella zona di Zambra, area a margine nord-est dell'area industriale, collocata ai piedi della frazione di Vico D'Elsa, la seconda nella zona denominata Drove nel cuore della zona industriale, area in cui impattano anche grandi arterie veicolari, e l'ultima al margine della zona industriale di Cipressino; le tre postazioni sono state denominate rispettivamente: Barberino-Valdelsa-Zambra, Barberino-Valdelsa-Drove e Barberino-Valdelsa-Valcanoro.

Per lo svolgimento delle tre campagne indicative, secondo i criteri illustrati nel D.Lgs. 155/2010 e s.m.i, è stato utilizzato l'autolaboratorio ARPAT GJ897PB, allestito con strumentazione certificata secondo i metodi indicati dal D.Leg.155/2010 e gestito applicando le procedure di QA/QC indicate nel DM del 30.03.17 ed inserite nel sistema di gestione di ARPAT, certificato anche per il processo di monitoraggio della qualità dell'aria. Secondo quanto richiesto dal Comune sono stati monitorati gli ossidi di azoto (NO, NO_x, NO₂), il biossido di zolfo (SO₂), le polveri fini PM₁₀ e PM_{2,5}, inoltre, con il supporto dei laboratori ARPAT, sono stati determinati gli IPA su PM₁₀ e i metalli pesanti (piombo, cadmio, nichel e arsenico) su PM₁₀. Oltre ai parametri previsti nell'accordo tra Comune e ARPAT, il mezzo utilizzato per il monitoraggio è stato attrezzato successivamente allo svolgimento delle campagne invernali con un analizzatore per la determinazione del monossido di carbonio (CO), per cui il monitoraggio è stato esteso anche a questo inquinante per le campagne successive a quella invernale.

All'interno della relazione verranno illustrati gli esiti ottenuti dall'analisi dei dati raccolti durante le tre campagne, attraverso la presentazione degli stessi in tabelle e grafici. Gli indicatori calcolati previsti dalla norma per i vari inquinati monitorati verranno posti a confronto con i valori di riferimento per una prima valutazione dello stato della qualità dell'aria nelle zone monitorate e inoltre, saranno confrontati con gli stessi indicatori ottenuti dal monitoraggio con stazioni fisse facenti parte della rete di monitoraggi della qualità dell'aria della Regione Toscana collocate nella stessa zona di riferimento di Barberino Tavarnelle secondo la DGRT n. 964/2015 *"Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010"*; il territorio del comune di Barberino Tavarnelle è inserito nella zona collinare e montana, di cui fanno parte cinque stazioni di rete regionale, tra cui quella di SI-Poggibonsi, collocata a pochi chilometri dai tre siti oggetto della campagna e sarà utilizzata come sito regionale di confronto per i dati acquisiti nel corso del monitoraggio svolto.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015, pertanto tutti i dati misurati dal laboratorio mobile, sono stati acquisiti, elaborati e validati secondo le procedure disciplinate dal suddetto sistema.

2 Siti di misura

La zona oggetto dell'attività di monitoraggio è situata tra Firenze e Siena nella zona industriale della frazione Barberino Val d'Elsa nel comune di Barberino Tavarnelle (FI), che fa parte della zona denominata "collinare montana" così come definita dalla DGRT n. 964/2015 "Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010", Figura 1.

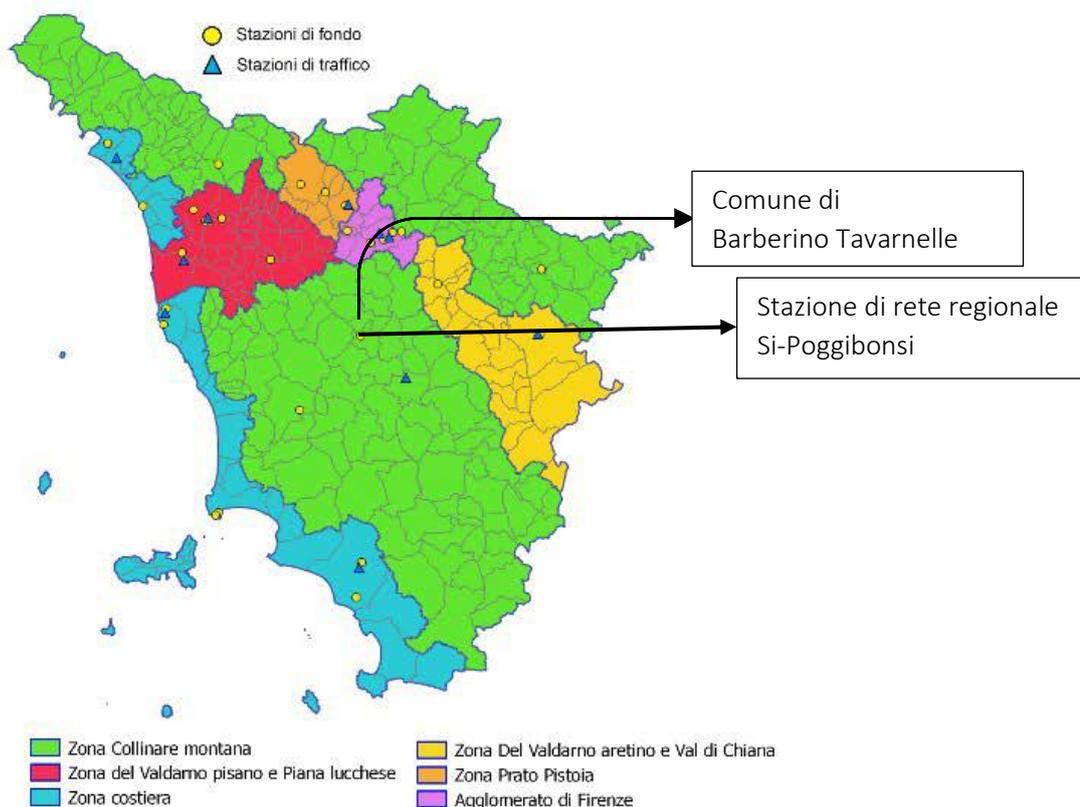


Figura 1: Zonizzazione della Toscana per inquinanti all.V del D.Lgs 155/2010

Secondo quanto richiesto dal Comune i rilievi sono stati effettuati in un'area industriale situata a circa 7 km in linea d'aria, in direzione sud-ovest, rispetto alla frazione di Barberino Val D'Elsa, che si sviluppa in prossimità dell'area urbana del comune di Poggibonsi (SI), subito oltre il confine provinciale delineato dal fiume Elsa. La principale arteria presente nella zona, per quanto riguarda il traffico veicolare, è il raccordo autostradale Firenze-Siena, il quale costeggia la zona industriale e il comune di Poggibonsi provenendo da nord-ovest e continuando verso sud, mentre due arterie secondarie sono rappresentate da due strade regionali che si incrociano al centro della zona industriale. Si ha anche la presenza di una linea ferroviaria costituita da due binari che attraversa il comune di Poggibonsi e parte della zona industriale interessata.

In Figura 2 sono evidenziate le postazioni in cui sono state effettuate le campagne, rappresentate dal punto azzurro. La stazione fissa di SI-Poggibonsi viene evidenziata dal punto di colore rosso. Le linee di colore giallo presenti nella cartina evidenziano le strade, il colore si intensifica all'aumentare del volume di traffico normalmente presente sulla strada.

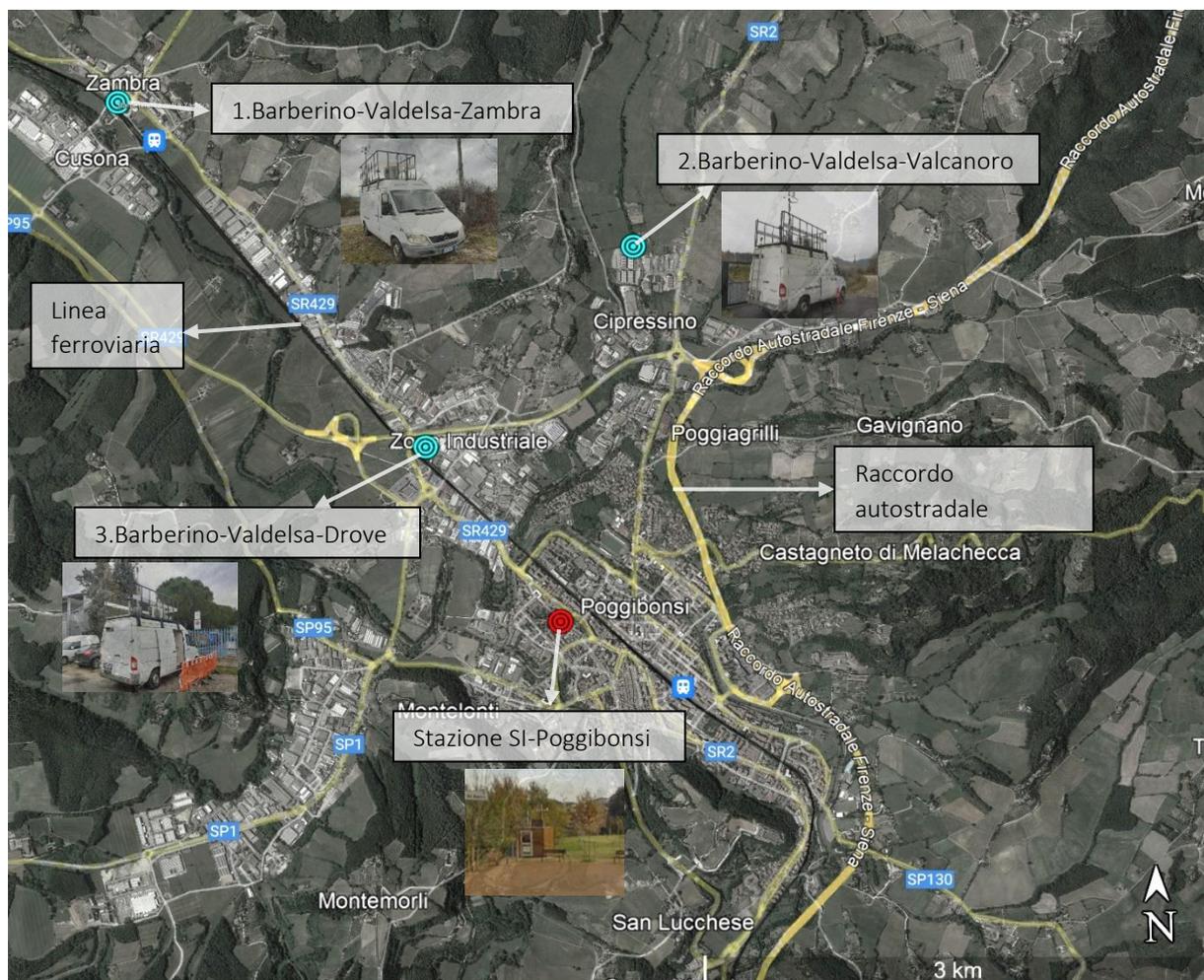


Figura 2: Mappa dei siti di monitoraggio e stazione fissa di SI-Poggibonsi

All'interno della zona industriale sono state individuate dal Comune tre postazioni di misura verificate da ARPAT rispetto ai criteri di microlocalizzazione definiti dalla normativa vigente:

1. **Barberino-Valdelsa-Drove**, posta al centro della zona industriale, in prossimità della linea ferroviaria ed a circa 1.5 km dal raccordo autostradale. In prossimità sono presenti due strade provinciali. questa postazione è stata scelta in quanto al centro della zona industriale interessata.
2. **Barberino-Valdelsa-Valcanoro**, si trova nella zona nordoccidentale dell'area industriale ad una distanza inferiore ad 1 km dal raccordo autostradale, tra le postazioni risulta la più lontana dalla linea ferroviaria che dista circa 2 km. Il sito risulta di particolare interesse essendo in una zona periferica rispetto alla zona industriale dove l'unica strada con un volume di traffico sostenuto è il raccordo Firenze-Siena.
3. **Barberino-Valdelsa-Zambra**, situata all'interno dell'area industriale a una distanza maggiore dal raccordo autostradale, circa 4 km, rispetto agli altri due siti, risulta invece in prossimità della linea ferroviaria.

Per l'analisi dei dati ottenuti dalle tre campagne indicative verrà presa come riferimento la stazione di rete regionale inserite nella zona collinare e montana di SI-Poggibonsi, classificata urbana-fondo (UF), è ubicata nell'area urbana di Poggibonsi a pochi chilometri dai tre siti oggetto della campagna, Figura 1.

Tabella 1: Posizione Siti di campionamento e stazione di SI-Poggibonsi

Sito	Gauss Boaga N	Gauss Boaga E	Altitudine (m)
Barberino-valdelsa-Drove	4816544	1672418	101
Barberino-valdelsa-Valcanoro	4817720	1673688	118
Barberino-valdelsa-Zambra	4818583	1670632	83
SI-Poggibonsi	4815464	1673203	99

Altre informazioni sulle postazioni delle campagne e sui dati acquisiti durante le campagne sono disponibili sul sito di ARPAT ai link:

https://www.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/AUTOLAB-BARBERINO-VALDELSA-ZAMBRA

https://www.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/AUTOLAB-BARBERINO-VALDELSA-DROVE

https://www.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/AUTOLAB-BARBERINO-VALDELSA-VALCANORO

3 Materiali e metodi

Per lo svolgimento delle tre campagne indicative è stato utilizzato il mezzo ARPAT GJ879PB, attrezzato con strumentazione certificata per la misura degli inquinanti previsti dal disciplinare. I metodi utilizzati per la determinazione dei vari parametri sono quelli di riferimento indicati in All.VI del D.Lgs. 155/2010. Il dettaglio della strumentazione installata nel mezzo è riportato in Tabella 2.

La stazione di rete regionale della zona collinare e montana presa come riferimento per l'analisi dei dati acquisiti durante le campagne è SI-Poggibonsi, la tipologia di strumentazione installata all'interno della stazione limitatamente ai parametri utilizzati per il confronto è descritta in Tabella 2.

Tabella 2: Strumenti utilizzati durante le campagne di campionamento.

Mezzo utilizzato	Parametro misurato	Strumento	Principio del metodo	Limite rivelabilità	Note
GJ879PB	CO	API 300	Assorbimento di radiazione IR UNI EN 14626:2012	<0.04 ppm	installato successivamente alle campagne invernali.
	NOX NO NO ₂	API 200E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0.7 µg/m ³	
	SO ₂	API 101 AS	Fluorescenza UV UNI EN 14212:2012	0.4 ppb	
	PM ₁₀ PM _{2.5} IPA Metalli	HYDRA DC FAI	Campionamento su membrane filtranti UNI EN 12341:2014	---	i campioni vengono utilizzati per la determinazione gravimetrica delle polveri e successivamente per la determinazione di IPA e metalli pesanti sulla frazione PM ₁₀ .
SI-Poggibonsi	NOX	Api 200 E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0.7 µg/m ³	
	PM ₁₀ PM _{2.5}	Swam DC FAI	Lettura di attenuazione β su membrane filtranti UNI EN 16450:2017	1 µg/m ³	Certificato equivalente al metodo UNI EN 12341:2014 per il campionamento

Lo strumento per la determinazione della concentrazione del monossido di carbonio (CO) è stato installato sul mezzo mobile alla fine delle campagne invernali; quindi, per questo parametro i dati sono disponibili solo a partire dalla stagione primaverile.

IPA e metalli vengono determinati tramite analisi in laboratorio sul particolato PM₁₀

3.1 Calendario delle sessioni di monitoraggio

La campagna di monitoraggio nei tre siti scelti ha avuto inizio nel mese di dicembre del 2021 e si è conclusa a dicembre del 2022, con una copertura annuale ed una distribuzione stagionale dei dati conforme ai requisiti previsti in All. I del D.Lgs. 155/2010 per le misurazioni indicative: periodo minimo di copertura annuale richiesto 14% e distribuzione uniforme dei dati nell'arco dell'anno, Tabella 3.

Tabella 3: Periodo di campionamento nei siti di monitoraggio.

Stagione	Sito	Inizio campionamento	Fine campionamento	N° giorni camp	Copertura stagionale	Percentuale copertura stagionale somma dei tre siti
Inverno	Drove	8 Dicembre 2021	27 Dicembre 2021	14	15%	58%
	Valcanoro	22 Gennaio 2022	9 Febbraio 2022	19	21%	
	Zambra	16 Febbraio 2022	7 Marzo 2022	19	21%	
Primavera	Drove	15 Aprile 2022	9 Maggio 2022	14	15%	55%
	Valcanoro	15 Maggio 2022	3 Giugno 2022	14	15%	
	Zambra	24 Marzo 2022	14 Aprile 2022	22	24%	
Estate	Drove	10 Agosto 2022	31 Agosto 2022	19	21%	65%
	Valcanoro	22 Giugno 2022	11 Luglio 2022	20	22%	
	Zambra	15 Luglio 2022	3 Agosto 2022	20	22%	
Autunno	Drove	20 Settembre 2022	9 Ottobre 2022	20	22%	62%
	Valcanoro	29 Novembre 2022	20 Dicembre 2022	20	22%	
	Zambra	3 Novembre 2022	28 Novembre 2022	16	18%	

La Tabella 4 riporta il dettaglio della percentuale di copertura stagionale ottenuta durante le tre campagne per i singoli inquinanti monitorati, con l'esclusione del CO, che non è stato misurato durante le campagne invernali, in tutti i siti di campionamento è stato superato il 14% di copertura richiesto per le misure indicative, i valori degli indicatori calcolati per gli inquinanti risultano pertanto significativi ed idonei al confronto con i valori di riferimento previsti dalla norma per una valutazione dello stato della qualità dell'aria. Sono riportate in Tabella 4 anche le percentuali di copertura relative alla stazione di SI-Poggibonsi, elaborate sia per l'intera stagione, sia considerando esclusivamente i periodi in cui sono state svolte le campagne.

Tabella 4: Percentuale valori validi durante la campagna

Stagione	Periodo	Sito	Inquinante	Numero giorni	Percentuale di copertura stagionale
Inverno	8 /12/21- 03/01/22	Barberino-Valdelsa-Drove	SO ₂	15	17%
			NOX	17	19%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	17	19%
	22 /01/22 - 09/02/22	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	SO ₂	19	21%
			NOX	19	21%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	19	21%
	16 /02/22 - 07/03/22	Barberino-Valdelsa-Zambra	SO ₂	20	22%
			NOX	18	20%
PM ₁₀ /PM _{2.5}			19	21%	
08 /12/21 - 07/03/22	SI-Poggibonsi	NOX	86 - 55	96% l'intera stagione - 61% periodo campagne	
		PM ₁₀ /PM _{2.5}	86 - 55	96% l'intera stagione - 61% periodo campagne	
Primavera	15 /04/22 - 09/05/22	Barberino-Valdelsa-Drove	SO ₂	25	28%
			NOX	25	28%
			CO	25	28%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	25	28%
	15 /05/22 - 03/06/22	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	SO ₂	20	22%
			NOX	18	20%
			CO	20	22%
	24 /03/22 - 14/04/22	Barberino-Valdelsa-Zambra	PM ₁₀ /PM _{2.5}	20	22%
			SO ₂	22	24%
			NOX	22	24%
	24 /03/22 -03/06/22	SI-Poggibonsi	CO	22	24%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	20	22%
NOX			88 - 67	98% l'intera stagione - 74% periodo campagne	
PM ₁₀ /PM _{2.5}			88 - 56	98% l'intera stagione - 62% periodo campagne	
Estate	10 /08/22 - 31/08/22	Barberino-Valdelsa-Drove	SO ₂	22	24%
			NOX	22	24%
			CO	22	24%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	19	21%
	22 /06/22 - 11/07/22	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	SO ₂	20	22%
			NOX	20	22%
			CO	20	22%
	15 /07/22 - 03/08/22	Barberino-Valdelsa-Zambra	PM ₁₀ /PM _{2.5}	20	22%
			SO ₂	20	22%
			NOX	19	21%
			CO	20	22%
	22 /06/22 -31/08/22	SI-Poggibonsi	PM ₁₀ /PM _{2.5}	20	22%
NOX			85 - 59	94% l'intera stagione - 66% periodo campagne	
Autunno	20 /09/22 - 09/10/22	Barberino-Valdelsa-Drove	PM ₁₀ /PM _{2.5}	84 - 56	93% l'intera stagione - 62% periodo campagne
			SO ₂	20	22%
			NOX	20	22%
			CO	20	22%
	30 /11/22 - 20/12/22	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	PM ₁₀ /PM _{2.5}	20	22%
			SO ₂	21	23%
			NOX	19	21%
	04 /11/22 - 28/11/22	Barberino-Valdelsa-Zambra	CO	21	23%
			PM ₁₀ /PM _{2.5}	19	21%
			SO ₂	25	28%
			NOX	21	23%
	20 /09/22 -20/12/22	SI-Poggibonsi	CO	19	21%
PM ₁₀ /PM _{2.5}			16	18%	
NOX			90 - 66	100% l'intera stagione - 73% periodo campagne	
PM ₁₀ /PM _{2.5}			90 - 54	100% l'intera stagione - 60% periodo campagne	

4 Analisi dei dati

4.1 Valutazione degli indicatori e analisi di correlazione

Di seguito sono descritti gli indicatori calcolati per i parametri monitorati durante le tre campagne svolte a Barberino. I valori degli indicatori sono stati valutati rispetto ai riferimenti indicati dal D.Lgs.155/2010, inoltre, sono stati confrontati con gli analoghi indicatori ottenuti nel 2022 per la stazione regionale di SI-Poggibonsi, per una valutazione delle aree monitorate in relazione ai livelli di concentrazione caratteristici della zona in cui è inserito il territorio del comune di Barberino Tavarnelle, la collinare e montana (DGRT n. 964/2015).

Per l'analisi di correlazione con i dati della stazione di SI-Poggibonsi sono stati utilizzati tre tipologie di coefficienti di correlazione:

Coefficiente di correlazione Pearson

Il coefficiente di correlazione di Pearson misura il grado di correlazione lineare tra due set di dati, viene calcolato come il rapporto tra la covarianza delle due variabili e il prodotto delle loro deviazioni standard. I valori si presentano in un intervallo compreso tra -1 e 1. Una correlazione alta (valore vicino a 1) significa che le due serie di dati confrontate sono in fase, i valori sono concentrati intorno alla retta di regressione lineare.

Coefficiente di concordanza di LIN

Mediante il coefficiente di concordanza di LIN è possibile misurare quanto le coppie di valori dei set di dati in un grafico a dispersione si discostano dalla bisettrice. Con un valore vicino a 1 i due set di dati presentano valori simili, ovvero si registrano valori di concentrazione degli inquinanti simile nei due punti di campionamento.

Coefficiente di correlazione differenza media

Coefficiente di correlazione tra differenza e media viene calcolato come il coefficiente di correlazione di Pearson tra due variabili, la prima variabile rappresenta la differenza tra le coppie di valori registrate nello stesso momento nelle due stazioni, mentre la seconda variabile è il valore medio tra i due punti. Stazioni con le stesse oscillazioni presentano un valore per questo coefficiente vicino a zero.

La valutazione di questi coefficienti ha permesso di valutare per i vari inquinanti la relazione con le stazioni di rete regionale che fanno parte della stessa zona omogenea, in modo da valutare se l'area industriale di Barberino Val d'Elsa costituisce una discontinuità o se i livelli e gli andamenti dei vari inquinanti misurati sono in linea con quelli rilevati dalle stazioni regionali.

Tutti i valori di concentrazione riportati di seguito sono espressi in unità di massa (ng, µg o mg) per metro cubo d'aria (m³) e sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa e alla temperatura di 20° C, ad esclusione del materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, IPA e metalli pesanti, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni di temperatura e pressione presenti al momento del campionamento.

4.2 Biossido di azoto NO₂

4.2.1 Normativa e limiti

I valori limite per NO₂ vengono riportati nel *D.Lgs 155/2010 all. XI ed all. XIV*

Tabella 5: Valori limite per NO₂

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³

4.2.2 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

I valori degli indicatori ottenuti per i tre siti monitorati sono riportati in Tabella 6, da cui emerge un completo rispetto dei limiti previsti dalla norma.

Tabella 6: NO₂ indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento

NO ₂	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL Riferimento
Media campagna - µg/m ³ a 20°C	17	6	14	40
Valore massimo orario - µg/m ³ a 20°C	84	49	60	200
N°. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³ a 20°C	0	0	0	18

In Tabella 7 viene riportata una serie di parametri statistici calcolati per le serie di dati acquisiti durante le tre campagne effettuate nel comune di Barberino Tavarnelle, confrontati con i corrispondenti parametri ottenuti per la stazione regionale di SI-Poggibonsi, per quest'ultima vengono considerati sia i valori degli indicatori relativi al 2022, sia i valori ottenuti considerando solo i dati acquisiti nei giorni di monitoraggio delle tre campagne.

Tabella 7: Dati campagne NO₂

Sito	SI-Poggibonsi 2022	SI-Poggibonsi Periodi campagna	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL Riferimento
Media campagna (µg/m ³ a 20°C)	14	13	17	6	14	40
Valore massimo orario (µg/m ³ a 20°C)	95	93	84	49	60	200
99° Percentile media oraria (µg/m ³)	51	50	56	30	44	
Valore massimo giornaliero (µg/m ³ a 20°C)	41	41	37	17	30	
N° ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³ a 20°C)	0	0	0	0	0	18

Tenendo in considerazione i valori limite per questo inquinante, si osserva che nel periodo preso in esame il valore massimo di media oraria registrato è pari a 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione fissa di SI-Poggibonsi, quindi lontano dal valore limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche il valore medio annuo di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non viene raggiunto in nessuno dei punti di campionamento.

Tabella 8: Medie stagionali NO_2

Sito	SI-Poggibonsi - 2022	SI-Poggibonsi Periodi campagna	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Valore medio inverno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22	23	27	8	17
Valore medio primavera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	11	15	4	15
Valore medio estate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	6	11	4	9
Valore medio autunno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	14	17	7	14

Il sito di campionamento denominato Drove è quello che presenta i valori medi più alti rispetto agli altri siti della zona industriale e alla stazione fissa SI-Poggibonsi, tale fenomeno potrebbe essere dovuto alla posizione centrale in cui si trova e dalla presenza di due strade provinciali poco distanti; mentre il sito di Valcanoro registra i livelli medi più bassi sia rispetto alla stazione fissa di Poggibonsi che agli altri due siti dell'area industriale.

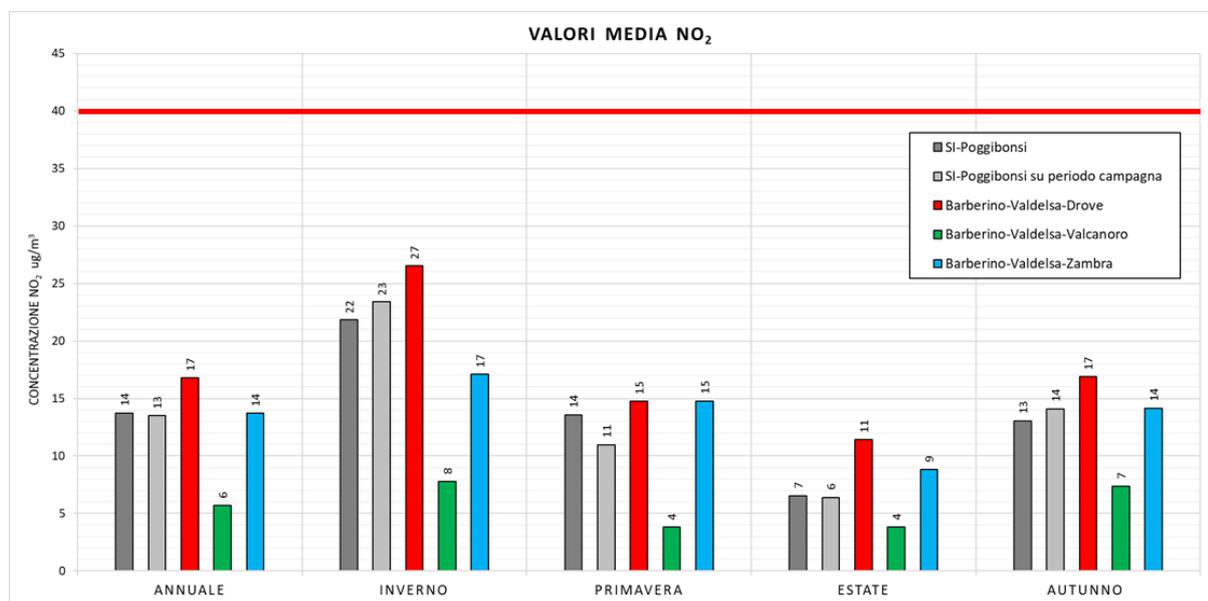


Figura 3: NO_2 media annuale e medie stagionali

Confrontando i dati della stazione SI-Poggibonsi con le due modalità descritte in precedenza, ovvero solo con campagna attiva o tutto il periodo senza interruzioni (2022), non si evidenziano particolari differenze.

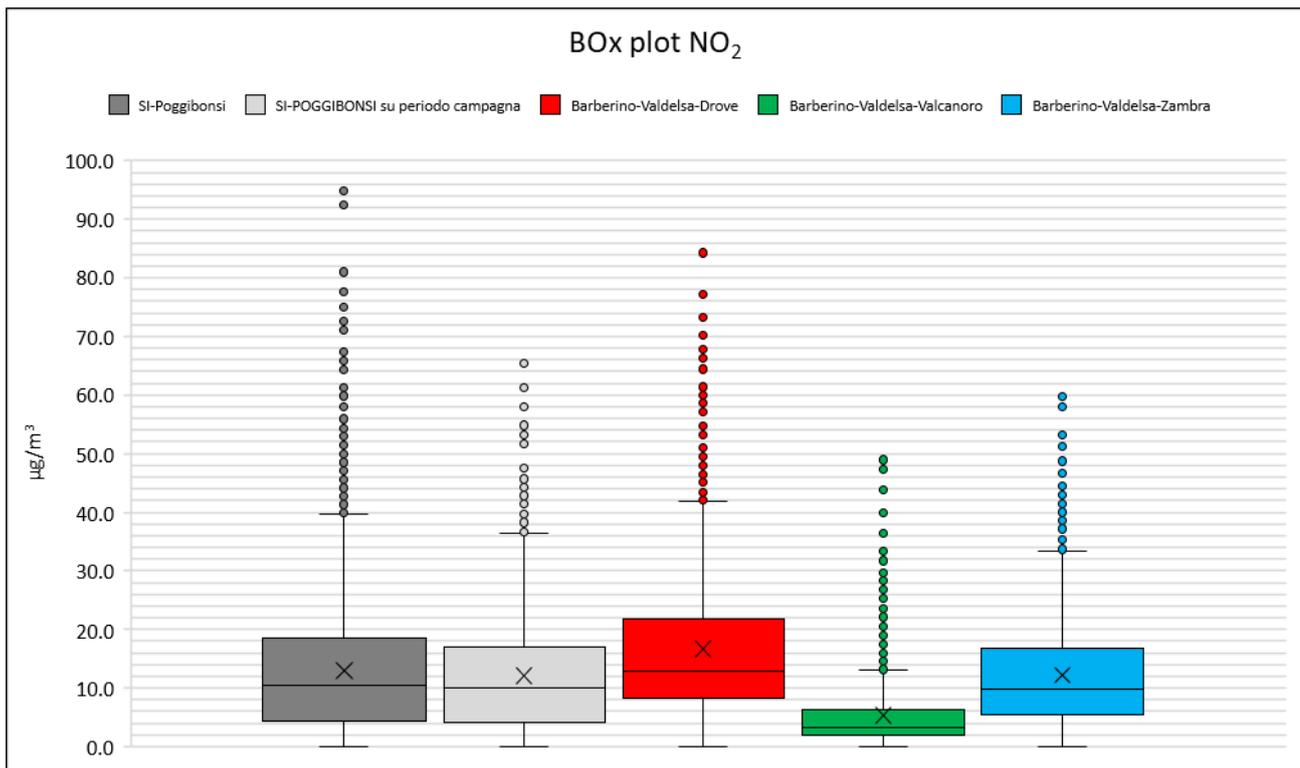


Figura 4: Box plot NO₂

La distribuzione dei dati durante l'intero anno (Figura 4) risulta simile per ampiezza nel sito di Drove e nella stazione di SI-Poggibonsi, si ha una differenza nel valore di media e mediana (nel grafico la mediana è rappresentata dalla linea all'interno del box, mentre la media è raffigurata con X) che risultano più alti per Drove. La distribuzione dei valori risulta particolarmente ristretta per il sito di Valcanoro che presenta anche i valori più bassi di media e mediana. Per tutti i siti si osserva che i valori della media sono maggiori rispetto ai valori della mediana. La lunghezza dei bracci permette di constatare che è presente una maggiore distribuzione nei valori superiori rispetto alla mediana. L'estremo inferiore del box viene calcolato tramite la formula $Q1 - 1.5 * (Q3 - Q1)$; Q1 è il valore del primo quartile, ovvero il valore al di sotto del quale sono presenti il 25% dei valori rilevati, il terzo quartile (Q3) è il valore al di sotto del quale sono presenti il 75% dei dati collezionati. Il baffo superiore viene individuato calcolando la formula $Q3 + 1.5 * (Q3 - Q1)$. I punti al di sopra dell'estremo superiore, rappresentano i valori di media oraria in cui si registrano concentrazioni elevate rispetto alla media calcolata su tutto l'anno.

In Figura 6 vengono rappresentate le medie giornaliere dei siti di campionamento della zona industriale e della stazione fissa di SI-Poggibonsi per il periodo invernale, questo permette di effettuare alcune considerazioni sugli andamenti nel periodo.

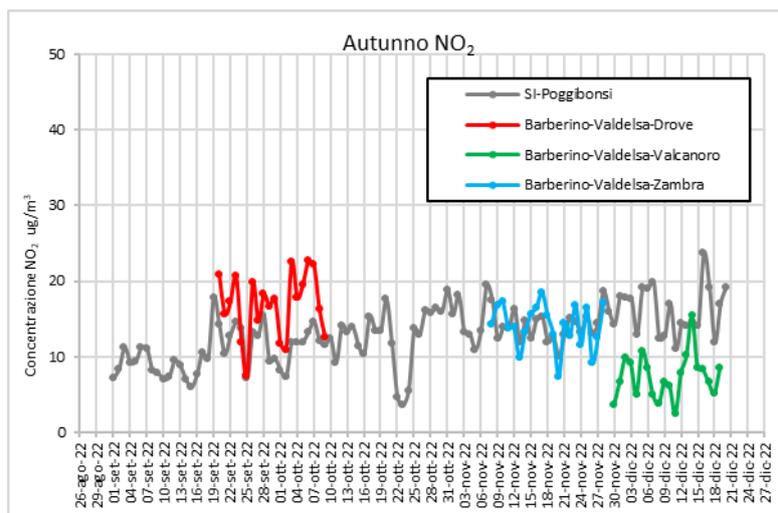
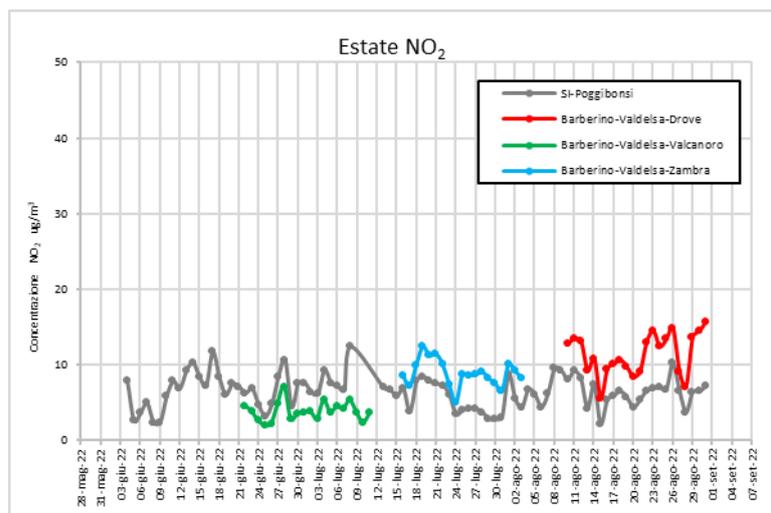


Figura 5: NO₂ medie giornaliere Estate-Autunno

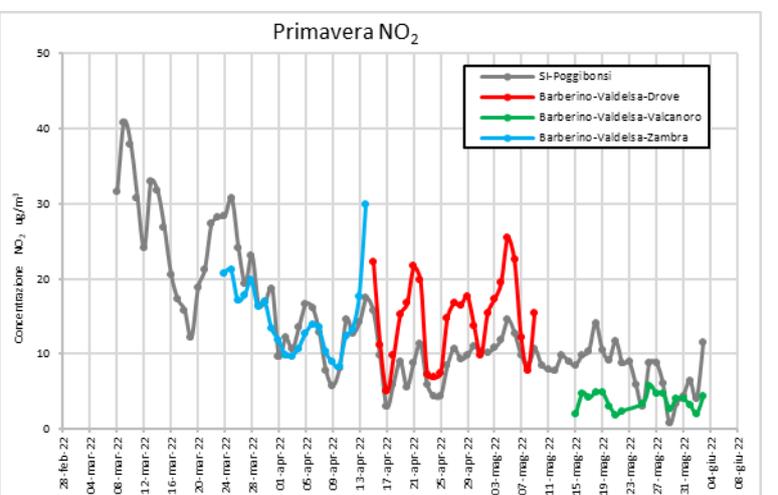
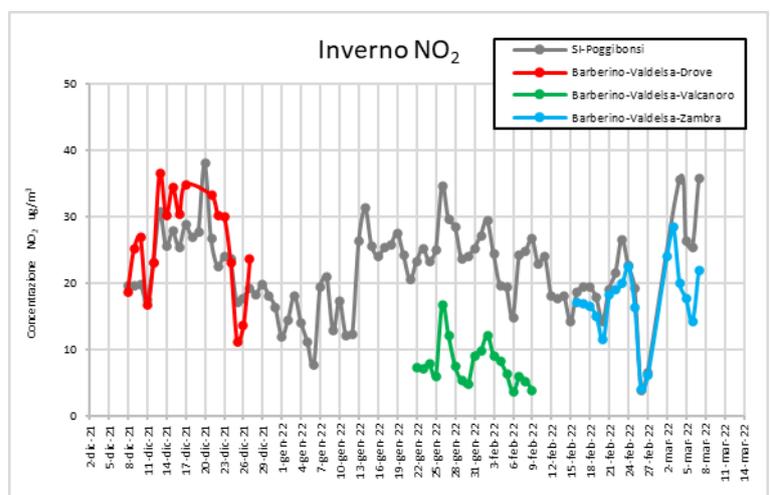


Figura 6: NO₂ medie giornaliere inverno e primavera

Durante il periodo invernale si osserva che il sito di Drove, linea rossa, presenta un andamento simile alla stazione fissa, punti di massimo e di minimo negli stessi giorni, ma presenta valori mediamente più alti. Il punto di campionamento di Zambra, blu, segue sia i valori che gli andamenti con il sito di SI-Poggibonsi; mentre Valcanoro, linea verde, presenta dei valori più bassi rispetto al sito fisso anche se mantiene un andamento simile. La situazione risulta analoga anche per le altre stagioni, ad eccezione di un innalzamento nelle medie giornaliere di Zambra durante il periodo estivo.

4.2.3 Correlazione con SI-Poggibonsi

In Tabella 9 vengono riportati i coefficienti di correlazione dei tre punti della zona industriale rapportati alla stazione fissa SI-Poggibonsi. Vengono riportati sia i dati dell'intero anno che i valori per le varie stagioni, Tabella 10.

Tabella 9: Coefficienti di correlazione con stazione SI-Poggibonsi NO₂

Annuale	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Pearson	0.76	0.41	0.76
LIN	0.66	0.24	0.74
Differenza media	0.35	0.55	0.37

Tabella 10: Coefficienti di correlazione nelle varie stagioni con la stazione di SI-Poggibonsi

	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Inverno			
Pearson	0.79	0.25	0.78
LIN	0.69	0.10	0.69
Differenza media	0.58	0.37	0.5
Primavera			
Pearson	0.68	0.45	0.74
LIN	0.52	0.32	0.73
Differenza media	0.53	0.52	0.27
Estate			
Pearson	0.65	0.52	0.72
LIN	0.47	0.36	0.60
Differenza media	0.25	0.61	0.10
Autunno			
Pearson	0.60	0.31	0.71
LIN	0.49	0.17	0.67
Differenza media	0.40	0.11	0.19

Mediante i coefficienti di correlazione è possibile osservare che in tutte le stagioni e nel dato globale annuo il valore di LIN per Valcanoro risulta sempre il più basso tra i tre siti, indice del fatto che i valori delle medie orarie di questo sito si discostano dai valori registrati nella postazione fissa di SI-Poggibonsi. Il sito di Zambra nonostante abbia una distanza maggiore dalla stazione fissa risulta il più correlato con SI-Poggibonsi, coefficiente di LIN maggiore. Per il coefficiente di Pearson possono essere fatte le stesse considerazioni fatte in precedenza per il coefficiente di LIN. Il coefficiente che descrive le oscillazioni delle due stazioni, ovvero il coefficiente differenza-media, permette di osservare come la migliore correlazione per questo inquinante si riscontra nel sito di Zambra in estate e in autunno, mentre nel sito di Valcanoro si ha un valore basso solo nella stagione autunnale.

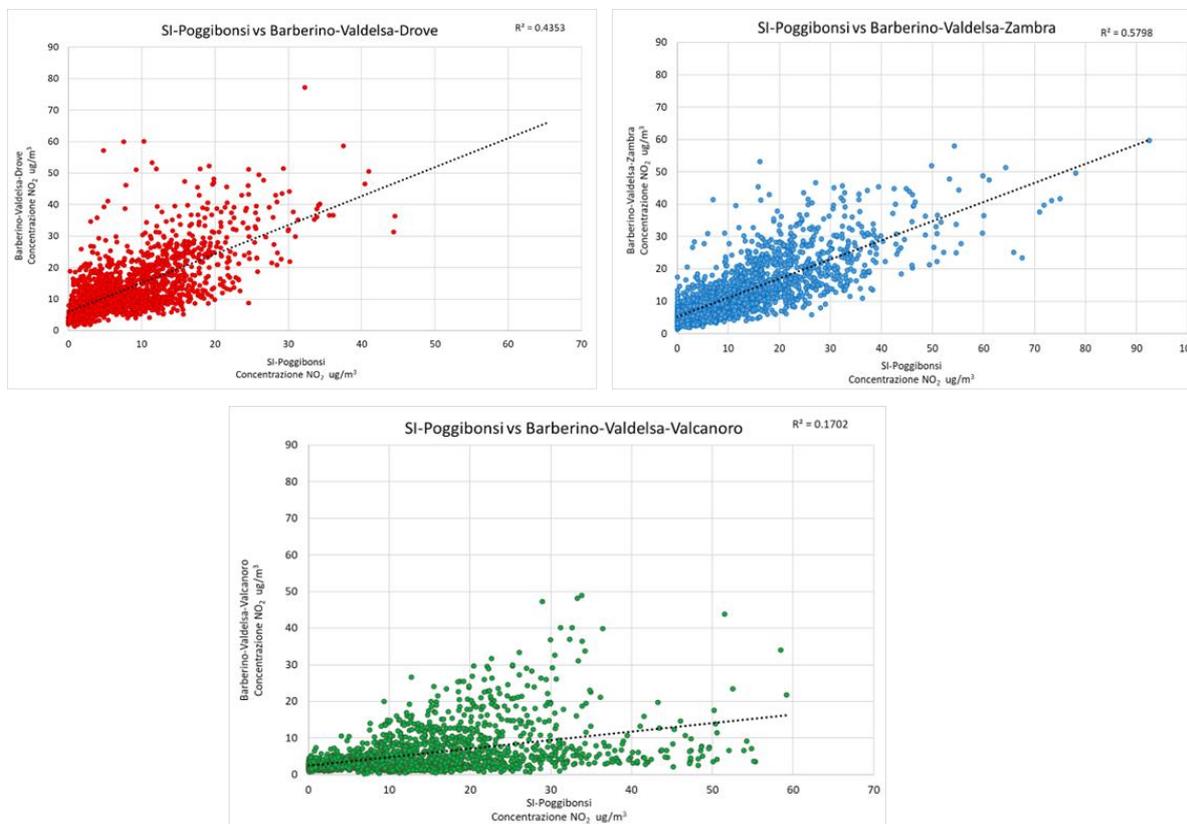


Figura 7: NO₂ correlazione concentrazioni SI-Poggibonsi e siti di campionamento

Dai grafici di correlazione, Figura 7, dei siti di Zambra e Drove contro SI-Poggibonsi è possibile osservare che i punti si dispongono in modo da formare una struttura di tipo lineare. Mentre per Valcanoro i punti risultano molto più dispersi.

Possiamo pertanto concludere che i siti di Drove e Zambra mostrano per questo inquinante un andamento e livelli simili a quelli registrati dalla stazione fissa di SI-Poggibonsi, mentre il sito di Valcanoro, coerentemente alla sua collocazione, ha un comportamento più simile ad una stazione suburbana, con valori mediamente più bassi di quelli normalmente registrati nei siti urbani, poiché rappresenta un'area al margine della zona industriale che degrada in una zona a vocazione prevalentemente boschiva e rurale, in cui le varie fonti emissive come traffico veicolare sono meno impattanti.

4.3 Monossido di carbonio CO

4.3.1 Normativa e limiti

I valori limite per CO vengono riportati nel *D.Lgs 155/2010 all.XI e s.m.i*

Tabella 11: CO valori limite

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite su media di 8 ore	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

4.3.2 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

L'analizzatore per la determinazione del monossido di carbonio è stato installato all'interno del mezzo mobile a marzo 2022, a cavallo tra le sessioni di misura delle campagne invernali e primaverili. Pertanto, per questo inquinante non sono disponibili i dati per le tre campagne invernali e non è stata raggiunta la copertura minima richiesta per le campagne indicative al fine di rendere rappresentativi i relativi indicatori per il confronto con i valori limite di riferimento. I valori dell'indicatore calcolati per i tre siti vengono comunque riportati per completezza e benché non rappresentativi dell'intera campagna possono comunque essere utili per alcune considerazioni.

I dati in Tabella 12 mostrano valori di media massima su otto ore molto bassi, oscillano tra il 3 e il 7% del limite di riferimento, è pertanto possibile affermare che per questo inquinante non siano presenti criticità per le aree monitorate nel periodo preso in esame e benché non sia rappresentata la stagione in cui generalmente i valori sono più alti è ragionevole affermare che come per il biossido di azoto anche per il monossido di carbonio i limiti previsti dalla norma siano rispettati.

Tabella 12: CO indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento ⁽¹⁾

CO	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento
Media massima calcolata su 8 ore (mg/m ³)	0.35	0.47	0.66	10

⁽¹⁾ Non sono stati acquisiti i dati nella stagione invernale.

Considerando i dati provenienti dalle stazioni di rete regionale si può constatare come i massimi della media mobile di 8 ore registrati nei tre siti presi in esame siano tra i più bassi tra quelli registrati nel 2022, anche rispetto alla stazione di LI-Cotone (0.8 mg/m³) unica stazione non di traffico (classificata come industriale suburbana) tra quelle allestite con un analizzatore di CO.

Illustriamo di seguito una serie di parametri statistici elaborati per le tre serie di dati e una valutazione relativa alle singole stagioni, in questo caso non è presente un confronto con la stazione fissa di SI-Poggibonsi perché sprovvista dello strumento per la determinazione di CO, Tabella 13.

Tabella 13: Dati campagna ⁽¹⁾ CO

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento
Media campagna (mg/m ³)	0.10	0.18	0.08	-
Valore orario massimo (mg/m ³)	0.69	2.33	0.91	-
Media massima calcolata su 8 ore (mg/m ³)	0.35	0.47	0.66	10
Massima media giornaliera (mg/m ³)	0.32	0.78	0.59	

⁽¹⁾ Non sono stati acquisiti i dati nella stagione invernale

Tabella 14: medie stagionali CO

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Media inverno (mg/m ³)	-	-	-
Media primavera (mg/m ³)	0.03	0.13	0.05
Media estate (mg/m ³)	0.14	0.06	0.06
Media autunno(mg/m ³)	0.13	0.36	0.13

Premettendo che i valori rilevati per questo inquinante sono molto bassi e spesso vicini al limite di rilevabilità dello strumento, vediamo che Valcanoro presenta un valore per la media maggiore sia in primavera che in autunno, risultando così anche il sito con la media più alta durante l'anno. In estate invece il sito che risulta avere una concentrazione media maggiore è Drove. Nella stagione primaverile e autunnale si osserva che il sito di Valcanoro risulta avere le medie giornaliere maggiori e con un andamento più variegato. Le campagne estive sono invece caratterizzate da un innalzamento delle medie giornaliere nell'ultimo periodo presso la postazione di Drove, i valori riscontrati sono comunque esigui.

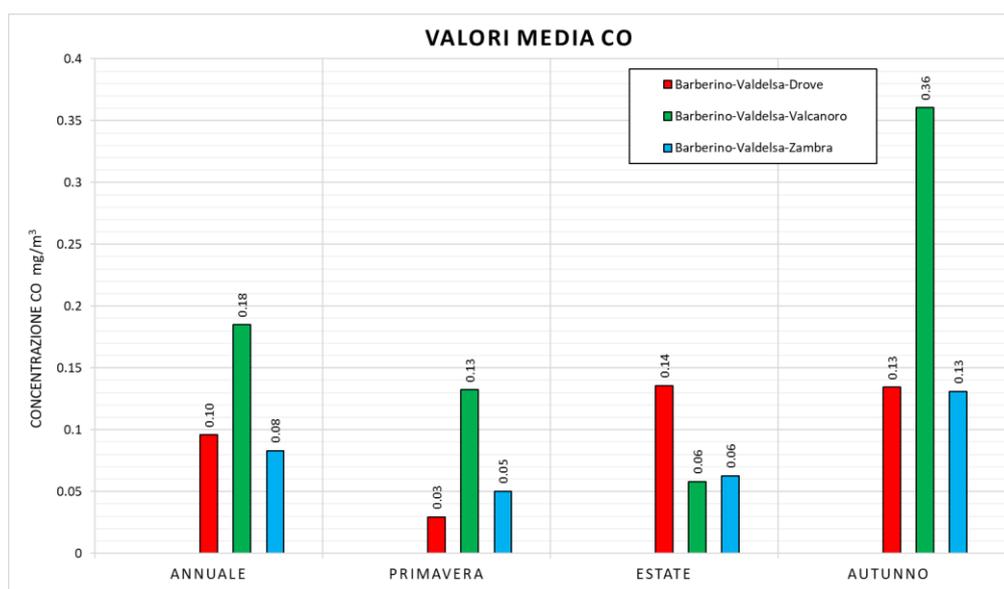


Figura 8: CO media annuale e medie stagionali

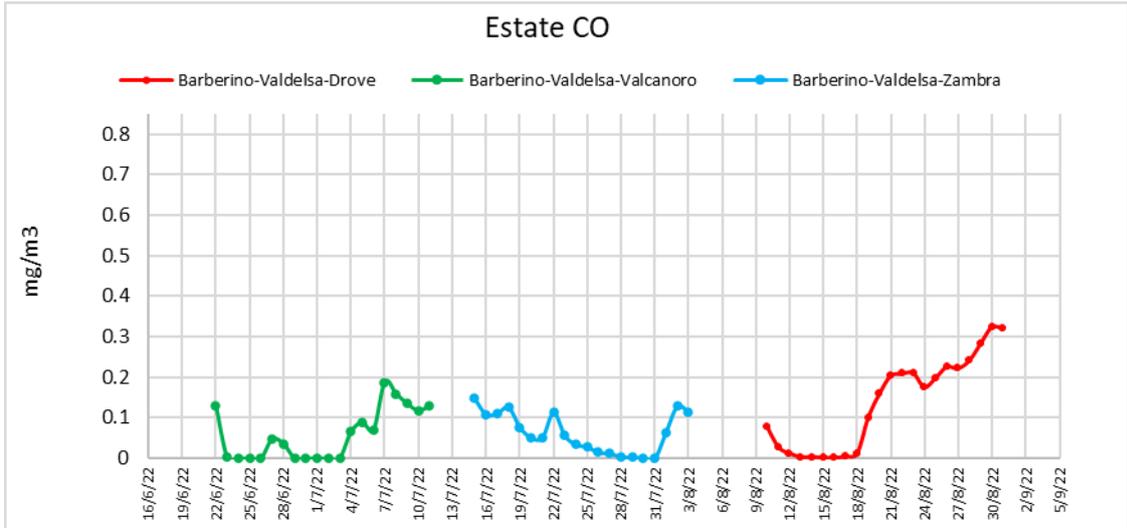


Figura 11: CO medie giornaliere estate

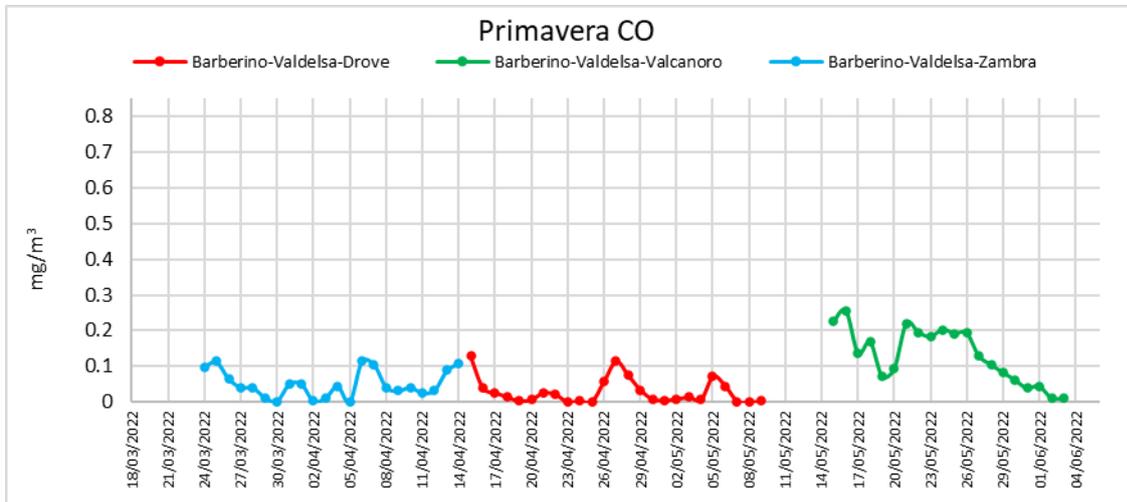


Figura 10: CO medie giornaliere primavera

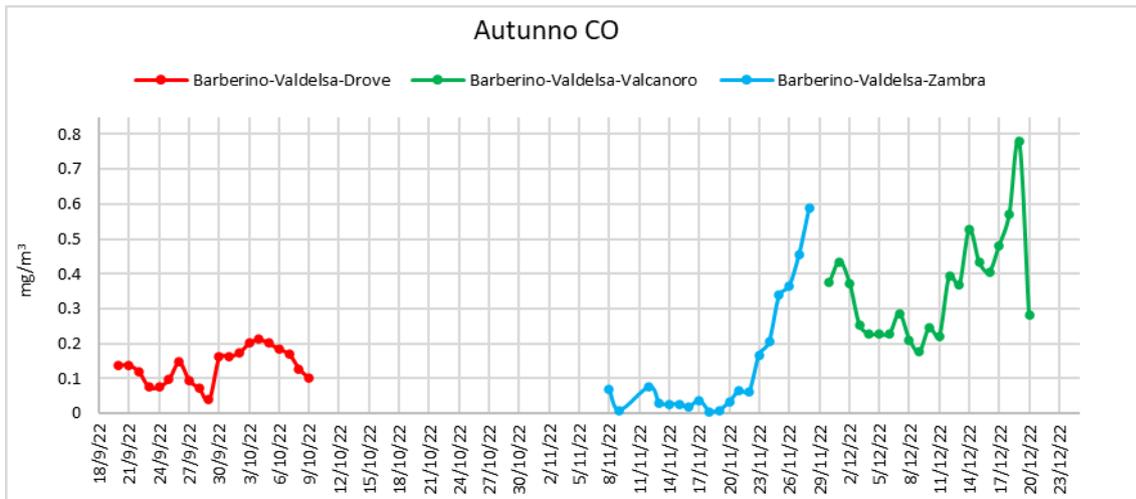


Figura 9: CO medie giornaliere autunno

All'interno dei valori registrati per CO nel sito di Drove si osservano pochi valori di media oraria tali da cadere all'esterno del limite superiore del box ($Q_3+1,5*(Q_3-Q_1)$), mentre nel sito di Valcanoro si ha una maggiore variabilità con vari punti con valori relativamente alti. La minore variabilità si registra nel sito di Zambra che mostra una ampiezza molto ristretta del box.

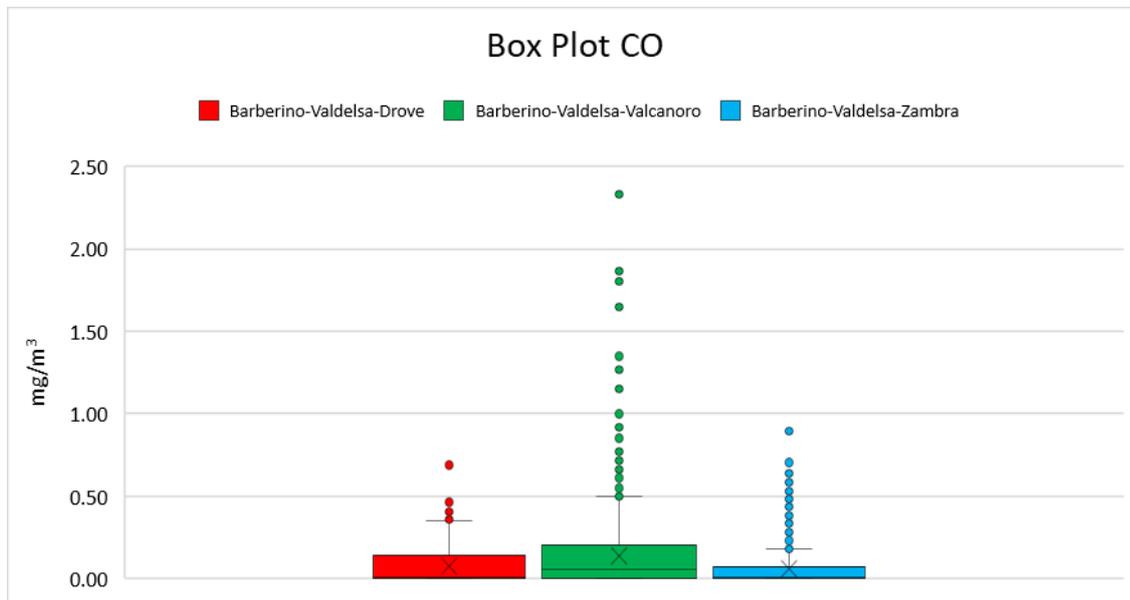


Figura 12: CO Box Plot

4.3.3 Biossido di zolfo SO₂

4.3.4 Normativa e limiti

I valori limite per SO₂ vengono riportati nel *D.Lgs 155/2010 all.XI e s.m.i*

Tabella 15: Valori limite per SO₂

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ , da non superare più di 24 volte in un anno
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	1 giorno	125 µg/m ³ , da non superare più di 3 volte per anno civile

4.3.5 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

I valori degli indicatori ottenuti per i tre siti monitorati sono riportati in Tabella 16, da cui emerge un completo rispetto dei limiti previsti dalla norma.

Tabella 16: SO₂, indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento e valori medi delle campagne

SO ₂	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di Riferimento
Massimo valore orario (µg/m ³)	7.2	11.2	5.1	350
N° ore superamento limite 350 µg/m ³	0	0	0	24
Massimo valore giornaliero (µg/m ³)	3.6	4.0	3.7	125
N° giorni superamento limite 125 µg/m ³	0	0	0	3
Valore medio campagne (µg/m ³)	0.9	0.9	1.1	---

Come per il monossido di carbonio anche per questo inquinante i valori delle concentrazioni misurate sono molto bassi e spesso vicini al limite di rilevabilità. I limiti previsti dal decreto legislativo sono ampiamente rispettati in tutte le postazioni, i valori degli indicatori risultano di due ordini di grandezza inferiori ai limiti previsti dalla norma, tranne per il sito di Valcanoro dove è stato misurato un valore massimo orario di 11.2 µg/m³ che risulta comunque molto basso rispetto al limite di 350 µg/m³. I valori medi registrati nei tre siti sono molto simili e all'interno del periodo monitorato non si evidenziano peculiarità rispetto a questo inquinante. I valori medi misurati sono in linea a quelli registrati dalle stazioni di rete regionale nel 2022, Tabella 17.

Tabella 17: Medie SO₂ stazioni rete regionale e relativa classificazione

SO ₂		
stazione	classificazione	media 2022
FI-Bassi	Urbana Fondo (UF)	1
LI-LaPira	Urbana Fondo (UF)	1
LU-Capannori	Urbana Fondo (UF)	1

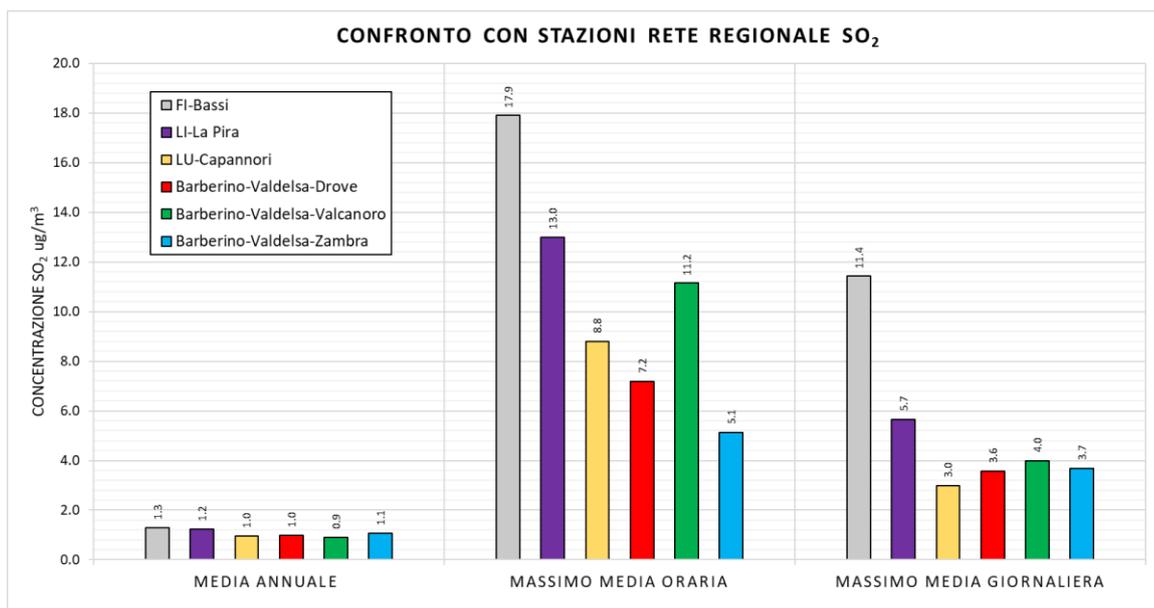


Figura 13: Media annuale, oraria e giornaliera per le stazioni della rete e siti monitorati

4.4 Particolato PM₁₀

4.4.1 Normativa e limiti

I valori limite per il particolato PM₁₀ vengono riportati nel *D.Lgs 155/2010 all XI e s.m.i*

Tabella 18: Valori limite per PM₁₀

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione umana	24 ore	50 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³

Per quanto riguarda il PM₁₀, per poter utilizzare le misure indicative e valutare il rispetto del limite giornaliero occorre prendere in esame il 90.4° percentile delle medie giornaliere acquisite, che deve essere inferiore o uguale a 50 µg/m³, anziché utilizzare il numero dei superamenti registrati durante la campagna, il quale risulta fortemente influenzato dal periodo di copertura della campagna e dalle condizioni meteo presenti durante la stessa (Allegato I, D.Lgs. 155/2010).

4.4.2 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

I valori degli indicatori relativi la PM₁₀ ottenuti per i tre siti monitorati sono tutti ampiamente inferiori ai limiti di riferimento, Tabella 19.

Tabella 19: PM₁₀ indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL riferimento
Valore medio annuale (µg/m³)	18	21	17	40
N giorni oltre 50	0	3	0	35
90.4° Percentile annuale (µg/m³)	25	32	24	50

Tabella 20: Dati campagna PM₁₀

Sito	SI-Poggibonsi intero periodo	SI-Poggibonsi Periodi campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL riferimento
Valore medio annuale (µg/m ³)	20	19	18	21	17	40
Valore giornaliero massimo annuale (µg/m ³)	58	58	34	62	34	
90.4° Percentile annuale (µg/m ³)	29	29	25	32	24	50
N giorni oltre 50 µg/m ³	3	2	0	3	0	35

Tabella 21: PM10 medie stagionali

Sito	SI-Poggibonsi intero periodo	SI-Poggibonsi Periodi campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Valore medio inverno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22	17	18	13	16
Valore medio primavera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	17	18	26	17
Valore medio estate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	20	17	29	20
Valore medio autunno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	17	19	13	16

Il limite come valore medio annuale e il riferimento per il 90.4° sono rispettati in tutti i siti di campionamento. In Tabella 20 vengono indicati anche i giorni in cui è avvenuto il superamento della media giornaliera del valore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superato nel sito di Poggibonsi per 3 volte nell'intero periodo, quindi ben lontano dal limite dei 35 giorni di superamento consentiti per anno. Anche il sito di Valcanoro presenta 3 giorni in cui la media giornaliera è maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di questi il 27 e 28 giugno corrispondono a due giorni in cui si sono registrati superamenti in tutte le stazioni della rete regionale causati da un evento di avvezione di sabbia sahariana e pertanto non contabilizzati come superamenti del limite giornaliero.

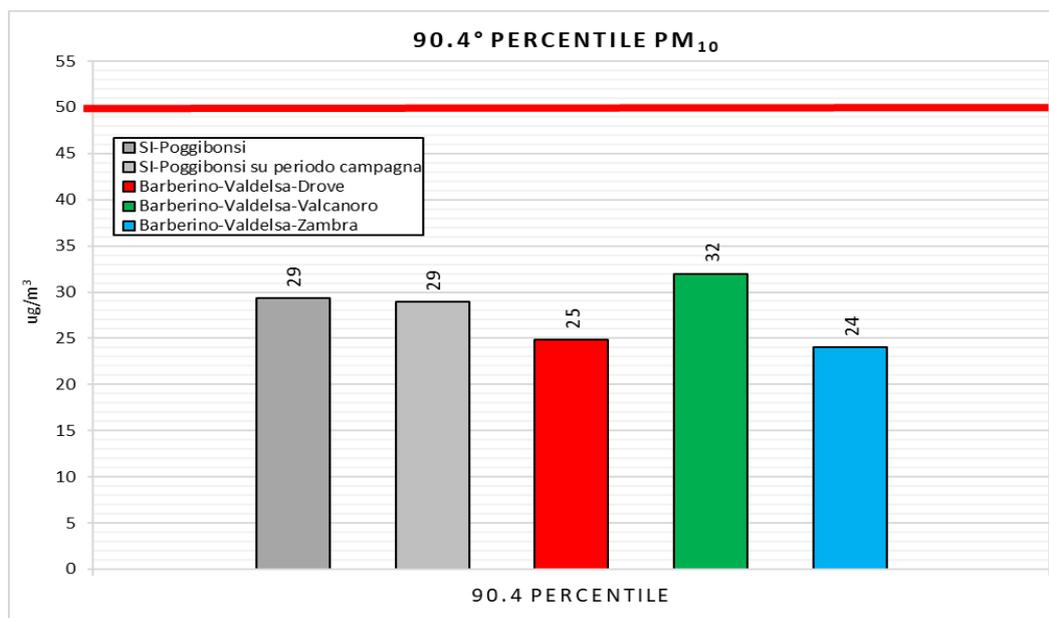


Figura 14 PM₁₀ 90.4° percentile

I valori del 90.4° percentile in tutti i siti della campagna risultano inferiori al limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; quindi, si può ragionevolmente ritenere che anche effettuando le misure in continuo nelle aree monitorate sia improbabile un superamento del limite di media giornaliera per più di 35 volte in un anno.

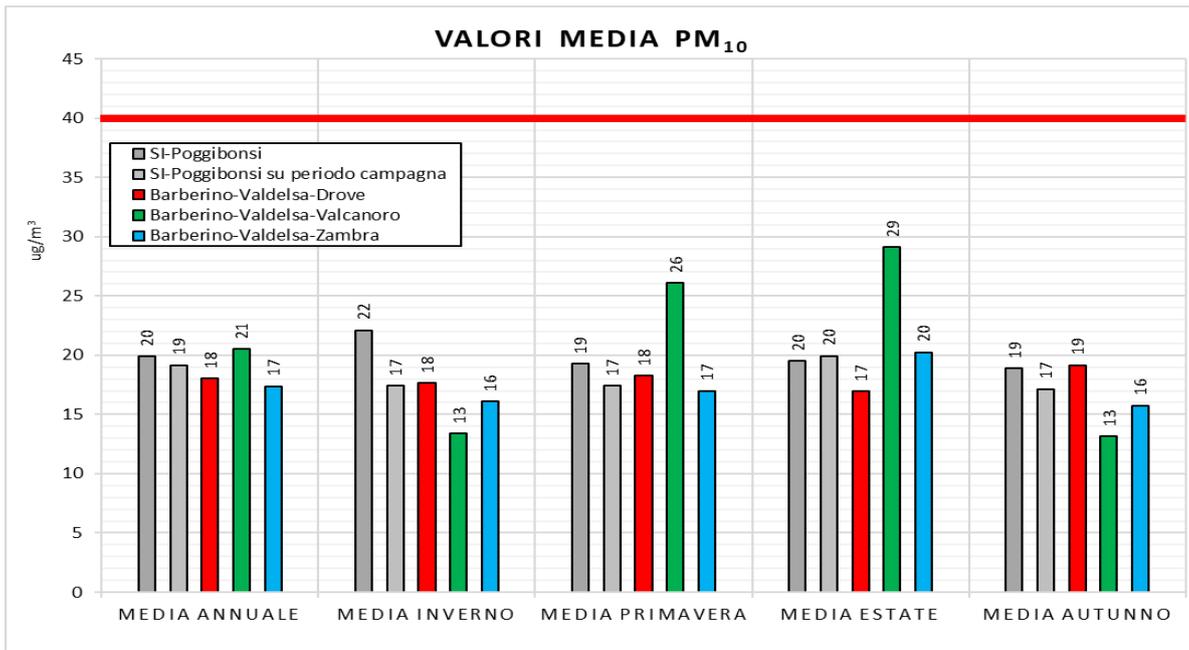


Figura 17: PM₁₀ media annuale e medie stagionali

Nel sito di Poggibonsi, non si evidenziano particolari differenze tra l'indicatore calcolato per l'intera serie o solo con i dati acquisiti nei periodi delle tre campagne di Barberino. Le medie stagionali non mostrano gli andamenti stagionali tipici per questo inquinante, il sito di Valcanoro mostra valori più elevati nei periodi primavera/estate, mentre per Drove e Zambra non sono evidenti andamenti stagionali.

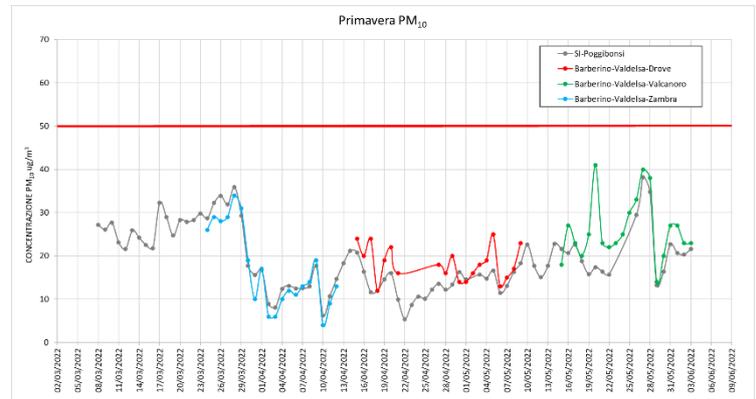
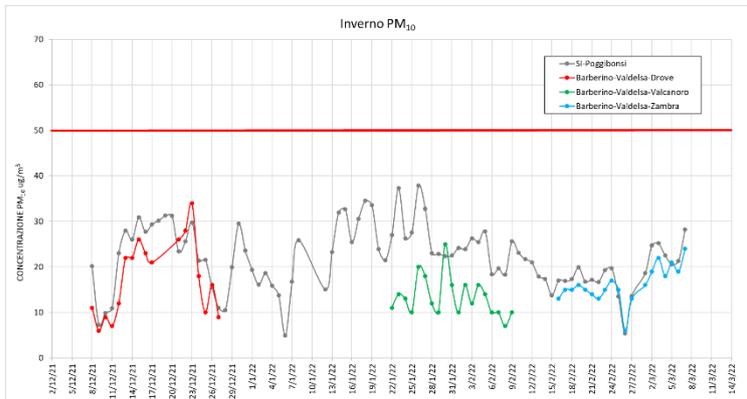


Figura 16: PM₁₀ medie giornaliere inverno e primavera

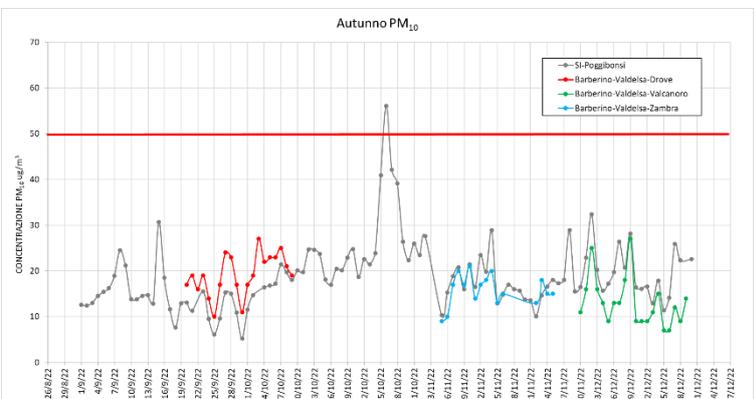


Figura 15: PM₁₀ medie giornaliere estate e autunno

Nei grafici in Figura 16 e Figura 15 sono rappresentate le medie giornaliere acquisite durante le tre campagne e dalla stazione fissa di Poggibonsi: si osserva come i valori di Barberino presentino spesso andamenti e livelli simili a quelli della stazione fissa di SI-Poggibonsi, in alcuni casi quasi sovrapponibili, i dati che si discostano maggiormente sono quelli acquisiti durante la campagna invernale nel sito di Valcanoro.

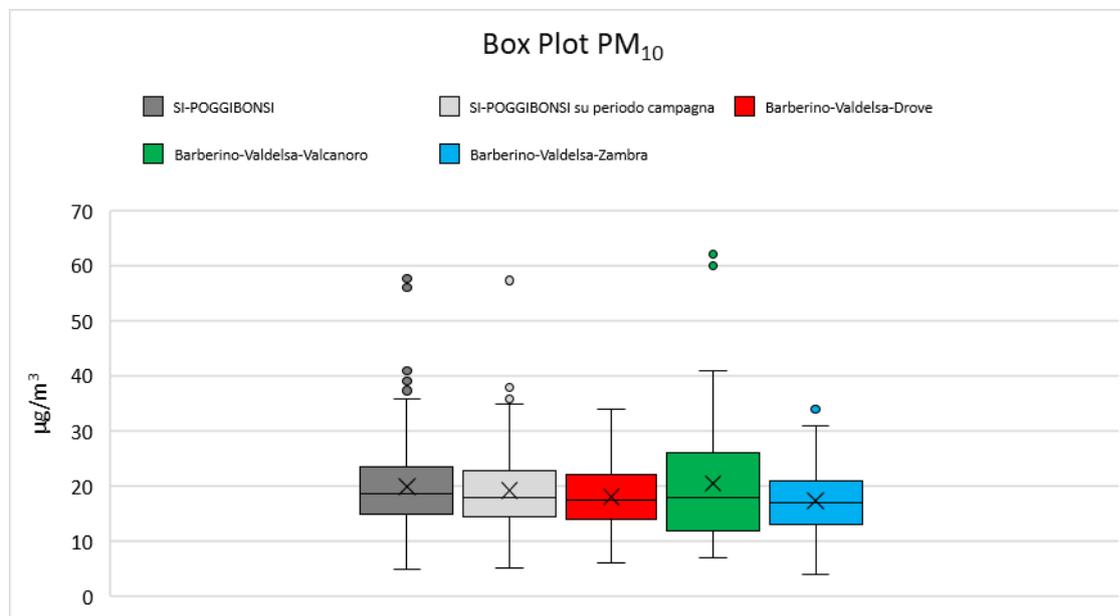


Figura 18: PM_{10} Box Plot

L'altezza dei box plot risulta simile in tutti i siti con l'eccezione di Valcanoro, in cui si hanno valori con una più ampia distribuzione ed una maggiore differenza tra media e mediana. Questa distribuzione verso valori maggiori della media è probabilmente dovuta alla presenza dei due valori elevati, individuabili dai punti esterni agli estremi del box plot, rilevati nel periodo estivo dovuti ad un fenomeno di avvezione sahariana.

4.4.3 Correlazione con SI-Poggibonsi

Tabella 22: Coefficienti di correlazione con stazione fissa SI-Poggibonsi PM_{10}

Annuale	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Pearson	0.67	0.64	0.92
LIN	0.57	0.61	0.92
Differenza media	0.06	0.40	0.11

Tabella 23: Coefficienti di correlazione con stazione fissa SI-Poggibonsi nelle varie stagioni

	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Inverno			
Pearson	0.83	0.40	0.93
LIN	0.67	0.09	0.78
Differenza media	0.16	0.24	0.53
Primavera			
Pearson	0.53	0.69	0.98
LIN	0.22	0.60	0.96
Differenza media	0.44	0.17	0.10

Estate			
Pearson	0.96	0.91	0.83
LIN	0.83	0.87	0.82
Differenza media	0.46	0.28	0.14
Autunno			
Pearson	0.88	0.77	0.75
LIN	0.47	0.44	0.77
Differenza media	0.09	0.00	0.47

I valori dei parametri statistici riportati in Tabella 22 mostrano che il sito di Zambra è quello che nel complesso presenta la migliore correlazione con la stazione di Poggibonsi pur essendo il più distante in linea d'area, mentre Valcanoro e Drove mostrano una correlazione meno rilevante. Prendendo in esame le singole stagioni vediamo, come atteso, una bassa correlazione per la stagione invernale nel sito di Valcanoro, mentre nella stessa stagione i siti di Drove e Zambra hanno entrambi una buona correlazione, anche se per quest'ultimo il coefficiente di differenza media risulta superiore a 0.5. In primavera Zambra mostra un'ottima correlazione, mentre per gli altri due siti i coefficienti risultano meno significativi. In estate per tutti e tre i siti è presente una buona correlazione, mentre in autunno la correlazione peggiora principalmente per una diminuzione dei coefficienti di LIN.

Questa analisi ci permette di concludere che la stazione di rete regionale di SI-Poggibonsi può essere considerata un riferimento per una valutazione dei livelli medi della concentrazione di PM₁₀ anche per l'area oggetto del monitoraggio.

Tale rappresentatività è stata valutata anche da un punto di vista modellistico nel documento di ARPAT *"Stima della rappresentatività spaziale delle stazioni di fondo di rete regionale PM10 con il metodo $\beta^{(1)}$ "*, nel quale è indicato che la stazione di SI-Poggibonsi può essere utilizzata come rappresentativa di una porzione di territorio pari a 15 km su base annua e 3 km per il solo periodo invernale. Due punti della campagna di monitoraggio risultano compresi nella zona descritta dalla stazione fissa anche considerando il riferimento spaziale più restrittivo; mentre il sito di Zambra è ad una distanza in linea d'aria pari a 4.20 km, i dati mostrano comunque un'ottima correlazione. La rappresentatività di una stazione dipende anche dall'uso del suolo in quella specifica zona; in particolare SI-Poggibonsi rappresenta il contributo di fondo di un centro urbano, con le caratteristiche di una città di medie dimensioni, nel contesto della zona collinare montana e i livelli medi sono simili a quelli delle stazioni della costa. Anche la combinazione di uso del suolo è quella tipica delle altre aree urbane con un 23% di residenziale, in questo caso discontinuo, e un altro 20% di aree industriali e commerciali. Le aree agricole sono soprattutto colture permanenti (33%) ma c'è anche un contributo di seminativi (14%). Rispetto alle altre stazioni urbane c'è una percentuale più significativa di aree naturali (11%) che caratterizzano l'appartenenza di questa stazione alla zona collinare montana.

Stazione	RR (media annua)	RR (nov-genn)
SI-Poggibonsi	15 km	3 km

¹ https://www.regione.toscana.it/documents/10180/23809530/ARPAT_RAPP_METODO+BETA.pdf/fbe74d2f-78f2-977e-ffaf-0030506f5d69?t=1664284606000

4.5 Particolato PM_{2,5}

4.5.1 Normativa e limiti

I valori limite per il particolato PM_{2,5} vengono riportati nel *D.Lgs 155/2010 all XI ed all XIV e s.m.i*

Tabella 24: Valori limite per PM_{2,5}

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³

4.5.2 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

Per tutti i siti di campionamento il valore medio annuale risulta inferiore al valore limite di 25 µg/m³ imposto dalla norma D.Lgs 155/2010, Tabella 25.

Tabella 25: PM_{2,5} indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento
Valore medio annuale (µg/m ³)	10	11	10	25

Tabella 26: PM_{2,5} medie stagionali

Sito	Si-Poggibonsi intero periodo	Si-Poggibonsi Periodi campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Valore medio annuale (µg/m ³)	12	12	10	11	10
Valore medio inverno (µg/m ³)	16	17	10	9	10
Valore medio primavera (µg/m ³)	11	10	10	12	10
Valore medio estate (µg/m ³)	10	10	10	13	11
Valore medio autunno (µg/m ³)	11	11	9	9	10

I dati relativi al parametro di PM_{2,5} mostrano un valore medio annuo inferiore a 25 µg/m³ in tutte le postazioni considerate. I valori più bassi sono stati registrati nel sito di Drove e in quello di Zambra, mentre si hanno valori più alti nella stazione fissa di Si-Poggibonsi. La concentrazione massima riscontrata durante tutto il periodo di campionamento risulta ricalcare l'andamento del valore medio

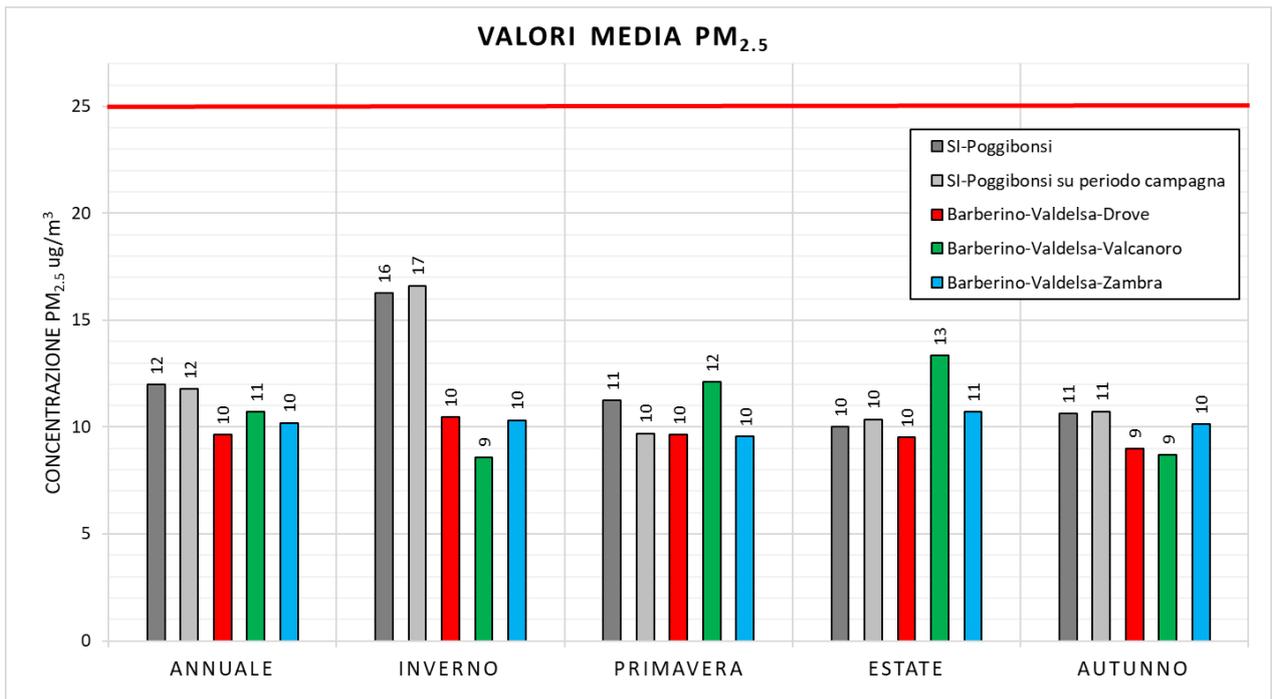


Figura 19: PM_{2.5} media annuale e medie stagionali

Tenendo in considerazione i valori medi delle diverse stagioni non si riscontrano particolari differenze durante tutto l'intero arco di tempo in cui sono state effettuate le misure.

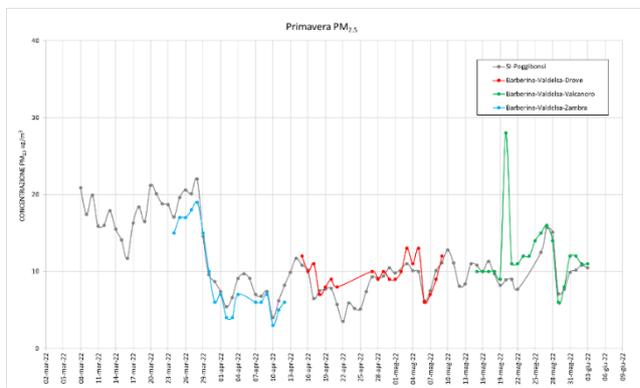


Figura 20: PM_{2.5} medie giornaliere inverno e primavera

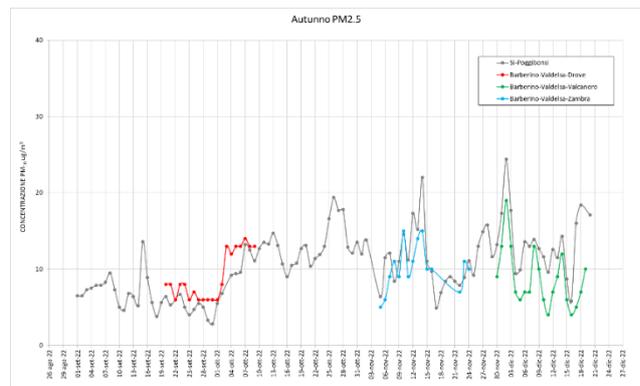


Figura 21: PM_{2.5} medie giornaliere estate e autunno

Gli andamenti riscontrati durante le campagne mostrano che le concentrazioni di PM_{2.5} seguono quelle della stazione fissa di SI-Poggibonsi per tutti i siti, vi è una eccezione per il periodo invernale nel sito di Valcanoro, dove i valori risultano sensibilmente più bassi rispetto a quelli della stazione fissa, andamento già riscontrato con PM₁₀.

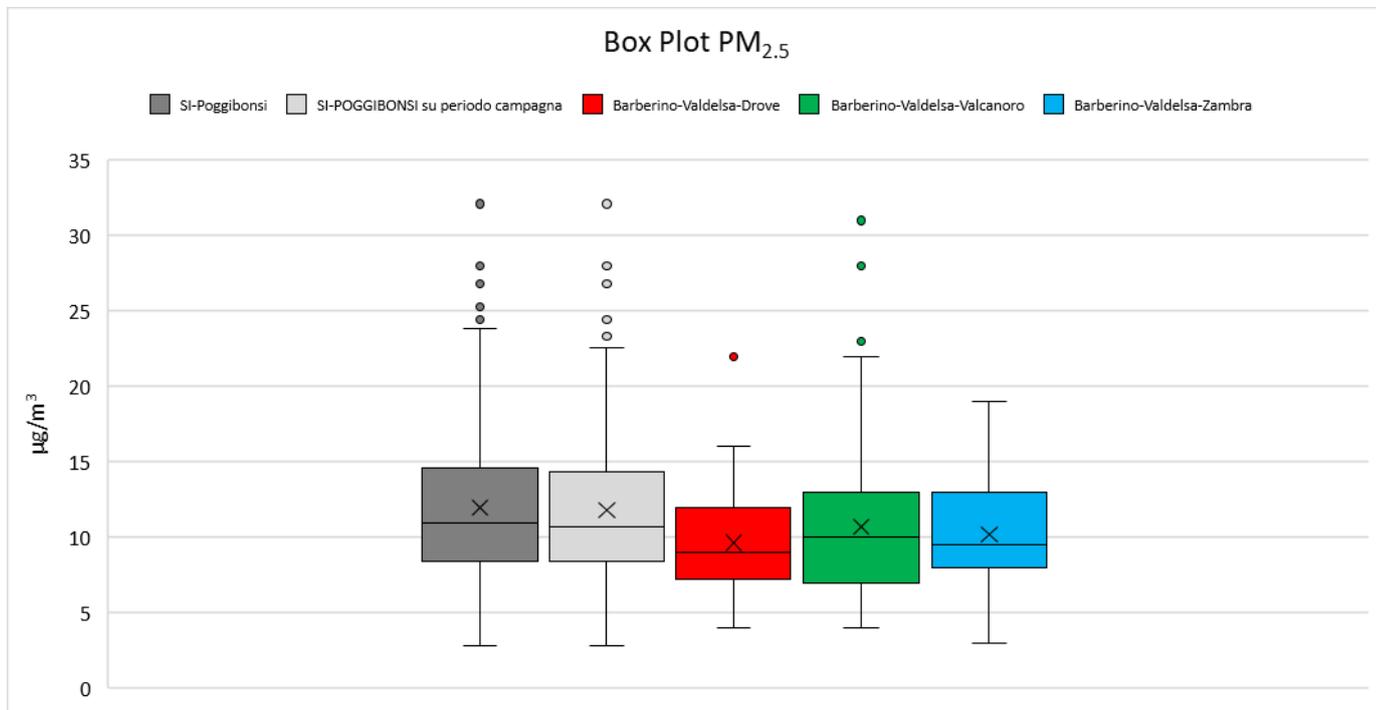


Figura 22: PM_{2.5} Box Plot

Nella Figura 22 Vengono riportati i boxplot per il PM_{2.5}, rispetto a quanto visto per PM₁₀ le altezze dei box risultano tutte simili tra loro, il valore di media e mediana maggiori si riscontrano nel sito di Valcanoro, che risulta avere anche una maggiore dispersione dei valori. I siti di Drove e Zambra mostrano una dispersione dei valori simile, simile ampiezza dei box, con una differenza nei valori di media e mediana più bassi per Drove.

4.5.3 Correlazione con SI-Poggibonsi

Tabella 27: Coefficienti di correlazione con stazione fissa SI-Poggibonsi PM_{2.5}

Annuale	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Pearson	0.68	0.26	0.90
LIN	0.52	0.22	0.86
Differenza media	0.52	0.01	0.31

Tabella 28: Coefficienti di correlazione con SI-Poggibonsi nelle varie stagioni

	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Inverno			
Pearson	0.86	0.61	0.94
LIN	0.42	0.15	0.68
Differenza media	0.21	0.47	0.46
Primavera			
Pearson	0.69	0.29	0.98
LIN	0.43	0.23	1.00
Differenza media	0.22	0.62	0.42
Estate			
Pearson	0.83	0.83	0.93
LIN	0.54	0.76	0.88
Differenza media	0.26	0.46	0.30
Autunno			
Pearson	0.94	0.76	0.72
LIN	0.76	0.44	0.68
Differenza media	0.03	0.13	0.41

L'analisi di correlazione per il PM_{2.5} mostra una situazione del tutto simile a quella ricavata per il PM₁₀ benché mediamente i valori dei coefficienti risultino peggiori, anche in questo caso il sito di Zambra che risulta il più correlato con la stazione fissa di Poggibonsi, mentre il sito di Valcanoro è nel complesso il meno correlato.

4.6 Rapporto PM_{2.5}/PM₁₀

Tabella 29: Percentuale media di PM_{2.5} in PM₁₀

Sito	SI-Poggibonsi intero periodo	SI-Poggibonsi Periodi campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Valore medio annuale	60%	62%	54%	56%	59%

Tabella 30: Percentuale media PM_{2,5}/PM₁₀ delle varie stagioni

Sito	SI-Poggibonsi intero periodo	SI-Poggibonsi Periodi campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra
Valore medio inverno	74%	74%	60%	64%	63%
Valore medio primavera	59%	57%	54%	46%	56%
Valore medio estate	53%	54%	59%	48%	53%
Valore medio autunno	54%	62%	47%	67%	64%

Le percentuali di PM_{2,5} nel PM₁₀ risultano in linea con i valori tipici delle stazioni di traffico, con una variabilità stagionale tipica con contributi più elevati del PM_{2,5} al PM₁₀ nei periodi freddi rispetto a primavera ed estate. Si osservano oscillazioni apprezzabili tra i mesi freddi e i mesi caldi, comunque meno marcate rispetto a quelle tipiche delle stazioni di fondo come emerge anche dal confronto con i dati di Poggibonsi. Le variazioni sono più evidenti per il sito di Valcanoro, mentre per Drove l'andamento è meno evidente in quanto il valore relativo alla stagione autunnale risulta minore rispetto a quello registrato nei periodi caldi, probabilmente a causa delle condizioni metereologiche presenti al momento della campagna.

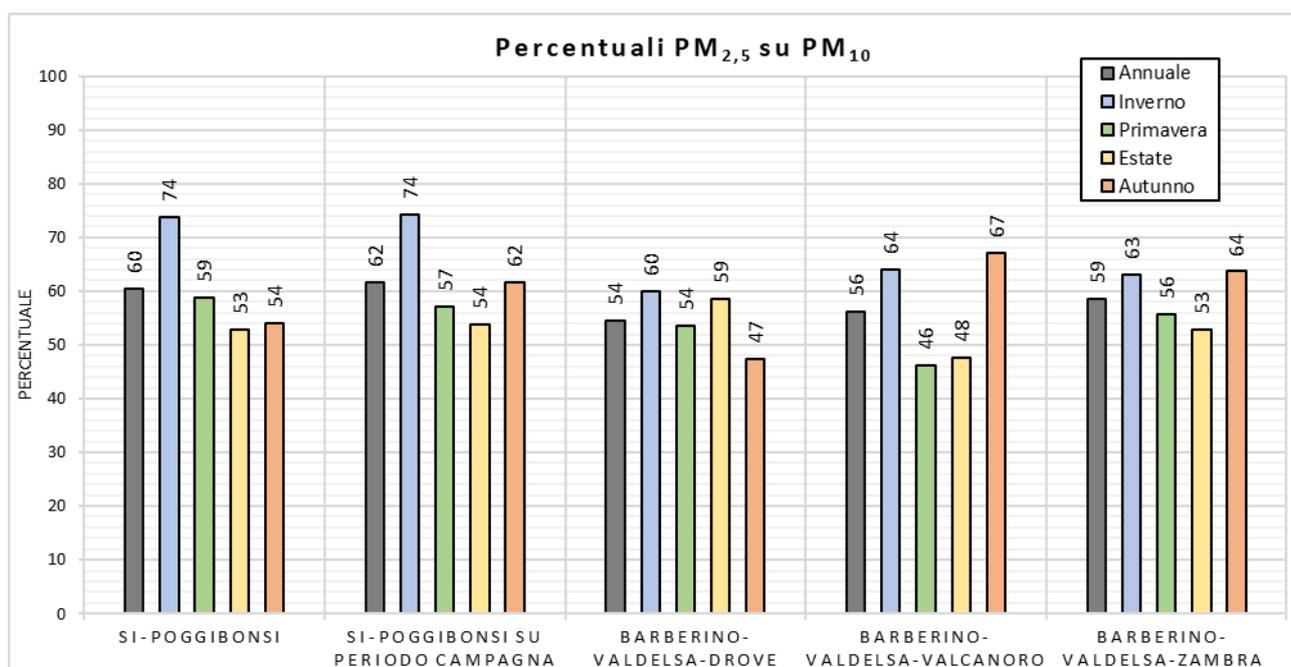


Figura 23: Percentuali PM_{2,5}/PM₁₀ nei siti durante le stagioni

Tenendo in considerazione il dato annuo della percentuale di concentrazione di PM_{2,5} all'interno del PM₁₀, i valori maggiori si hanno per la stazione fissa di SI-Poggibonsi e per il sito di Zambra, mentre il sito di Drove presenta la percentuale più bassa. Valori minori di percentuale di PM_{2,5} sono spesso registrati in stazioni caratterizzate da zone in cui è presente un maggiore traffico veicolare.

I grafici in Figura 24 mostrano le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} a confronto per i tre siti di misura, indicate con la serie di istogrammi, mentre la linea mostra gli andamenti delle percentuali di PM_{2,5} rispetto al PM₁₀

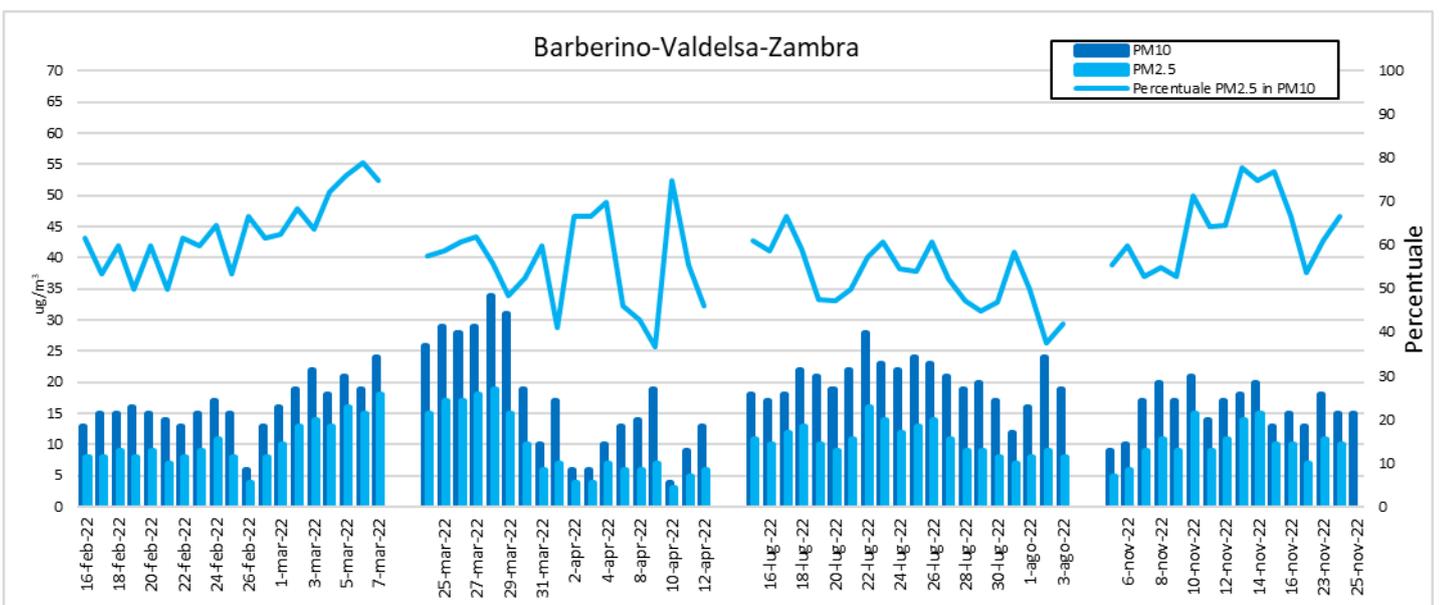
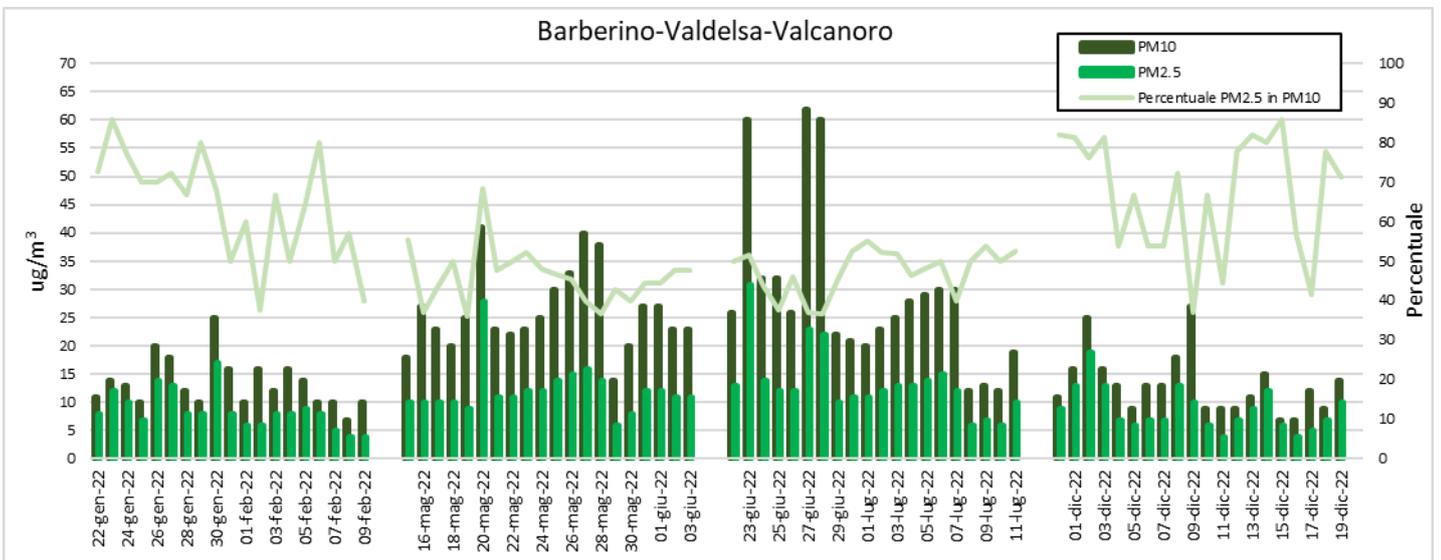
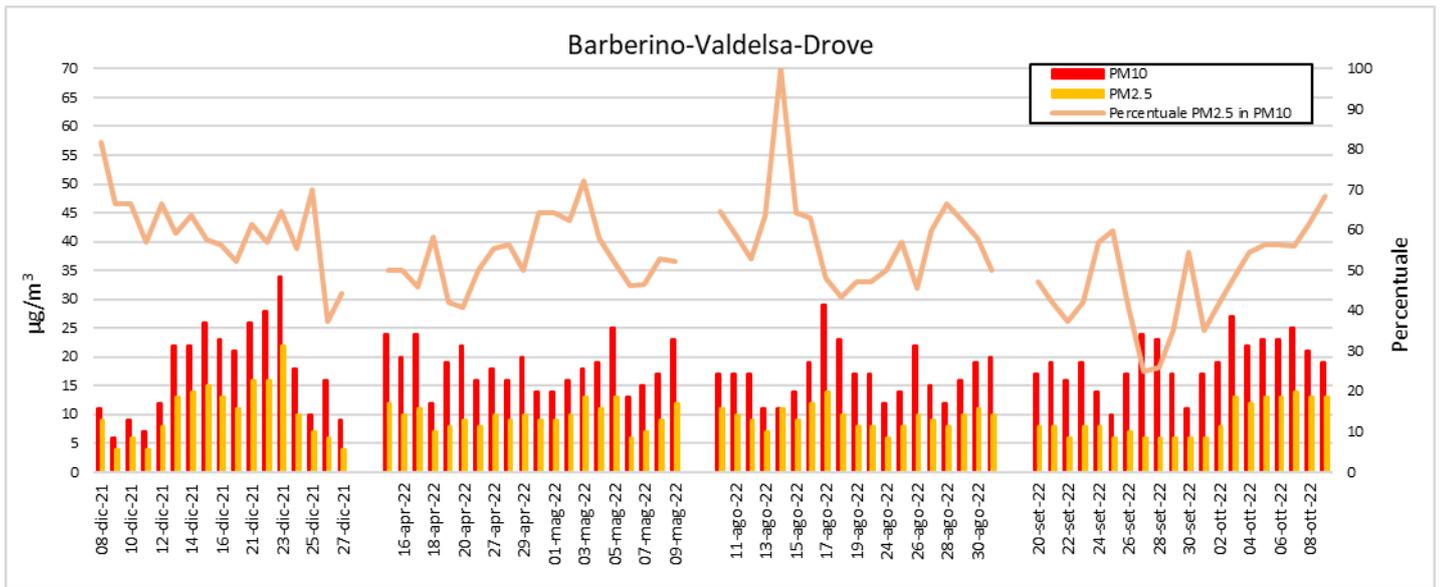


Figura 24: Medie giornaliere di PM₁₀ e PM_{2.5} e percentuale PM_{2.5} nel PM₁₀ per i tre siti monitorati

PM_{2.5} segue le stesse oscillazioni del PM₁₀ e la percentuale della componente PM_{2.5} risulta, durante l'autunno, mediamente più bassa rispetto alle altre stagioni. Per il sito di Valcanoro, è possibile osservare come i valori di PM₁₀ per i due giorni di superamento 27 e 28 giugno risultano avere una percentuale di PM_{2.5} molto bassa, di poco superiore al 30%, mentre le altre percentuali registrate negli altri giorni risultano superiori al 40 %, questo perché i due picchi di PM₁₀ sono dovuti ad un fenomeno di avvezione di sabbia sahariana, tipicamente più grossolana. Come per il sito di Drove non si osservano particolari situazioni in cui si hanno visibili differenze tra gli andamenti delle concentrazioni dei due parametri persi in considerazione.

4.7 Benzo(a)pirene e Idrocarburi Policiclici Aromatici

La concentrazione atmosferica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) viene determinata su campioni di polveri prelevati giornalmente su filtri in fibra di quarzo; i filtri campionati vengono utilizzati in prima battuta per la determinazione della concentrazione atmosferica giornaliera del PM₁₀ e successivamente trasferiti in laboratorio per la determinazione degli IPA. L'analisi non viene effettuata sui singoli campioni giornalieri, ma su campioni aggregati composti da un numero variabile di filtri, che nel caso specifico può variare da 4 a 8 filtri in funzione della concentrazione atmosferica di PM₁₀ registrata sul singolo filtro: in genere in periodi con concentrazioni atmosferiche di PM₁₀ basse i campioni per la determinazione degli IPA sono composti da un numero maggiore di filtri, in modo da ottenere per i vari IPA determinati un risultato analitico per quanto possibile superiore al limite di rilevabilità del metodo utilizzato.

Il campionatore utilizzato per il prelievo dei filtri opera secondo i criteri e le modalità indicate dalla norma tecnica di riferimento per il campionamento e determinazione del PM₁₀ (UNI 12341), il metodo utilizzato dal laboratorio ARPAT per la determinazione degli IPA è descritto dalla norma UNI EN 15549:2008, la tecnica associata è la gascromatografia con spettrometro di massa e il Laboratorio ARPAT è accreditato per l'applicazione di tale metodo per la determinazione del Benzo(a)pirene. Tutti i valori di concentrazione sono espressi in unità di massa (ng) per metro cubo d'aria (m³) riferiti alle condizioni di temperatura e pressione atmosferica presenti al momento del campionamento.

4.7.1 Normativa e limiti

Il D.Lgs. 155/2010 indica per il Benzo(a)pirene un valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annua, e stabilisce i criteri sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine (minimo 14% per le misure indicative), sia per la distribuzione dei dati nell'anno, Tabella 31.

Tabella 31: Valore obiettivo per Benzo(a)pirene

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Concentrazione presente nella frazione PM ₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su anno civile	Anno civile	1.0 ng/m ³

Per quanto riguarda le tre campagne indicative svolte abbiamo una copertura annuale ed una distribuzione stagionale dei campioni che permettono una valutazione dei livelli medi di IPA nelle zone monitorate,

Sito di campionamento	Giorni di campionamento	Percentuale annua coperta
Barberino-Valdelsa-Drove	75	21%
Barberino-Valdelsa-Valcanoro	79	22%
Barberino-Valdelsa-Zambra	76	21%
Totale campagne		63%
SI-Poggibonsi	Periodi campagna	150
SI-Poggibonsi	2022	240
		38%
		61%

Tabella 32 la percentuale di copertura raggiunta nei tre siti è sempre superiore al 14% richiesto dalla norma e la distribuzione stagionale delle campagne risulta conforme,

Sito di campionamento	Giorni di campionamento	Percentuale annua coperta
Barberino-Valdelsa-Drove	75	21%
Barberino-Valdelsa-Valcanoro	79	22%

Barberino-Valdelsa-Zambra		76	21%
Totale campagne		230	63%
SI-Poggibonsi	Periodi campagna	150	38%
SI-Poggibonsi	2022	240	61%

Tabella 32.

Tabella 32: IPA percentuale copertura campagne

Sito di campionamento		Giorni di campionamento	Percentuale annua coperta
Barberino-Valdelsa-Drove		75	21%
Barberino-Valdelsa-Valcanoro		79	22%
Barberino-Valdelsa-Zambra		76	21%
Totale campagne		230	63%
SI-Poggibonsi	Periodi campagna	150	38%
SI-Poggibonsi	2022	240	61%

4.7.2 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

Gli indicatori ottenuti dai dati delle tre campagne di Barberino sono stati confrontati con il valore obiettivo del Benzo(a)pirene, da cui emerge una completa conformità alla norma, Tabella 33. Oltre agli indicatori ricavati per le singole campagne è stato preso in esame anche il valore medio ottenuto raccogliendo in un'unica serie i dati di tutte e tre le campagne effettuate, in modo da avere un valore medio rappresentativo dell'area industriale monitorata.

Tabella 33: Benzo(a)pirene indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Totale campagne	Valore obiettivo
Valore medio annuale (ng/m ³)	0.28	0.11	0.15	0.18	1.0

Come per il PM₁₀ i dati ottenuti nei tre siti di Barberino sono stati confrontati con i dati ottenuti dal monitoraggio degli IPA che viene effettuato nel sito di rete regionale di SI-Poggibonsi (UF). I dati della stazione di SI-Poggibonsi sono stati valutati sia considerando la serie annuale completa riferita al 2022, sia prendendo in esame esclusivamente i dati acquisiti durante i periodi di monitoraggio delle tre campagne, Tabella 34.

Tabella 34: Dati campagne

Sito	SI-Poggibonsi tutto il periodo	SI-Poggibonsi periodo campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Totale campagne	VL di riferimento
Valore medio annuale (ng/m ³)	0.30	0.36	0.28	0.11	0.15	0.18	1.0

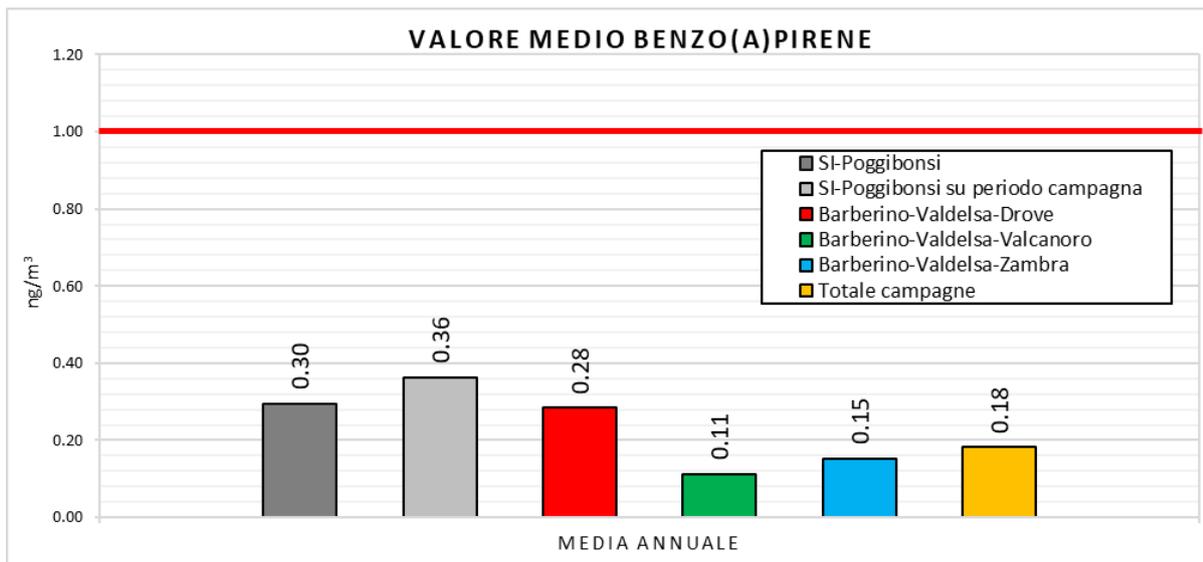


Figura 25: Benzo(a)pirene media annuale

I dati riportati in Tabella 34 mostrano come i valori medi di Benzo(a)pirene misurati nei tre siti di Barberino siano tutti ampiamente inferiori al valore obiettivo indicato dalla norma, pertanto, nelle aree monitorate non emergono criticità in relazione a questo inquinante. Rispetto al sito regionale di SI-Poggibonsi, riferimento di fondo urbano per la zona collinare e montana, le aree di Zambra e Valcanoro presentano livelli medi di Benzo(a)pirene inferiori sia al valore di SI-Poggibonsi riferito al 2022 che al valore medio ottenuto prendendo in esame solo i dati acquisiti dalla stazione nei periodi delle tre campagne; il sito di Drove mostra invece valori medi di Benzo(a)pirene simili alla media 2022 di SI-Poggibonsi.

Nel contesto regionale i livelli medi di Benzo(a)pirene misurati nei siti di Zambra e Valcanoro sono confrontabili con le medie annue delle stazioni di fondo della costa, i più bassi di tutta la regione, mentre il sito di Drove si avvicina maggiormente ai livelli di SI-Poggibonsi e delle altre stazioni regionali di fondo come FI-Bassi, AR-Acropoli e PO-Roma, Figura 26.

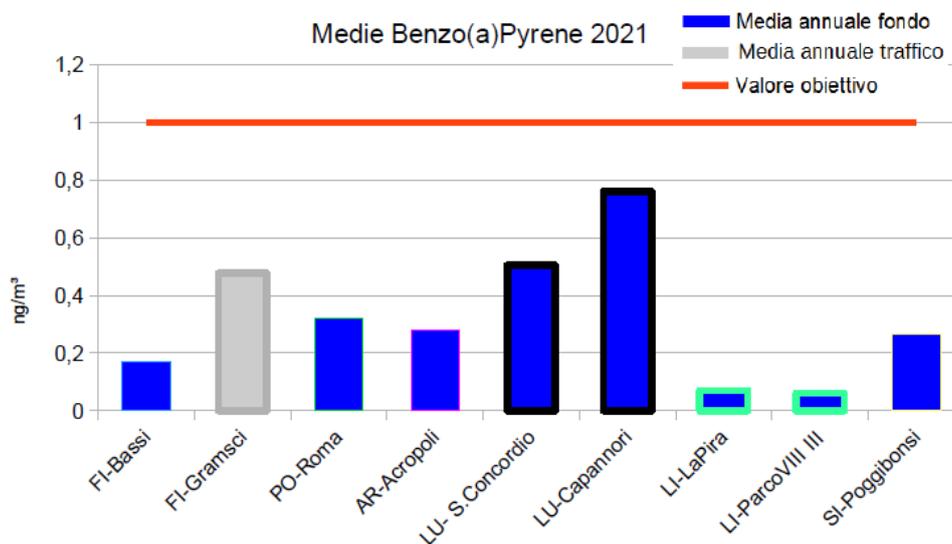


Figura 26: Benzo(a)pirene medie annuali 2021 stazioni fisse della rete regionale

Prendendo in esame i due periodi stagionali primavera/estate e autunno/inverno, in tutte le stazioni si osserva che i valori più elevati sono caratteristici dei mesi più freddi, quando è presente anche una maggiore concentrazione di polveri, mentre i mesi più caldi sono caratterizzati da valori nettamente inferiori. Il sito di Valcanoro nel periodo estivo-primaverile presenta lo stesso valore della stazione fissa di SI-Poggibonsi, mentre Zambra mostra un valore leggermente superiore. Il valore più alto (0.12 ng/m^3) si registra per il sito di Drove. Il quale presenta anche il valore massimo, tra i tre siti monitorati, nel periodo autunno-inverno. I siti presenti nella zona di Barberino risultano avere concentrazioni minori rispetto alla stazione fissa durante il periodo autunno-inverno. I valori delle medie autunno-inverno risultano comunque tutti minori rispetto al valore obiettivo fissato dal D.Lgs. 155/2010.

Tabella 35: Medie stagionali periodo primavera-estate ed autunno-inverno

Sito	SI-Poggibonsi tutto il periodo	SI-Poggibonsi periodo campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Totale campagne
Media primavera-estate (ng/m^3)	0.03	0.03	0.12	0.03	0.06	0.07
Media inverno-autunno (ng/m^3)	0.53	0.68	0.46	0.19	0.25	0.30

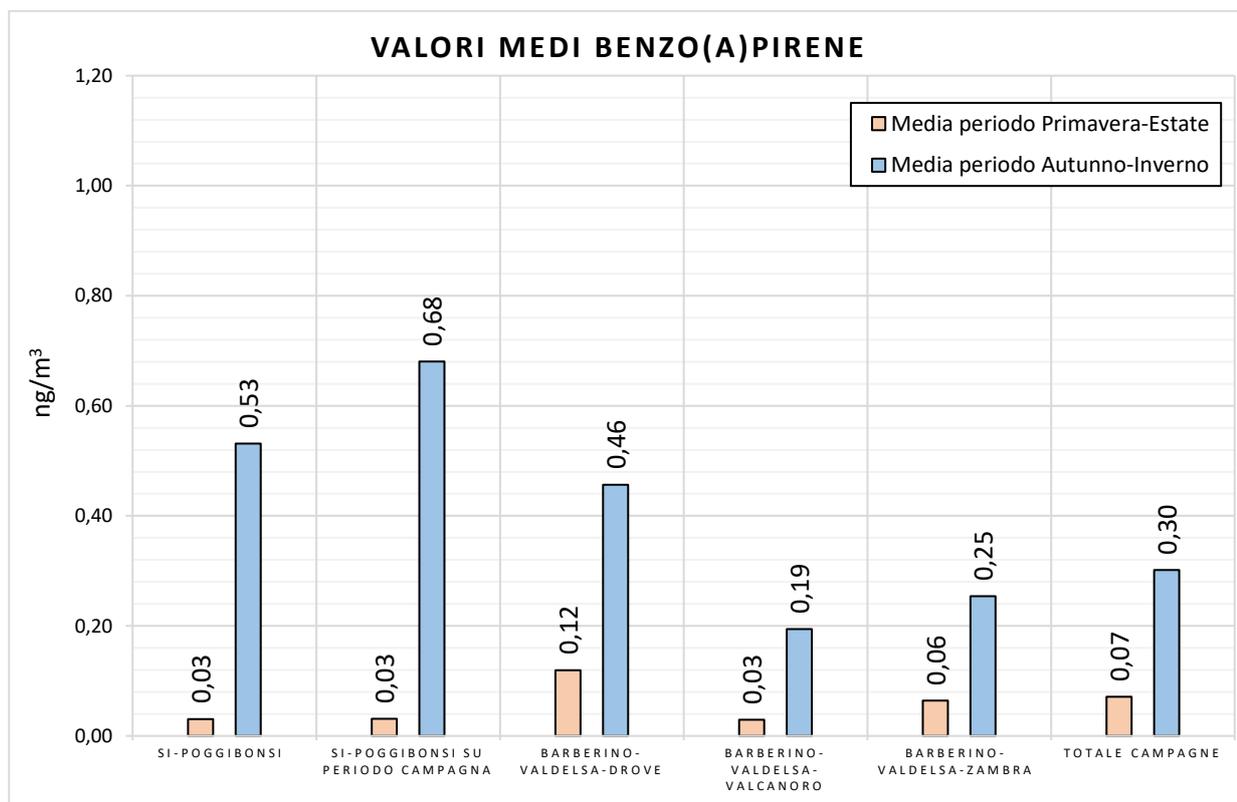


Figura 27: Valore medi del Benzo(a)pirene per i periodi primavera-estate e autunno-inverno.

4.7.3 Idrocarburi policiclici aromatici diversi da Benzo(a)pirene.

In tabella 36 sono riportate le medie annuali degli altri IPA analizzati. Considerando i tre siti in cui è avvenuto il monitoraggio Drove risulta avere le medie di IPA più elevate, anche se minori rispetto ai valori riscontrati nella stazione fissa di SI-Poggibonsi, ad eccezione del valore di Indeno(1,2,3-cd)pirene. I rapporti tra gli IPA nei siti risultano avere un andamento simile, il composto con concentrazione più bassa risulta sempre il dibenzo(a,h)antracene, mentre le più alte concentrazioni si riscontrano per il benzo(b)fluorantrene e indeno(1,2,3-cd)pirene. All'interno della norma non sono presenti indicazioni su valori limite o valori obiettivo per tali composti, le medie delle concentrazioni rilevate risultano comunque molto contenute e minori rispetto ai valori di Benzo(a)pirene

Tabella 36: Medie annuali IPA (ng/m³)

IPA	SI-Poggibonsi tutto il periodo	SI-Poggibonsi periodo campagna attiva	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Totale campagne
Benzo(a)antracene	0.20	0.25	0.11	0.05	0.05	0.07
Benzo(b)fluorantene	0.28	0.35	0.31	0.16	0.21	0.23
Benzo(k)fluorantene	0.15	0.19	0.18	0.08	0.11	0.13
Benzo(j)fluorantrene	0.18	0.23	0.20	0.10	0.13	0.14
Dibenzo(a,h)antracene	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
Indeno(1,2,3-cd)pirene	0.23	0.28	0.33	0.17	0.21	0.24

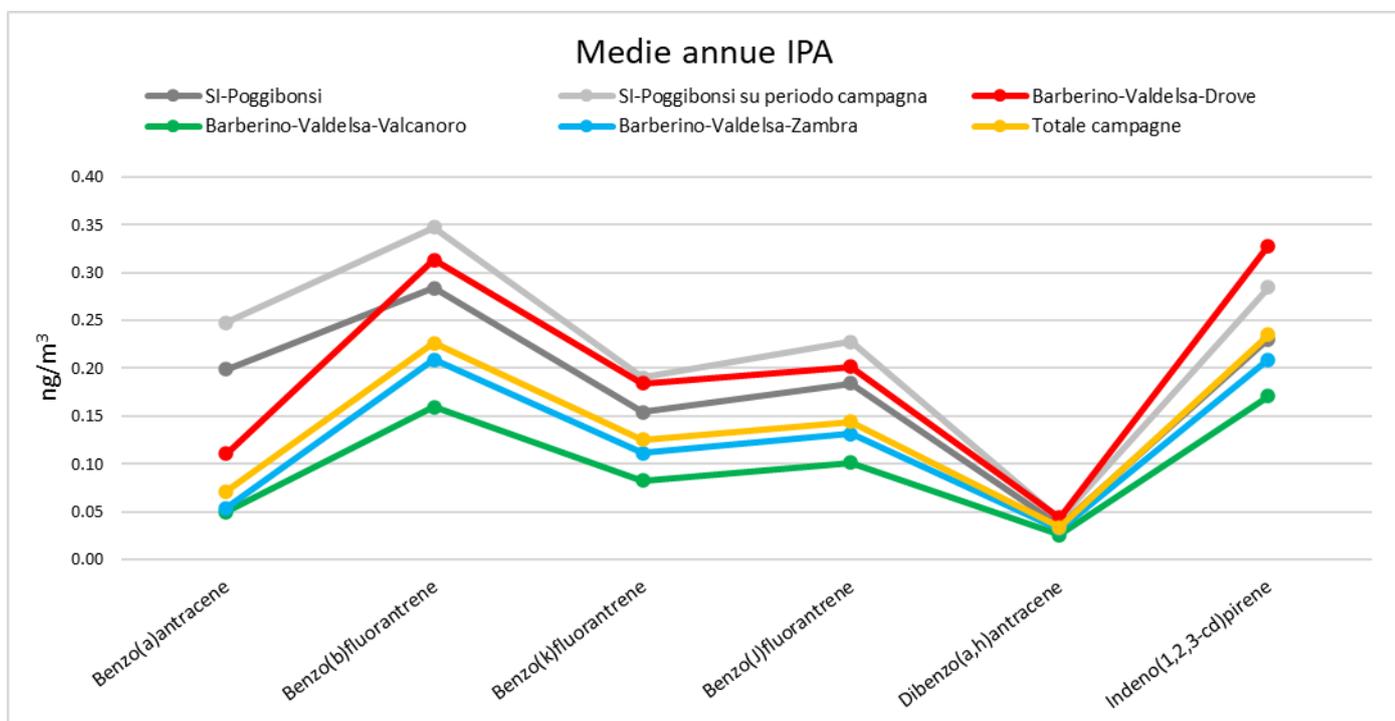


Figura 28: Medie annue IPA

L'andamento dei valori durante il periodo estivo-primaverile e autunnale-invernale ricalca quello osservato per il Benzo (a)pirene; quindi, valori molto bassi durante i mesi caldi e più consistenti durante i mesi più freddi.

4.8 Metalli

La concentrazione di arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb) nelle polveri è determinata utilizzando le stesse modalità di campionamento e aggregazione dei campioni di PM₁₀ descritte per gli idrocarburi policiclici aromatici.

Il campionatore utilizzato opera secondo i criteri e le modalità indicate dalla norma tecnica di riferimento per il campionamento e determinazione del PM₁₀ (UNI 12341) e le analisi chimiche per la determinazione dei metalli sono state effettuate secondo il metodo UNI EN 14902:2005, tutte le concentrazioni sono riportate in nanogrammi per metro cubo d'aria (ng/m³) riferiti alle condizioni di temperatura e pressione al momento del campionamento.

Le campagne di monitoraggio effettuate soddisfano i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 14% per le misure indicative) sia per la distribuzione dei dati, gli indicatori sono quindi da ritenersi rappresentativi.

4.8.1 Normativa e limiti

Il D.Lgs. 155/2010 indica per il piombo un valore limite per la protezione della salute umana espresso come media annua di 500 ng/m³, mentre per arsenico, cadmio e nichel la norma indica dei valori obiettivo, anche questi espressi come media annua, di 6.0 ng/m³ per l'arsenico, 5.0 ng/m³ per il cadmio e 20.0 ng/m³ per il nichel, Tabella 37. Il periodo minimo di copertura nei tre siti è sempre superiore al periodo minimo di copertura richiesto per le misurazioni indicative del 14% così come la distribuzione stagionale delle campagne risulta conforme, gli indicatori calcolati per i tre siti monitorati sono pertanto da ritenersi rappresentativi, Tabella 38.

Tabella 37: Valore obiettivo per arsenico, cadmio e nichel e valore limite per il piombo (D.Lgs. 155/2010 Allegati XI e XIII)

inquinante	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6.0 ng/m ³
Cadmio	Anno civile	5.0 ng/m ³
Nichel	Anno civile	20.0 ng/m ³
parametri	Periodo di mediazione	Valore limite
Piombo	Anno civile	500.0 ng/m ³

Tabella 38 Metalli percentuale copertura campagne

Sito di campionamento	Giorni di campionamento	Percentuale annua coperta
Barberino-Valdelsa-Drove	76	21%
Barberino-Valdelsa-Valcanoro	79	22%
Barberino-Valdelsa-Zambra	75	21%
Totale campagne	230	63%

4.9 Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

In tutti e tre i siti i valori degli indicatori ottenuti per i quattro metalli sono ampiamente al di sotto dei valori di riferimento indicati dalla norma e non emergono quindi criticità in relazione a questi inquinanti.

Tabella 39: Metalli, indicatori per le campagne e confronto con i limiti di riferimento

Sito		Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento
Valore medio annuale (ng/m ³)	Arsenico	0.38	0.34	0.25	6.0
	Cadmio ⁽¹⁾	<0.2	<0.2	<0.2	5.0
	Nichel	1.79	1.66	1.70	20.0
	Piombo	3.91	3.07	4.73	500.0

⁽¹⁾ In tutti i campioni analizzati il livello di Cd risulta sempre inferiore al limite di rilevabilità del metodo utilizzato.

Per il cadmio tutti i campioni analizzati presentano una concentrazione del metallo inferiore al limite di rilevabilità del metodo utilizzato (pari a 0.2 ng/m³), pertanto per questo parametro non saranno fatte ulteriori valutazioni.

Oltre agli indicatori ricavati per le singole campagne è stato preso in esame anche il valore medio ottenuto raccogliendo in un'unica serie i dati di tutte e tre le campagne effettuate, al fine di ottenere un valore medio rappresentativo dell'area industriale monitorata.

Riportando graficamente i dati medi ottenuti dal monitoraggio è evidente quanto le concentrazioni determinate siano nettamente inferiori rispetto ai valori di riferimento previsti dalla norma.

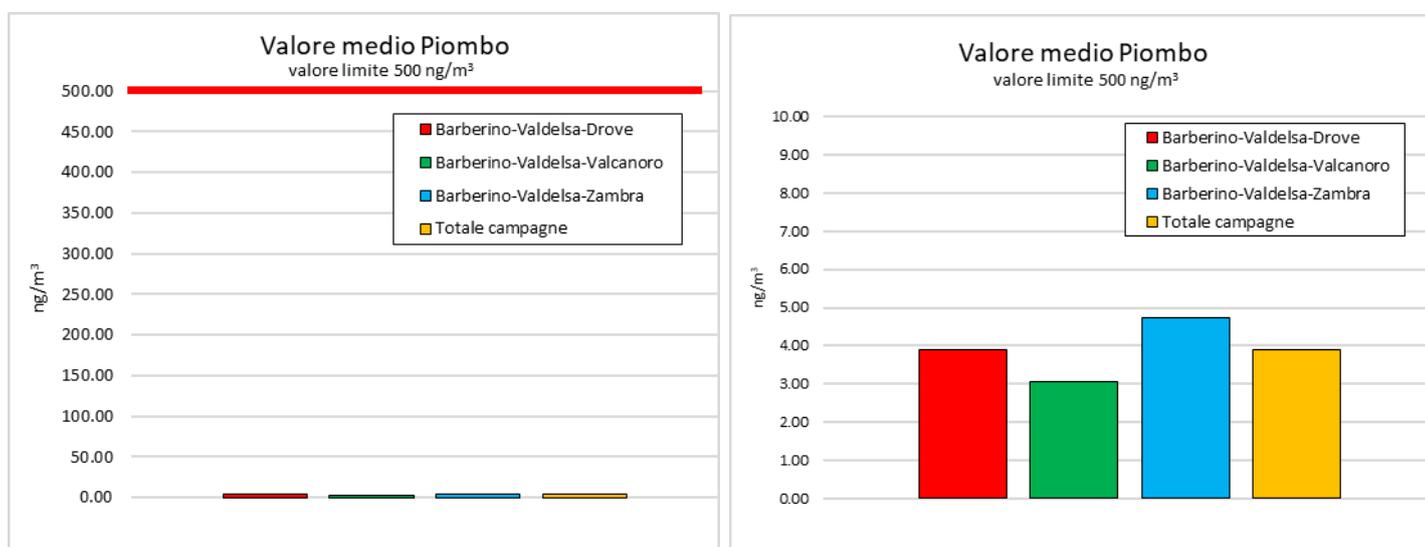


Figura 29: Piombo media annuale con relativo valore limite

I valori medi di piombo rilevati nei tre siti risultano di due ordini di grandezza più bassi e si attestano intorno all'1% del valore limite di 500 ng/m³, Figura 29, nel grafico a destra della figura viene adeguata la scala allo scopo di apprezzare le differenze tra le concentrazioni nei vari siti. Le concentrazioni medie di piombo maggiori si riscontrano nel sito di Zambra, mentre il sito che presenta una concentrazione minore è quello di Valcanoro.

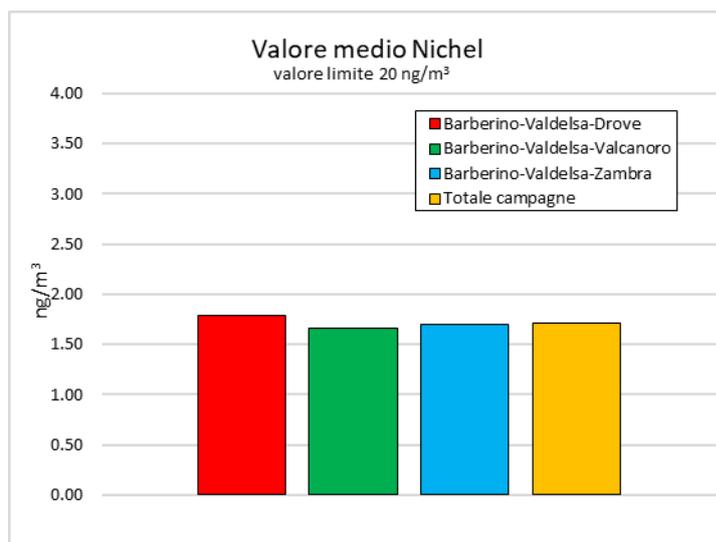
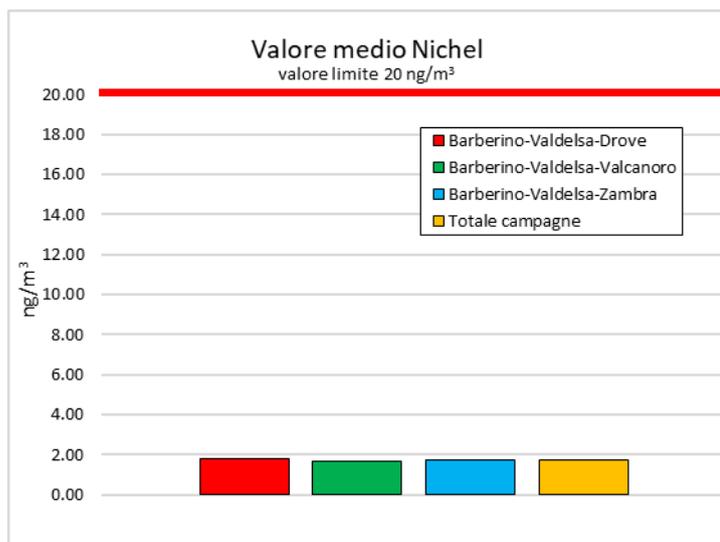


Figura 30: Nichel media annuale e relativo valore limite

Il valore medio del nichel si attesta intorno al 9% del valore obiettivo di 20 ng/m³. Adeguando la scala ai valori rilevati durante le campagne è possibile apprezzare che non si ha una particolare differenza nelle concentrazioni di Ni nei tre siti monitorati.

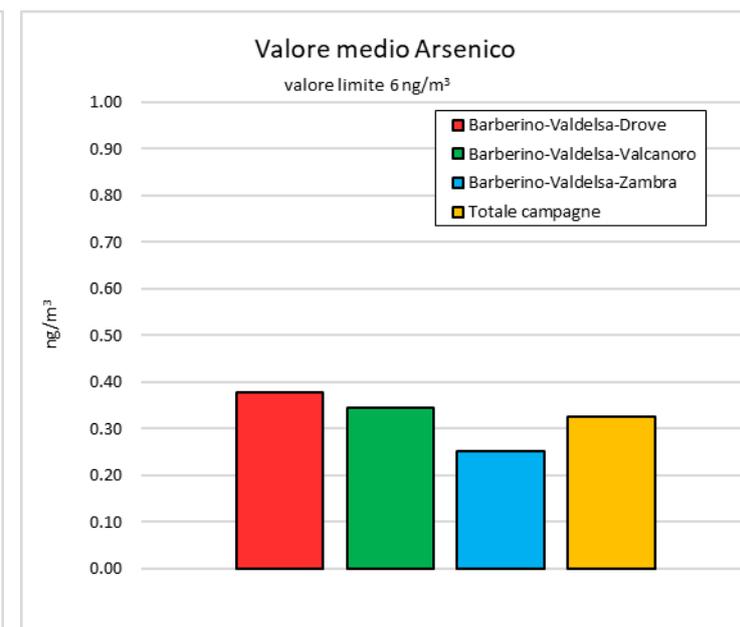
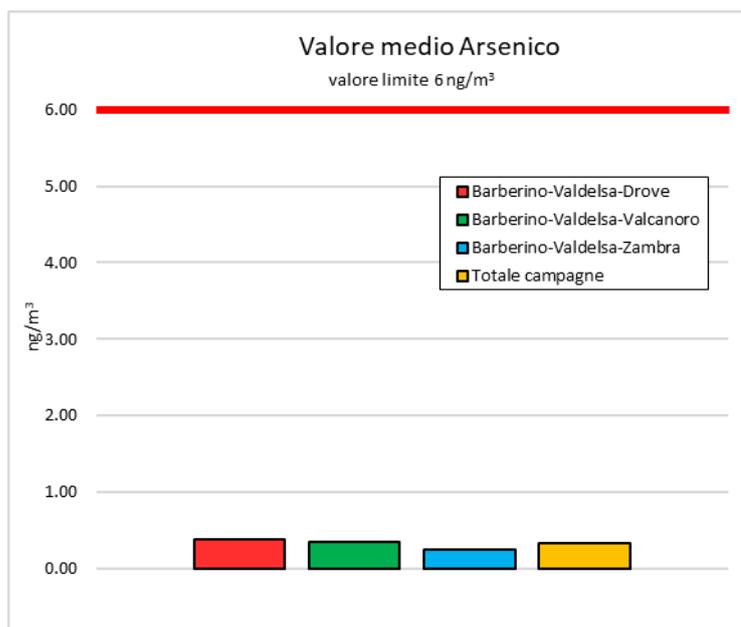


Figura 31: Arsenico media annuale e relativo valore limite

Il valore medio dell'arsenico risulta intorno al 5% del valore obiettivo di 6 ng/m³. Diversamente dal Ni è possibile apprezzare una differenza, anche se minima tra i valori medi dei tre siti, in particolare la concentrazione maggiore si riscontra nel sito di Drove, mentre il valore medio più basso è stato riscontrato nel sito di Zambra.

Tabella 40: Metalli medie stagionali primavera-estate ed autunno-inverno

Sito	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Totale campagne
Arsenico				
Media primavera-estate (ng/m ³)	0.31	0.38	0.24	0.31
Media inverno-autunno (ng/m ³)	0.45	0.31	0.27	0.34
Nichel				
Media primavera-estate (ng/m ³)	1.57	1.72	1.58	1.62
Media inverno-autunno (ng/m ³)	2.01	1.59	1.85	1.82
Piombo				
Media primavera-estate (ng/m ³)	2.50	2.62	3.02	2.71
Media inverno-autunno (ng/m ³)	5.39	3.54	6.67	5.20

In Tabella 40 vengono riportate le medie calcolate nei tre siti durante due periodi distinti, il primo include i dati ottenuti durante le campagne di primavera ed estate, mentre nel secondo sono tenuti in considerazione i dati delle campagne invernali e autunnali. Nelle figure seguenti vengono riportati i valori delle concentrazioni dei vari metalli nei due periodi.

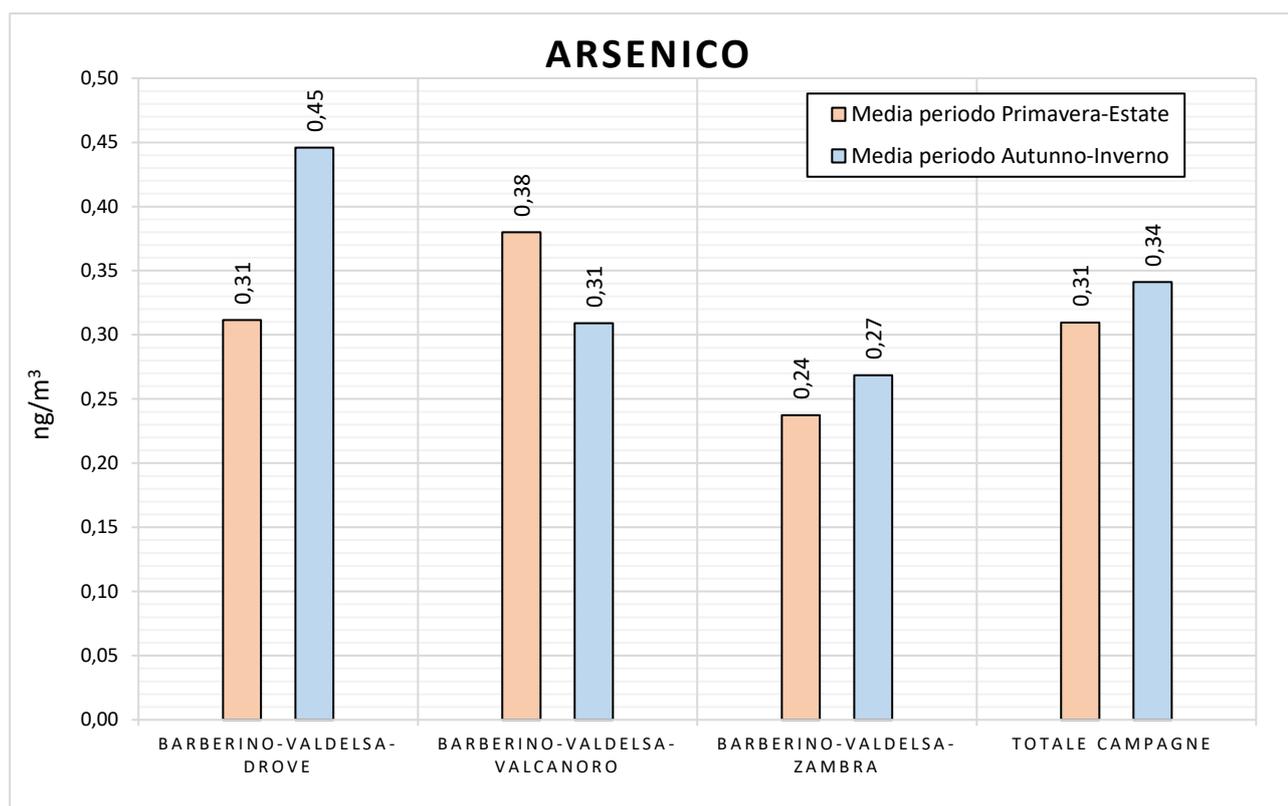


Figura 32: Arsenico medie stagionali

Nei siti monitorati per l'arsenico non si riscontrano particolari differenze tra primavera-estate e autunno-inverno (Figura 32). Solo per Valcanoro il valore della media risulta maggiore durante il periodo che include i mesi più caldi in cui normalmente si ha una minore concentrazioni di polveri nell'aria.

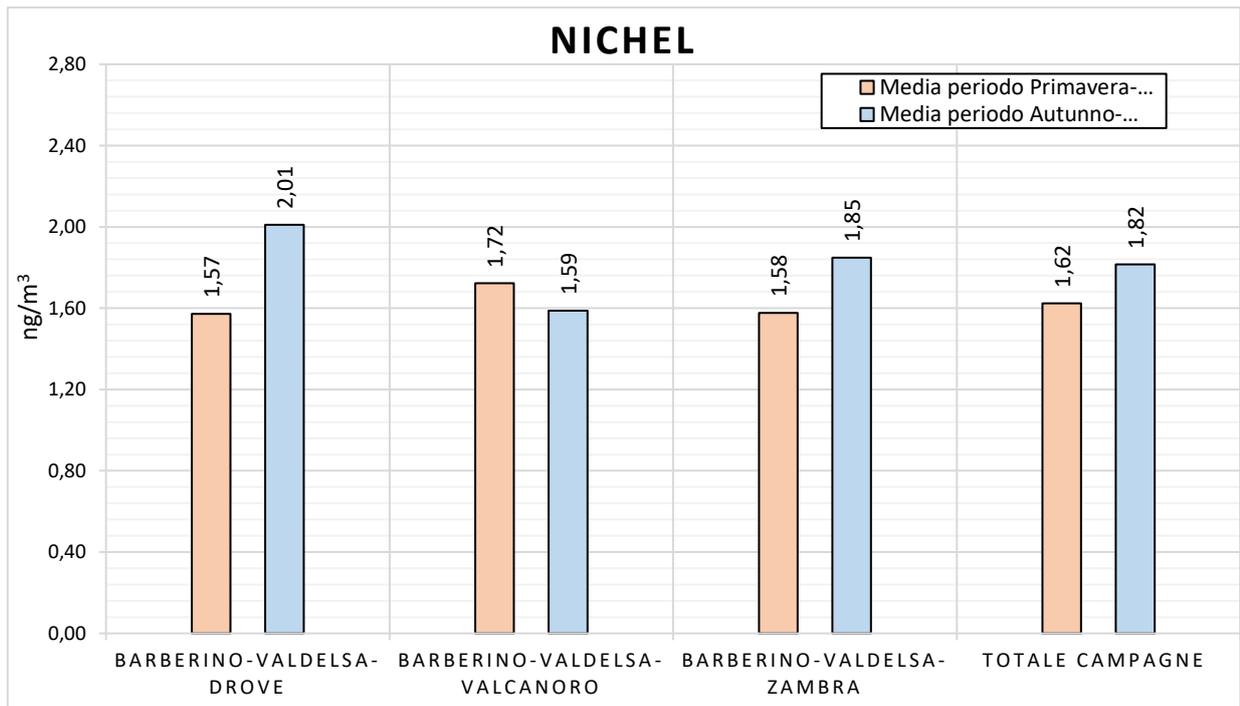


Figura 33: Nichel medie stagionali

Come per l'arsenico anche per il nichel la differenza delle medie tra i due periodi non è particolarmente marcata e, come si può notare dalla Figura 33, nel solo sito di Valcanoro il valore della media nel periodo primavera-estate ha un valore, anche se di poco, maggiore del valore calcolato nel periodo autunno-inverno.

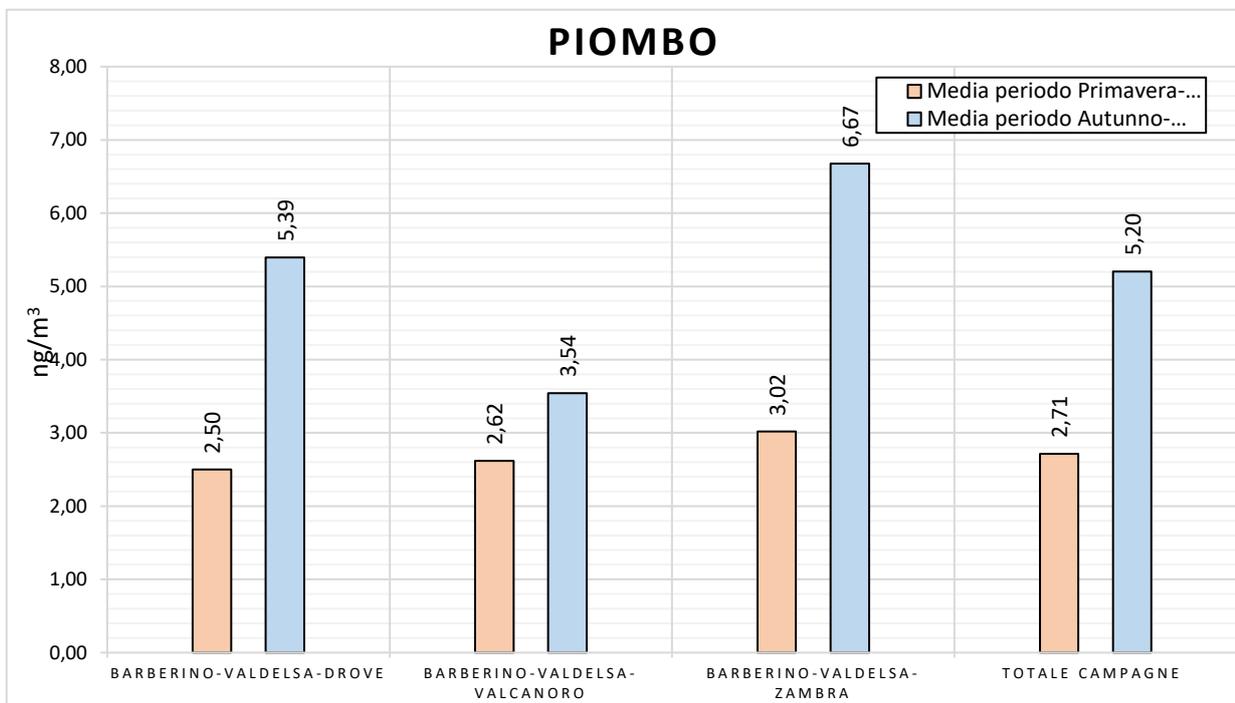


Figura 34: Piombo medie stagionali

Le differenze più marcate tra i due periodi si osservano per il piombo (Figura 34), particolarmente evidenti nei siti di Drove e Zambra. In questo caso in tutti i siti si osserva che le medie del periodo primavera-estate risultano inferiori a quelle registrate durante il periodo autunno-inverno.

Nel contesto regionale i livelli medi di metalli pesanti registrati dalla rete regionale nel 2021 sono simili a quelli trovati a Barberino, benché i dati non siano riferiti allo stesso periodo vediamo che Barberino si colloca nel gruppo di stazioni che mostrano i livelli di concentrazione di piombo più elevati e che il rapporto tra i quattro metalli determinati è simile a quello della stazione regionale, urbana di fondo, della zona costiera di LI-La Pira.

Tabella 41: Metalli media annuale 2021 stazioni fisse presenti nella rete regionale

Classificazione Zona e stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	Arsenico 2021		Cadmio 2021		Nichel 2021		Piombo 2021			
			Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore limite (ng/m ³)		
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	6,0	0,2	5,0	2,3	20,0	3,2	500,0
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,2		0,1		1,1		2,4	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0,2		0,1		1,4		1,9	
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco8marzo	0,4		0,2		1,9		2,0	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,8		0,3		2,6		4,1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU- Sconcordio	0,3		0,2		1,4		3,4	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,2		0,1		1,3		1,1	

5 Meteo

Il mezzo mobile utilizzato per la campagna è dotato di una sonda meteo che permette di ottenere i dati di velocità e direzione del vento. Per ottenere dati idonei sarebbe necessario porre la sonda in campo aperto a un'altezza di 10 metri, nei siti di misura in cui sono state condotte le campagne non era possibile avere tali condizioni; tuttavia, la presenza della sonda ci permette di ottenere informazioni aggiuntive sulla circolazione delle masse d'aria nel punto specifico del campionamento, anche se non permette di avere un'analisi completa delle correnti di vento presenti in una vasta area. I grafici polari ottenuti sono stati sovrapposti alla mappa della zona in cui è presente il punto di campionamento a cui si riferiscono, per poter visualizzare in maniera più semplice ed immediata la direzione e la concentrazione degli inquinanti gassosi in funzione delle direzioni prevalenti del vento.

Per una più agevole lettura dei grafici in questa sezione si deve tenere presente che i valori massimi riportati, associati al colore rosso, sono quelli registrati durante tutto il periodo di campagna per lo specifico inquinante nel sito riportato dalla figura, non sono valori legati ai valori limite delle sostanze prese in esame, ma valori riferiti a concentrazioni molto più basse. La scala di valori con relativi colori viene riportata a fianco del grafico a cui corrisponde.

5.1 Concentrazione NO₂ in relazione a velocità e direzione vento

Il grafico polare ricavato per NO₂ mostra come varia la concentrazione in funzione di velocità e direzione del vento. In particolare, le zone con una colorazione più vicina al rosso indicano una concentrazione maggiore di inquinante, intorno a 20 µg/m³, mentre quelle tendenti al blu mostrano una concentrazione minore. Nella figura le zone più lontane dal centro rappresentano situazioni in cui si ha una intensità del vento maggiore, l'intensità del vento è rappresentata dai cerchi concentrici presenti in figura.

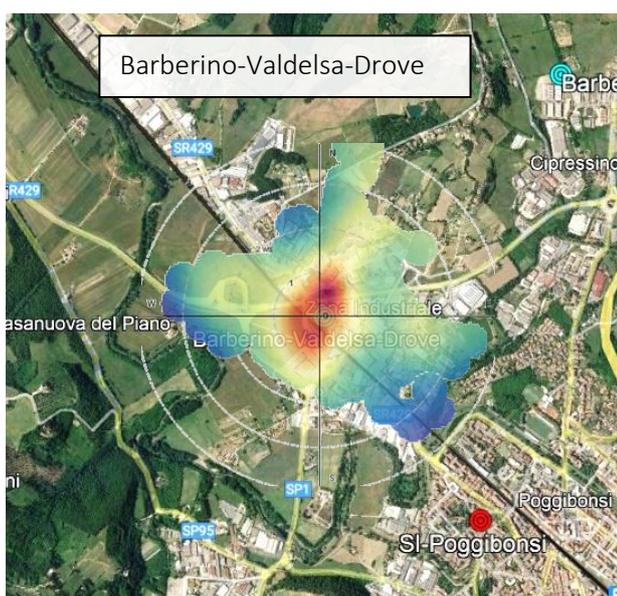


Figura 35: Grafico polare NO₂ Drove (scala in µg/m³)

Prendendo in considerazione la campagna di campionamento del sito di **Drove** nella sua totalità si osserva che le correnti di aria con una maggiore intensità provengono da nord, sud-est e ovest, mentre si ha una circolazione più contenuta dalla direzione meridionale e sud-occidentale; la distanza dal punto centrale del diagramma polare indica che è stata registrata una velocità del vento maggiore in quella specifica direzione. Le concentrazioni maggiori per NO₂ si riscontrano in condizioni di calma di vento o di brezza leggera senza una direzione di provenienza preferenziale; infatti, il colore rosso, concentrazione più elevata registrata durante le campagne, si osserva al centro del grafico polare con una distribuzione piuttosto uniforme, con una leggera deformazione lungo le direttrici nord e sud.

Il sito di **Valcanoro** è caratterizzato dalla presenza di correnti di aria provenienti da nord e da sud. La concentrazione maggiore registrata per NO_2 si riscontra con regimi di vento con una velocità medio bassa provenienti dalla direzione sud-occidentale. Essendo il sito Valcanoro ubicato a nord rispetto alla zona industriale è possibile aspettarsi una maggiore concentrazione di inquinanti con correnti di aria provenienti da sud; anche se vi è una componente proveniente da nord est, zona in cui è presente una delle strade che presentano traffico sostenuto della zona. I valori registrati durante tutto il periodo di campagna risultano contenuti.

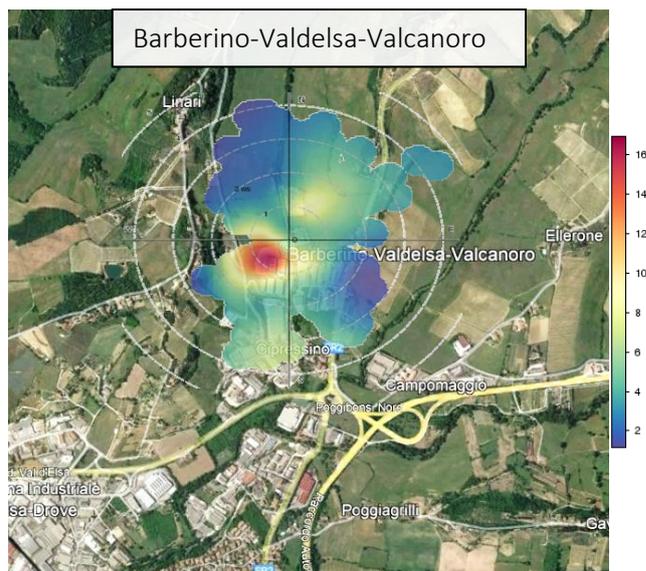


Figura 36: Grafico polare NO_2 Valcanoro (scala in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

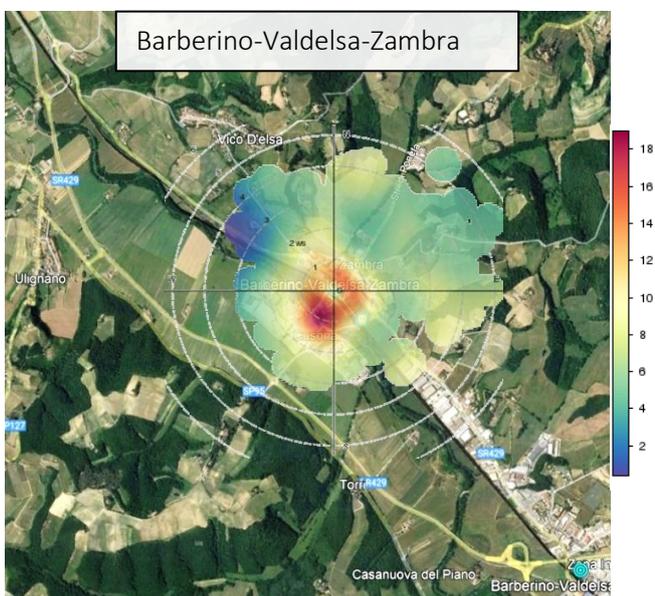


Figura 37: Grafico polare NO_2 Zambra (scala in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La direzione delle correnti di aria nella zona di **Zambra** è più variegata rispetto agli altri due siti, si ha una corrente da est, nord-est che presenta una maggiore intensità ma con scarse concentrazioni associate, mentre si hanno intensità simili nelle altre direzioni. La concentrazione maggiore di inquinante viene registrata con regimi di vento a bassa intensità in tutte le direzioni, con una intensità maggiore per le correnti provenienti da sud-ovest.

5.2 Concentrazione CO in relazione a velocità e direzione vento

Ricordiamo che l'analizzatore per la determinazione del monossido di carbonio è stato installato dopo le campagne primaverili, pertanto, la situazione illustrata non è rappresentativa dell'intero periodo poiché i dati non sono distribuiti in modo omogeneo.

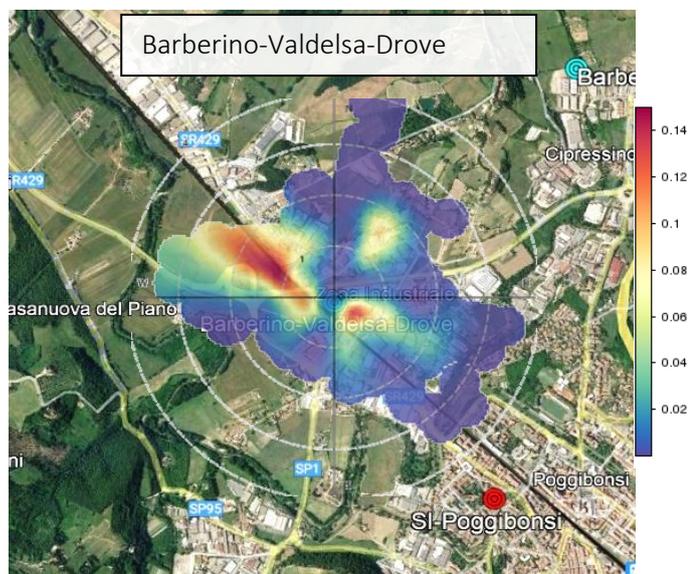


Figura 38: Grafico polare CO Drove (scala in mg/m³)

Per il sito di **Drove** la concentrazione maggiore per il CO si registra durante le ore in cui è presente una corrente proveniente da sud-est con regimi di vento molto moderati e da nord-ovest con correnti di aria media intensità, la direzione coincide con la presenza dell'incrocio delle due strade con traffico sostenuto presenti in zona. Il tenore di concentrazione di questo inquinante risulta comunque particolarmente moderata e con piccole variazioni, come si può osservare dalla scala di concentrazioni riportata che è di poco superiore ai 0.14 mg/m³

I valori di concentrazioni di CO per **Valcanoro** sono leggermente superiore ai valori registrati nel sito di Drove (massimo della scala rappresentata 0.4 mg/m³) ma risultano comunque esigui. Le maggiori concentrazioni di inquinanti si riscontrano con regimi di brezza leggera proveniente da sud-sud-ovest e con vento più sostenuto proveniente dalla stessa direzione. Una seconda direzione in cui si hanno valori apprezzabili è nord-nord-est con vento sostenuto.

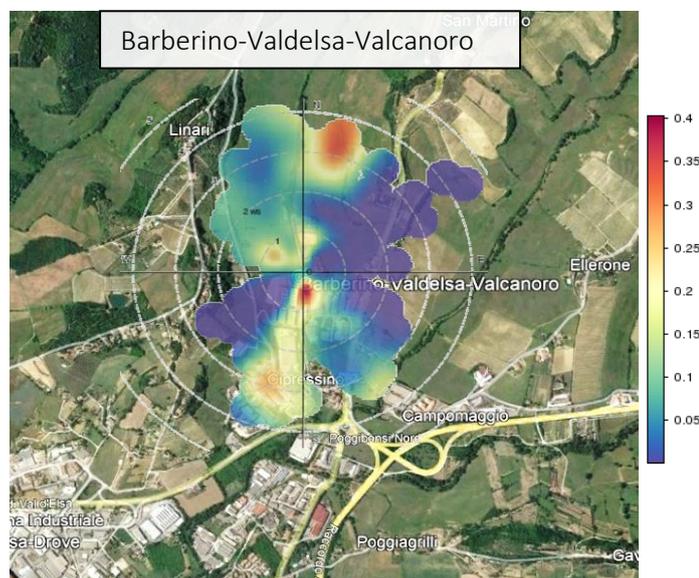


Figura 39: Grafico polare CO Valcanoro (scala in mg/m³)

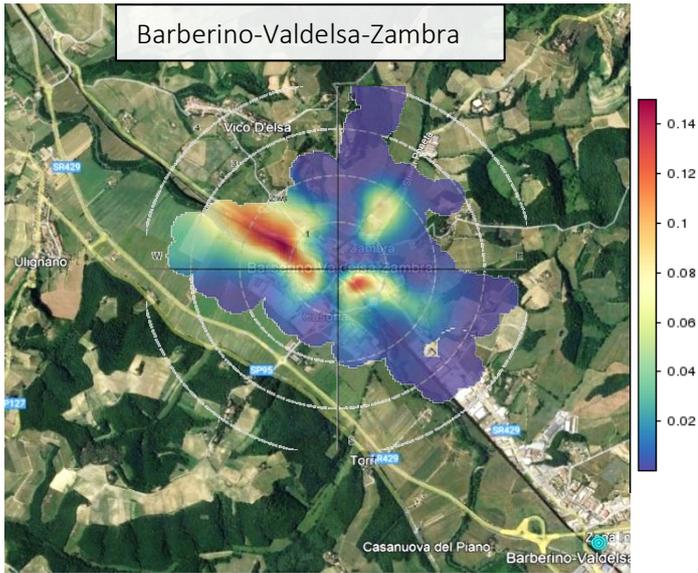


Figura 40: Grafico polare CO Zambra (scala in mg/m³)

Al contrario delle zone osservate in precedenza in cui sono presenti direzioni preferenziali per CO nel sito di **Zambra** le concentrazioni maggiori, che risultano comunque sensibilmente minori rispetto a quelle registrate negli altri siti (massimo di concentrazione riportata in grafico 0.05 mg/m³), sono presenti con calma di vento o brezze molto leggere senza una direzione di preferenza, la zona rossa si trova distribuita omogeneamente nel centro del grafico polare.

5.3 Concentrazione SO₂ in relazione a velocità e direzione vento

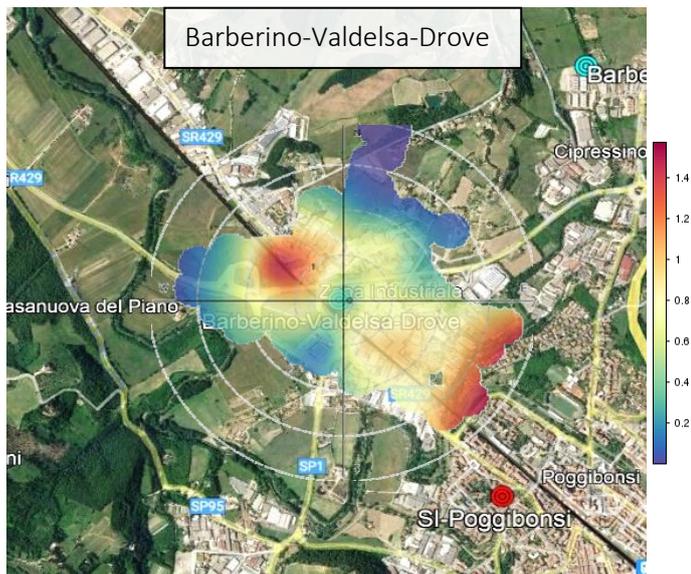


Figura 41: Grafico polare SO₂ Drove (scala in µg/m³)

Dal grafico polare di SO₂ nel sito di **Drove** si osserva che le concentrazioni maggiori (con valori poco superiori a 1.4 µg/m³) provengono da sud-est durante i periodi in cui sono presenti venti con una discreta velocità. Una seconda zona rossa si osserva in corrispondenza di venti a media intensità provenienti da nord-ovest.

Nel sito di **Valcanoro** la concentrazione maggiore di SO₂ (maggiore rispetto a quella riportata per gli altri siti di poco superiore a 7 µg/m³) proviene dalla direzione sud-orientale con correnti di vento sostenute. Con correnti di vento provenienti dalle altre direzioni si riscontrano concentrazioni tendenti al minimo. Si osserva un lieve aumento delle concentrazioni con correnti d'aria provenienti da nord-ovest.

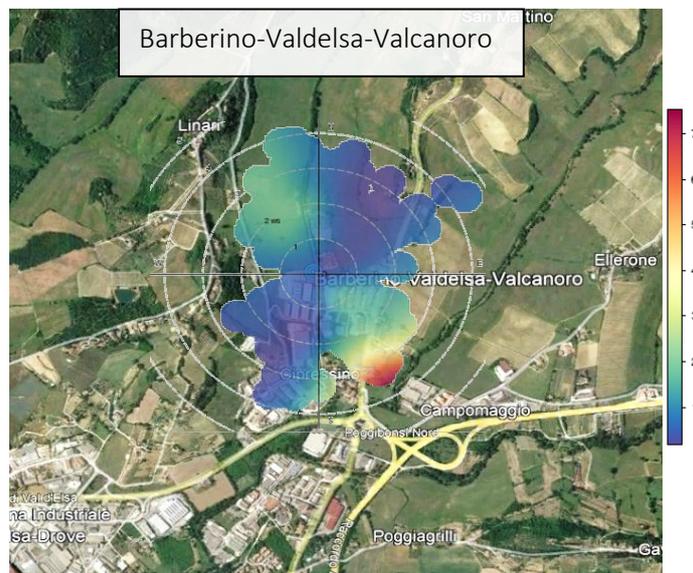
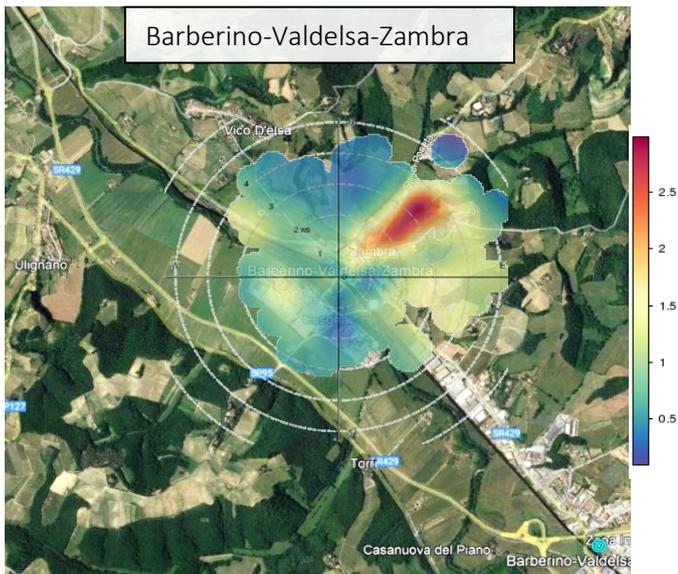


Figura 42: Grafico polare SO₂ Valcanoro (scala in µg/m³)



Nel sito di **Zambra** le concentrazioni più elevate di SO_2 (valore leggermente superiore a $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si osservano con regimi di vento di media intensità provenienti da nord-est. Si hanno concentrazioni medie tendenti al minimo con correnti di vento provenienti dalle altre direzioni, si osserva una distribuzione uniforme con una leggera prevalenza dell'inquinante con venti provenienti da est. I valori di massimo registrati sono di poco superiori rispetto a quelli riportati per Drove, mentre risultano minori rispetto al valore di massimo registrato per Valacanoro.

Figura 43: Grafico polare SO_2 Zambra (scala in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

6 Conclusioni

Le tre campagne svolte nella zona industriale di Barberino Val D'elsa nel periodo tra dicembre 2021 e dicembre 2022 sono state effettuate al fine di ottenere una prima caratterizzazione dell'area industriale in termini di stato di qualità dell'aria per i parametri oggetto delle campagne: ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri fini, frazioni PM₁₀ e PM_{2,5}, idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti e una valutazione parziale per monossido di carbonio.

I risultati del monitoraggio svolto mostrano una situazione pienamente conforme ai limiti previsti dal D.Lgs 155/2010 e non mettono in evidenza criticità in relazione ai parametri ed al periodo monitorato. Tutti gli inquinanti presentano concentrazioni inferiori ai valori di riferimento indicati dalla norma per la valutazione dello stato. I dati riportati nelle tabelle sottostanti descrivono sinteticamente gli esiti delle attività di monitoraggio per i vari inquinanti e mostrano che i valori limite di riferimento sono stati ampiamente rispettati in tutti i siti monitorati. In molti casi le concentrazioni misurate sono ben al di sotto di quelle indicate dalla norma in particolare per i composti gassosi, metalli e IPA presenti nelle polveri. Per il PM₁₀ i valori delle medie annuali si attestano intorno al 50% del valore limite di 40 µg/m³ e non si osservano valori del 90.4° percentile superiori a 50 µg/m³, pertanto, risulta rispettato anche il limite espresso come numero di superamenti consentiti della media giornaliera di 50 µg/m³ di 35 volte in un anno. Nel sito di Valcanoro si ha il superamento della media giornaliera per 3 giorni, di cui due attribuibili ad un evento di avvezione sahariana (27 e 28 giugno 2022).

I dati acquisiti durante le campagne sono stati correlati quando possibile con quelli registrati dalla stazione di rete regionale di SI-Poggibonsi, che si trova nelle immediate vicinanze dei tre siti monitorati e che appartiene alla stessa zona dell'area monitorata, la collinare e montana. Il confronto mostra in genere un buon accordo in particolare con i siti di Drove e Zambra. Per il biossido di azoto i siti di Drove e Zambra mostrano andamenti e livelli di concentrazioni simili a quelli registrati dalla stazione fissa, mentre il sito di Valcanoro ha un comportamento più simile ad una stazione suburbana, con valori mediamente più bassi di quelli normalmente registrati nei siti urbani come quello di Poggibonsi. Per il PM₁₀ la correlazione migliore è con il sito di Zambra, anche Drove e Valcanoro mostrano livelli e andamenti coerenti a quelli di SI-Poggibonsi; pertanto, la stazione di rete regionale di SI-Poggibonsi può essere presa in considerazione come riferimento per una valutazione dei livelli medi della concentrazione di PM₁₀ anche per l'area oggetto del monitoraggio, come già emerge anche dallo studio ARPAT *"Stima della rappresentatività spaziale delle stazioni di fondo di rete regionale PM10 con il metodo β"*. Per il PM_{2,5} si conferma quanto detto per il PM₁₀ con l'eccezione del sito di Valcanoro che per la frazione 2.5 presenta una correlazione con Poggibonsi meno evidente.

Infine, emerge che i livelli di concentrazione ricavati dal monitoraggio svolto nell'area industriale di Barberino Val D'Elsa sono coerenti a quanto atteso per la zona di appartenenza: la collinare e montana. Infatti, come riportato nella DGRT n. 964/2015 *"Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010"*, per la classificazione del territorio erano stati valutati i livelli di concentrazione atmosferica dei vari inquinanti monitorati per un periodo di 5 anni (2005-2009) in relazione alle soglie di valutazione indicate nel D.Lgs. 155/2010². Tale valutazione per la zona collinare e montana mostrava che tipicamente le concentrazioni degli inquinanti erano inferiori alle relative soglie di valutazione inferiore (SVI) tranne che per PM₁₀ e NO₂. L'esito del presente monitoraggio mostra livelli di concentrazione coerenti con quanto a suo tempo indicato dalla DGRT n. 964/2015 per la zona di cui l'area monitorata fa parte; infatti, i valori degli indicatori dei vari inquinanti monitorati durante le tre

² Le soglie di valutazione inferiori (SVI) e superiori (SVS) vengono calcolate prendendo una frazione del valore limite assegnato ad ogni inquinante, e sono definite nell'Allegato II del D.Lgs. 155/2010.

campagne risultano tutti inferiori alle relative SVI, tranne che per la media annua del PM10 nel sito di Valcanoro, che risulta appena sopra la soglia di valutazione inferiore.

Di seguito una sintesi degli esiti del monitoraggio per i singoli inquinanti.

Biossido di azoto – NO₂

I valori limite di riferimento per NO₂, ovvero 40 µg/m³ di media annuale e la massima concentrazione oraria di 200 µg/m³, sono ampiamente rispettati nei tre siti monitorati, i valori maggiori si hanno nel sito di Drove e sono rispettivamente 17 µg/m³ come media dell'intera campagna e 84 µg/m³ come massimo orario registrato. Il massimo orario di 200 µg/m³ non viene superato in nessuno dei tre siti in nessuna stagione.

NO ₂	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL Riferimento	SVI
<i>Media campagna – (µg/m³)</i>	17	6	14	40	26 (65% del valore limite)
<i>Valore massimo orario – (µg/m³)</i>	84	49	60	200	100 (50% del valore limite)
N°. ore con concentrazione maggiore di 200 (µg/m ³)	0	0	0	18	

Monossido di carbonio - CO

Le valutazioni presentate per questo inquinante sono parziali, poiché mancano le misure relative alle campagne invernali. Sono stati comunque presi in esame i dati acquisiti per una valutazione, anche se parziale, dei livelli di concentrazione raggiunti nelle aree monitorate ed un confronto con l'indicatore di riferimento del D.Lgs. 155/2010, espresso come media massima giornaliera calcolata su otto ore uguale a 10 mg/m³. Il limite viene ampiamente rispettato in tutti e tre i punti di campionamento, la concentrazione maggiore, 0.66 mg/m³, si registra per Zambra e benché per questo inquinante non sia stata effettuata la campagna invernale visti i livelli raggiunti è ragionevole affermare che non persistano situazioni di criticità per le aree monitorate.

CO	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento	SVI
<i>Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (mg/m³)⁽¹⁾</i>	0.35	0.47	0.66	10	5 (50% del valore limite)

⁽¹⁾ Espressa come media mobile calcolata su 8 ore

Biossido di zolfo – SO₂

Per questo inquinante la media giornaliera massima e il valore orario massimo più elevati si sono registrati nel sito di Valcanoro, con valori rispettivamente di 4.0 µg/m³ e 11.2 µg/m³, valori nettamente inferiori ai limiti indicati nella norma (D.Lgs 155/2010) di 350 µg/m³ e 125 µg/m³. Non emerge pertanto nessuna criticità in relazione alle concentrazioni atmosferiche di SO₂ rilevate nelle aree monitorate.

SO ₂	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di Riferimento	SVI
Valore massimo orario (µg/m ³)	7.2	11.2	5.1	350	
N° ore superamento limite 350 µg/m ³	0	0	0	24	
Valore massimo giornaliero (µg/m ³)	3.6	4.0	3.7	125	50 (40% del valore limite)
N° giorni superamento limite 125 µg/m ³	0	0	0	3	

Polveri fini - PM₁₀ e PM_{2.5}

Come per gli inquinanti gassosi anche per le polveri non sono state osservate criticità particolari e in tutti i siti monitorati i limiti imposti dalla norma sono rispettati.

In particolare, non si osservano valori del 90.4° percentile delle medie giornaliere superiori a 50 µg/m³; questo parametro è utilizzato per le campagne indicative per determinare il rischio di superamento del valore limite espresso come numero di superamenti delle medie giornaliere di 50 µg/m³ (35 superamenti consentiti nell'arco dell'anno), anche se molto condizionato dal periodo di campionamento nella singola stagione. I dati delle medie annuali risultano bassi, il maggiore risulta Valcanoro con 21 µg/m³, che corrisponde a circa il 50% del valore limite di 40 µg/m³. Solo nel sito di Valcanoro si sono registrati valori giornalieri superiori a 50 µg/m³, per un totale di 3 giorni, due dei quali dovuti ad un fenomeno di avvezione di sabbia proveniente dal nord Africa che ha prodotto un innalzamento dei livelli delle polveri in tutto il territorio regionale.

PM ₁₀	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL riferimento	SVI
Media campagna (µg/m ³)	18	21	17	40	20 (50% del valore limite)
90.4° Percentile (µg/m ³)	25	34	24	50	

Il valore limite espresso come media annua per il particolato PM_{2.5} è pari a 25 µg/m³ (D.Lgs 155/2010), le medie rilevate nei tre punti sono di 10 µg/m³ per Drove e Zambra e 11 µg/m³ per Valcanoro.

PM _{2.5}	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	VL di riferimento	SVI
<i>Media campagna</i> (µg/m ³)	10	11	10	25	12 (50% del valore limite)

Per le polveri vi è inoltre un buon accordo tra i dati acquisiti nelle zone monitorate e quelli registrati dalla stazione fissa di riferimento di SI-Poggibonsi che si trova nelle immediate vicinanze e che appartiene alla stessa zona del comune di Barberino Tavarnelle, la collinare a montana, come definita nella Delibera di Giunta DGRT n. 964/2015 "Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010".

IPA nel PM₁₀ - benzo(a)pirene

I valori medi delle singole campagne rilevati al Benzo(a)pirene risultano tutti nettamente inferiori al valore obiettivo indicato nel D.Lgs 155/2010.

Benzo(a)pirene	Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Valore Obiettivo	SVI
<i>Media campagna</i> (ng/m ³)	0.28	0.12	0.15	1.0	0.4 (40% del valore limite)

Metalli nel PM₁₀ - Pb, Ni, Cd, As

Il valore limite per il Piombo viene ampiamente rispettato in tutti i siti. I valori di media annuale di Nichel, Cadmio e Arsenico risultano molto inferiori ai valori obiettivo indicati nella norma. Per Cadmio in tutti i campioni analizzati si ha una concentrazione minore rispetto al limite di quantificazione del metodo utilizzato.

Metalli		Barberino-Valdelsa-Drove	Barberino-Valdelsa-Valcanoro	Barberino-Valdelsa-Zambra	Valore obiettivo	SVI
<i>Media campagna</i> (ng/m ³)	Arsenico	0.49	0.41	0.36	6.0	2.4 (40% del valore obiettivo)
	Cadmio	<0.2	<0.2	<0.2	5.0	2 (40% del valore obiettivo)
	Nichel	1.78	1.69	1.30	20.0	10 (50% del valore obiettivo)
					Valore limite	SVI
<i>Media campagna</i> (ng/m ³)	Piombo	3.91	3.07	4.73	500.0	0.25 (50% del valore limite)

In conclusione, possiamo affermare che gli esiti del monitoraggio svolto non mettono in evidenza alcuna criticità in relazione ai siti, agli inquinanti e ai periodi monitorati.