

# Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

## Comune di Verona, zona Fiera, 2019



**Periodo di attuazione:**  
**16/02/2019 – 16/04/2019**

**RELAZIONE TECNICA**

**Realizzato a cura di:**

**A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Verona**

Direttore: Ing. Cunego Giancarlo

**Unità Operativa Fisica**

Dirigente: Predicatori Francesca

De Zolt Sappadina Simona

**Servizio Monitoraggio dello stato e Supporto Operativo VR**

Responsabile: Salomoni Andrea

**Commento meteorologico a cura del Centro Meteorologico di Teolo**

Sansone Maria

**Con la collaborazione di:**

**Servizio Controlli VR**

Sarego Giacomo

**Servizio Monitoraggio e Valutazioni VR**

Forigo Antonello

**Dipartimento Regionale Sicurezza Territorio**

**Dipartimento Regionale Laboratori**

**Servizio Osservatorio Regionale Aria**

*NOTA: La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Verona e la citazione della fonte stessa.*

<b>Relazione tecnica n. 09/2019</b>		<b>Data : 05/09/2019</b>
F.to Il Tecnico Unità Operativa Fisica Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina	F.to Il Dirigente Unità Operativa Fisica Dr.ssa Francesca Predicatori	

## INDICE

1.	Introduzione e obiettivi specifici della campagna.....	4
2.	Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione.....	4
3.	Contestualizzazione meteo-climatica ( <i>a cura di Maria Sansone</i> ).....	7
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	9
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	10
6.	Analisi dei dati rilevati.....	11
7.1	Monossido di carbonio (CO).....	12
7.2	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) – Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ).....	13
7.3	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ).....	18
7.4	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	20
7.5	Polveri atmosferiche inalabili (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2.5</sub> ).....	21
7.6	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) e congeneri BTEX.....	23
7.7	Benzo(a)pirene e altri IPA.....	24
7.	Conclusioni.....	27
8.	ALLEGATO.....	29

# 1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna è stata richiesta dal Comune di Verona e rientra nell'ambito delle Attività in convenzione per il biennio 2018 -2019 (DDG n. 82 del 28.03.2018). Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nella zona Sud del comune di Verona, in vicinanza della Fiera. L'area di Verona che si trova immediatamente a sud della stazione ferroviaria, si divide in tre quartieri: il quartiere residenziale di Santa Lucia a ovest, la zona della fiera e industriale, attraversata da viale del Lavoro al centro, e il quartiere residenziale di Borgo Roma a est. Le misure sono state eseguite nelle due zone residenziali, nei seguenti punti di campionamento:

- via Udine, a est della zona Fiera, nel quartiere di Borgo Roma, nel parcheggio antistante l'Istituto comprensivo Verona 11;
- via Cacciatori Piemontesi, a ovest della zona Fiera, vicino alla scuola elementare Massimo D'Azeglio;
- via Scopoli, sul lato nord dei padiglioni della Fiera.

I punti di monitoraggio si trovano in un'area in cui la principale fonte di pressione è rappresentata dal traffico. Il principale attrattore è la Fiera di Verona. Vi sono poi l'ospedale Policlinico di Borgo Roma, 1 km a sud-est del punto di monitoraggio di Via Udine, e i centri commerciali a sud della Fiera. Inoltre, la zona della Fiera è attraversata da nord a sud da viale del Lavoro, strada di accesso alla città per i mezzi che provengono dall'autostrada A4 e dalla tangenziale Sud. 150 m a est del punto di via Udine si trova via San Giacomo, che costituisce una delle principali vie di accesso alla città dalla parte meridionale della provincia. Infine, 2.2 km a sud della fiera passa l'autostrada A4.

## 2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

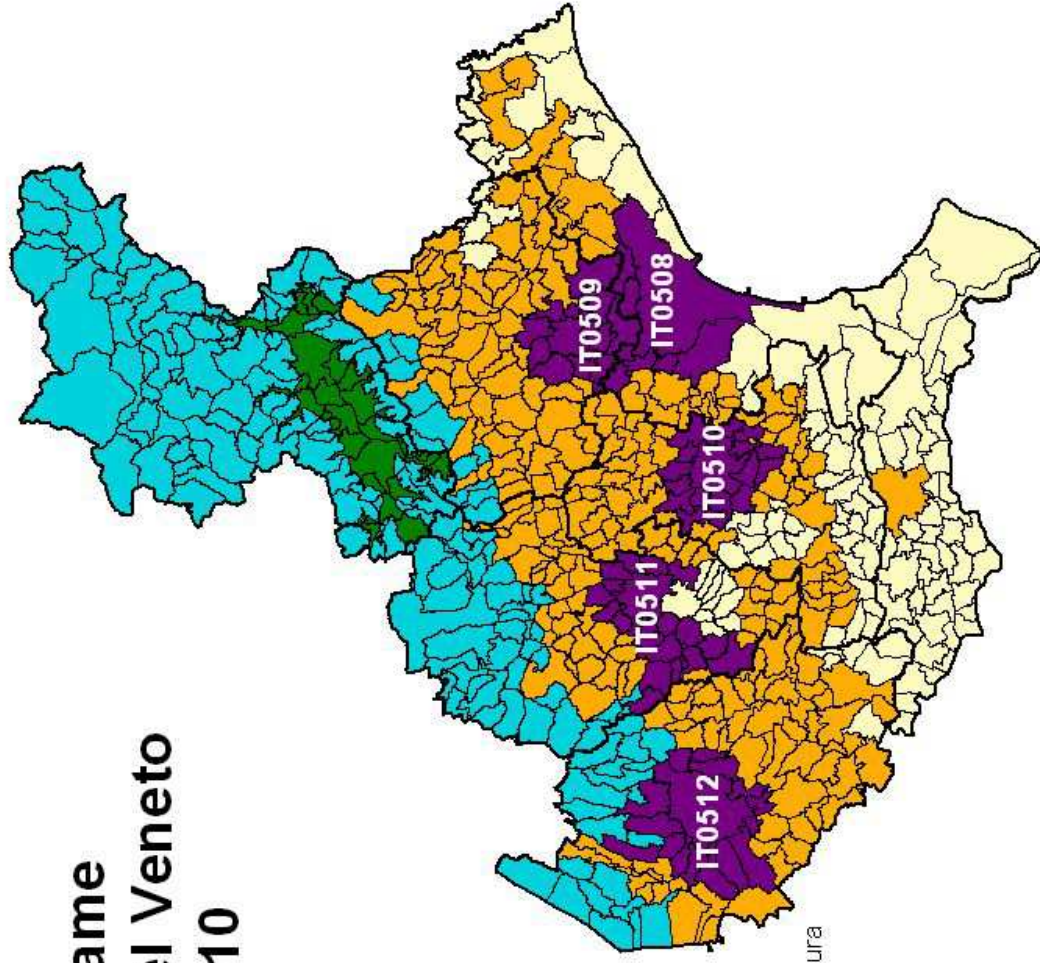
Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte nei periodi indicati in tabella 1, e coprono un periodo invernale, tra febbraio e aprile 2018. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Verona, nelle vicinanze della Fiera. Le postazioni di via Udine e via Cacciatori Piemontesi si trovano all'interno di una zona residenziale: in questi due punti di monitoraggio sono state posizionate le stazioni mobili rilocabili, che hanno misurato la concentrazione di tutti i principali inquinanti. Nella postazione di Via Scopoli, che si trova immediatamente a lato della fiera, è stato misurato solamente il  $PM_{10}$ . Il comune di Verona ricade nella zona "Agglomerato Verona", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in figura 1.

In figura 2 è indicata la posizione dei mezzi mobili durante le campagne di monitoraggio, e delle centraline di riferimento, i cui dati sono stati utilizzati per un confronto con quelli delle postazioni mobili.

Punto di misura	Data inizio	Data fine
Via Cacciatori Piemontesi	26/02/2019	13/03/2019
Via Udine	16/02/2019	16/04/2019
Via Scopoli	19/02/2019	15/04/2019

**Tabella 1. Punti di misura e periodi delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria**

# Progetto di riesame della zonizzazione del Veneto D. Lgs. 155/2010



Legenda:

Zonizzazione

- IT0508 Agglomerato Venezia
- IT0509 Agglomerato Treviso
- IT0510 Agglomerato Padova
- IT0511 Agglomerato Vicenza
- IT0512 Agglomerato Verona
- IT0513 Pianura e Capoluogo bassa pianura
- IT0514 Bassa pianura e colli
- IT0515 Prealpi e Alpi
- IT0516 Valbelluna
- Confini Provinciali
- Confini Comunali



Scala 1: 1.200.000

Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

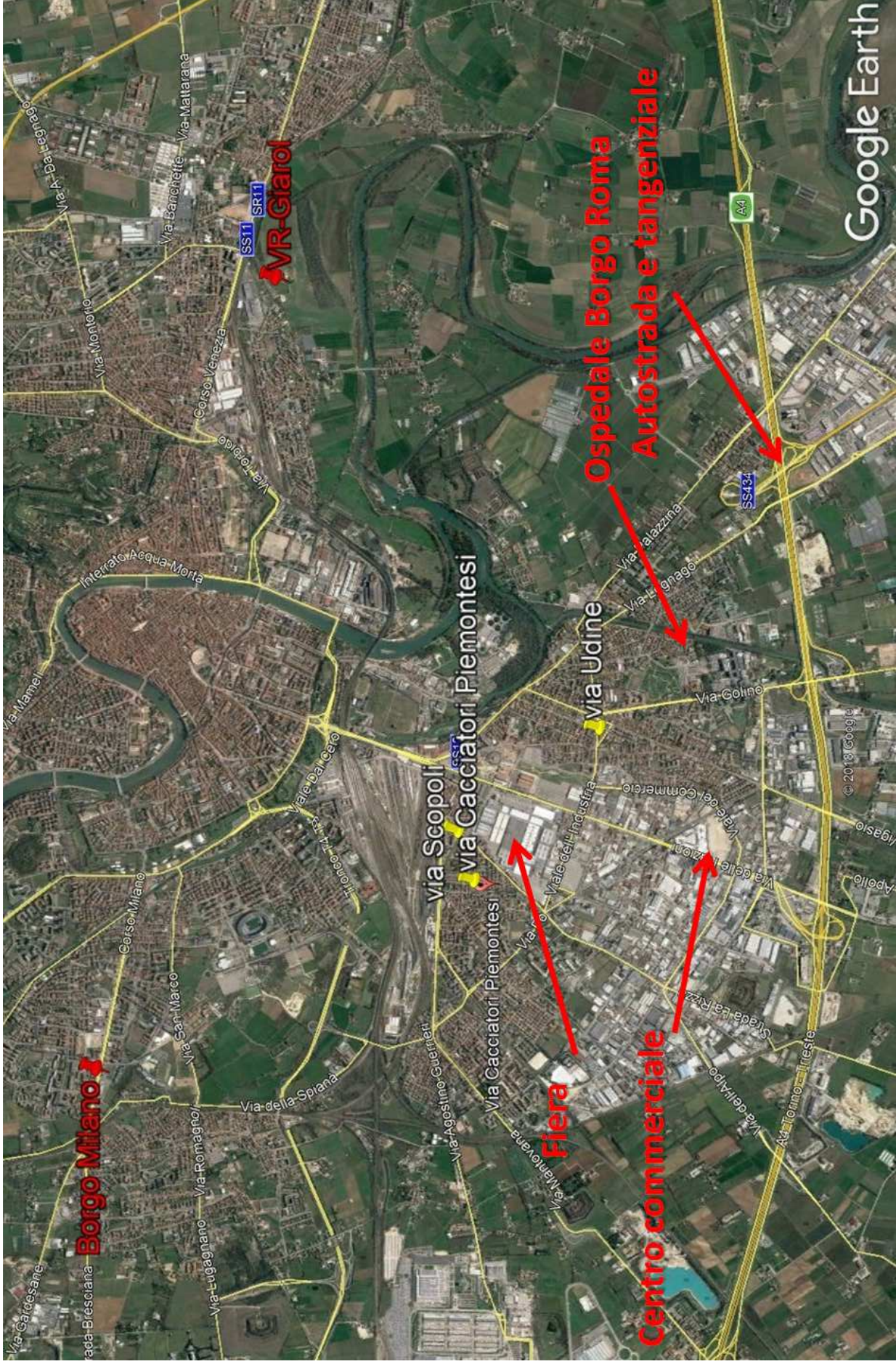


Figura 2. Ubicazione dei punti sottoposti a monitoraggio e delle principali fonti di pressione.

### 3. Contestualizzazione meteo-climatica (a cura di Maria Sansone)

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 0.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti;
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 0.5 m/s e 1.5 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 1.5 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera empirica in base ad un campione pluriennale di dati.

Per la descrizione della situazione meteorologica sono stati utilizzati i dati della stazione ARPAV 104 - Villafranca Veronese (VR), che dista dal luogo di svolgimento della campagna meno di 10 km. Presso la suddetta stazione, la quota dell'anemometro tra il 5 e il 6 novembre 2015 è stata portata da 3.5 m a 5 m; per effettuare il confronto su dati il più possibile omogenei, l'intensità del vento misurata a quota 3.5 m è stata ricalcolata alla quota 5 m mediante la formula logaritmica di cui alla nota<sup>1</sup>.

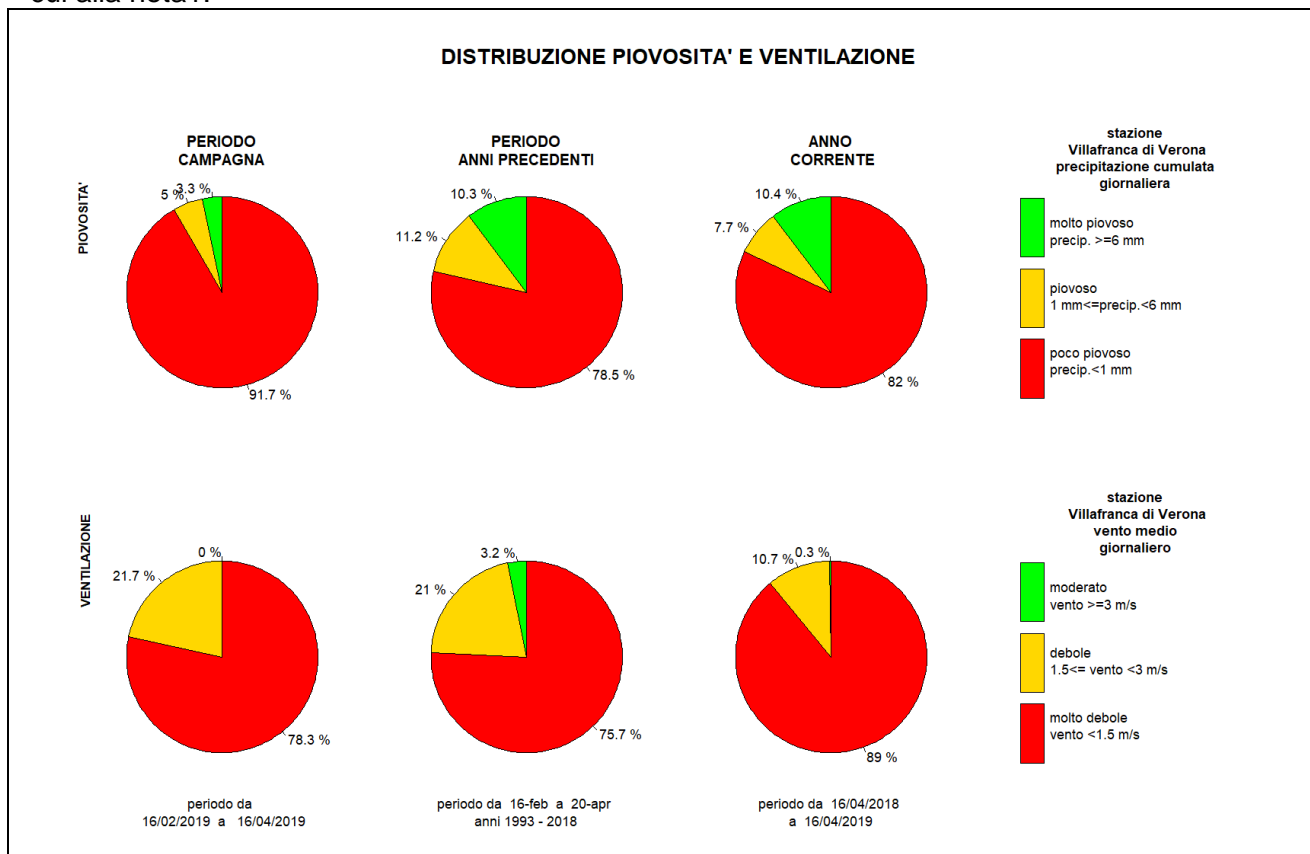


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

<sup>1</sup>  $u(z_2) = u(z_1) \frac{\ln(z_2) - \ln(z_0)}{\ln(z_1) - \ln(z_0)}$  dove  $z_1 = 3.5$  m è la quota di misura del vento,  $z_2 = 5$  m è la quota a cui si estrapola

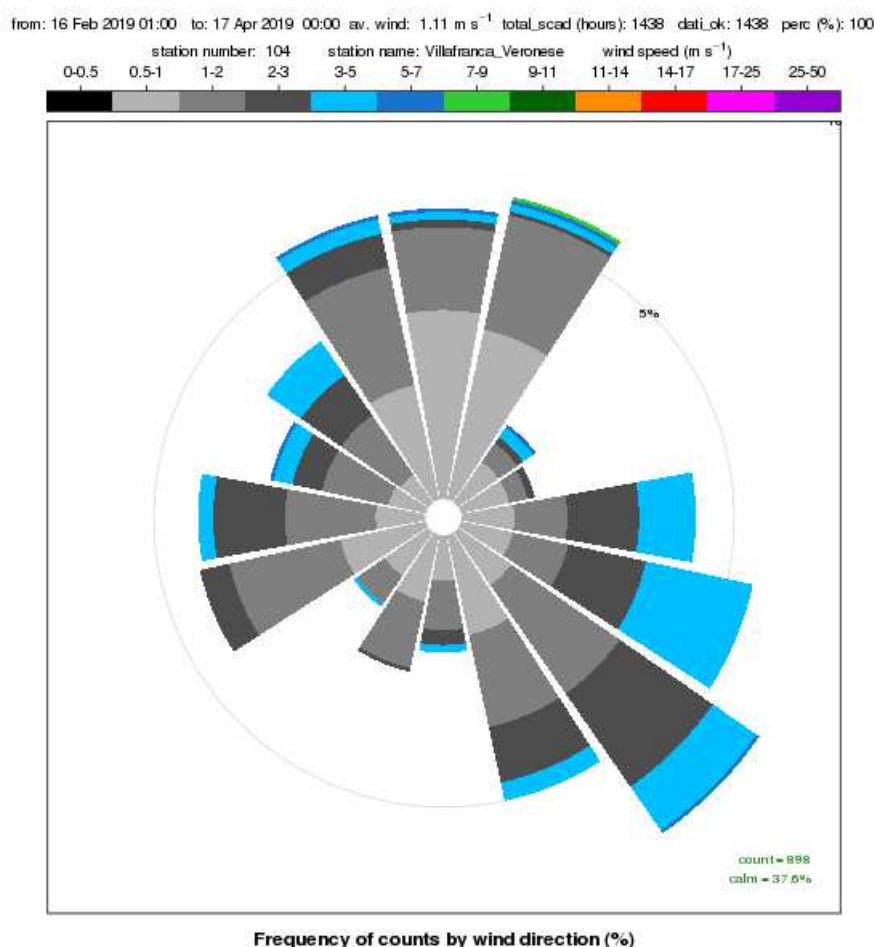
il vento e  $z_0$  è la roughness del sito che in questo caso vale 0.25 m.

Nella figura 3 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Villafranca Veronese in tre periodi:

- 16 febbraio – 16 aprile 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 16 febbraio – 20 aprile dall'anno 1993 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 16 aprile 2018 – 16 aprile 2019 (ANNO CORRENTE).

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che, durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è simile, salvo una frequenza leggermente inferiore dei giorni con vento moderato (che sono del tutto assenti) e lievemente superiore di quelli con vento molto debole; rispetto all'anno corrente sono invece meno frequenti i giorni con vento molto debole.



**Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Villafranca Veronese nel periodo 16 febbraio – 16 aprile 2019**

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca Veronese durante lo svolgimento della campagna di misura. Da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è sud-est (circa 7% dei casi), seguita da nord-nordest (circa 6%) e da est-sudest, sud-sudest, nord e nord-nordovest (tutte e quattro circa 5% dei casi); la frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 38% dei casi; la velocità media è stata pari a circa 1.1 m/s.



## 4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

Le stazioni rilocabili sono dotate di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente, inerente all'inquinamento atmosferico, e più precisamente monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>).

Contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati effettuati anche dei campionamenti sequenziali per la determinazione gravimetrica delle polveri inalabili PM<sub>10</sub>, per l'analisi in laboratorio del benzene, degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene).

Sono stati inoltre misurati in continuo alcuni parametri meteorologici quali temperatura, umidità relativa, pressione, intensità e direzione del vento.

Per tutti gli inquinanti considerati sono in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE. Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. Infatti, secondo quanto riportato all'articolo 21 del decreto, sono abrogati il D.Lgs. 351/1999, il DM 60/2002, il D.Lgs. 183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, assieme ad altre norme di settore. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore.

Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, fatta eccezione per il particolato PM<sub>2,5</sub>, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto.

Nelle Tabelle 2 e 3 si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, relativi all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, relativi all'esposizione cronica della popolazione. In Tabella 4 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	500 µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	400 µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione (Media 1 h)	180 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme (Media 1 h)	240 µg/m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 2. Limiti di legge relativi all'esposizione acuta**

(\*) misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km<sup>2</sup>, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Inquinante	Tipologia	Valore
NO <sub>2</sub>	Valore limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Valore limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	Valore limite annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
Piombo	Valore limite annuale	0.5 µg/m <sup>3</sup>
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	6.0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	5.0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	20.0 ng/m <sup>3</sup>
Benzene	Valore limite annuale	5.0 µg/m <sup>3</sup>
B(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	1.0 ng/m <sup>3</sup>

**Tabella 3. Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.**

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m <sup>3</sup>
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 µg/m <sup>3</sup> h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> h

**Tabella 4. Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.**

## 5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per il monitoraggio degli inquinanti convenzionali e non, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) ed effettuano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico.

Il campionamento del particolato inalabile PM<sub>10</sub> (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) e degli IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni). Le determinazioni analitiche sui campioni prelevati sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, mediante determinazione gravimetrica per il PM<sub>10</sub> ("metodo UNI EN 12341:1999") e cromatografia liquida ad alta prestazione per gli IPA (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008").

Il benzene è stato misurato attraverso "campionamento passivo", tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell'inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore (radiello), e non richiede quindi l'impiego di un dispositivo per l'aspirazione dell'aria. I dati ottenuti dai rilevamenti effettuati con tecnica di campionamento passivo, pertanto, non possono essere confrontati direttamente con i limiti di legge, ma

costituiscono ugualmente un riferimento utile per l'identificazione di eventuali azioni da intraprendere da parte delle Amministrazioni Comunali.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata.

Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le "Regole di accettazione e rifiuto semplici", ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto. ("Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura". di R. Mufato e G. Sartori nel Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

## 6. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi della concentrazione dei vari inquinanti, misurata durante le campagne di monitoraggio. Ove possibile, è stato realizzato un confronto con i corrispondenti valori rilevati presso due centraline fisse di riferimento: la stazione di Verona-Giarol e quella di Verona-Borgo Milano, della provincia di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emittive dirette come strade e industrie, è un punto di campionamento rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dal trasporto delle emissioni dall'area urbana circostante, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di Verona-Borgo Milano, invece, essendo situata nelle vicinanze di una strada ad alta intensità di traffico, è rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate per lo più da emissioni legate al traffico veicolare e si definisce stazione di traffico urbano.

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata a Verona. I parametri sono descritti in modo esteso in tabella 5.

Per rappresentare graficamente i risultati delle analisi sono stati utilizzati anche dei grafici tipo box-whisker, che sono spiegati in dettaglio nella figura 15 in Allegato.

Grandezza statistica	Significato
N	Numero totale di ore del periodo di analisi
dati mancanti	Numero di ore in cui il dato è mancante
data.capture	Percentuale di dati validi in tutto il periodo di analisi
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
max giornaliero	Massimo calcolato sulle medie giornaliere
max.rolling.8	Massimo giornaliero della media mobile su 8 ore
95°percentile	Valore sotto il quale si trova il 95% dei dati
99°percentile	Valore sotto il quale si trova il 99% dei dati
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

**Tabella 5. Principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.**

## 7.1 Monossido di carbonio (CO)

La tabella 6 e il figura 14 in Allegato riportano i principali dati statistici riferiti alla misura delle concentrazioni di CO in via Udine e presso la stazione di riferimento di VR-Borgo Milano, nel periodo compreso tra il 16/02/2019 e il 16/04/2019. La campagna di misura in Via Cacciatori Piemontesi ha riguardato un periodo più limitato, compreso tra il 26/02/2019 e il 13/03/2019: i dati relativi a questo periodo, misurati nelle postazioni di Via Udine, via Cacciatori e VR-Borgo Milano sono stati analizzati e confrontati in tabella 7. In tutto il periodo di monitoraggio, nelle postazioni di misura in zona Fiera, la concentrazione di CO è sempre stata ampiamente inferiore al valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> (applicato alla media mobile di 8 ore), in linea con quanto si rileva presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona. I valori medi sono stati vicini al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Non si apprezzano differenze significative tra le diverse postazioni.

CO (mg/m <sup>3</sup> )	Via Udine	VR-BgoMilano
media	0.3	0.3
sd	0.3	0.2
min	<0.1	<0.1
max	2.0	1.3
mediana	0.3	0.3
N	1440	1440
dati mancanti	27	3
data.capture (%)	98	100
max giornaliero	0.9	0.6
max.rolling.8	1.3	0.9
95°percentile	0.8	0.7
99°percentile	1.3	0.9
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>	0.0	0.0

**Tabella 6. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura in via Udine e della stazione fissa di Borgo Milano: periodo di analisi dal 16/02/2019 al 16/04/2019. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m<sup>3</sup>.**

CO (mg/m <sup>3</sup> )	Via Udine	Via Cacciatori Piemontesi	VR-BgoMilano
media	0.5	0.5	0.4
sd	0.3	0.3	0.2
min	<0.1	<0.1	<0.1
max	1.5	1.7	1.2
mediana	0.4	0.4	0.3
N	384	384	384
dati mancanti	0	4	0
data.capture (%)	100	99	100
max giornaliero	1.1	1.3	0.8
max.rolling.8	0.9	1.0	0.6
95°percentile	1.0	1.0	0.7
99°percentile	1.4	1.4	0.9
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>	0	0	0

**Tabella 7. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura in via Udine e via Cacciatori Piemontesi. Confronto con i dati della stazione fissa di Borgo Milano. Periodo di analisi dal 26/02/2019 al 13/03/2019. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m<sup>3</sup>.**

## 7.2 Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) – Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

In tabella 8 e in figura 5, sono riassunti i principali dati statistici relativi alla concentrazione di biossido di azoto nel periodo di monitoraggio in Via Udine. Invece in tabella 9 e figura 6 si riferiscono ai dati rilevati nel periodo di campionamento in Via Cacciatori Piemontesi. Non è avvenuto alcun superamento del valore limite orario relativo all'esposizione acuta di 200 µg/m<sup>3</sup> né nei due punti di monitoraggio in zona Fiera né presso le centraline fisse di VR-Borgo Milano e VR-Giarol.

I valori medi e massimi più elevati di concentrazione di NO<sub>2</sub> sono stati registrati in via Udine. A seguire, via Cacciatori Piemontesi mostra il valore medio più elevato (benché il valore massimo relativo a questa postazione sia inferiore a quello di VR-Giarol). Le due centraline fisse, invece, presentano valori medi confrontabili e più bassi di quelli delle postazioni in zona Fiera.

Osservando il giorno tipo della concentrazione di NO<sub>2</sub> nelle varie postazioni, riportato in figura 7, si notano due picchi, al mattino e alla sera, comuni a tutti i punti di monitoraggio: essi corrispondono alle ore di traffico più intenso, in cui l'emissione di ossidi di azoto da parte dei veicoli circolanti è più consistente. Da questo grafico si vede che la concentrazione di NO<sub>2</sub> nei punti di monitoraggio in zona Fiera è superiore a quella delle centraline di riferimento durante tutto l'arco della giornata. Il grafico della settimana tipo, riportato in figura 8, mostra anche come nel fine settimana le concentrazioni di ossidi di azoto diminuiscano, in conseguenza di una diminuzione del traffico.

Se si analizza il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, che rappresenta la frazione di NO<sub>x</sub> che si trasforma in NO<sub>2</sub> attraverso una reazione secondaria, si osserva che i valori più bassi si trovano in via Cacciatori Piemontesi e, a seguire, in Via Udine (figura 9). Generalmente, questo rapporto è basso in prossimità delle sorgenti emissive, dove il contributo degli inquinanti primari (direttamente emessi dalle sorgenti) è preponderante; al contrario, lontano dalle sorgenti emissive si misura una maggior quantità di inquinanti secondari, cioè originati da una reazione chimica a partire da inquinanti primari, e il rapporto considerato si avvicina a 1. Infatti, si verifica che a VR-Giarol, postazione di fondo sub-urbano, il rapporto si avvicina a 1, mentre a VR-Borgo Milano, stazione di traffico, esso è più basso. Nel caso dei due punti di misura in zona Fiera, si presentano valori del rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> inferiori a quelli rilevati a VR-Borgo Milano, indice di un ancor più importante contributo della componente primaria degli NO<sub>x</sub>, e quindi del ruolo diretto delle sorgenti emissive.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Via Udine	VR-BgoMilano	VR-Giarol
media	47	36	29
sd	25	21	17
min	8	2	4
max	145	117	94
mediana	45	33	26
N	1440	1440	1440
dati mancanti	28	10	3
data.capture	98	99	100
max giornaliero	76	61	56
95°percentile	92	77	62
99°percentile	109	93	79
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

Tabella 8. Concentrazione di NO<sub>2</sub> nel periodo compreso tra il 16/02/2019 e il 16/04/2019: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura in via Udine, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

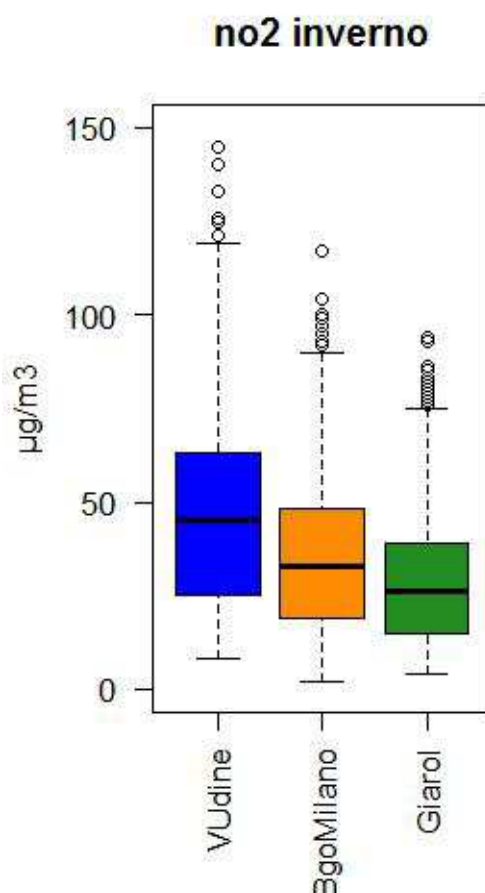


Figura 5. Box-plot della concentrazione di NO<sub>2</sub> nel periodo compreso tra il 16/02/2019 e il 16/04/2019. Dati relativi a via Udine e alle due centraline di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Via Udine	VR-VCacciatoriP	VR-BgoMilano	VR-Giarol
media	54	50	44	35
sd	23	24	21	18
min	13	6	5	5
max	133	120	100	94
mediana	55	50	43	34
N	384	384	384	384
dati mancanti	4	6	6	1
data.capture	99	98	98	100
max giornaliero	76	76	62	59
95°percentile	95	96	84	66
99°percentile	106	110	95	83
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di NO<sub>2</sub> nel periodo compreso tra il 26/02/2019 e il 13/04/2019: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura in via Udine e in via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

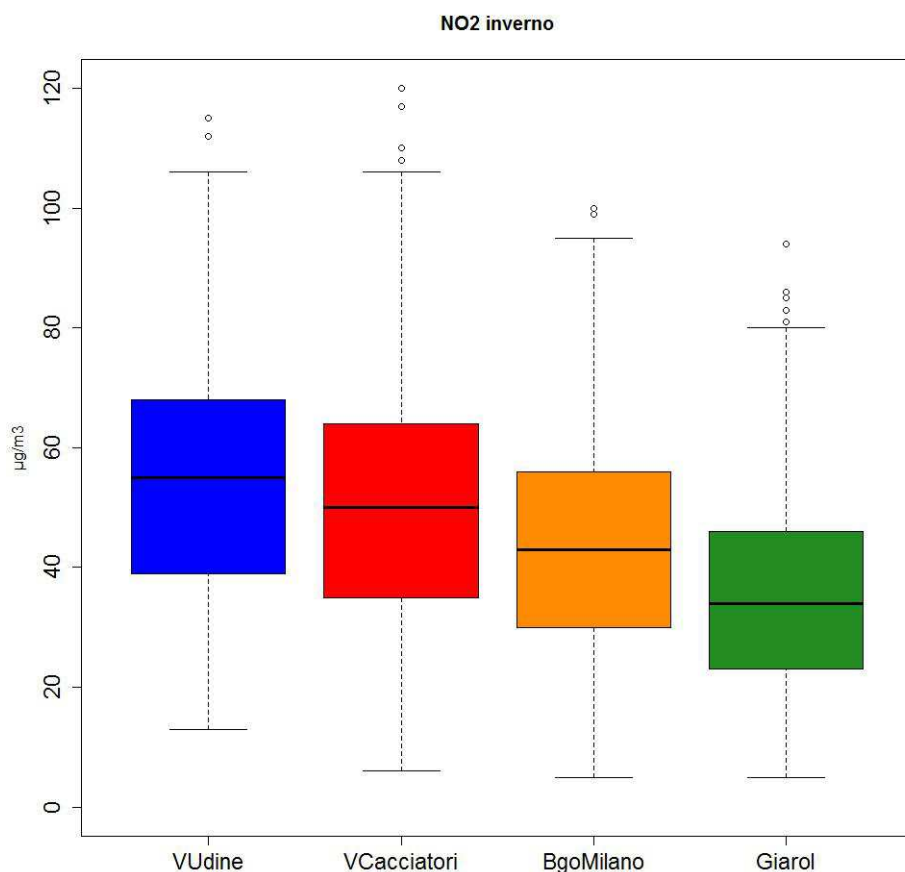


Figura 6. Box-plot della concentrazione di NO<sub>2</sub>. Dati relativi a via Udine, via Cacciatori Piemontesi, e alle due centraline di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol.

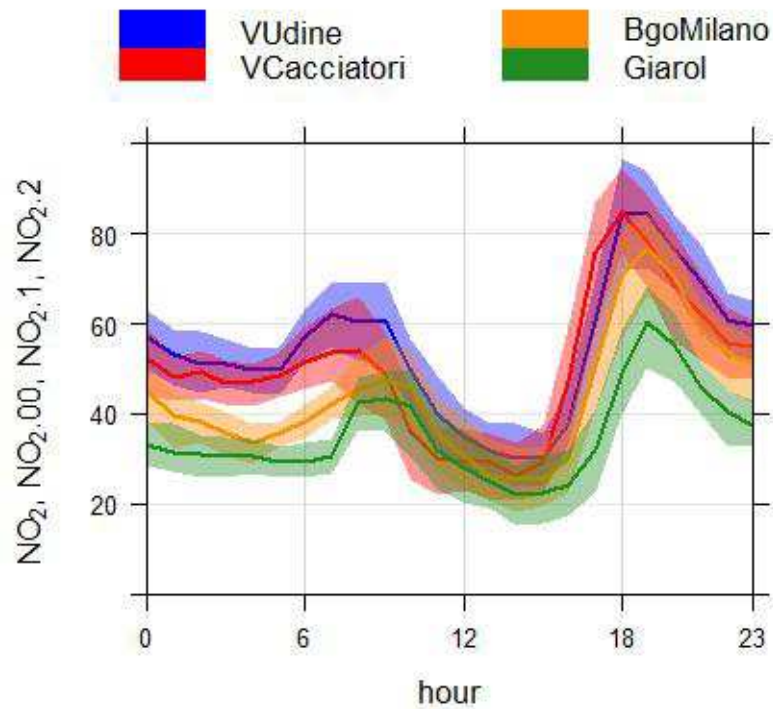


Figura 7. Giorno-tipo di  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura di via Udine, via Cacciatori Piemontesi e dati delle stazioni fisse di Borgo Milano e Giarol.

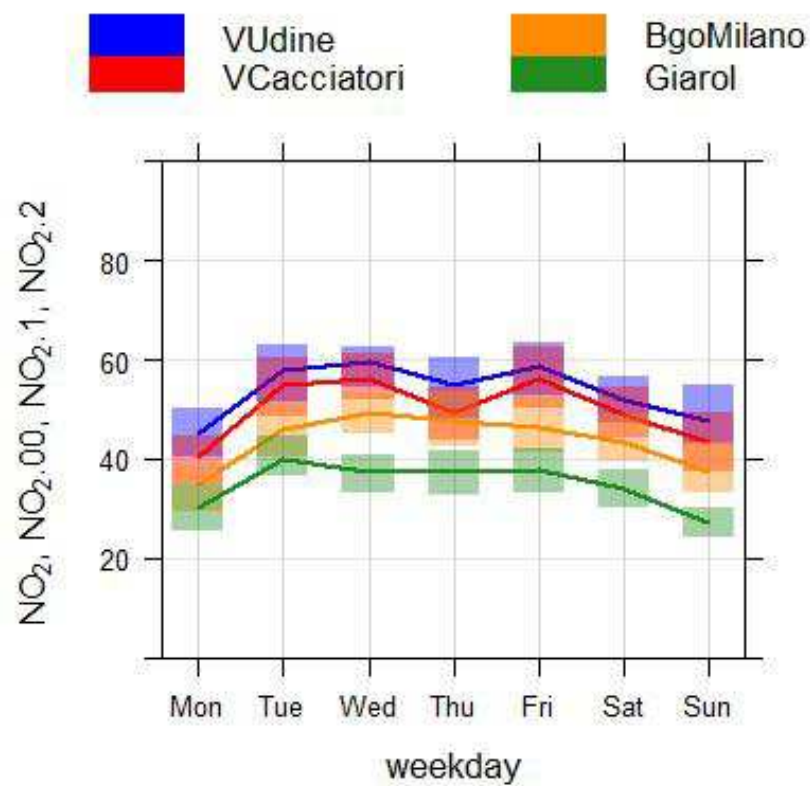
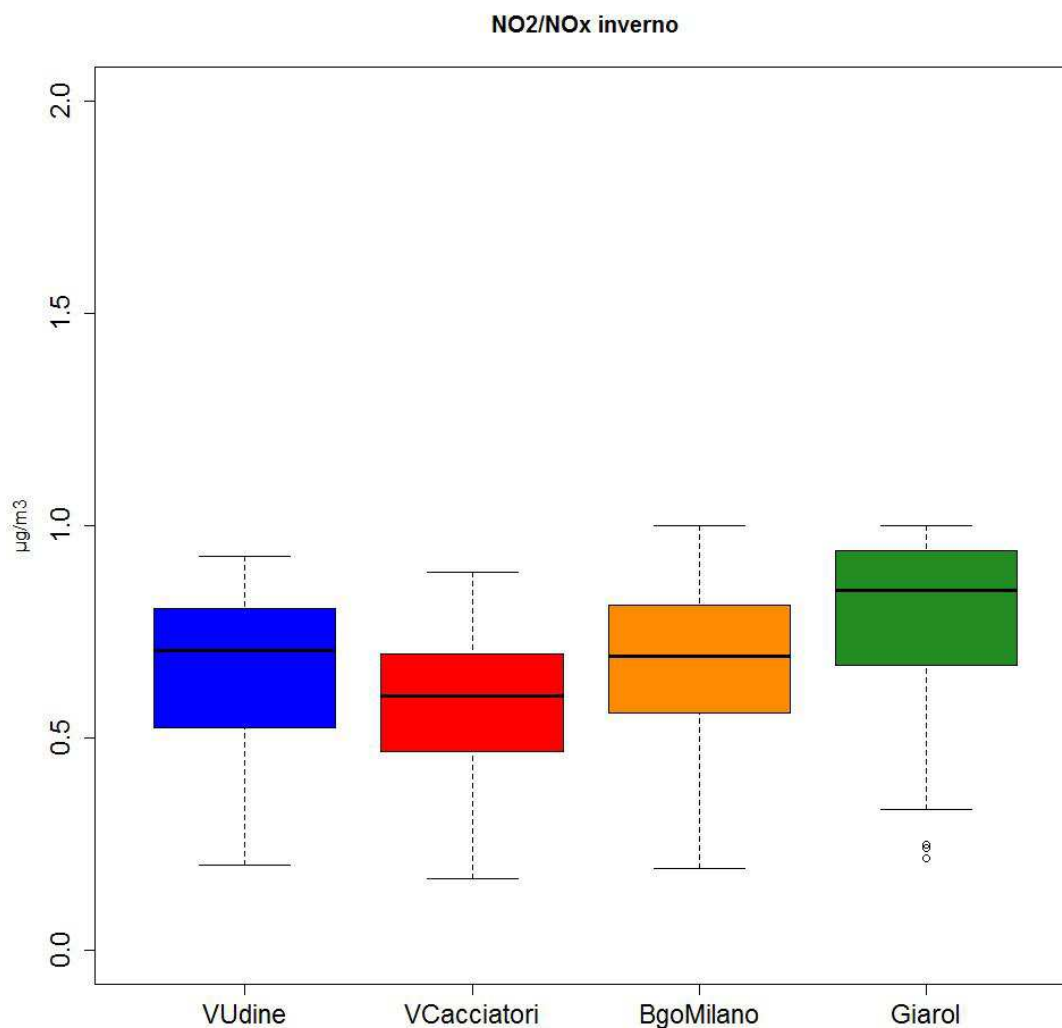


Figura 8. settimana-tipo di  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura di via Udine, via Cacciatori Piemontesi e dati delle stazioni fisse di Borgo Milano e Giarol.



NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Via Udine	VR-VCacciatoriP	VR-BgoMila-no	VR-Giarol
media	99	102	76	52
sd	74	82	58	40
min	16	12	7	5
max	488	605	432	379
mediana	82	86	64	43
N	384	384	384	384
dati mancanti	4	6	6	1
data.capture	99	98	98	100
max giornaliero	200	236	164	150
95°percentile	250	236	181	121
99°percentile	392	488	330	194

**Tabella 10. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**



**Figura 9. Box-plot del rapporto tra concentrazione di NO<sub>2</sub> e concentrazione di NO<sub>x</sub>. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol.**

### 7.3 Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Durante la campagna di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 µg/m<sup>3</sup> e 500 µg/m<sup>3</sup> (tabelle 11 e 12 e figura 16 in Allegato), in tutti i punti di misura, come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nel periodo di campionamento sono confrontabili con il limite di rivelabilità strumentale analitica (3 µg/m<sup>3</sup>), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m<sup>3</sup>), presso tutti i siti di monitoraggio. Anche i valori massimi rimangono molto lontani dal limite normativo.

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	VUdine	VR-BgoMilano
media	3	<3
sd	2	1
min	<3	<3
max	12	14
mediana	<3	<3
N	1440	1440
dati mancanti	23	26
data.capture	98	98
95°percentile	7	4
99°percentile	9	5
N superamenti 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0

**Tabella 11. Concentrazione di SO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m<sup>3</sup>.**

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	VUdine	Via Cacciatori P.	VR-BgoMilano
media	3	<3	<3
sd	2	1	0
min	<3	<3	<3
max	11	5	5
mediana	<3	<3	<3
N	384	384	384
dati mancanti	0	5	6
data.capture	100	99	98
95°percentile	7	4	2
99°percentile	9	5	4
N superamenti 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
N superamenti 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

**Tabella 12. Concentrazione di SO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m<sup>3</sup>.**

## 7.4 Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo e nelle ore centrali della giornata, quando la radiazione solare è più intensa. Poiché il campionamento in zona Fiera si è svolto in inverno e inizio primavera, le concentrazioni di questo inquinante non sono state elevate e non si sono verificati superamenti dei limiti normativi (tabella 13).

	Via Udine	Via Cacciatori P.	Giarol
media	25	23	31
sd	27	27	29
min	<4	<4	<4
max	104	101	105
mediana	12	10	20
N	384	384	384
dati mancanti	1	6	1
data.capture	100	98	100
max giornaliero	45	46	56
max.rolling.8	83	84	87
95°percentile	77	78	85
99°percentile	94	94	95
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup> sulla media mobile di 8h	0	0	0
N superamenti 180 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
N superamenti 240 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

**Tabella 13. Concentrazione di O<sub>3</sub> nel periodo compreso tra il 26/02/2019 e il 13/03/2019: principali parametri statistici. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina fissa di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m<sup>3</sup>.**

## 7.5 Polveri atmosferiche inalabili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>)

Le polveri sottili (PM<sub>10</sub>) sono state misurate in tre punti della zona Fiera di Verona: via Udine, via Cacciatori Piemontesi e via Scopoli. Nei grafici che seguono vengono riportati anche i dati delle centraline fisse di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol, per un confronto. Si consideri che mentre le misure della campagna di Verona sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta.

In figura 10 sono riportate le serie temporali della concentrazione di PM<sub>10</sub> misurata presso i cinque punti di monitoraggio. Si nota che l'andamento temporale e anche i valori sono molto simili nelle diverse postazioni: questo è in accordo con le aspettative per un inquinante come il PM<sub>10</sub>, che è prevalentemente di natura secondaria, e risulta distribuito in modo piuttosto uniforme in tutto il territorio provinciale.

Confrontando i valori di concentrazione di polveri relativi alle diverse postazioni e alle stesse giornate di misura (tabella 15), si conclude che la distribuzione di questo inquinante è piuttosto omogenea nella zona Fiera, in accordo con quanto evidenziato dai monitoraggi ambientali eseguiti negli anni passati.

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	VCacciatoriP	VScopoli	VUdine
media	53	47	47
N giorni	16	55	56
sd	24	28	29
max	87	120	123
min	12	10	10
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	9	20	21

**Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Dati delle campagne di misura di via Udine, via Cacciatori Piemontesi e via Scopoli. I periodi di campagna, a cui si riferiscono i dati utilizzati per produrre la statistica, sono diversi per le tre postazioni (vedasi tabella 1): per tale motivo i parametri statistici relativi alle tre postazioni qui riportati non possono essere confrontati direttamente.**

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	VCacciatoriP	VScopoli	VUdine
media	53	61	59
N giorni	16	16	16
sd	24	23	25
max	87	94	95
min	12	18	15
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	9	10	10

**Tabella 15. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Dati delle campagne di misura di via Udine, via Cacciatori Piemontesi e via Scopoli, relativi al periodo compreso tra il 26/02/2019 e il 13/03/2019.**

## PM<sub>10</sub> Fiera 2019

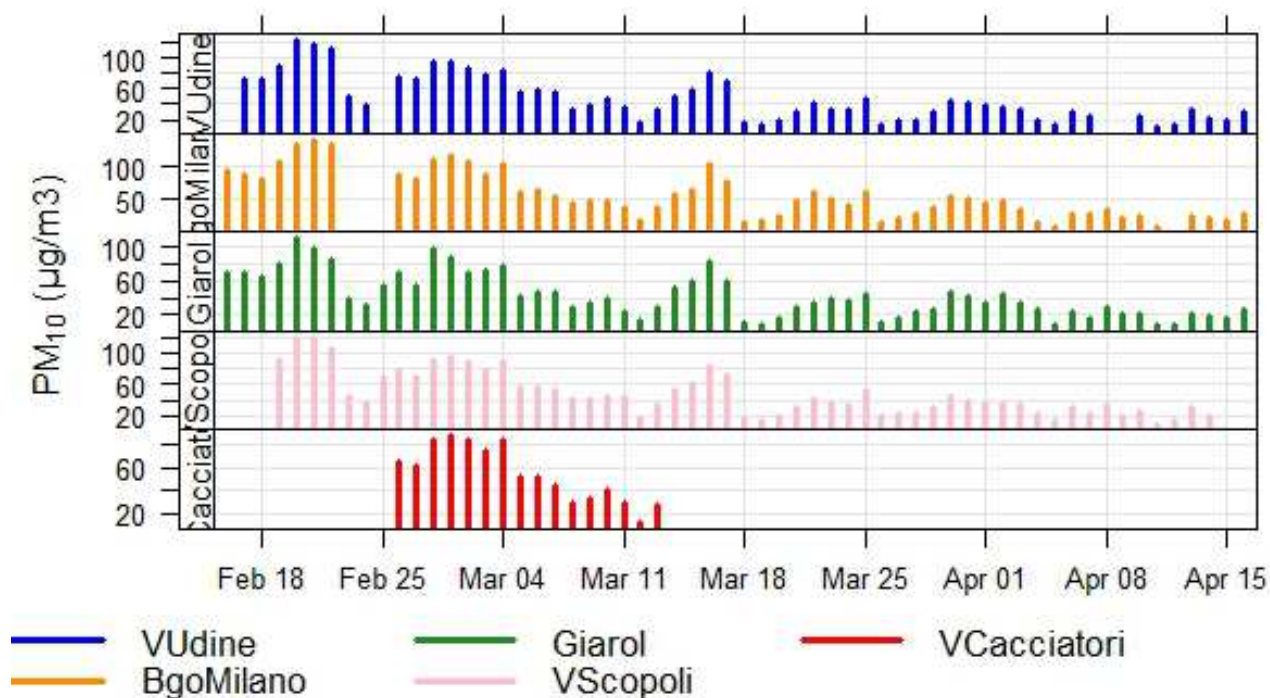


Figura 10. Serie temporale della concentrazione di PM<sub>10</sub>. Dati delle campagne di misura di via Udine, via Cacciatori Piemontesi e via Scopoli, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol.

## 7.6 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e congeneri BTEX

La concentrazione di benzene è stata misurata utilizzando campionatori a diffusione in via Udine e via Cacciatori Piemontesi. Questo composto chimico è presente nelle benzine e la sua principale fonte emissiva è il traffico. Infatti, in figura 11 si vede come le concentrazioni di benzene siano molto simili nei siti di traffico (punti di campionamento in Fiera e Borgo Milano), dove le concentrazioni sono più elevate rispetto alla stazione di fondo di Giarol. Esse rimangono sempre inferiori al valore limite di 5 µg/m<sup>3</sup>, che si applica tuttavia alla media annuale. I principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene, etilbenzene, toluene e xilene, nei siti di Via Udine e Via Cacciatori Piemontesi, sono riportati in tabella 16.

Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	VR-Via Udine				VR-Via Cacciatori Piemontesi			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene
Media pesata	0.8	0.8	5.8	3.7	1.1	1.2	7.2	5.3
Sd	1.0	0.5	3.8	3.1				
Max	2.1	1.4	10.6	7.6	1.1	1.2	7.2	5.3
Min	<0.5	0.5	3.2	1.7	1.1	1.2	7.2	5.3
N campioni	3	3	3	3	1	1	1	1
N giorni esposizione	58	58	58	58	15	15	15	15

Tabella 16. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a VR-Via Udine. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m<sup>3</sup>.

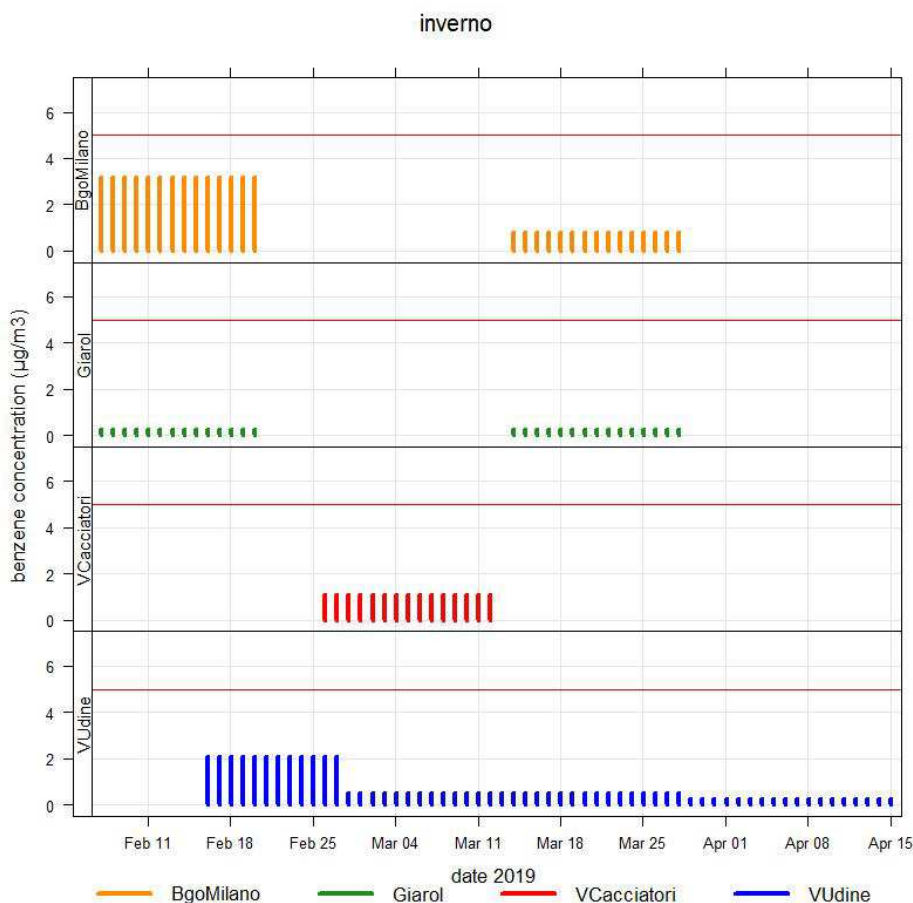


Figura 11. Serie temporale della concentrazione di benzene. Dati delle campagne di misura di via Udine e via Cacciatori Piemontesi, della centralina di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. La linea rossa indica il valore del limite di 5 µg/m<sup>3</sup>, che si applica alla media annuale della concentrazione di benzene in un sito.

## 7.7 Benzo(a)pirene e altri IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono dei composti organici che si originano principalmente dalla combustione incompleta di materiale organico. Le principali fonti emissive in provincia di Verona sono la combustione di biomassa e il traffico. Degli IPA fanno parte varie specie chimiche, la più conosciuta delle quali è il benzo(a)pirene, che rappresenta l'unico parametro normato. Essi tendono a legarsi alla parte più sottile del particolato atmosferico, quello con diametro inferiore ai 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>): l'inalazione del particolato aerodisperso determina la deposizione di queste sostanze a livello polmonare e la loro assimilazione da parte dell'organismo umano. Le varie specie di IPA hanno caratteristiche tossicologiche differenti, ma per tutte sono riconosciute proprietà mutagene e cancerogene.

Nelle tabelle da 17 a 19 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione delle diverse specie di IPA, misurata nelle tre postazioni in zona Fiera. Figura 12 riporta le serie temporali di benzo(a)pirene nei tre siti di misura in zona Fiera e presso la centralina di VR-Giarol: quest'ultima infatti è la stazione di riferimento per la misura degli IPA nella pianura Veronese

L'andamento temporale della concentrazione di benzo(a)pirene è stato molto simile nei quattro siti di misura (figura 12), con valori più elevati a fine febbraio, e poi via via più bassi nella seconda parte della campagna di misura. La forte dipendenza della concentrazione di benzo(a)pirene dal periodo dell'anno dipende da tre fattori: la principale fonte di emissione antropica di questo inquinante è il riscaldamento domestico a combustione di biomassa, attivo prevalentemente in inverno e molto poco in estate; nel periodo estivo le condizioni meteorologiche sono più favorevoli alla dispersione del particolato atmosferico e quindi le concentrazioni risultano inferiori rispetto al periodo invernale; con una bassa temperatura ambiente, aumenta la percentuale di benzo(a)pirene presente sul particolato rispetto a quella in fase gassosa.

Se si confronta la concentrazione di benzo(a)pirene nelle diverse postazioni, nelle giornate in cui il campionamento è avvenuto in tutti i siti, si nota che i valori sono confrontabili. I valori misurati in periodo invernale risultano talvolta superiori al limite annuale di 1.0 ng/m<sup>3</sup>, il quale si riferisce tuttavia a una media sull'anno solare.

Via Scopoli	N	Media	Dev.st	Max	min
Benzoantracene	55	0.2	0.2	0.6	<0.1
Benzoapirene	55	0.4	0.4	1.1	0.1
Benzobfluorantene	55	0.5	0.3	1.1	0.1
Benzoghiperilene	55	0.5	0.4	1.2	0.2
Benzokfluorantene	55	0.2	0.2	0.5	0.1
Dibenzoantracene	55	0.1	0.1	0.5	<0.02
Indeno123cdpirene	55	0.4	0.3	0.8	0.1
Crisene	55	0.4	0.3	1.0	0.1

Tabella 17. Parametri statistici relativi alle varie specie di IPA in Via Scopoli. Periodo di analisi: dal 19/02/2019 al 15/04/2019. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m<sup>3</sup> i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m<sup>3</sup> sono indicati come <0.1 ng/m<sup>3</sup>, i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m<sup>3</sup> sono approssimati a 0.1 ng/m<sup>3</sup>.

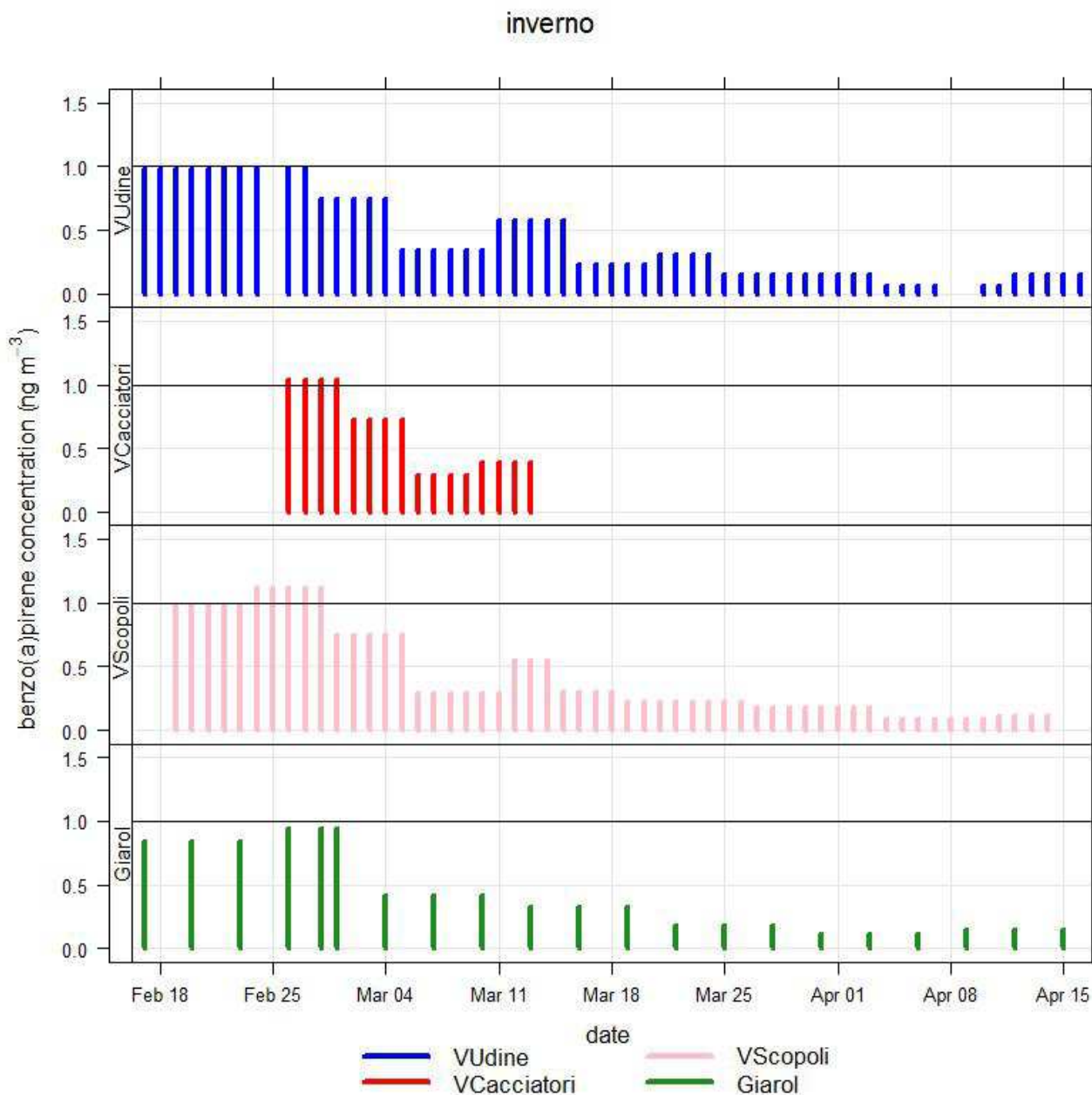


Via Udine	N	Media	Dev.st	Max	min
Benzoaantracene	56	0.2	0.2	0.6	<0.1
Benzoapirene	56	0.4	0.3	1.0	0.1
Benzobfluorantene	56	0.5	0.3	1.1	0.1
Benzoghiperilene	56	0.6	0.4	1.2	0.1
Benzokfluorantene	56	0.2	0.2	0.5	0.1
Dibenzoahantracene	56	<0.1	0.0	0.1	<0.02
Indeno123cdpirene	56	0.3	0.3	0.9	<0.1
Crisene	56	0.4	0.3	0.9	0.1

Tabella 18. Parametri statistici relativi alle varie specie di IPA in Via Udine. Periodo di analisi: dal 16/02/2019 al 16/04/2019. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m<sup>3</sup> i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m<sup>3</sup> sono indicati come <0.1 ng/m<sup>3</sup>, i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m<sup>3</sup> sono approssimati a 0.1 ng/m<sup>3</sup>.

Via Cacciatori	N	Media	Dev.st	Max	min
Benzoaantracene	16	0.3	0.2	0.5	0.1
Benzoapirene	16	0.6	0.3	1.0	0.3
Benzobfluorantene	16	0.6	0.3	1.0	0.3
Benzoghiperilene	16	0.8	0.3	1.2	0.5
Benzokfluorantene	16	0.3	0.1	0.5	0.2
Dibenzoahantracene	16	<0.1	<0.1	0.1	<0.02
Indeno123cdpirene	16	0.6	0.3	1.0	0.2
Crisene	16	0.4	0.2	0.7	0.2

Tabella 19. Parametri statistici relativi alle varie specie di IPA in Via Cacciatori Piemontesi. Periodo di analisi: dal 26/02/2019 al 13/03/2019. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m<sup>3</sup> i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m<sup>3</sup> sono indicati come <0.1 ng/m<sup>3</sup>, i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m<sup>3</sup> sono approssimati a 0.1 ng/m<sup>3</sup>.



**Figura 12. Serie temporale della concentrazione di benzo(a)pirene. Dati delle campagne di misura di via Udine, via Scopoli e via Cacciatori Piemontesi, della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. La linea rossa indica il valore del limite di 1 ng/m<sup>3</sup>, che si applica alla media annuale della concentrazione di benzo(a)pirene in un sito.**

## 7. Conclusioni

Nel periodo compreso tra il 16 febbraio e il 16 aprile 2019, sono stati eseguiti monitoraggi della qualità dell'aria in tre punti della zona Sud di Verona. Due laboratori mobili sono stati posizionati in via Udine, a ovest della zona Fiera, nel parcheggio antistante l'Istituto comprensivo Verona 11, e in via Cacciatori Piemontesi, a est della zona Fiera, vicino alla scuola elementare Massimo D'Azeglio. In via Scopoli, adiacente al lato nord della Fiera, è stato posizionato un campionatore di polveri sottili (PM<sub>10</sub>).

La campagna di misura ha permesso di valutare la qualità dell'aria in una zona fortemente influenzata dal traffico veicolare, a causa della presenza di numerosi attrattori e del flusso in uscita e in entrata alla città. In particolare, la zona della Fiera è attraversata da nord a sud da viale del Lavoro, strada di accesso alla città per i mezzi che provengono dall'autostrada A4 e dalla tangenziale Sud; 150 m a est del punto di monitoraggio di via Udine si trova via San Giacomo, che costituisce una delle principali vie di accesso alla città dalla parte meridionale della provincia; circa 2 km a sud della Fiera, passa l'autostrada A4. Il principale attrattore di traffico è rappresentato dalla Fiera di Verona, insieme all'ospedale Policlinico di Borgo Roma, 1 km a sud-est del punto di monitoraggio di Via Udine, al centro commerciale Adigeo e al supermercato Esselunga, a sud della Fiera.

In Via Udine e Via Cacciatori Piemontesi sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, le medie giornaliere di PM<sub>10</sub> e benzo(a)pirene, e la media su un periodo di più giorni del benzene. In via Scopoli è stato misurato solo il PM<sub>10</sub>.

E' stata realizzata un'analisi dei dati, sono stati calcolati vari parametri statistici ed è stato effettuato un confronto con le due stazioni fisse di riferimento: quella di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e quella di fondo urbano di Verona-Giarol.

Gli ossidi di azoto si sono rivelati un inquinante critico per la zona della Fiera: i valori medi di NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>, misurati in Via Udine e Via Cacciatori Piemontesi, sono significativamente più elevati di quelli delle centraline fisse di Borgo Milano e Giarol. Le concentrazioni più elevate sono state misurate in via Udine, a seguire in via Cacciatori Piemontesi. Non è stato misurato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta, né nei punti di monitoraggio in Fiera né nelle stazioni di riferimento della provincia di Verona; tuttavia questi inquinanti rappresentano una criticità per la zona oggetto di indagine, in quanto precursori di altri inquinanti di origine secondaria che mostrano dei superamenti: le polveri sottili in inverno e l'ozono d'estate.

La concentrazione di PM<sub>10</sub> è stata misurata in tre postazioni di Verona Sud: via Cacciatori Piemontesi, via Udine e via Scopoli. I dati sono stati confrontati con quelli delle centraline di fisse di Verona-Borgo Milano e Verona-Cason. L'analisi dei dati conferma che la concentrazione del particolato sottile è piuttosto omogenea in tutta la zona del comune di Verona: questo è legato alla origine secondaria del particolato, ed è in accordo con quanto emerso dalle indagini ambientali svolte in zona Fiera negli anni passati.

Il benzo(a)pirene è composto chimico associato alla combustione di biomassa e al traffico veicolare. Nella prima parte del monitoraggio, che è stata caratterizzata da condizioni meteorologiche tipicamente invernali, esso ha mostrato valori medi giornalieri confrontabili con il limite normativo (che tuttavia si riferisce alla media annuale); nei mesi successivi le concentrazioni si sono abbassate, in accordo con condizioni meteo più favorevoli alla dispersione e con una diminuzione delle emissioni da combustione di biomassa quando il clima si è fatto meno rigido. I valori misurati in zona Fiera sono confrontabili tra loro e anche con quelli della centralina di riferimento di VR-Giarol, e mostrano un andamento temporale molto simile.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, presenta valori più elevati nelle stazioni di traffico rispetto a quella di fondo di Giarol, e comunque più bassi del limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>.

I valori medi di concentrazione di monossido di carbonio e biossido di zolfo sono stati molto bassi rispetto ai limiti indicati dalla normativa, e vicini al limite di rilevabilità strumentale.

L'ozono viene generato attraverso reazione fotochimica, a partire principalmente da ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di elevate temperature e radiazione solare. I valori misurati in zona Fiera sono stati bassi, come in tutte le postazioni della provincia, in accordo con le condizioni meteorologiche che nel periodo di indagine non sono critiche per questo inquinante.

In conclusione, i risultati della campagna di misura condotta in via Udine, via Cacciatori Piemontesi e via Scopoli confermano quanto già evidenziato dalle misure effettuate in zona Fiera negli anni compresi tra il 2016 e 2018: la zona Fiera mostra le caratteristiche di un sito di traffico e gli inquinanti più critici sono gli ossidi di azoto e il PM<sub>10</sub>.

Le polveri sottili mostrano valori confrontabili con quelli delle centraline di riferimento del comune di Verona, e sono un inquinante critico per tutta la regione. Esse hanno prevalentemente un'origine secondaria, cioè non sono emesse direttamente da una fonte emissiva, ma si formano per reazione chimica di altri composti organici, come, ad esempio, gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. Il loro tempo di permanenza in atmosfera è di diversi giorni, per cui possono essere trasportate anche lontano dal punto di formazione. Per questo motivo, la concentrazione di polveri sottili mostra variazioni spaziali limitate, se confrontate con quelle di altri inquinanti di origine prevalentemente primaria, emessi cioè direttamente da una fonte.

Gli ossidi di azoto, invece, nella zona della Fiera mostrano valori superiori a quelli rilevati presso la centralina di traffico di Verona-Borgo Milano. Nonostante non mostrino superamenti dei limiti normativi, essi rappresentano una criticità della zona, in quanto precursori di altri inquinanti di origine secondaria, per i quali, invece, i superamenti dei limiti normativi sono numerosi.

## 8. ALLEGATO

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 21.

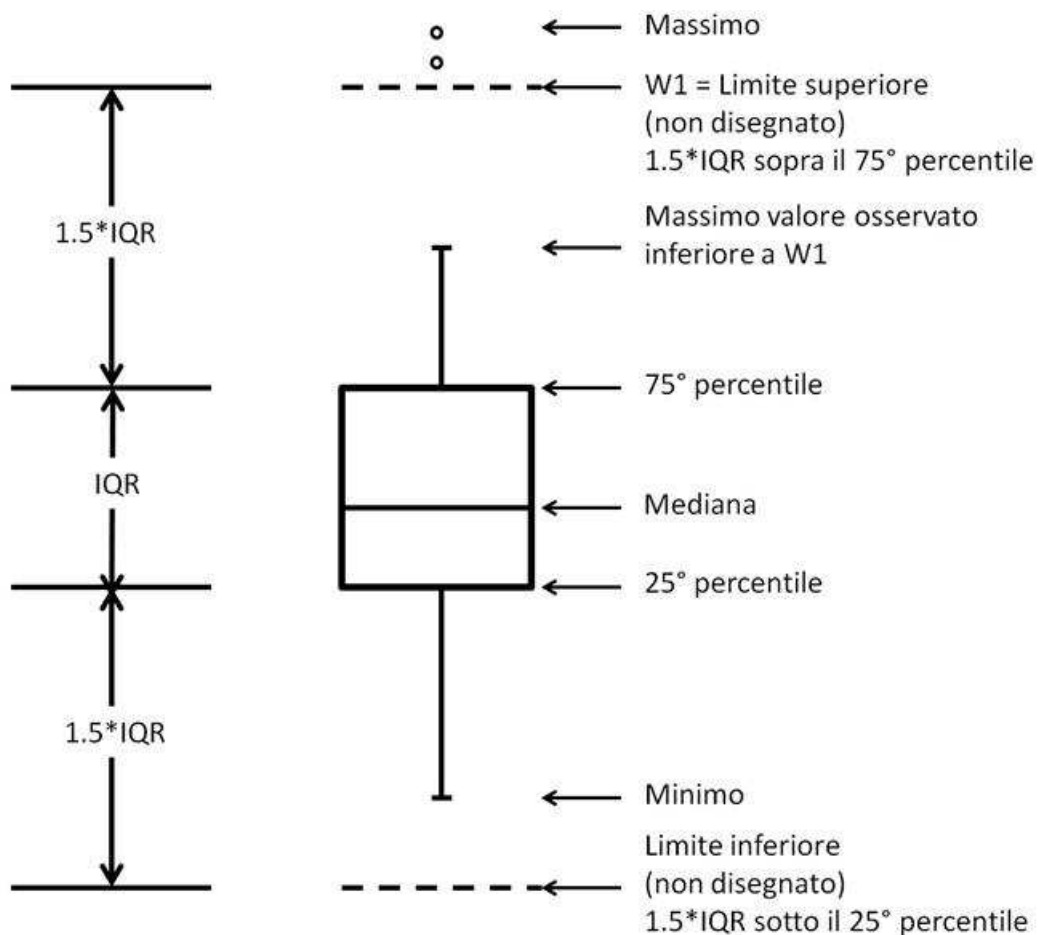


Figura 13. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il 25° percentile: il 25% dei dati è inferiore a tale valore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il 75° percentile: il 75% dei dati è inferiore a tale valore. La differenza tra il 25° e 75° percentile si definisce “Inter Quartile Range” (IQR). In base all'IQR si definiscono i “baffi”, cioè le barre che si estendono in alto e in basso: lo spazio tra esse compreso dà un'indicazione della dispersione dei dati della serie rappresentata. Oltre i baffi, si trovano solo pochi dati della popolazione rappresentata, i valori minimi e massimi, che vengono chiamati “outliers” e indicati con dei pallini.

Figura 14 – Concentrazione di CO (mg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura in via Udine (pannello sopra) e in via Cacciatori Piemontesi (pannello sotto).

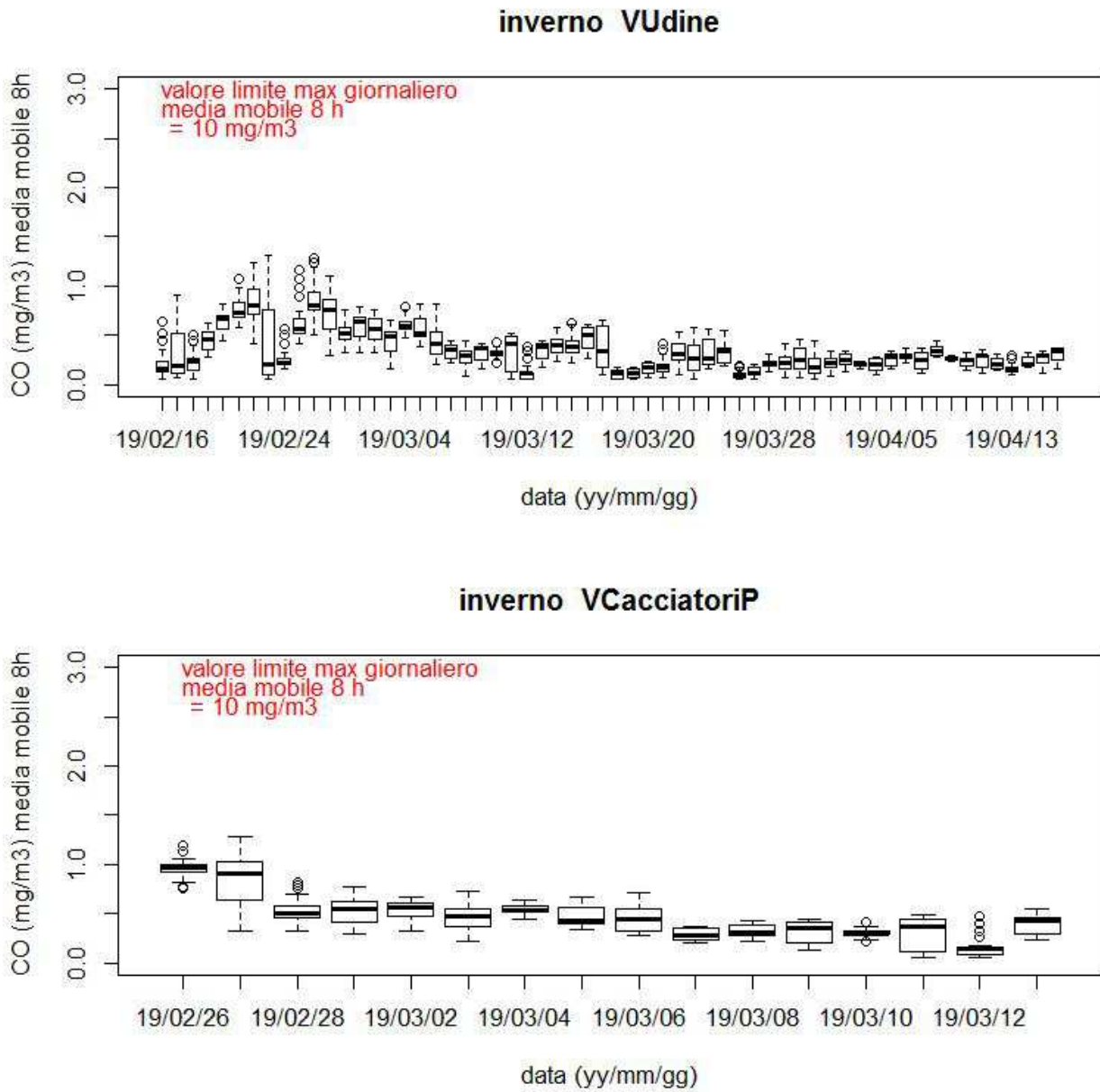


Figura 15 – Concentrazione di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura in via Udine (pannello sopra) e in via Cacciatori Piemontesi (pannello sotto).

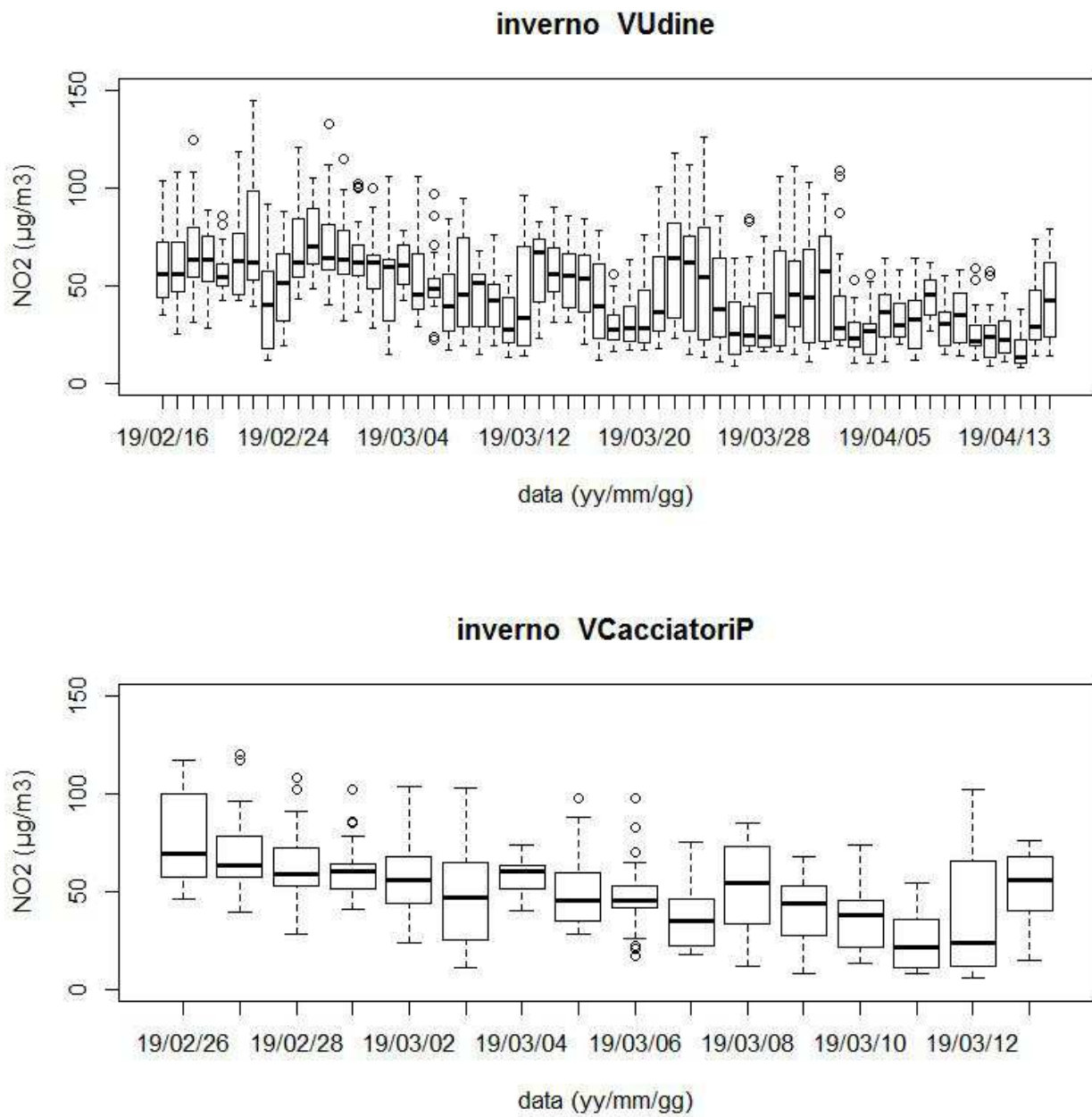


Figura 16 – Concentrazione di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura in via Udine (pannello sopra) e in via Cacciatori Piemontesi (pannello sotto).

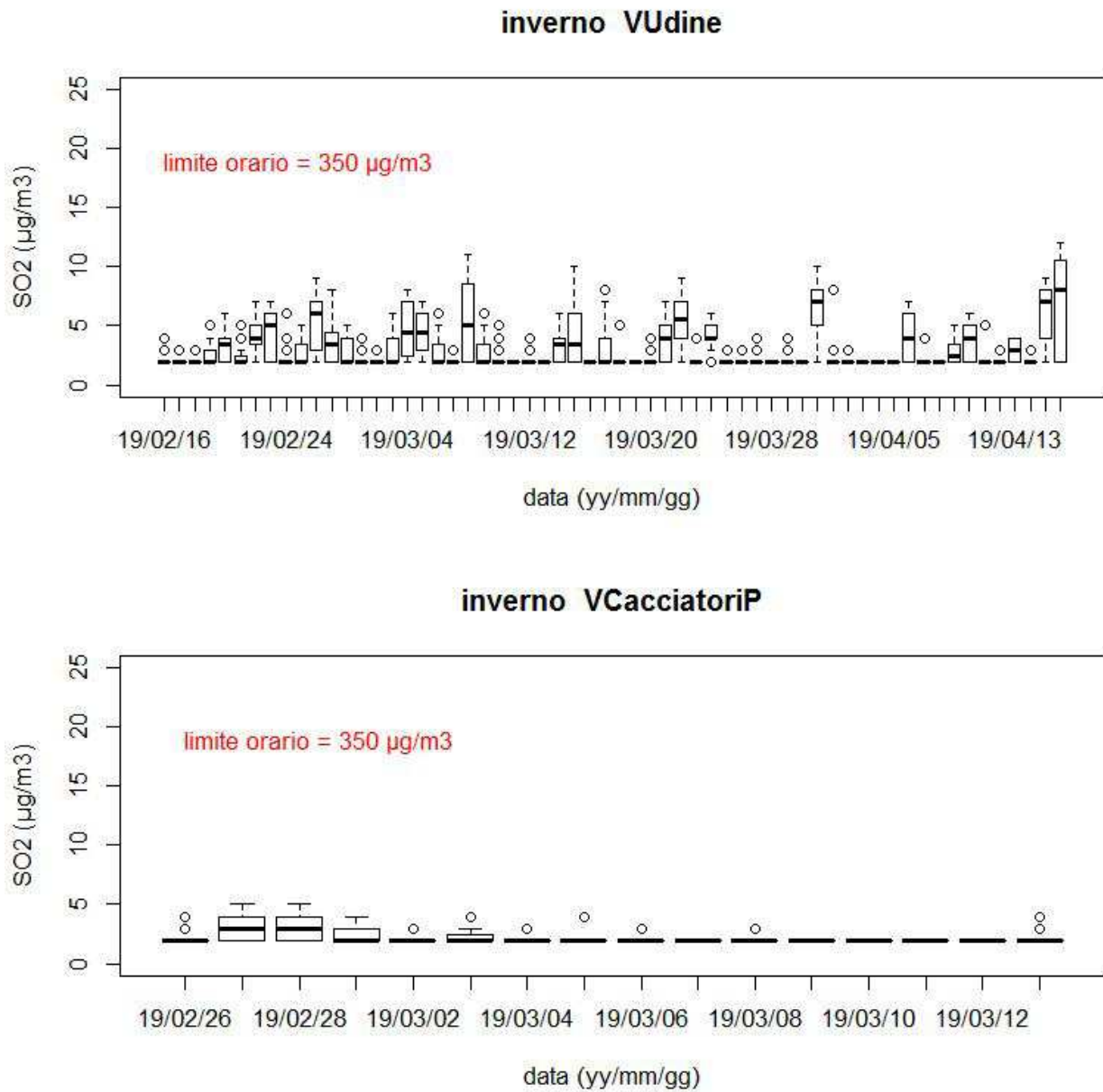




Figura 17 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura in via Udine (pannello sopra) e in via Cacciatori Piemontesi (pannello sotto).

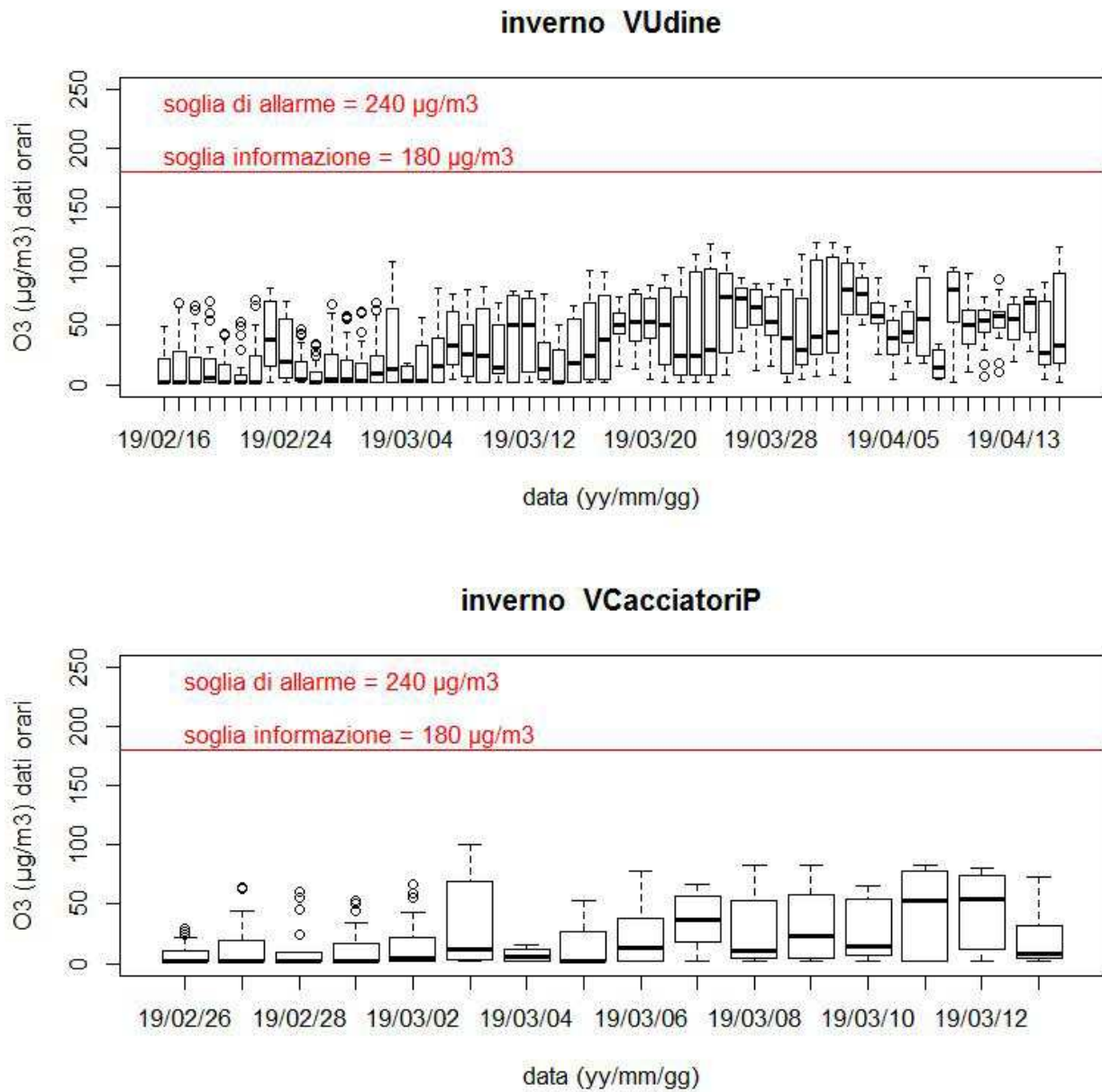
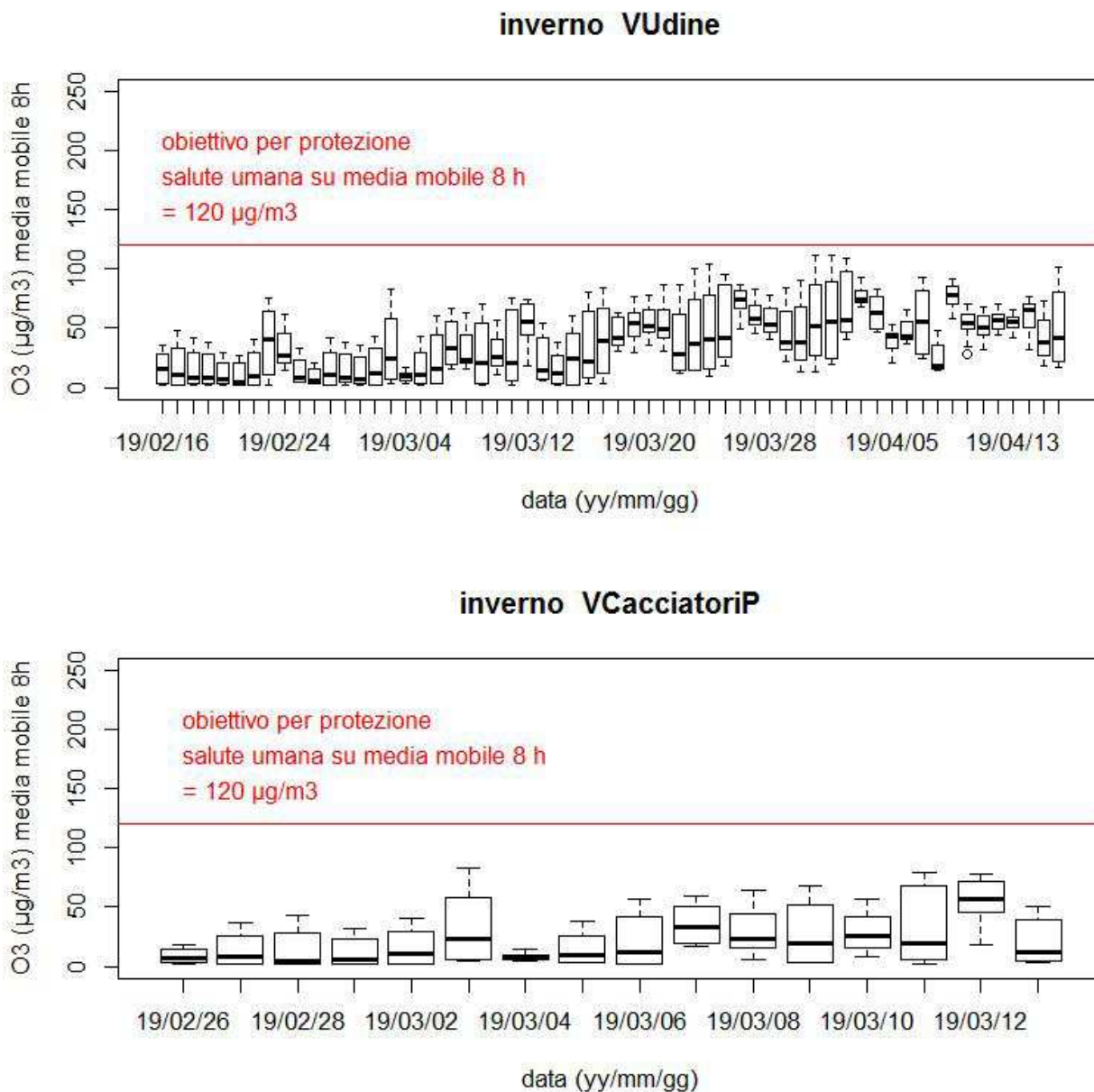


Figura 18 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura in via Udine (pannello sopra) e in via Cacciatori Piemontesi (pannello sotto).



Dipartimento Provinciale di Verona  
Unità operativa Fisica Ambientale  
Via Dominutti 8  
37135 Verona Italia  
Tel.045-8016611 e 045-8016702  
Fax 045-8016700  
e-mail: [dapvr@arpa.veneto.it](mailto:dapvr@arpa.veneto.it)  
PEC: <mailto:dapvr@pec.arpav.it>  
Settembre 2019



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale Via Ospedale, 24 35131 Padova

Tel. +39 049 82 39301

Fax. +39 049 66 0966

e-mail [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)

e-mail certificata: [protocollo@pec.arpav.it](mailto:protocollo@pec.arpav.it)

[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

*Relazione tecnica n. 9/2019*