

Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Prato

*presso il sito di
Cafaggio, Via Jacopo da Lentini*

Campagna indicativa di rilevamento con
Autolaboratorio-AR431615

Periodo:

17 Marzo 2018 – 7 Gennaio 2019

**Settore “Centro regionale per la tutela
della qualità dell'aria”**

REPORT

ARIA 

COMUNE DI PRATO (PO)

**RELAZIONE CAMPAGNA DI RILEVAMENTO
INDICATIVA CON MEZZO MOBILE targato AR431615:**

Marzo 2018 - Gennaio 2019

**Prato, Loc. Cafaggio – Via Jacopo da
Lentini**

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” (CRTQA)

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

Marco Stefanelli, Tiziana Cecconi

ARPAT – Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” - Prato

Le attività di prova per il monitoraggio del PM10 e PM2,5 sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell’aria (CRRQA)

marzo 2019

Indice generale

1 Sintesi.....	5
2 Introduzione.....	6
3 Descrizione del sito di misura.....	7
4 Analizzatori installati nell’Autolaboratorio AR431615.....	11
5 Limiti normativi.....	12
5.1 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti.....	12
5.2 Materiale particolato PM2.5 – normativa e limiti.....	12
5.3 Biossido di azoto – normativa e limiti.....	13
6 Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale dei rilievi.....	14
7 Indicatori previsti dalla normativa.....	15
7.1 Standardizzazione.....	15
7.2 Valori degli indicatori.....	15
7.2.1 Materiale particolato PM10.....	16
7.2.1.1 <i>PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.....</i>	16
7.2.1.2 <i>PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).....</i>	16
7.2.2 <i>PM10: Note sugli indicatori.....</i>	16
7.2.3 Materiale particolato PM2.5.....	18
7.2.3.1 <i>PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.....</i>	18
7.2.3.2 <i>PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).....</i>	18
7.2.4 <i>PM2.5 Note sugli indicatori.....</i>	18
7.2.5 Biossido di azoto (NO ₂).....	19
7.2.5.1 <i>NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.....</i>	19
7.2.5.2 <i>NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).....</i>	19
7.2.6 <i>Biossido di Azoto - Note sugli indicatori.....</i>	20
8 Analisi della correlazioni tra le serie di misure rilevate a PO-CAFAGGIO rispetto alle stazioni fisse.....	20
8.1 PM10 – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e dell’indice di correlazione di Pearson.....	20
8.2 PM2.5 – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e e dell’indice di correlazione di Pearson.....	21
8.3 NO ₂ – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e dell’indice di correlazione di Pearson.....	21
8.4 Note sull’analisi di correlazione.....	21
9 Analisi delle frazioni percentuali PM10/PM2.5.....	22
9.1 Tabella frazione PM2.5/PM10 su base stagionale.....	22
9.2 Grafico frazione PM2.5/PM10 su base stagionale.....	23
10 Analisi grafica delle sessioni di misura stagionali.....	24
10.1 Materiale particolato PM10.....	24

10.1.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA.....	24
10.1.2 PM10: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali	25
10.2 Materiale particolato PM2.5.....	27
10.2.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazione fisse della RMQA.....	27
10.2.2 PM2.5: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali	28
10.3 Biossido di Azoto NO ₂	30
10.3.1 Grafici di confronto con le stazioni fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali.....	31
10.3.2 NO ₂ - Analisi variazione nel tempo.....	33
10.3.3 NO ₂ - Analisi della provenienza in funzione dei venti prevalenti.....	34
10.3.3.1 NO ₂ : Analisi della provenienza sovrapposta alla mappa, stagione Inverno.....	35
10.3.3.2 Note sui grafici di provenienza nella stagione invernale.....	35
11 Conclusioni.....	36

1 Sintesi

La campagna di misurazione in località Cafaggio, Via Jacopo da Lentini, nel Comune di Prato, ha avuto inizio il 17 marzo 2018 ed è terminata il 7 Gennaio 2019. L'indagine si è sviluppata in quattro sessioni di misura, una in ogni stagione in modo da soddisfare pienamente i requisiti di copertura previsti dalla normativa per le misure di tipo indicativo.

I valori degli indicatori calcolati per i tre inquinanti monitorati rispettano i limiti di legge ad eccezione del valore relativo al 90,4° percentile sul PM10 relativo al superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le misure discontinue. Questo parametro indica che in un ipotetico monitoraggio completo annuale si potrebbe verificare lo sfioramento del limite dei 35 giorni di superamento del valore giornaliero di PM10.

Sia per il particolato (PM10-PM2.5) che per il Biossido di Azoto si rilevano nella postazione di Cafaggio valori tendenzialmente più elevati rispetto a quanto rilevato dalle stazioni della rete regionale di Prato, nonché nella stazione di PT-MONTALE in analogo periodo. Il dato conferma le criticità della zona Prato-Pistoia che infatti è definita area di superamento per PM 10.

Per quanto riguarda il particolato l'analisi delle correlazioni evidenzia che la stazione più coerente è quella di PO-FERRUCCI in base al valore del coefficiente di correlazione di Pearson che è superiore a 0,9. Anche per quanto riguarda il Biossido di azoto la stazione più simile alla postazione di monitoraggio è quella di PO-FERRUCCI con valori medi del coefficiente di correlazione di Pearson pari a 0,7.

Per l'identificazione delle sorgenti emmissive analizzando la direzione dei venti nella stagione invernale, caratterizzata dalle concentrazioni più elevate, si ottengono informazioni indicative su tre direzioni prevalenti. La direzione principale investe l'Autostrada A11 in direzione Sud trasportando gli inquinanti verso l'abitato posto sotto l'autostrada in senso geografico. L'analisi della provenienza e dei profili giornalieri sono tipici di una sorgente di traffico con i massimi nel tardo pomeriggio all'ora di punta del traffico di rientro dal lavoro.

In definitiva l'indagine mostra una situazione di inquinamento tendenzialmente un po' più gravosa di quella rilevata dalle vicine stazioni della rete regionale nel periodo di indagine. La sorgente emissiva che appare più rilevante per il biossido di

azoto in questa campagna sembra essere quella dovuta al traffico veicolare dell'autostrada A11.

2 Introduzione

La presente relazione illustra l'attività svolta con l'Autolaboratorio AR31615 relativa al periodo Marzo 2018 - Gennaio 2019, nel contesto di una convenzione stabilita tra Comune di Prato e ARPAT e formalizzata con Decreto Dirigenziale n° 008/2018.

La presente indagine può essere assimilata a una "misurazione indicativa" di qualità dell'aria, come previsto dal D.Lgs. N° 155/2010 e s.m.i.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento 'PG.SG.17 - Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento'. Tale sistema di gestione di ARPAT è 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 documento.

3 Descrizione del sito di misura

Il sito in cui sono state condotte le misure con l'utilizzo del mezzo mobile è ricompreso nell'area omogenea Prato – Pistoia, la postazione in esame è all'interno dell'abitato della frazione di Cafaggio, in via Jacopo da Lentini davanti al numero civico 30. E' stata scelta questa postazione in quanto rappresentativa di una esposizione media di fondo in una zona urbanizzata a destinazione prevalentemente residenziale. La postazione scelta si trova in una zona che presenta alti indici di pressione e caratteristiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti¹. Le principali fonti emissive che insistono sulla postazione sono: l'autostrada A11, che si trova a circa 250 metri a nord del sito di monitoraggio, via di Baciacavallo, importante arteria per la vicina zona industriale denominata 'Macrolotto', via Roma una direttrice nord-sud molto trafficata nel Comune di Prato, l'impianto di incenerimento di fanghi del Depuratore di Baciacavallo che si trova ad una distanza di circa 600 metri in linea d'aria dalla postazione di misura (Figura 2.1).

Le caratteristiche del punto di misura sono assimilati alla tipologia 'fondo' così come descritta dall'allegato 3 del DLGS 155/2010:

b) stazioni di misurazione di fondo: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito;

Le coordinate geografiche Gauss-Boaga sono: EGB 1667108 ; NGB 4857744. L'altitudine è di 42 metri s.l.m. Sotto sono riportate le immagini del contesto territoriale del sito e del laboratorio mobile installato.

1 LaMMA-Classificazione della diffusività atmosferica nella conca intermontana Firenze-Prato-Pistoia- 2000

Figura 2.1 Mappa su scala locale della postazione di misura con indicazione delle principali fonti emissive.



Figura 2.2 *Mappa della zonizzazione della Toscana con individuazione dell'area di indagine all'interno della "Zona Prato - Pistoia"*

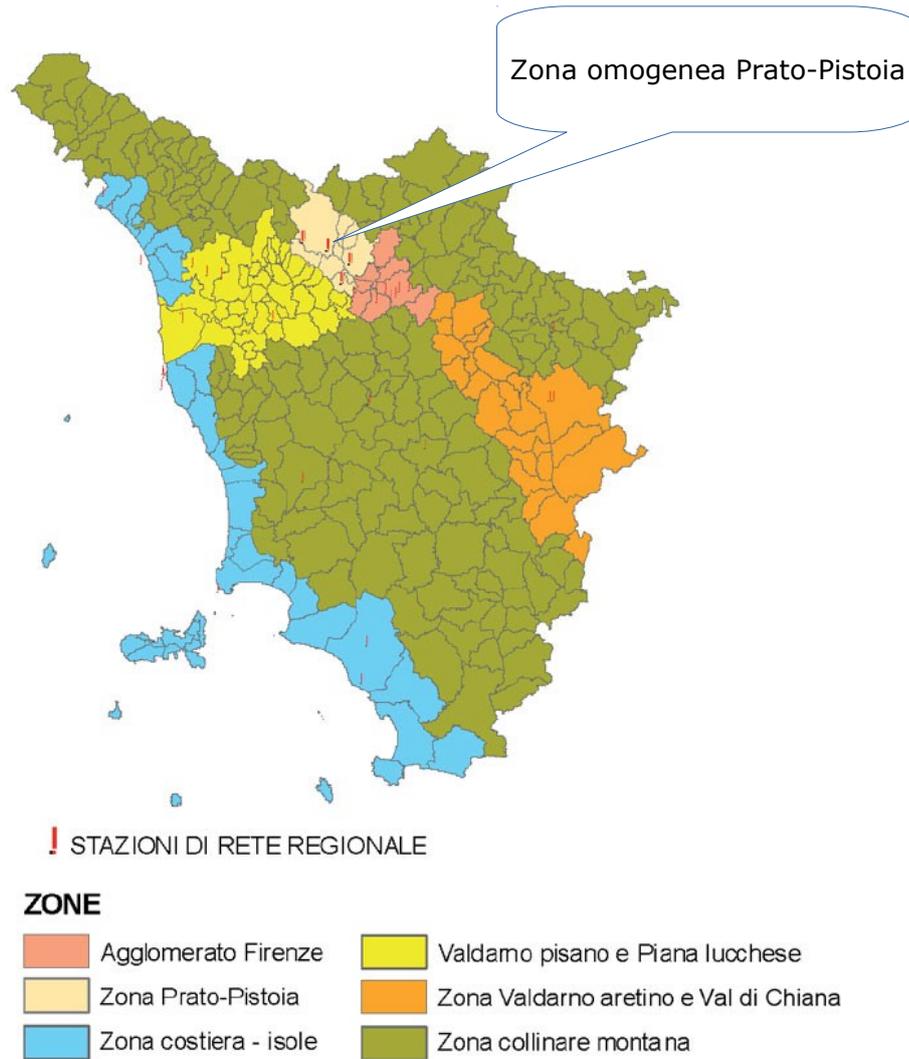
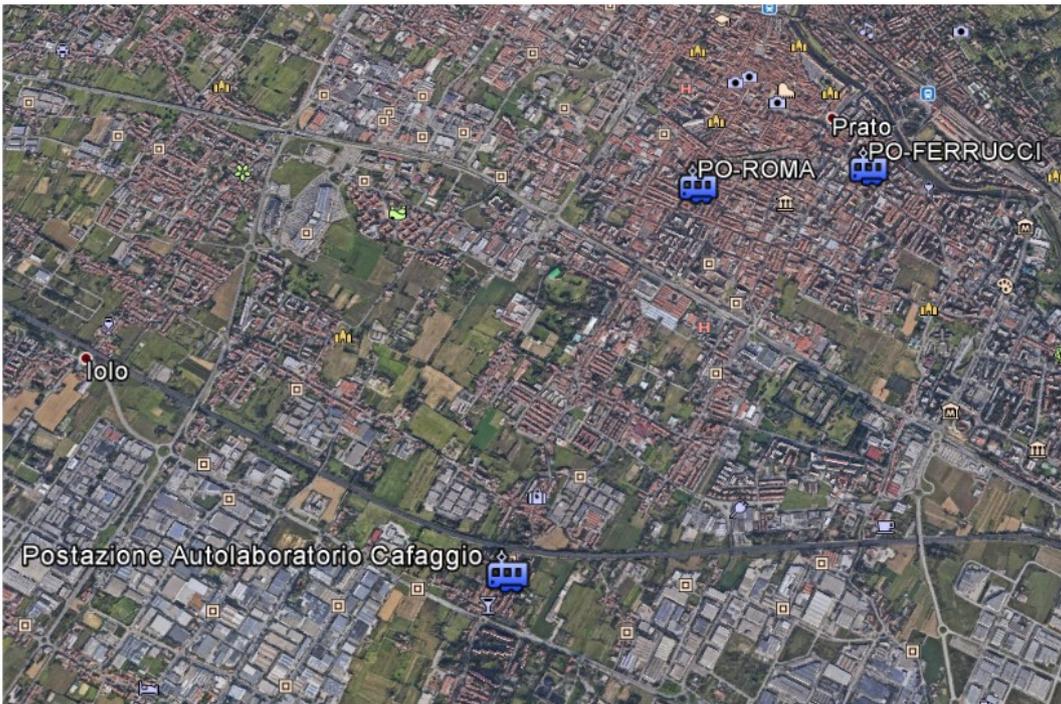


Immagine 2.3 Autolaboratorio in via Jacopo da Lentini a Cafaggio



Immagine 2.4 Mappa postazione Autolaboratorio e stazioni della rete regionale nel Comune di Prato



4 Analizzatori installati nell'Autolaboratorio AR431615

Nella tabella 4.1 è fornita una descrizione degli inquinanti monitorati dall'autolaboratorio:

Tabella 4.1 – Inquinanti monitorati.

NO _x	PM10	PM2,5
x	x	x

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri

PM2,5 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micrometri

Di seguito in tabella sono elencati gli strumenti presenti all'interno del mezzo mobile e le relative caratteristiche tecniche:

Tabella 4.2 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rivelabilità	Precisione
NO _x	API 200E	Chemiluminescenza	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti	---	---

Sul Laboratorio mobile AR431615 sono installati anche i sensori per la misura della velocità del vento (VV) e per la determinazione della provenienza dei fenomeni ventosi (DV).

5 Limiti normativi

I valori limite che esprimono gli indicatori di qualità dell'aria sono stati definiti dalla Comunità Europea (Direttiva 2008/50/CE) e sono stati recepiti dallo Stato italiano con il D.Lgs. n° 155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.

5.1 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 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 PM10

5.2 Materiale particolato PM2.5 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto D Allegato XIV Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5 (in vigore dal 1° gennaio 2015)

5.3 Biossido di azoto – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 – punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

6 Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale dei rilievi.

Stagione	Data inizio	Data fine	Numero gg di campionamento	Percentuale di copertura stagionale
Primavera	17-03-2018	04-04-2018	PM10: 17 PM2.5: 16 NO2: 19	PM10: 19% PM2.5: 18% NO2: 21%
Estate	23-06-2018	11-07-2018	PM10: 19 PM2.5: 19 NO2: 19	PM10: 20% PM2.5: 20% NO2: 20%
Autunno	12-10-2018	06-11-2018	PM10: 19 PM2.5: 19 NO2: 23	PM10: 21% PM2.5: 21% NO2: 26%
Inverno	06-12-2018	07-01-2018	PM10: 24 PM2.5: 24 NO2: 27	PM10: 27% PM2.5: 27% NO2: 30%

La distribuzione delle misure ed i periodi di copertura rispettano quanto previsto per le misurazioni indicative dal DLGS 155/2010 Allegato 1.

7 Indicatori previsti dalla normativa

7.1 Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg per metro cubo d'aria (m^3)) sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K), ad esclusione del materiale particolato PM10, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

7.2 Valori degli indicatori

Di seguito sono presi in considerazione i singoli inquinanti per ognuno dei quali sono riportati gli indici sintetici relativi al periodo di monitoraggio, nonché i corrispondenti limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente in materia di Qualità dell'Aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

La campagna di monitoraggio a Prato - Cafaggio si è articolata in modo distribuito su tutte e quattro le stagioni con una copertura temporale coerente con quanto previsto dal DLGS 155/2010 per le misurazioni indicative, sarà pertanto possibile il calcolo ed il confronto con gli indicatori normati.

Per completezza, ove possibile, è stato introdotto un confronto con le misure ottenute, nello stesso periodo, presso le centraline di rete regionale di PO-ROMA (urbana-fondo) e PO-FERRUCCI (urbana - traffico) e PT-MONTALE (suburbana - fondo). Le stazioni PO-ROMA e PO-FERRUCCI sono situate entrambe nel comune di Prato a una distanza in linea d'aria dal punto di misura dell'autolaboratorio rispettivamente circa 2,4 e 3 Km circa. La postazione di Cafaggio rientra nel raggio di rappresentatività della stazione di PO-ROMA sia per PM 10 che per NO₂². La stazione di PT-MONTALE viene presa come riferimento in quanto è la seconda stazione di fondo presente nell'area omogenea Prato - Pistoia. In allegato 1 sono riportati i valori giornalieri di PM 10 e PM 2,5.

² <http://www.regione.toscana.it/-/elenco-pubblicazioni-inerenti-la-rappresentativita-spaziale-delle-stazioni-di-rilevamento-della-qualita-dell-aria-in-toscana>

Il segno (-) presente in alcune tabelle riassuntive indica l'assenza di un limite di riferimento relativo alla normativa vigente.

7.2.1 Materiale particolato PM10

7.2.1.1 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)	PO-AUTOLAB-CAFAGGIO
Numero superamenti del VL 50 µg/m ³ come media giornaliera sulla serie della campagna	35	8	9	13	14
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	40 media annua	27	27	28	31
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero)	50	47	52	55	59
Massima media giornaliera rilevata nel periodo (µg/m ³)	-	113 01-01-2019	135 01-01-2019	78 19-12-2018	132 01-01-2019

7.2.1.2 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	40 media annua	25	24	25
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero)	50	43	40	45
Numero superamenti del VL 50 µg/m ³ come media giornaliera sulla serie completa	35	22	21	26

7.2.2 PM10: Note sugli indicatori

Nelle tabelle sopra riportate sono elencati gli indicatori calcolati sulle serie di misure rilevate nella postazione di PO-CAFAGGIO in relazione ai corrispettivi indicatori

calcolati per le stazioni di riferimento negli stessi periodi (prima tabella) e in tutto l'anno solare 2018 (seconda tabella). Nella postazione di Cafaggio si rilevano valori tendenzialmente più alti rispetto alle tre stazioni di riferimento sia per quanto riguarda la media, che per quanto riguarda il 90,4° percentile, indicatore previsto dal DLGs 155/2010 per le misure discontinue per valutare il rispetto del del valore limite giornaliero.

L'indicatore sulla media – pur essendo maggiore anche di PT-MONTALE risulta inferiore al limite dei 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre il valore relativo al 90,4° percentile risulta maggiore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, indicato per le misure indicative. I valori rilevati sono coerenti con quelli prevedibili in questa zona per una stazione di forno urbano in base agli studi sulla valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni di fondo di rete regionale³.

L'indicatore relativo al 90,4° percentile tuttavia è una statistica applicata alle misure discontinue dove non è possibile avere una copertura dei dati completa, quindi ha una funzione di stima indicativa. In effetti si rileva che il 90,4° percentile calcolato sulle misure discontinue è superiore a 50 anche nelle stazioni della rete regionale di PO-ROMA e PT-MONTALE dove in realtà per l'anno 2018 il numero reale di superamenti calcolato sulle serie complete è inferiore al limite di 35.

Il valore di questo indicatore indica che, se fosse effettuato un monitoraggio consecutivo di un anno, il numero limite di 35 superamenti potrebbe essere superato.

3 <http://www.regione.toscana.it/-/elenco-pubblicazioni-inerenti-la-rappresentativita-spaziale-delle-stazioni-di-rilevamento-della-qualita-dell-aria-in-toscana>

7.2.3 Materiale particolato PM2.5

7.2.3.1 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)	PO-AUTOLAB-CAFAGGIO
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25 media annua	18	19	21	22
Massima media giornaliera rilevata nel periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	99 01-01-2019	116 01-01-2019	64 19-12-2018	110 01-01-2019

7.2.3.2 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25 media annua	16	16	18
Massima media giornaliera rilevata nel periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	78 01-01-2018	92 01-01-2018	96 07-01-2018

7.2.4 PM2.5 Note sugli indicatori

I valori più elevati delle concentrazioni di particolato a PO-CAFAGGIO è confermata anche dagli indicatori sul PM2.5. Pure rientrando sotto il limite annuale previsto a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione dell'autolaboratorio si rilevano concentrazioni più alte rispetto alle stazioni della rete regionale prese come riferimento.

7.2.5 Biossido di azoto (NO₂)

7.2.5.1 NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.

Indicatore	Limiti di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)	PO-AUTOLAB-CAFAGGIO
Valore orario > 200 µg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	18	0	0	0	0
Media delle concentrazioni orarie (µg/m ³)	40 media annuale	30	35	21	36
Max. valore orario rilevato nel periodo (µg/m ³)	-	96 07-01-2019 ore 20	121 04-01-2019 ore 19	73 27-03-2018 ore 9	140 03-01-2019 ore 18

7.2.5.2 NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2018).

	Limiti di riferimento	PO-FERRUCCI (urbana - traffico)	PO-ROMA (urbana - fondo)	PT-MONTALE (suburbana - fondo)
Valore orario > 200 µg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	18	0	0	0
Media annuale (µg/m ³)	40 media annua	27	30	18
Max. valore orario rilevato nell'anno (µg/m ³)	-	102 08-01-2018 ore 17	108 16-02-2018 ore 21	82 02-03-2018 ore 16

7.2.6 Biossido di Azoto - Note sugli indicatori

Gli indicatori calcolati sul biossido di azoto nella postazione PO-CAFAGGIO rientrano nei limiti di legge, sia per quanto riguarda la media che per i valori massimi che non arrivano mai a superare il limite di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa. Confrontando i valori con le stazioni della rete regionale prese come riferimento, si rileva una buona coerenza con la vicina stazione di PO-ROMA, rispetto alla quale gli indicatori sulla media sono leggermente superiori.

8 Analisi della correlazioni tra le serie di misure rilevate a PO-CAFAGGIO rispetto alle stazioni fisse.

8.1 PM10 – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e dell'indice di correlazione di Pearson

	PM10								
	PO-FERRUCCI			PO-ROMA			PT-MONTALE		
	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson
	m	q		m	q		m	q	
Primavera	0,77	3,3	0,92	0,74	3,58	0,94	0,65	5,7	0,89
Estate	1,03	0,57	0,99	1,04	-1,081	0,97	0,86	1,06	0,98
Autunno	0,92	0,52	0,95	0,88	1,39	0,92	0,79	1,68	0,92
Inverno	0,6	9,1	0,74	0,68	6,8	0,72	0,41	23,09	0,64
Media			0,90			0,89			0,86

8.2 PM2.5 – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e dell'indice di correlazione di Pearson

	PM2.5								
	PO-FERRUCCI			PO-ROMA			PT-MONTALE		
	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson
	m	q		m	q		m	q	
Primavera	0,83	1,3	0,96	0,84	1,3	0,96	0,75	3,77	0,87
Estate	1,11	0,02	0,95	0,98	0,2	0,93	0,97	0,5	0,98
Autunno	1,04	-0,91	0,98	1,06	-1,11	0,96	0,93	0,15	0,96
Inverno	0,61	5,8	0,73	0,69	5,85	0,71	0,42	19,4	0,64
Media			0,91			0,89			0,86

8.3 NO₂ – Tabella dei coefficienti della retta di regressione e dell'indice di correlazione di Pearson

	NO2								
	PO-FERRUCCI			PO-ROMA			PT-MONTALE		
	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson	Coefficienti retta regressione		Pearson
	m	q		m	q		m	q	
Primavera	0,74	2,4	0,77	0,72	10,7	0,78	0,51	0,7	0,72
Estate	0,46	9,1	0,53	0,42	10,26	0,47	0,288	3,99	0,499
Autunno	0,73	0,3	0,81	0,7	2,99	0,74	0,41	3,4	0,67
Inverno	0,78	2,83	0,8	0,86	9,05	0,75	0,53	4,79	0,64
Media			0,73			0,69			0,63

8.4 Note sull'analisi di correlazione.

Le serie di misure rilevate nella postazione PO-CAFAGGIO hanno una buona correlazione con le stazioni fisse della rete di Prato e anche con la stazione PT-MONTALE. Per quanto riguarda il PM10 la stazione con la quale i dati risultano maggiormente coerenti è quella di PO-FERRUCCI con un coefficiente di correlazione di Pearson medio pari a 0.9, confermato anche dal valore 0.91 sul PM2.5. Sul particolato si nota una discrepanza nelle varie sessioni stagionali; nelle stagioni primavera, estate, autunno la correlazione è ottima, sempre superiore a 0.92, mentre scende in

modo sensibile durante la stagione invernale dove non supera valori di coefficiente di Pearson pari a 0.74 per il PM10 e 0.73 per il PM2.5.

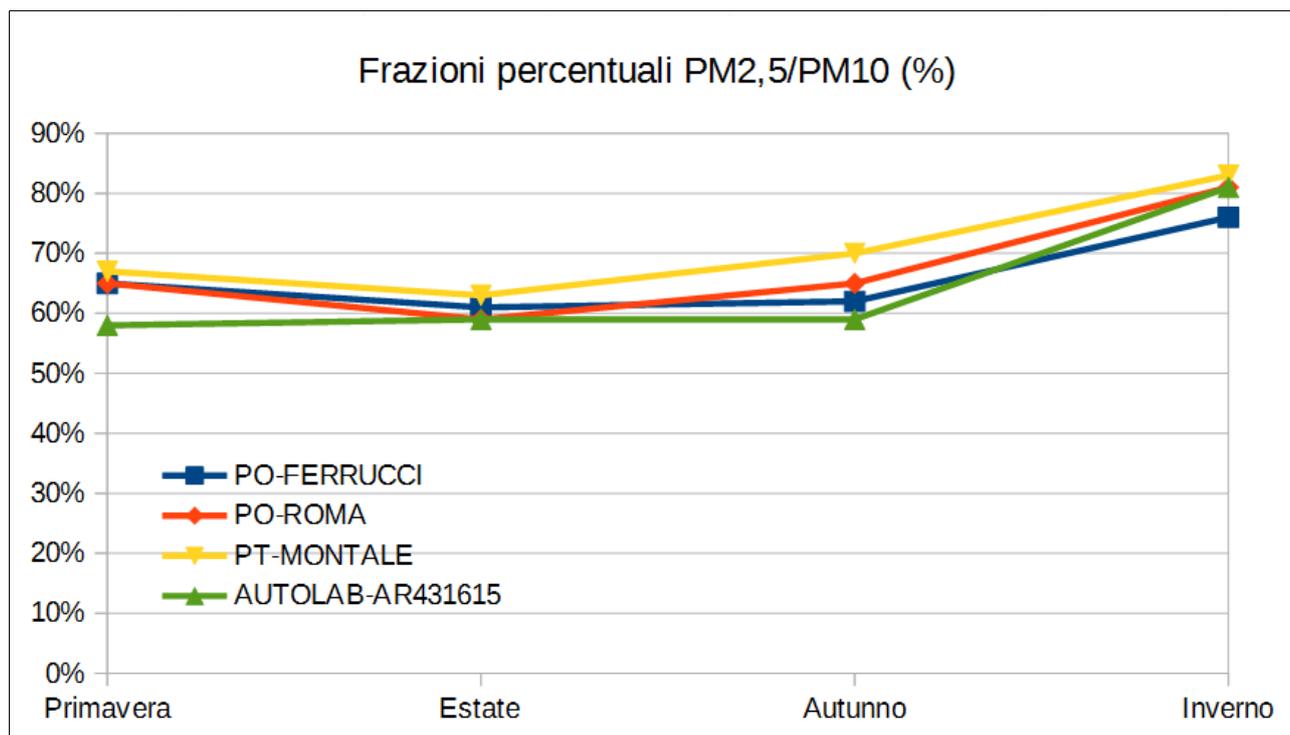
Per quanto riguarda il Biossido di Azoto l'indice di correlazione di Pearson presenta valori che indicano una coerenza inferiore, attestandosi al valore medio di 0.73 per la stazione PO-FERRUCCI che anche in questo caso è quella statisticamente più correlata. Anche per l'NO₂ si rileva una flessione stagionale, in questo caso durante l'estate dove si scende a valori di indice di correlazione di Pearson non superiori a 0.53.

9 Analisi delle frazioni percentuali PM10/PM2.5

9.1 Tabella frazione PM2.5/PM10 su base stagionale

Stagione	PO-FERRUCCI	PO-ROMA	PT-MONTALE	AUTOLAB-AR431615
Primavera	65%	65%	67%	58%
Estate	61%	59%	63%	59%
Autunno	62%	65%	70%	59%
Inverno	76%	81%	83%	81%

9.2 Grafico frazione PM2.5/PM10 su base stagionale



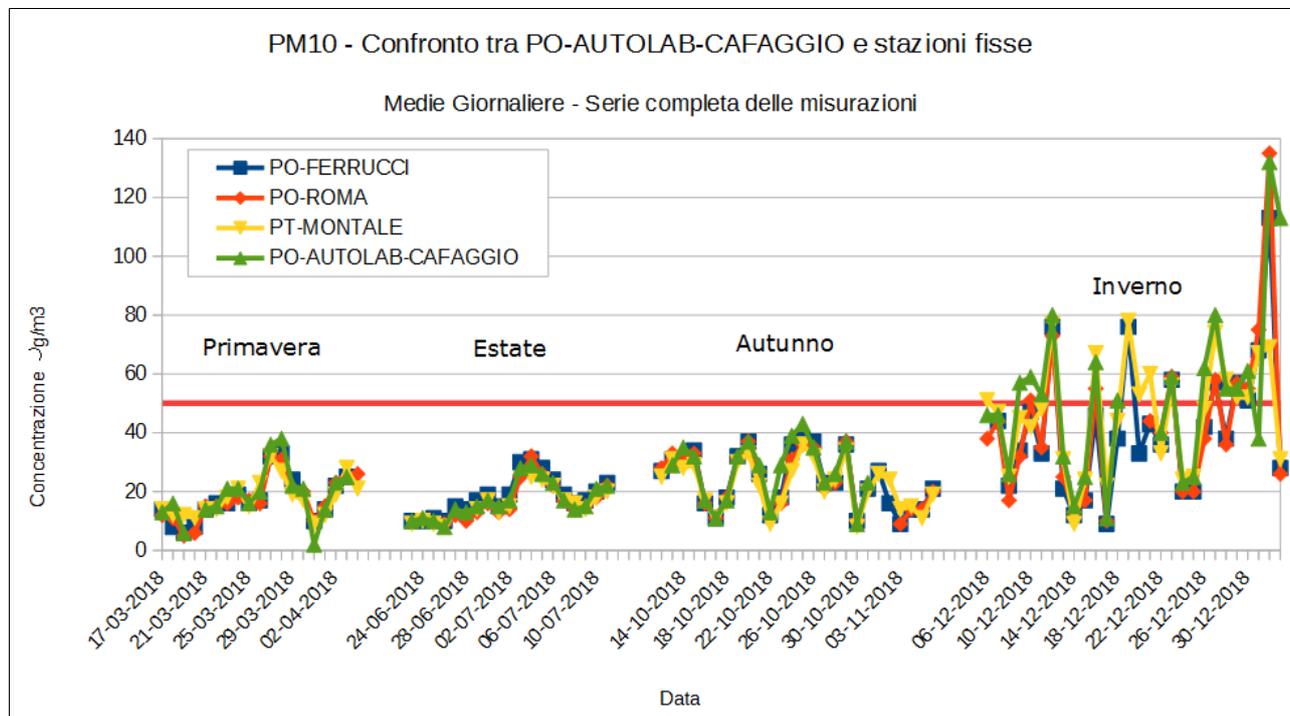
Nella postazione di PO-CAFAGGIO la frazione PM2.5/PM10 rimane sotto il 60% dalla primavera all'autunno salvo poi incrementare decisamente durante il periodo invernale fino a raggiungere 81%, lo stesso valore della stazione urbana traffico PO-FERRUCCI.

Questa brusca variazione indica che nella stagione invernale il deciso aumento delle concentrazioni di particolato è in qualche modo coinciso con una variazione netta della composizione stessa delle polveri, con una predominanza della componente più fine. E' un fenomeno noto e ricorrente causato dalla variazione tra la componente primaria dovute alle emissioni dirette e la componente secondaria generata da processi chimici di ricombinazioni di inquinanti precursori.

10 Analisi grafica delle sessioni di misura stagionali

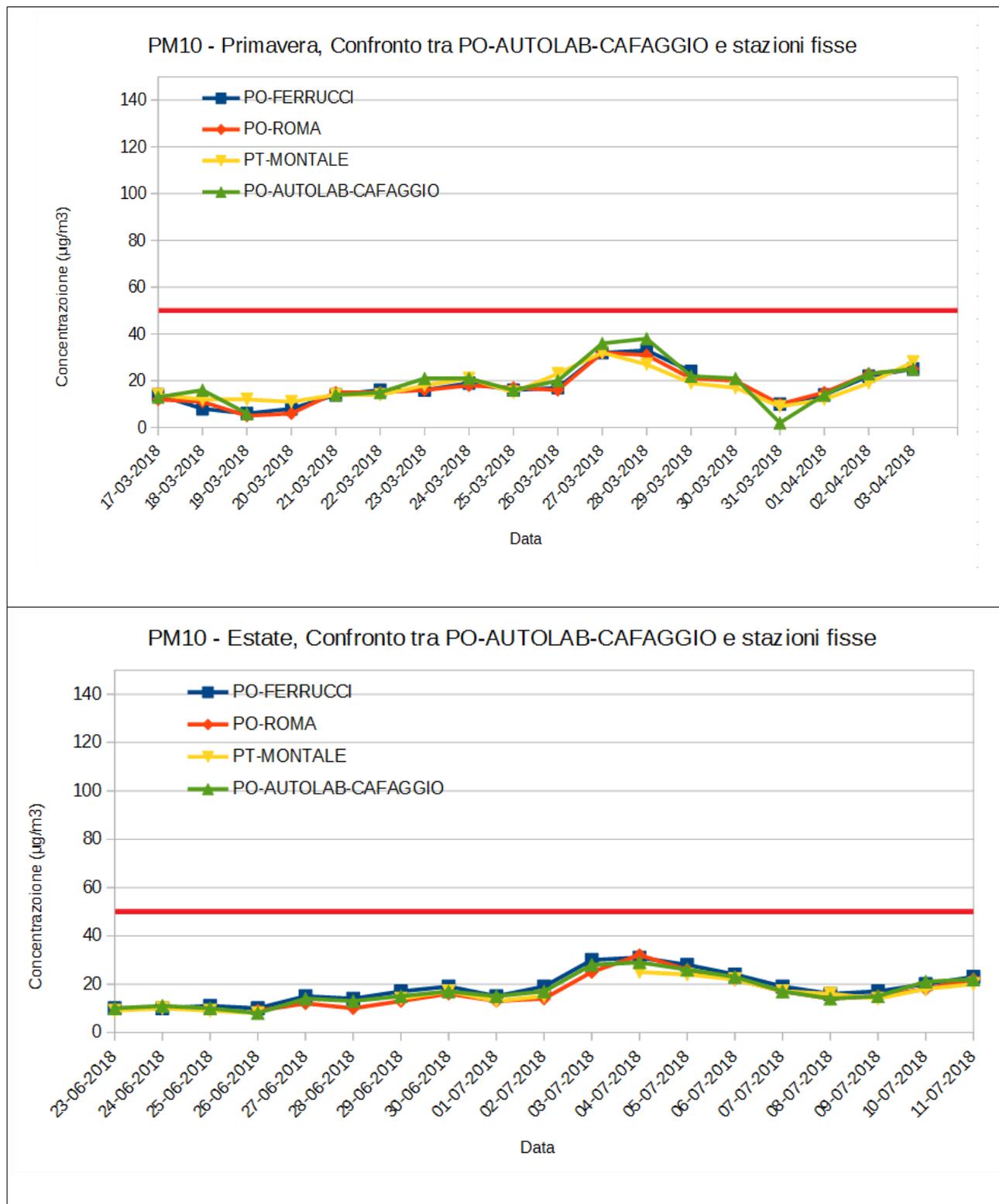
10.1 Materiale particolato PM10

10.1.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA



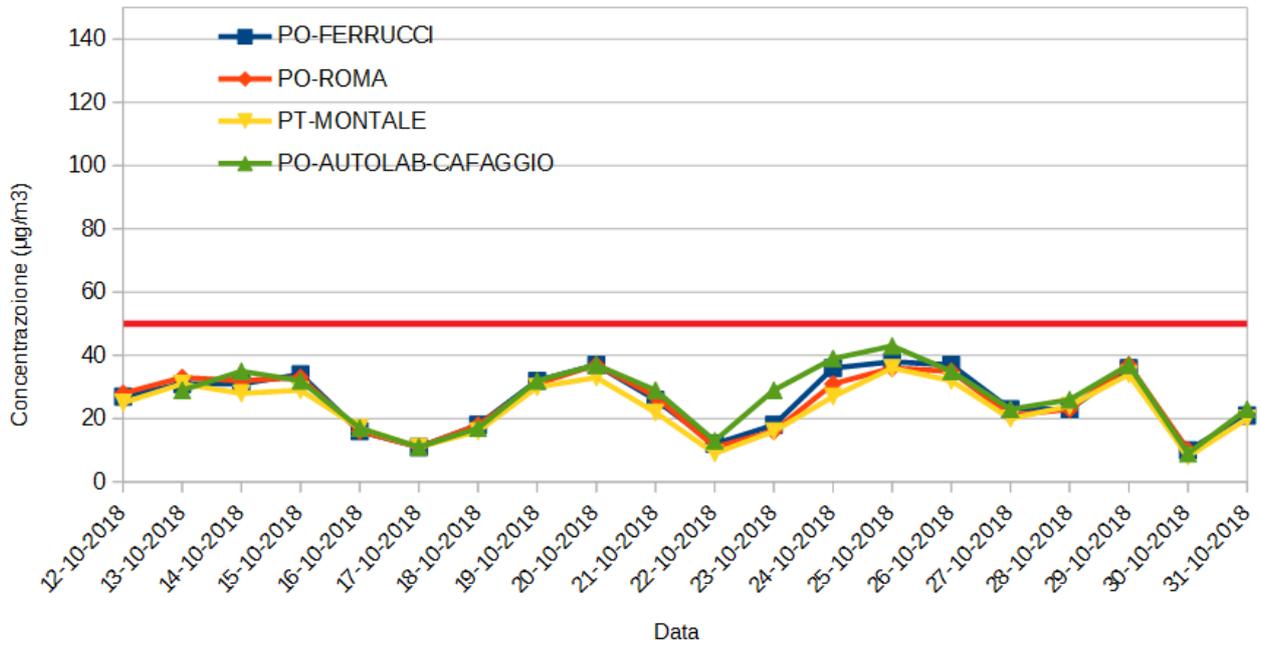
Il grafico mostra bene la sostanziale coerenza dei valori rilevati a Cafaggio con le tre stazioni della rete regionale. Un altro aspetto che risulta evidente è il deciso aumento delle concentrazioni nella stagione invernale, dove spesso le medie giornaliere rilevate a Cafaggio sono più alte di quelle registrate dalle tre stazioni della RMQA.

10.1.2 PM10: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali

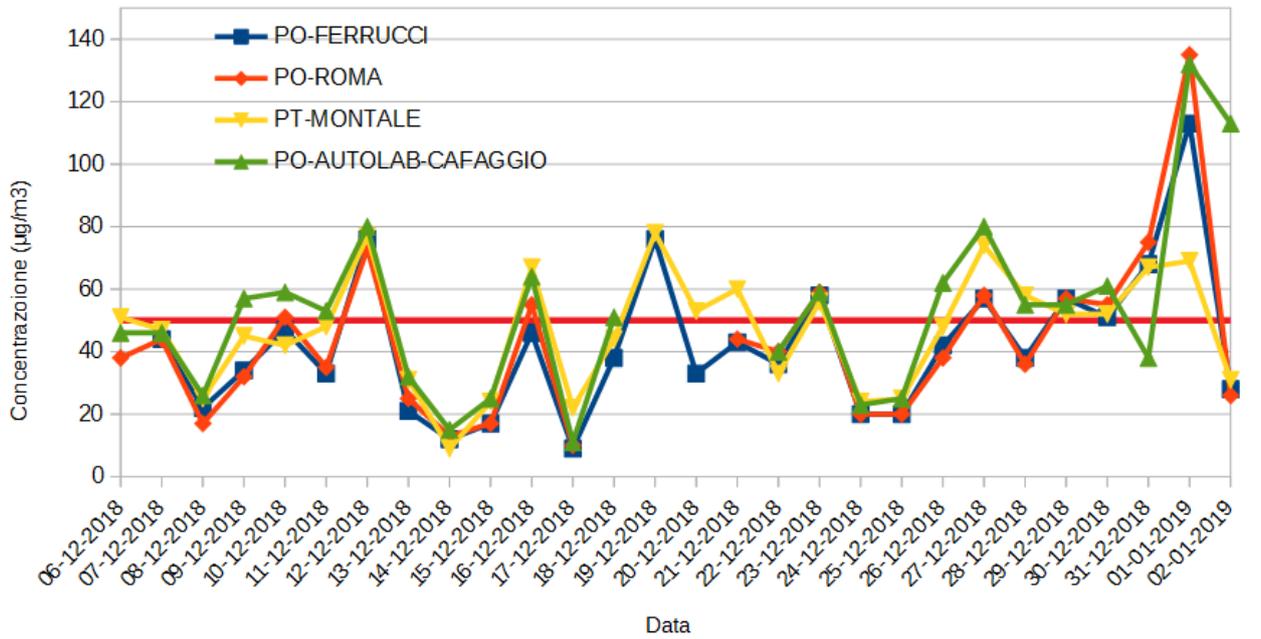


61

PM10 - Autunno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse

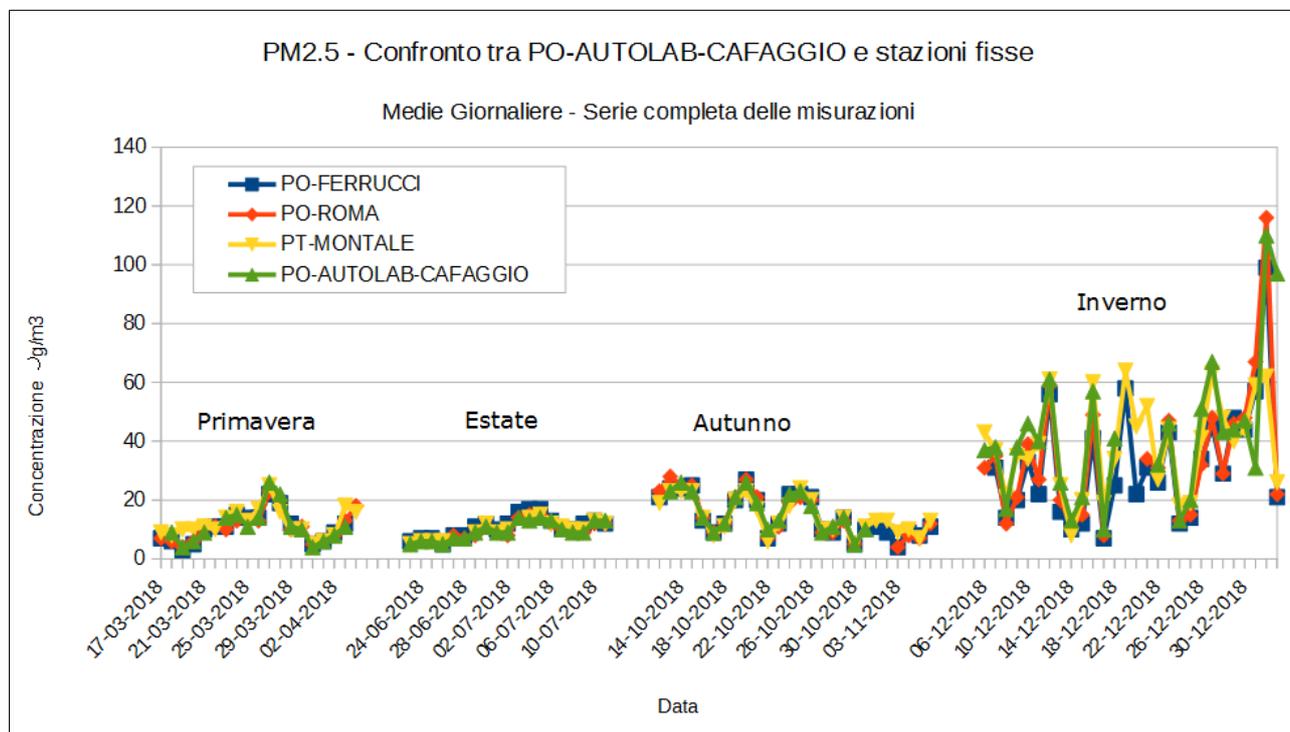


PM10 - Inverno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse



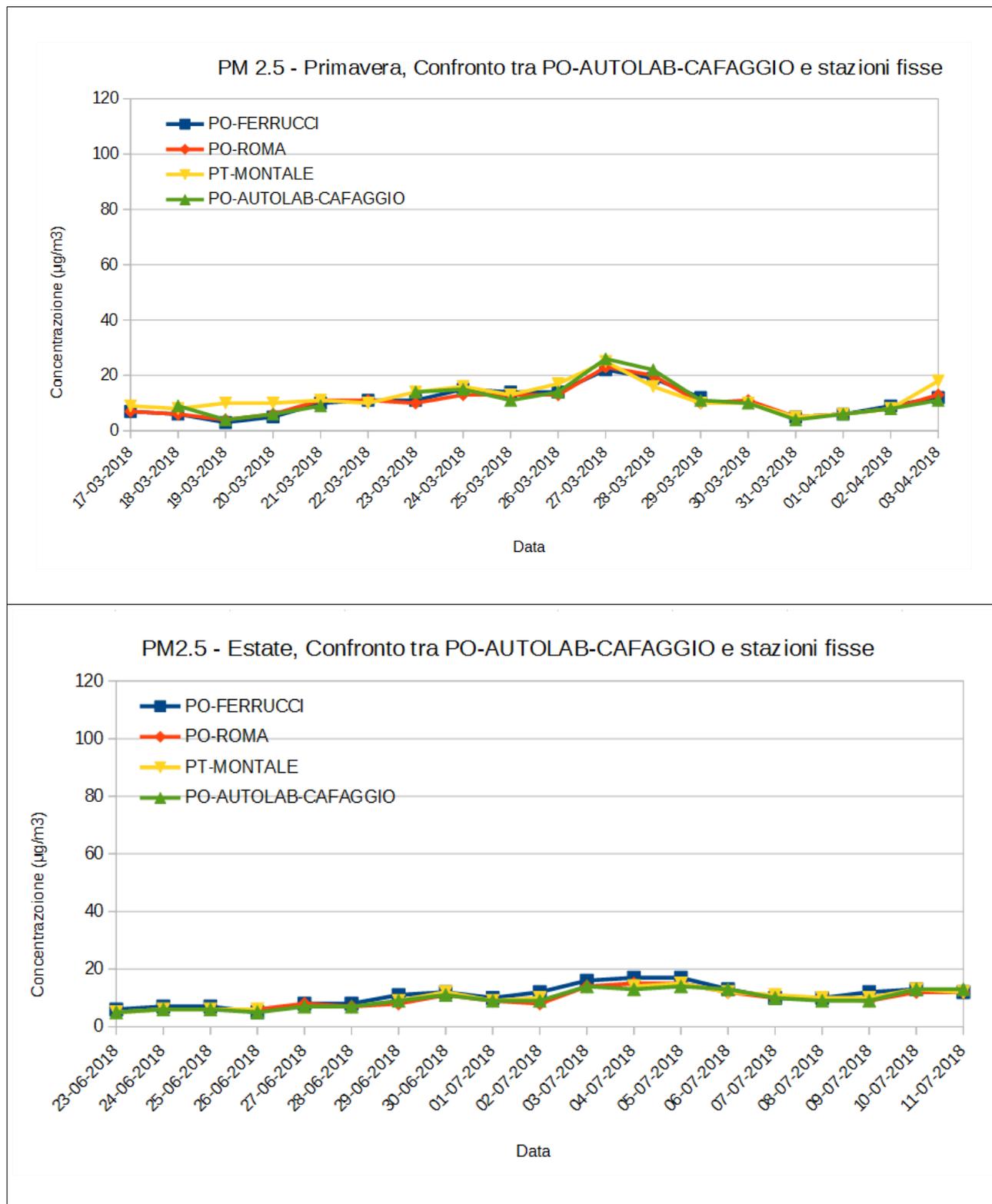
10.2 Materiale particolato PM2.5

10.2.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA

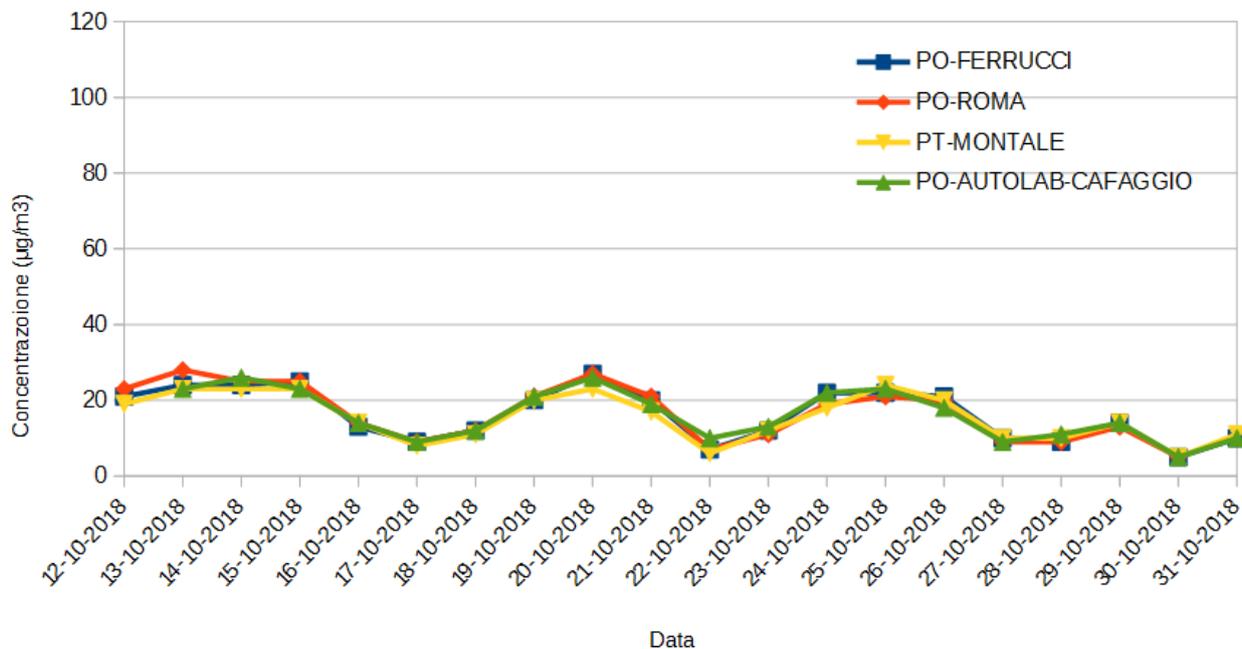


Il grafico delle medie giornaliere di PM2.5 rispecchia l'analisi del PM10, da notare le alte concentrazioni di PM2.5 rilevate durante la fase acuta di inquinamento dei primi giorni di gennaio 2019.

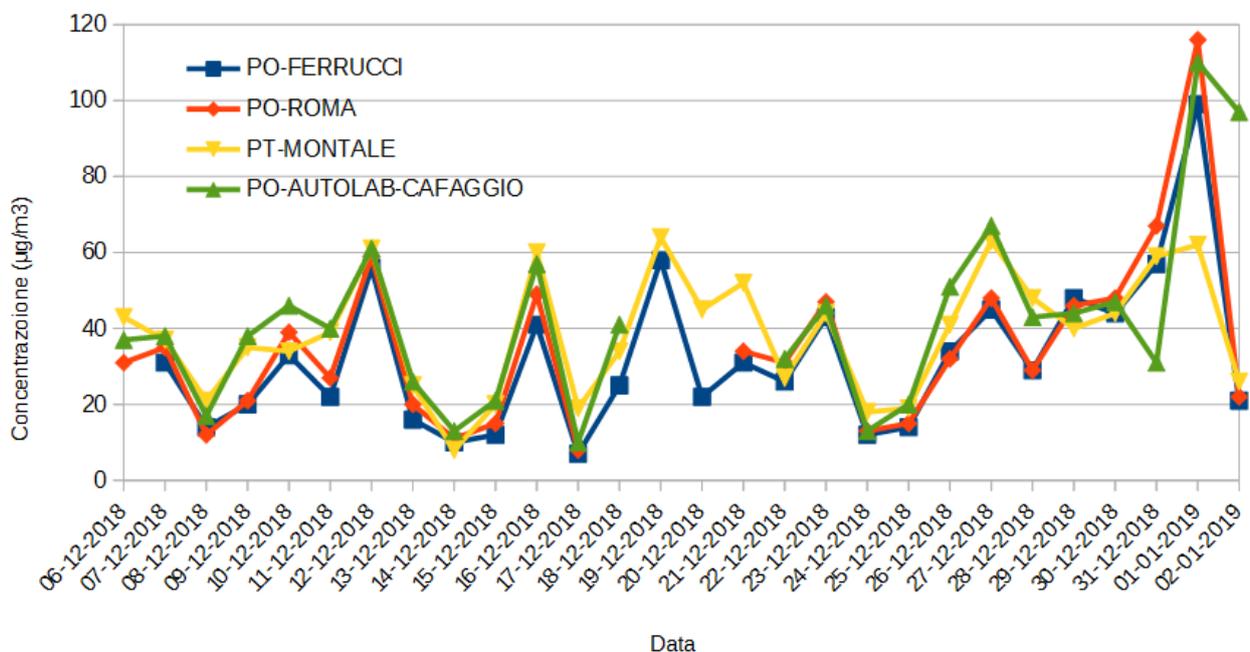
10.2.2 PM2.5: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali



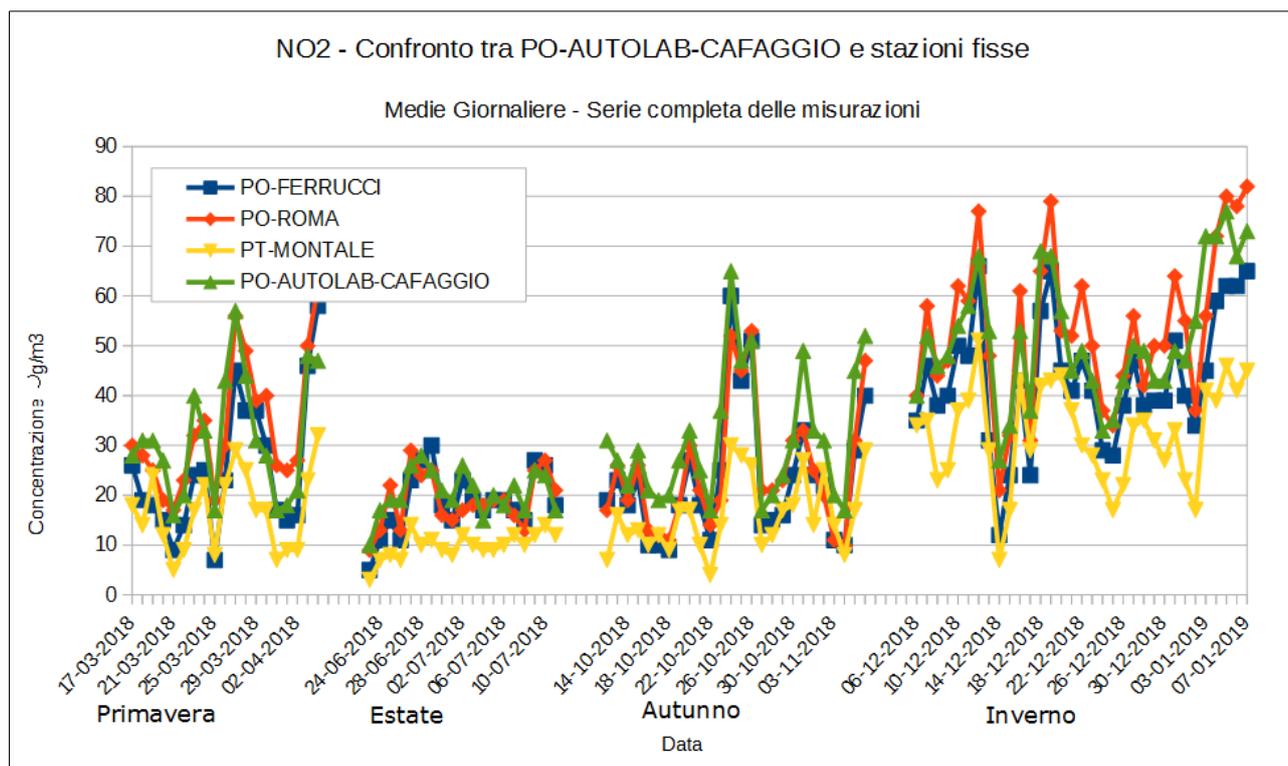
PM2.5 - Autunno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse



PM2.5 - Inverno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse

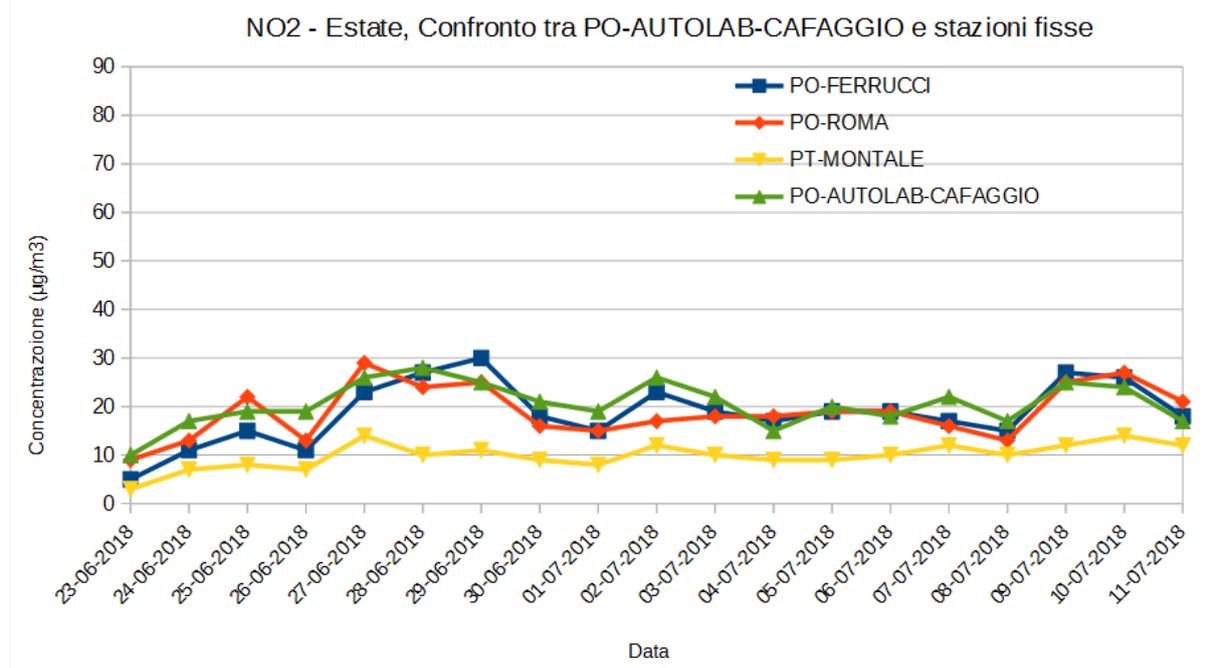
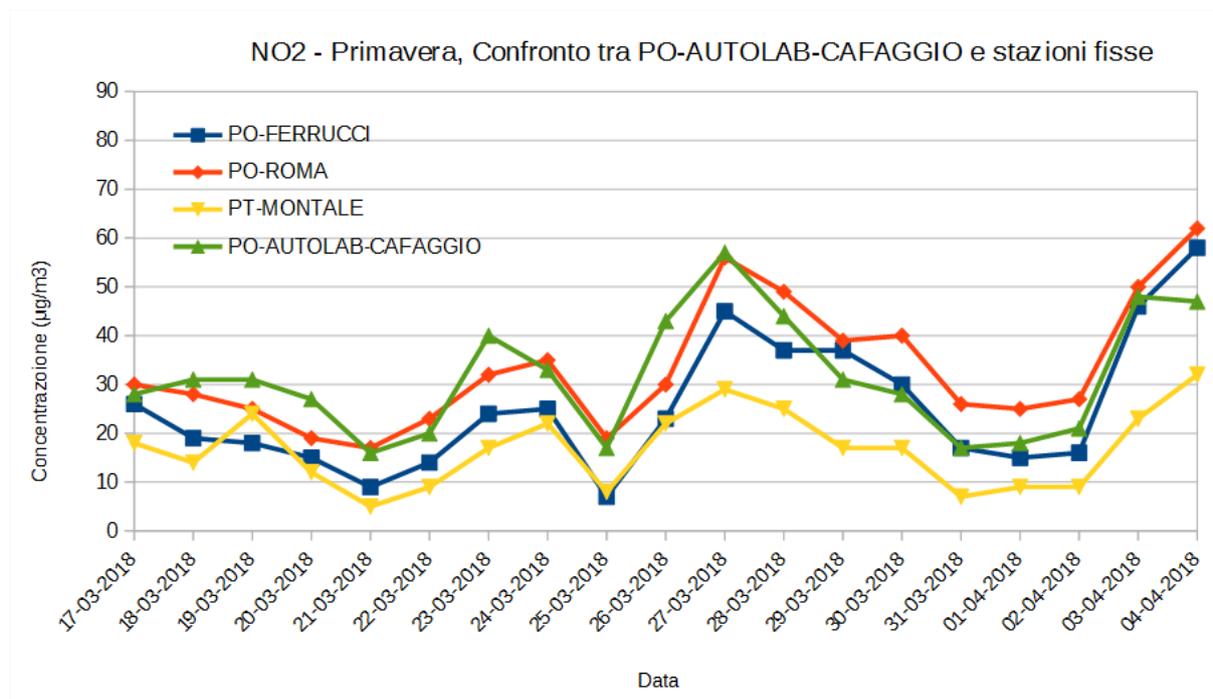


10.3 Biossido di Azoto NO₂

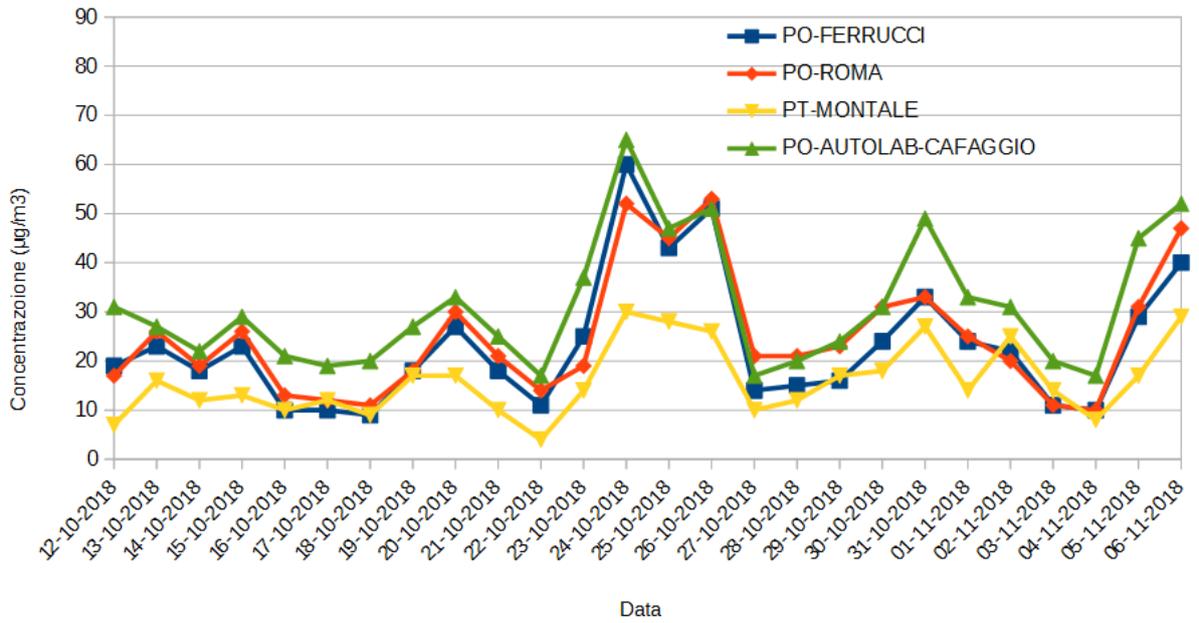


Anche per il biossido di azoto le concentrazioni massime sono rilevate nella stagione invernale, in questo inquinante tuttavia le differenze in valore assoluto tra le varie stagioni sono più contenute rispetto al particolato.

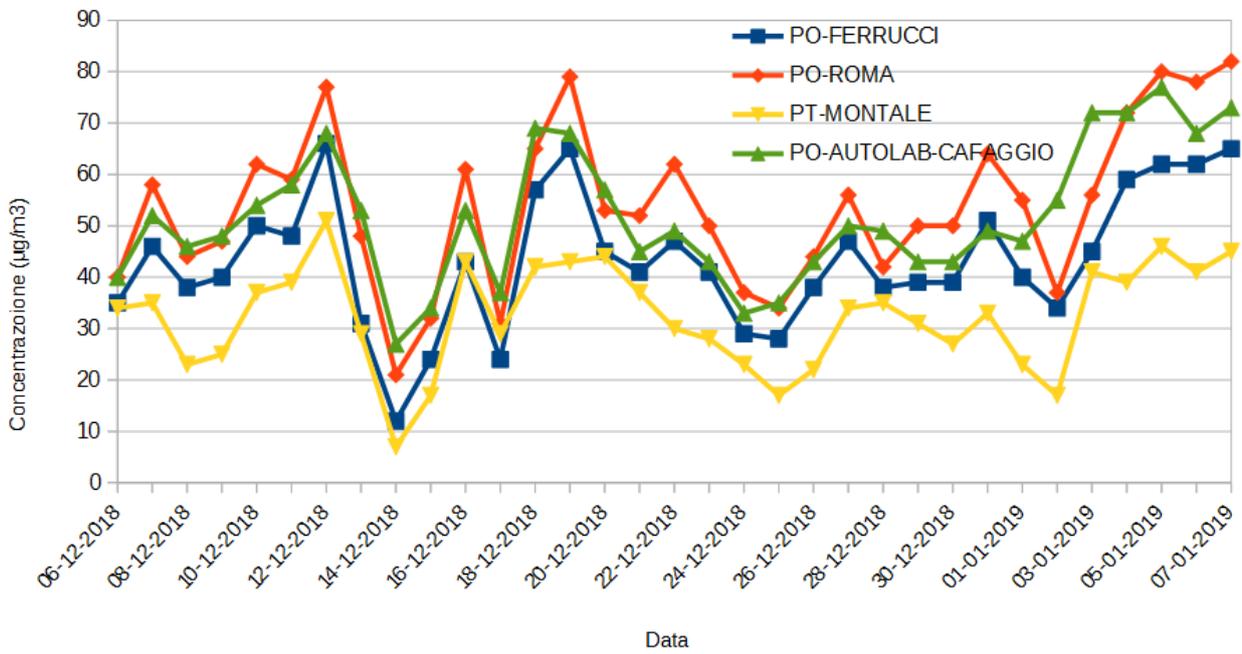
10.3.1 Grafici di confronto con le stazioni fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali



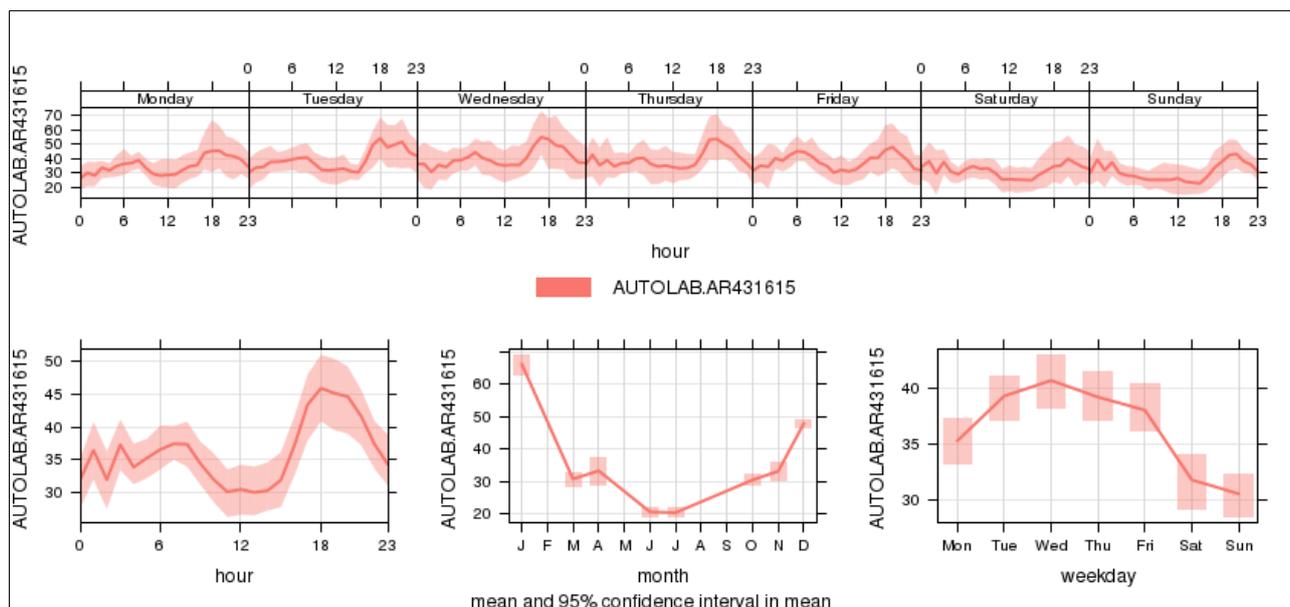
NO2 - Autunno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse



NO2 - Inverno, Confronto tra PO-AUTOLAB-CAFAGGIO e stazioni fisse

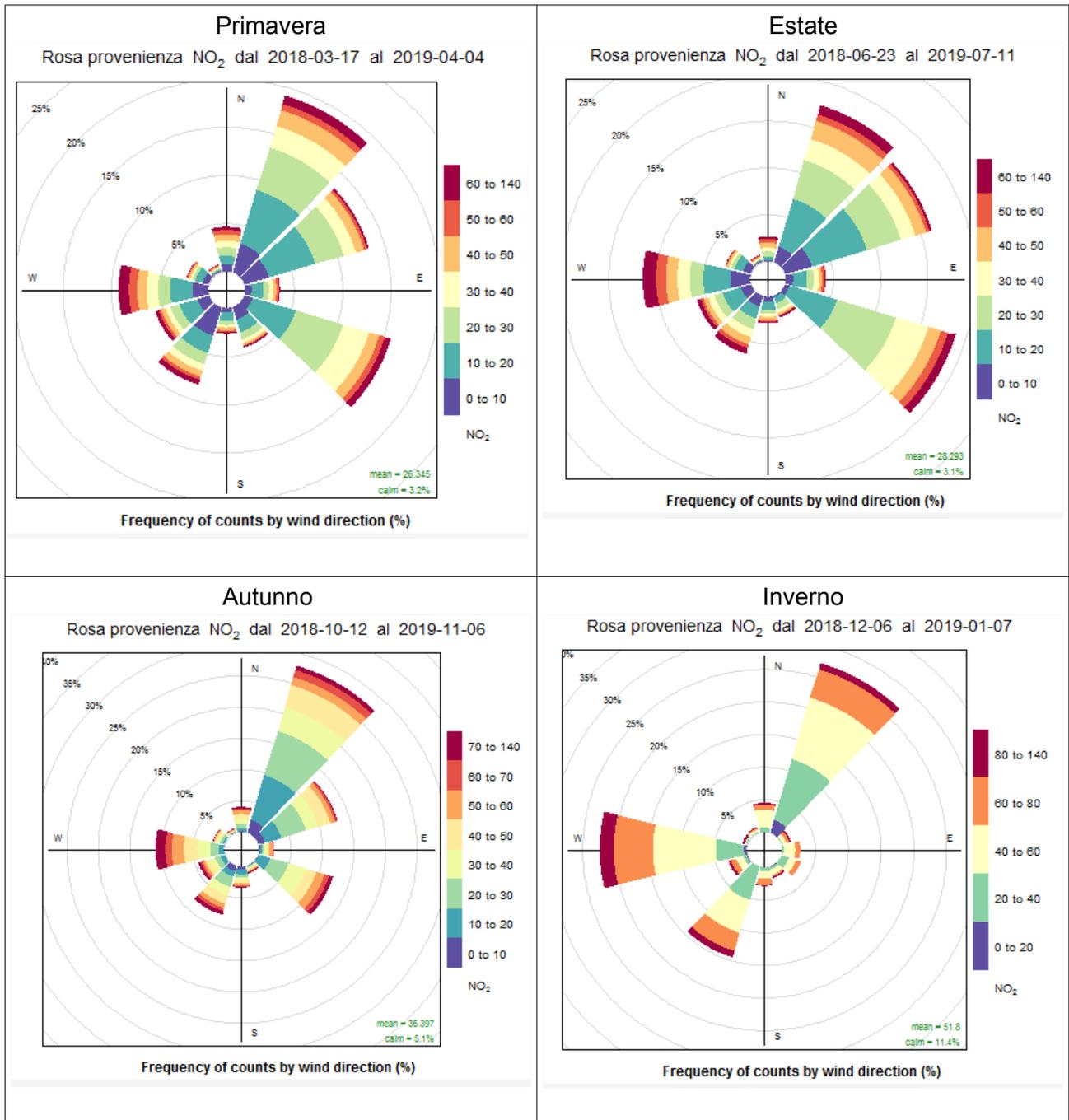


10.3.2 NO₂ - Analisi variazione nel tempo



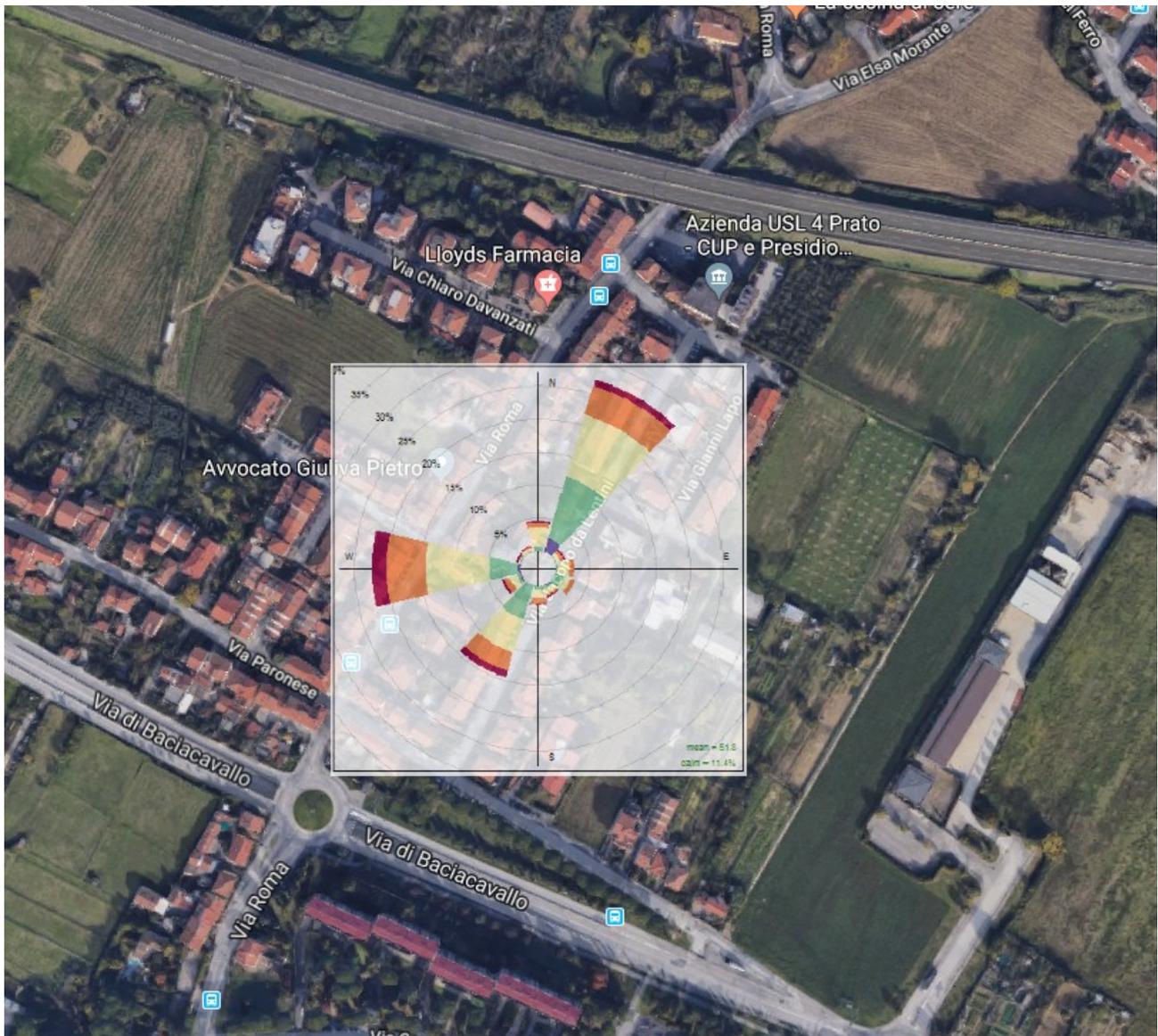
Nel grafico composito sopra riportato – realizzato elaborando tutta la serie oraria disponibile con il software R-Openair – vengono presentate alcune elaborazioni sulla variazione dell'inquinante biossido di azoto su alcune basi temporali significative. Il grafico in alto rappresenta l'andamento su base oraria nel giorno settimanale tipo, non si rilevano caratteristiche peculiari e/o anomale. Nel primo grafico a sinistra della seconda riga che rappresenta il giorno di 24 ore tipo, si nota un massimo evidente alle ore 18 che continua nelle successive ore serali per poi diminuire nelle ore notturne; è un andamento che rispecchia il picco del traffico veicolare al rientro in corrispondenza del termine della giornata lavorativa. Il minimo nelle ore centrali della giornata suggerisce che le emissioni industriali siano poco influenti nella produzione di questo inquinante. Nel grafico 'weekday' vengono visualizzate invece le concentrazioni medie in funzione del giorno settimanale, in questo sito si osserva un andamento del tutto normale con un massimo nei giorni centrali della settimana, martedì, mercoledì e giovedì e un minimo nelle giornate di sabato e domenica.

10.3.3 NO₂ - Analisi della provenienza in funzione dei venti prevalenti



10.3.3.1
Inverno

NO2: Analisi della provenienza sovrapposta alla mappa, stagione



10.3.3.2 Note sui grafici di provenienza nella stagione invernale

Il laboratorio installato nella postazione PO-CAFAGGIO in Via Jacopo da Lentini è dotato di un palo meteo e di una coppia di sensori di direzione e velocità del vento.

Premesso che l'altezza raggiunta dal palo in piena estensione è inferiore ai 10 metri previsti dalle norme e che la posizione non può dirsi in campo aperto a causa della presenza delle abitazioni, si possono comunque proporre alcune considerazioni che hanno una valenza specifica sul sito di misura. Per questo tipo di analisi è stato preso in considerazione solo il Biossido di Azoto in quanto avendo una base oraria la serie numerica è più statisticamente robusta, tuttavia i fenomeni di trasporto possono essere estesi anche agli altri inquinanti oltre che al particolato fine che ha un comportamento fluido-dinamico assimilabile ai gas.

In tutti i grafici stagionali si nota un forte contributo di una sorgente collocata nel settore nord/nord-est che diffonde l'inquinante su una direttrice nord-sud esattamente corrispondente all'asse viario di Via Jacopo da Lentini. Osservando la mappa con la rosa di provenienza dell'NO₂ nella stagione invernale caratterizzata dalle concentrazioni più alte, si rileva che molto probabilmente la sorgente emissiva sia costituita dal traffico veicolare sull'autostrada A11.



Il secondo contributo in ordine di frequenza degli eventi proviene dal settore Ovest, in questo caso non essendoci una sorgente importante nelle immediate vicinanze, si potrebbe supporre un contributo della vicina area industriale del macrolotto che si trova esattamente ad ovest rispetto alla

nostra postazione di misura. La terza direttrice in ordine di frequenza degli eventi sorgente si trova in direzione sud/ sud-ovest esattamente contrapposta alla componente di direzione dei venti principale, sembra provenire dalla rotatoria prodotta dall'incrocio di via Roma con Via di Baciacavallo.

11 Conclusioni

Il risultato della campagna di misurazione in località Cafaggio, Via Jacopo da Lentini, nel Comune di Prato, del 2018 evidenzia che i valori degli indicatori calcolati

per i tre inquinanti monitorati rispettano i limiti di legge ad eccezione del valore relativo al 90,4° percentile sul PM10 relativo al superamento del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le misure discontinue. Questo parametro indica che in un ipotetico monitoraggio completo annuale si potrebbe verificare lo sfioramento del limite dei 35 giorni di superamento del valore giornaliero di PM10.

Sia per il particolato (PM10-PM2.5) che per il Biossido di Azoto si rilevano valori tendenzialmente più elevati rispetto a quanto rilevato dalle stazioni della rete regionale di Prato, nonché nella stazione di PT-MONTALE. Il dato conferma le criticità della zona Prato-Pistoia che infatti è definita area di superamento per PM 10.

Per quanto riguarda il particolato l'analisi delle correlazioni evidenzia che la stazione con la quale si riscontra maggiore coerenza è quella di PO-FERRUCCI in base al valore del coefficiente di correlazione di Pearson che è superiore a 0,9. Anche per quanto riguarda il Biossido di azoto la stazione più simile alla postazione di monitoraggio è quella di PO-FERRUCCI con valori medi del coefficiente di correlazione di Pearson pari a 0,7.

Per la identificazione delle sorgenti emissive analizzando la direzione dei venti nella stagione invernale, caratterizzata dalle concentrazioni più elevate, si evidenziano in modo indicativo tre direzioni prevalenti. La direzione principale investe l'Autostrada A11 in direzione Sud trasportando gli inquinanti verso l'abitato posto sotto l'autostrada in senso geografico. L'analisi della provenienza e dei profili giornalieri sono tipici di una sorgente di traffico con i massimi nel tardo pomeriggio all'ora di punta del traffico di rientro dal lavoro.

In definitiva l'indagine mostra una situazione di inquinamento tendenzialmente un po' più gravosa di quella rilevata dalle vicine stazioni della rete regionale nel periodo di indagine. In base ai dati indicativi dei venti la sorgente emissiva di biossido di azoto che appare più importante è quella dovuta al traffico veicolare dell'autostrada A11.