



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Pastrengo

Via Gen. Carlo Alberto dalla Chiesa, Pastrengo (VR)



Periodo di attuazione:

08/06/2018 – 11/07/2018 (periodo estivo)

16/11/2018 – 08/01/2019 (periodo invernale)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Giancarlo Cunego

Unità Operativa Fisica

Dirigente: Predicatori Francesca

De Zolt Sappadina Simona

Ufficio Reti di Monitoraggio

Responsabile: Salomoni Andrea

Sarego Giacomo

Servizio Meteorologico di Teolo

Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale

Sansone Maria

NOTA: È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

Relazione tecnica n. 04/2019		Data : 18/06/2019
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. (A cura di Sansone Maria, del Centro Meteorologico di Teolo).....	7
3.1.	Periodo estivo: 08/06/2018– 11/07/2018.....	8
3.2.	Periodo invernale: 16/11/2018 – 08/01/2019.....	10
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	12
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	13
6.	Efficienza di campionamento.....	14
7.	Analisi dei dati rilevati.....	16
7.1.	Monossido di carbonio (CO).....	17
7.2.	Biossido di azoto (NO ₂) – Ossidi di azoto (NO _x).....	17
7.3.	Biossido di zolfo (SO ₂).....	20
7.4.	Ozono (O ₃).....	21
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10).....	24
7.6.	Benzene (C ₆ H ₆).....	27
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	28
7.8.	Ammoniaca (NH ₃).....	29
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	29
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	33
10.	Conclusioni.....	36
11.	Sintesi.....	38
12.	Appendice.....	39
13.	Glossario.....	53

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna è stata richiesta dal Comune di Pastrengo e rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio, che permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel centro del Comune di Pastrengo, è stato eseguito in via Generale Carlo Alberto dalla Chiesa. Il punto di campionamento si trova nel parcheggio vicino all'ufficio delle poste, alla scuola e al Pio Ricovero Dott. Carlo Segattini, in un'area residenziale. 50 metri a est di esso corre la strada provinciale SP27a, principale via di attraversamento del paese. Circa 500 m a sud-ovest passa l'autostrada del Brennero A22. La piccola zona industriale del paese si trova circa 800 m a sud-ovest. E' opportuno sottolineare che il punto di monitoraggio si trova in collina, ad una altitudine sul livello del mare superiore di 30 m rispetto ad autostrada e zona industriale.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 08/06/2018 al 11/07/2018 nel semestre estivo, dal 16/11/2018 al 08/01/2019 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Pastrengo, in zona residenziale e vicino ai servizi della scuola, della casa di riposo e del Municipio ed è di tipologia "fondo sub-urbano". Il comune di Pastrengo ricade nella zona "Pianura e capoluogo bassa pianura", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in figura 1. In figura 2 è indicata la posizione del mezzo mobile durante le campagne di monitoraggio.

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

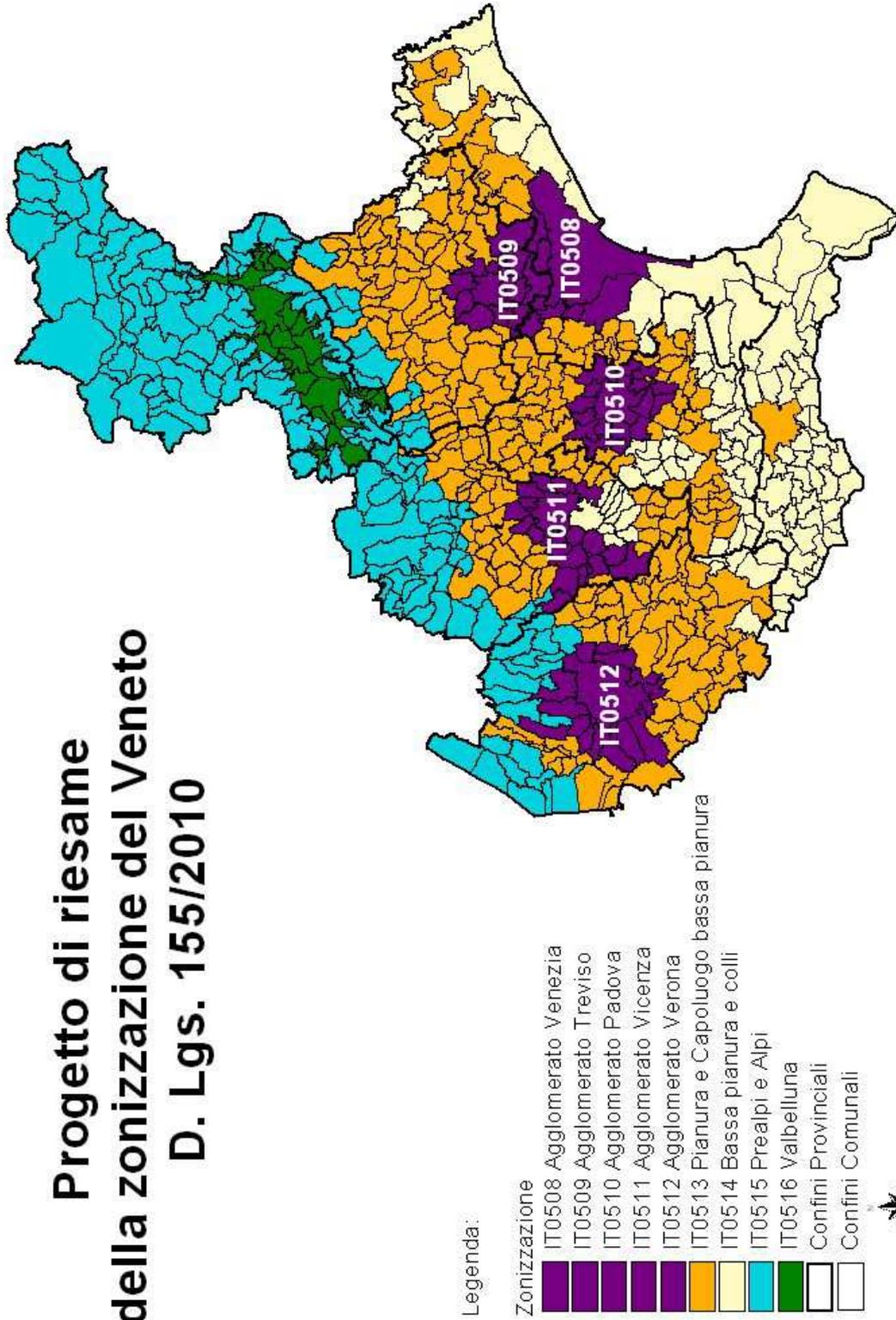


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

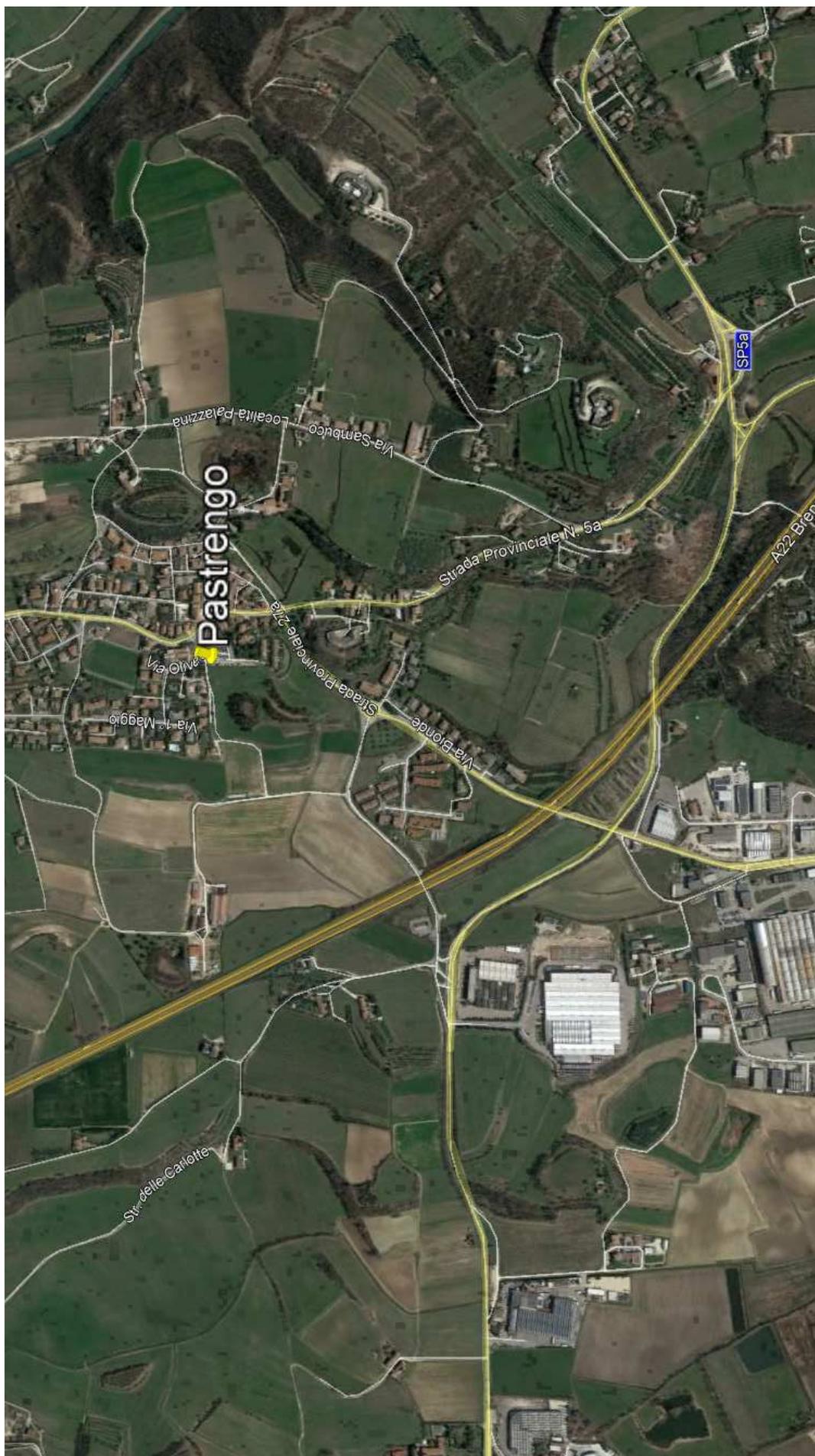


Figura 2. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio, Via Generale C. A. dalla Chiesa, Comune di Pastrengo (VR).

3. Contestualizzazione meteo climatica. (A cura di Sansone Maria, del Centro Meteorologico di Teolo)

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 1.5 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 1.5 m/s e 3 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 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 129 - Castelnuovo del Garda (VR). Presso la suddetta stazione la quota dell'anemometro tra il 18 e il 19 aprile 2016 è stata portata da 2 m a 5 m; per effettuare il confronto su dati il più possibile omogenei, l'intensità del vento misurata a quota 2 m è stata ricalcolata alla quota 5 m mediante la formula logaritmica di cui alla nota¹.

¹ $u(z_2) = u(z_1) \frac{\ln(z_2) - \ln(z_0)}{\ln(z_1) - \ln(z_0)}$ dove $z_1 = 2$ 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 0.2775 m.

Relazione tecnica n. 04/2019

3.1. Periodo estivo: 08/06/2018– 11/07/2018

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

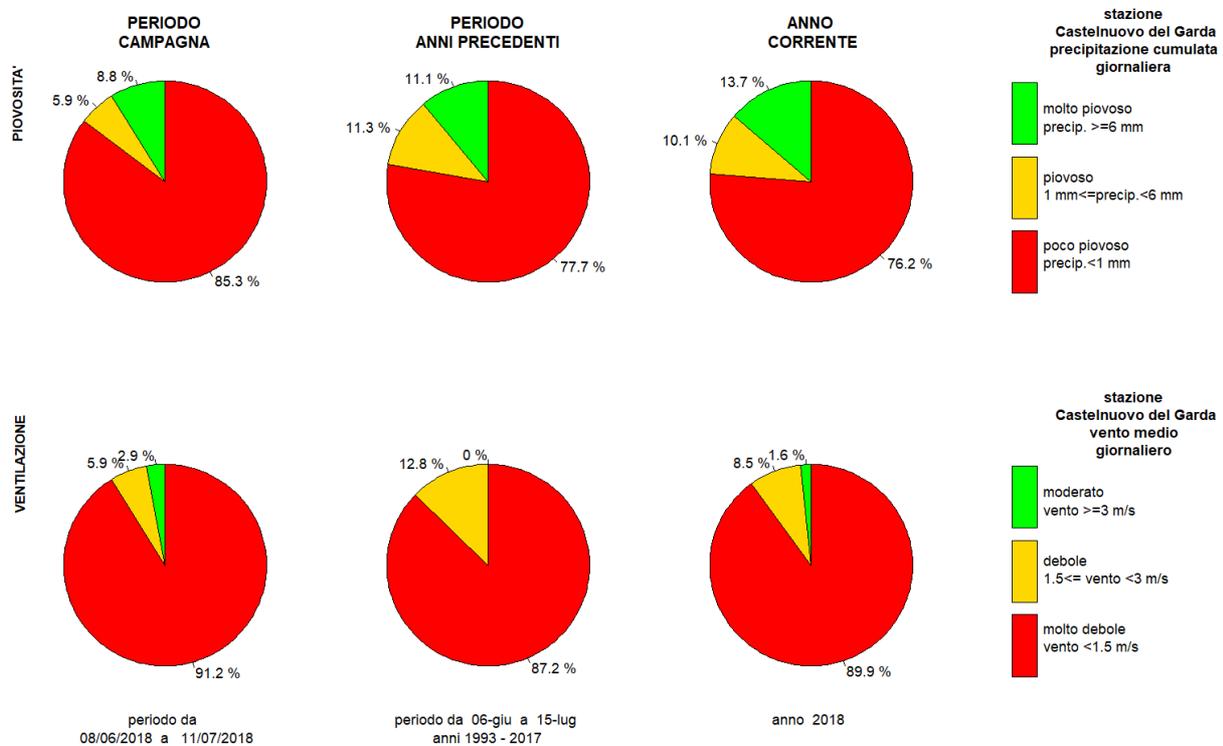


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

Nella figura 3 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Castelnuovo del Garda (VR) in tre periodi:

- 8 giugno – 11 luglio 2018, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 6 giugno – 15 luglio dall'anno 1993 all'anno 2017 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2018 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati un poco più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti sia all'anno corrente;
- la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è simile a quella dell'anno corrente, mentre rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti sono meno frequenti i giorni con vento debole (situazioni debolmente dispersive).

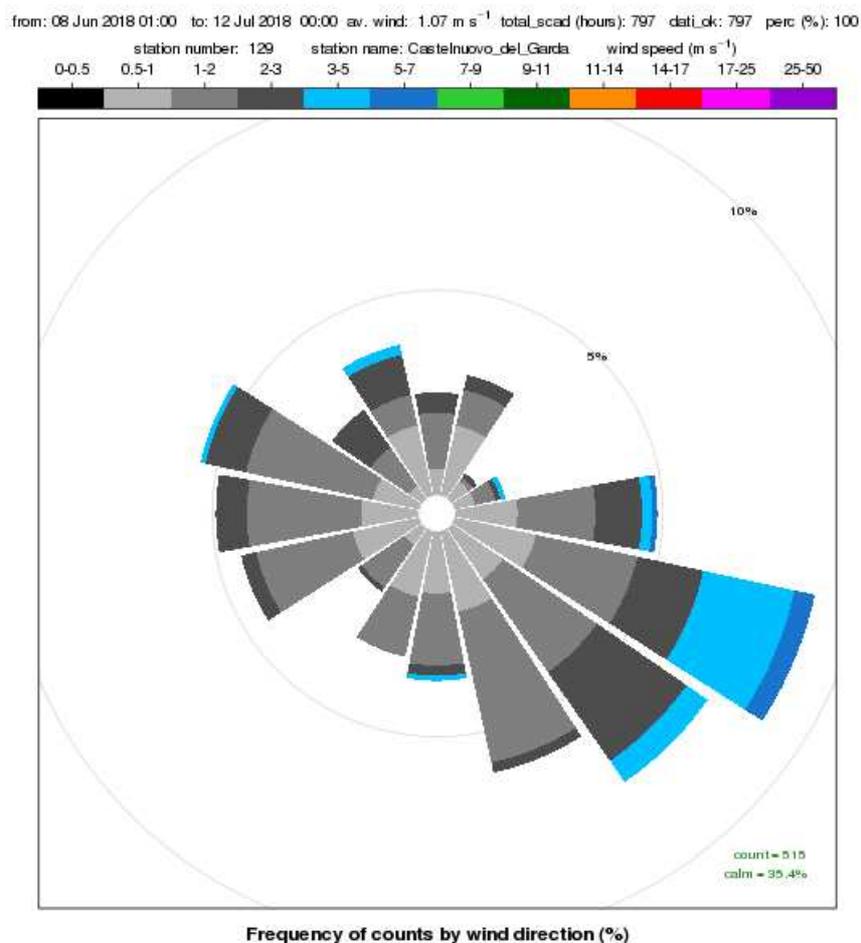


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Castelnuovo del Garda nel periodo 8 giugno – 11 luglio 2018

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Castelnuovo del Garda (VR) durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est-sudest (circa 9% dei casi), seguita da sud-est (circa 8%) ed est-sudest (circa 6%). La frequenza delle calme è stata pari a circa 35% dei casi. La velocità media è stata pari a circa 1.1 m/s.

3.2. Periodo invernale: 16/11/2018 – 08/01/2019

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

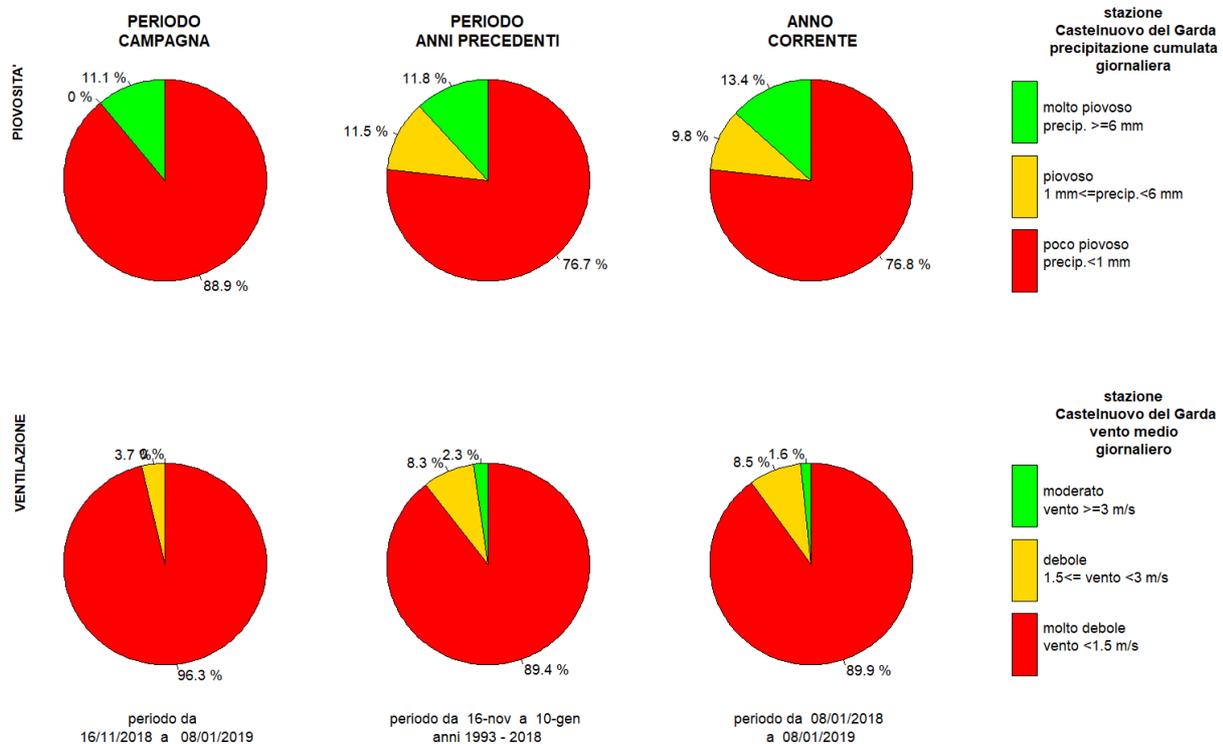


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella figura 5 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Castelnovo del Garda (VR) in tre periodi:

- 16 novembre 2018 – 8 gennaio 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 16 novembre – 10 gennaio dall'anno 1993 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 8 gennaio 2018 – 8 gennaio 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 sia allo stesso periodo degli anni precedenti sia all'anno corrente;
- i giorni con vento molto debole sono stati un po' più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.

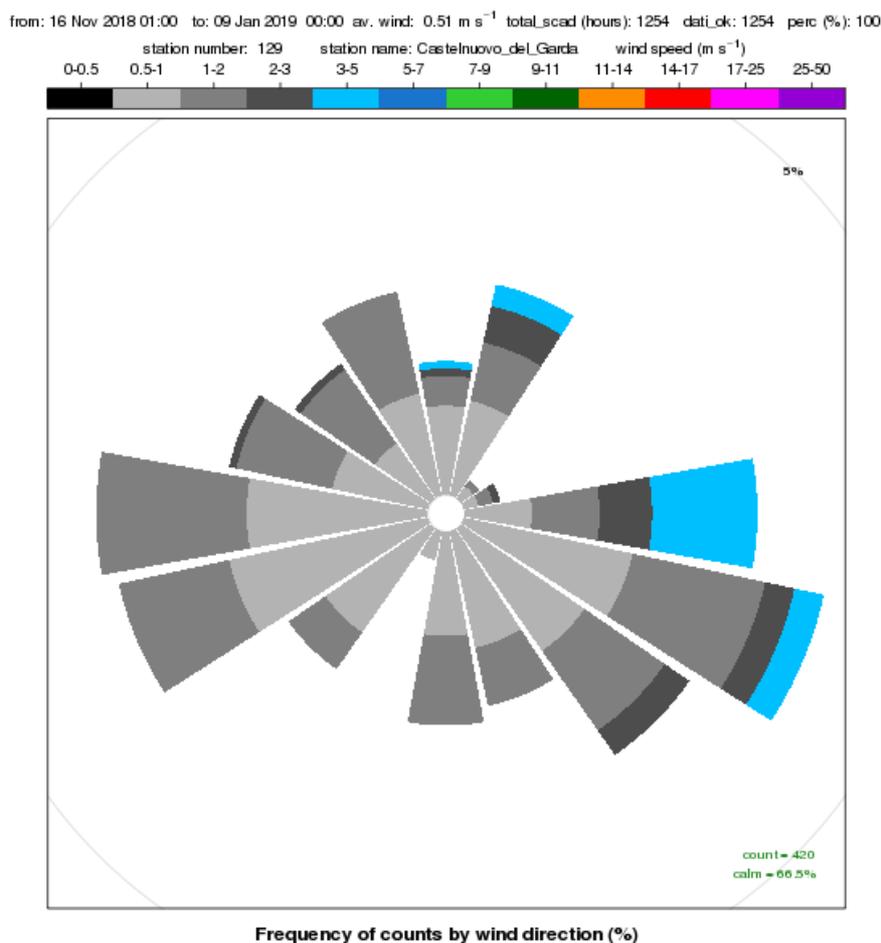


Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Castelnuovo del Garda nel periodo 16 novembre 2018 – 8 gennaio 2019

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Castelnuovo del Garda (VR) durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che a prevalere, con quasi il 67% dei casi, sono le calme di vento (intensità inferiore a 0.5 m/s); per venti di intensità superiore, le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono est-sudest e ovest (entrambe circa 4% dei casi), seguite da sud-sudovest, sud-est ed est (tutte e tre circa 3%). La velocità media è stata pari a circa 0.5 m/s.

4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione rilocabile è dotata 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 (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃).

Contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati effettuati anche dei campionamenti sequenziali per la determinazione gravimetrica delle polveri inalabili PM₁₀, 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_{2,5}, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto.

Nelle Tabelle 1 e 2 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 3 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi.

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

Tabella 1. 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 Km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

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

Tabella 2. Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³
NO _x	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	30 µg/m ³
O ₃	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 ³ h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m ³ h

Tabella 3. Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.

5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi 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 PM10 (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 PM10 ("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. Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all'Appendice I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto e monossido di carbonio, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 51 giorni/anno); in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1ottobre-31marzo) e in quello estivo (1aprile-30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.

Per l'ozono, nelle misurazioni indicative, il periodo minimo di copertura necessario per raggiungere gli obiettivi per la qualità dei dati deve essere maggiore del 10% durante l'estate (pari a 36 giorni/anno) con una resa minima del 90%.

Anche per il PM10 misurato con metodo gravimetrico, gli IPA, e il benzene la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (51 giorni), con una resa minima del 90%; è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6% (22 giorni), purché si dimostri che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.

Il numero di giorni dell'anno in cui è stato effettuato il campionamento e la resa di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in tabella 4. Il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto con eccezione dell'ozono nel periodo estivo.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	88	88	88	34	88	61	61	31
N minimo di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	95	95	95	92	89	100	100	100
Resa di campionamento minima (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	84	84	84	31	78	61	61	31
N minimo di giorni di campionamento con dati validi	46	46	46	32	46	46	20	20

Tabella 4. Numero di giorni in cui è stata eseguita la misurazione dei vari inquinanti e resa di campionamento: valori relativi alle campagne di misura e valori minimi necessari.

7. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi della concentrazione dei vari inquinanti, misurata durante le campagne di monitoraggio. Dove possibile, è stato realizzato un confronto con i corrispondenti valori rilevati presso due centraline fisse di riferimento: la stazione di Legnago e quella di San Bonifacio, della Provincia di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emmissive dirette come strade e industrie, è un punto di campionamento rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dalla diffusione delle emissioni all'interno dell'area urbana, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di San Bonifacio, 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 Pastrengo. 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 18 in Appendice.

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 95% 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)

Il monossido di carbonio è un gas tossico per l'uomo, che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili, la cui fonte prevalente è il traffico veicolare, ma a cui contribuiscono anche gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali, come la produzione di acciaio, di ghisa e la raffinazione del petrolio.

La tabella 6 e la figura 19 in Appendice mostrano che durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio è sempre stata ampiamente inferiore al valore limite di 10 mg/m³ (applicato alla media mobile di 8 ore), in linea con quanto si rileva presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona in tutti i periodi dell'anno. In entrambe le stagioni, i valori medi sono stati prossimi al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m³.

CO (mg/m ³)	ESTATE	INVERNO	ESTATE+INVERNO
	Pastrengo	Pastrengo	Pastrengo
media	<0.1	0.4	0.3
sd	0	0.2	
min	<0.1	<0.1	<0.1
max	0.3	1.5	1.5
mediana	<0.1	0.4	
N	816	1296	2112
dati mancanti	49	52	101
data.capture (%)	94	96	95
max giornaliero	<0.1	0.8	0.8
max.rolling.8	<0.1	1.1	
95°percentile	<0.1	0.9	
99°percentile	<0.1	1.1	
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0

Tabella 6. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Pastrengo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m³.

7.2. Biossido di azoto (NO₂) – Ossidi di azoto (NO_x)

Gli ossidi di azoto sono inquinanti prodotti prevalentemente dai processi di combustione (riscaldamento, traffico, centrali termoelettriche), ma anche da processi produttivi senza combustione (ad esempio la produzione di acido nitrico e di fertilizzanti azotati). Contribuiscono alla formazione dello smog fotochimico, come precursori dell'ozono troposferico, e al fenomeno delle "piogge acide", attraverso la trasformazione in acido nitrico. Inoltre, la loro trasformazione chimica in nitrati li porta ad essere una delle maggiori fonti di particolato secondario (PM10).

Le due specie più importanti di ossidi di azoto sono il biossido di azoto (NO₂) e il monossido di azoto (NO), la cui somma pesata viene indicata come NO_x. L' NO₂ è un gas tossico molto irritante, responsabile del colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città molto inquinante dal traffico. Esso viene in parte emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti (inquinante primario), ma prevalentemente (circa il 90%) si forma per reazione a partire da altre specie chimiche (inquinante secondario). L'NO, invece, è un gas inodore e incolore molto meno tossico, e di origine primaria, cioè proviene direttamente alle sorgenti emissive.

Come si può vedere in tabella 7 e figura 7, durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha superato il valore limite orario relativo all'esposizione acuta di 200 µg/m³. Nello stesso periodo, anche nelle stazioni di riferimento di San Bonifacio e

Legnago non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO₂ misurate nei due periodi è pari a 29 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Il valore medio di NO_x, pari a 52 µg/m³ (tabella 8), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³; tuttavia il confronto con il valore limite di protezione degli ecosistemi rappresenta un riferimento puramente indicativo, in quanto il sito indagato non risponde esattamente alle caratteristiche previste dal D.Lgs. 155/10².

I valori medi e massimi di concentrazione di NO₂ a Pastrengo, come anche presso le centraline di riferimento, nel periodo invernale sono superiori a quelli del periodo estivo: questo è in accordo con quanto in genere ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

Se si confrontano i dati delle tre postazioni (tabella 7), il valore medio di NO₂ misurato a Pastrengo è più elevato di quello di Legnago e inferiore a quello di San Bonifacio, in entrambe le stagioni: gli NO₂ sono principalmente di origine secondaria, cioè si formano per reazione chimica a partire da altre specie. Considerando invece gli NO, che rappresentano la componente primaria degli ossidi di azoto, cioè quella emessa direttamente dalle fonti emissive, le concentrazioni a Pastrengo sono mediamente inferiori a quelle delle due centraline di riferimento (non mostrato). Queste considerazioni portano a concludere che nel punto di monitoraggio di Pastrengo, rispetto alle centraline di riferimento, vi è una minore percentuale di ossidi di azoto di origine primaria (NO), emessa direttamente dalle sorgenti emissive, e una maggior percentuale di ossidi di origine secondaria (NO₂), formati cioè per reazione chimica a partire da altre specie.

Nella figura 27 in Appendice, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO₂, calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni, in tutte le tre postazioni di misura, sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico e delle condizioni meteorologiche che più inibiscono la dispersione di inquinanti (la sera, per la formazione di un'inversione termica superficiale).

In sintesi, sulla base alle analisi effettuate sugli ossidi di azoto, il punto di misura a Pastrengo mostra le caratteristiche di un sito di "fondo sub-urbano", come Legnago. Rispetto alla centralina di riferimento, è stata rilevata una maggior componente secondaria degli ossidi di azoto.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago
media	16	19	14	37	40	35	29	32	27
sd	9	11	9	15	15	13			
min	<4	<4	<4	<4	5	4	<4	<4	<4
max	58	64	50	92	103	85	92	103	85
mediana	13	16	12	37	39	35			
N	816	816	816	1296	1296	1296	2112	2112	2112
dati mancanti	59	119	74	56	50	28	115	169	102
data.capture	93	85	91	96	96	98	95	92	95
max giornaliero	23	25	20	58	58	54	58	58	54
95°percentile	33	42	31	63	67	58			
99°percentile	43	53	38	70	83	68			
N superamenti 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N superamenti 400 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 7. Concentrazione di NO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

² L'Appendice III, punto 3.2, del citato decreto stabilisce che i siti di campionamento in cui si valuta la qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali debbano essere ubicati ad oltre 20 Km dalle aree urbane ed oltre 5 Km da zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50000 veicoli al giorno.

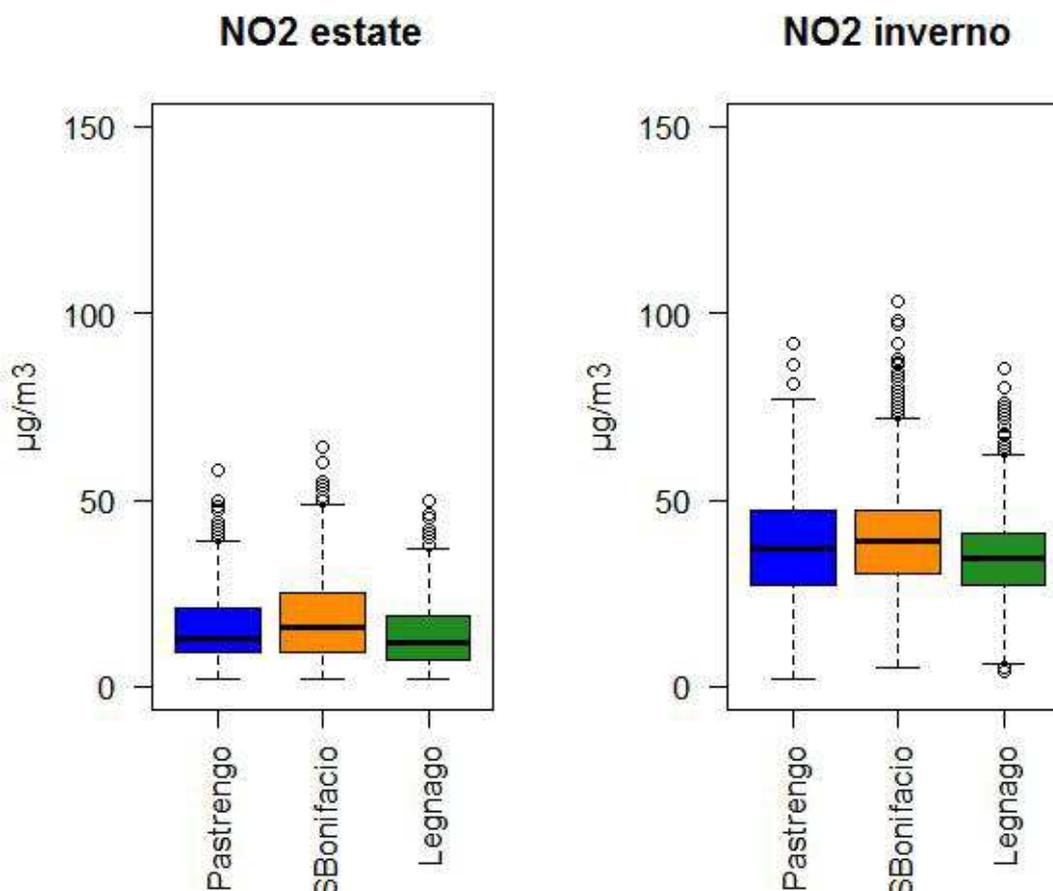


Figura 7. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a Pastrengo e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NO _x (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago
media	17	22	21	74	118	83	52	81	59
sd	10	15	11	47	89	56			
min	<4	5	<4	4	6	<4	<4	5	<4
max	78	116	64	318	530	453	318	530	453
mediana	15	19	19	65	96	70			
N	816	816	816	1296	1296	1296	2112	2112	2112
dati mancanti	59	119	74	56	50	28	115	169	102
data.capture	93	85	91	96	96	98	95	92	95
max giornaliero	26	34	32	167	256	153	167	256	153
95°percentile	37	50	41	162	301	188			
99°percentile	51	87	54	217	413	268			

Tabella 8. Concentrazione di NO_x: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

7.3. Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo è un gas irritante, le cui fonti di emissione principali sono legate a produzione di energia, impianti termici, processi industriali e traffico. Esso è il principale responsabile delle "piogge acide", in quanto tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico.

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 µg/m³ e 500 µg/m³ (Tabella 9 e Appendice – figura 21), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nei due periodi di campagna sono confrontabili con il limite di rivelabilità strumentale analitica (3 µg/m³), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m³).

	ESTATE	INVERNO	ESTATE+INVERNO
SO ₂ (µg/m ³)	Pastrengo	Pastrengo	Pastrengo
media	<3	4	3
sd	1	2	
min	<3	4	<3
max	6	17	17
mediana	<3	3	
N	816	1296	2112
dati mancanti	50	130	180
data.capture	94	90	91
max giornaliero	4	8	8
95°percentile	4	8	
99°percentile	5	9	
N superamenti 350 µg/m ³	0	0	0
N superamenti 125 µg/m ³	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di SO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

7.4. Ozono (O₃)

L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione di inquinanti primari quali composti organici volatili e ossidi di azoto. Esso reagisce chimicamente con il monossido di azoto, emesso principalmente dal traffico e dal riscaldamento domestico: per questo motivo, vicino a queste fonti emissive si trovano concentrazioni più basse di ozono rispetto ad aree più lontane. Poiché la reazione che porta alla formazione dell'ozono dipende dalla temperatura e dalla radiazione solare, le condizioni meteorologiche hanno una grande influenza sull'andamento delle concentrazioni: i livelli sono bassi al mattino, quando si verifica la fase di innesco del processo fotochimico, raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare (figura 29 in Appendice).

L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute nella Pianura Padana, ma anche in tutta Europa. Gli effetti a lungo termine dell'esposizione a ozono comprendono problemi respiratori e cardiocircolatori. Diversi studi europei hanno mostrato un aumento della mortalità giornaliera compreso tra 0.3% e 0.5% per ogni incremento della concentrazione media (su 8 ore) di ozono di 10 µg/m³ oltre un livello di base di 70 µg/m³ (WHO, 2016). Gli effetti sull'ambiente comprendono la riduzione della fotosintesi e una bassa produzione delle colture, e un contributo all'effetto serra.

Durante la campagna estiva a Pastrengo sono stati registrati 27 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e figura 23 in Appendice), pari all'87% del periodo di campagna, un numero ben superiore ai 17 superamenti della centralina di riferimento di Legnago. Essi si sono verificati in corrispondenza di giornate soleggiate con elevate temperature (vedasi figura 30 in Appendice). I superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (figura 22 in Appendice) a Pastrengo sono stati 8, anche in questo caso un numero superiore a quello relativo alle stazioni di riferimento (1 superamento a Legnago e nessuno a San Bonifacio). I valori medi e massimi sono superiori a quelli relativi a entrambe le centraline di riferimento.

I grafici del giorno tipo, riportati nella figura 29 in Allegato, confermano che i valori di concentrazione di ozono a Pastrengo si mantengono superiori a quelli delle centraline di riferimento in tutte le ore della giornata.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago
media	108	79	83	15	8	10	51	36	38
Sd	32	40	36	16	12	14			
Min	31	<4	6	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	199	173	181	69	62	66	199	173	181
mediana	106	79	82	8	<4	<4			
N	816	816	816	1296	1296	1296	2112	2112	2112
dati mancanti	66	62	22	87	2	3	153	64	25
data.capture	92	92	97	93	100	100	93	97	99
max giornaliero	149	107	101	46	31	46	149	107	101
max.rolling.8	188	166	170	64	56	58			
95°percentile	159	144	141	53	36	41			
99°percentile	181	164	163	65	56	62			
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	27	16	17	0	0	0	27	16	17
N superamenti 180 µg/m ³	8	0	1	0	0	0	8	0	1
N superamenti 240 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 10. Concentrazione di O₃: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina di traffico di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m³.

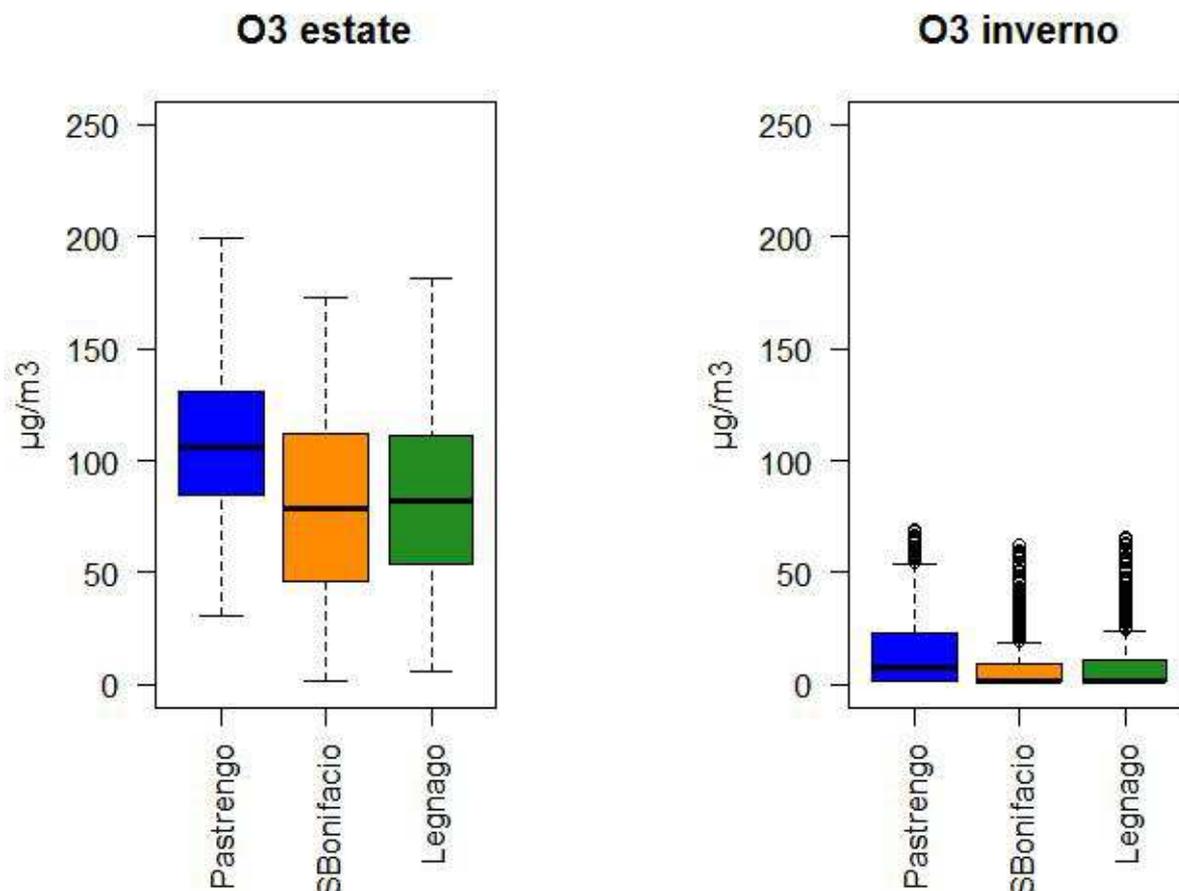


Figura 8. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a Pastrengo e alla centralina di riferimento di Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

Le polveri atmosferiche inalabili, denominate PM10 quando hanno un diametro inferiore a 10 μm , sono delle particelle solide o liquide presenti nell'aria che respiriamo, di natura organica o inorganica, in grado di adsorbire sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche quali solfati, nitrati, metalli e composti volatili. Date le loro dimensioni, esse possono essere inalate e penetrare nell'apparato respiratorio: le particelle con diametro equivalente inferiore a 2.5 μg (PM2.5) raggiungono i polmoni, quelle con diametro equivalente inferiore a 0.1 μm (PM0.1) arrivano fino agli alveoli polmonari. La tossicità di questi inquinanti dipende dalla loro composizione. I principali effetti sanitari dell'esposizione alle polveri sottili, sia a breve sia a lungo termine, sono disturbi respiratori e problemi di tipo cardiovascolare; recentemente sono emerse evidenze di un possibile legame anche con altre malattie croniche come il diabete.

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Pastrengo durante le campagne di misura. Nei 61 giorni di misurazione, sono stati registrati 2 superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), pari al 3% del periodo monitorato: tali superamenti sono avvenuti nel corso del monitoraggio invernale.

In tabella 12, i dati relativi a Pastrengo sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Per il calcolo dei parametri riportati in tabella 12, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni: i dati relativi a Pastrengo, usati per produrre questa tabella, sono quindi di meno rispetto a quelli utilizzati per le statistiche di tabella 11, e questo spiega le leggere discrepanze. Le statistiche relative ai dati sono rappresentate graficamente in figura 9. I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 a Pastrengo sono inferiori a quelli delle due centraline di riferimento in entrambi i periodi di monitoraggio. Il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è confrontabile con quello registrato nello stesso periodo presso le centraline di riferimento di Legnago.

Allo scopo di valutare il rispetto dei valori limite di legge previsti dal D.Lgs. 155/10 per il parametro PM10 (ovvero il rispetto del valore limite sulle 24 ore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e del valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di lunghezza limitata (misurazioni indicative), è stata utilizzata una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV.

Tale metodologia prevede di confrontare il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Sulla base di considerazioni statistiche è possibile così stimare, per il sito sporadico, il valore medio annuale e il 90° percentile delle concentrazioni di PM10; quest'ultimo parametro statistico è rilevante in quanto corrisponde, in una distribuzione di 365 valori, al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in una serie annuale di 365 valori giornalieri, il rispetto del valore limite è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In base ai risultati dell'analisi dei dati, il sito a Pastrengo è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di Legnago. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico a Pastrengo, il valore medio annuale di 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 90° percentile di 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che supera il valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	17	27	22
N giorni	31	30	61
sd	5	14	
max	30	65	65
min	8	6	6
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	2

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico a Pastrengo. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago
media	17	18	18	27	36	34	23	28	26
N giorni	28	28	28	30	30	30	58	58	58
sd	4	7	6	14	15	15			
max	28	37	34	65	75	88	65	75	88
min	8	9	9	6	12	14	6	9	9
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	2	6	3	2	6	3

Tabella 12. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. Per il calcolo, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato è disponibile per tutte e tre le postazioni. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

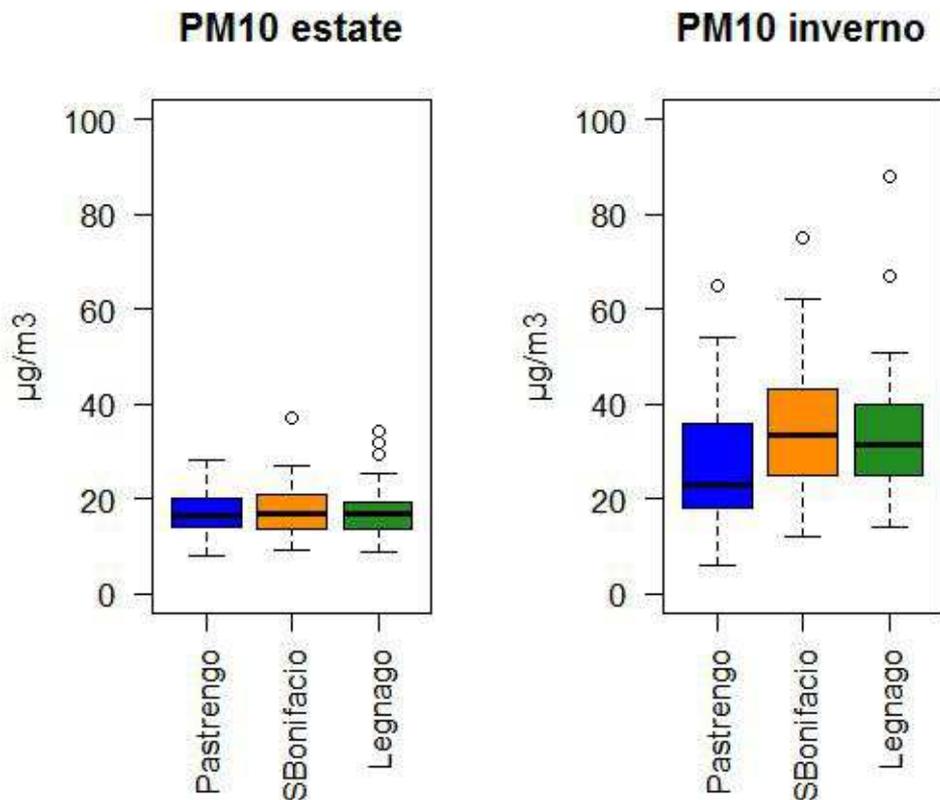


Figura 9. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a Pastrengo e alle centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.6. Benzene (C₆H₆)

Il benzene è un inquinante cancerogeno presente nell'aria ambiente, prevalentemente di origine antropica, che deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La più importante fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina.

In tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Pastrengo e nelle stazioni fisse di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Il confronto è indicativo, in quanto questo tipo di misura comporta l'esposizione di un radiello per circa 15-20 giorni, ma i periodi di esposizione dei radielli delle tre postazioni non coincidono esattamente. I dati utilizzati per elaborare le statistiche in tabella sono rappresentati graficamente in Appendice–figura 25.

In tabella 13, si può vedere che in estate tutti i valori misurati a Pastrengo e presso le centraline di riferimento sono inferiori al limite di rivelabilità. In inverno i valori misurati a Pastrengo sono inferiori a quelli di San Bonifacio e superiori a quelli di Legnago.

In tabella 14 sono riportati i valori medi di benzene, etilbenzene, Toluene e Xilene ottenuti utilizzando tutti i dati disponibili. Sia i valori medi sia i massimi, nei periodi di monitoraggio, sono inferiori al limite normativo di 5 µg/m³, che si riferisce alla media annuale.

Benzene (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE+INVERNO		
	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago	Pastrengo	San Bonifacio	Legnago
Media	<0.5	<0.5	<0.5	1.7	2.5	1.5	1.0	1.5	0.9
N giorni	14	14	14	17	17	17	31	31	31
sd	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.2			
max	<0.5	<0.5	<0.5	1.9	3.3	1.6	1.9	3.3	1.6
min	<0.5	<0.5	<0.5	1.3	1.4	1.3	<0.5	<0.5	<0.5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura a Pastrengo, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. I dati delle quattro postazioni non si riferiscono esattamente agli stessi giorni di campionamento, pertanto il confronto è solamente indicativo. Il limite di rivelabilità dello strumento è 0.5 µg/m³.

Benzene (µg/m ³)	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene
Media pesata	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	1.7	0.7	2.9	2.4
Sd	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.3
Max	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	1.9	0.8	3.1	2.6
Min	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	1.3	0.6	2.7	2.0
N campioni	2	2	2	<0.5	3	3	3	3
N giorni esposizione	22	22	22	22	55	55	55	55

Tabella 14. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a Pastrengo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m³.

7.7. Benzo(a)pirene e IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono dei composti organici che si originano principalmente dalla combustione incompleta di materiale organico. Essi comprendono varie specie, 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_{2.5}): 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.

In tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene a Pastrengo e presso la stazione di fondo urbano di VR-Giarol: questa infatti è la stazione di riferimento per la misura degli IPA nella pianura Veronese.

I parametri di tabella 15 sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località. Invece, in tabella 16, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Pastrengo, per tutte le specie di IPA misurate. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nella figura 26 in Appendice.

I dati delle tabelle e le serie temporali del figura 26 in Appendice mostrano che, mentre in estate la concentrazione media giornaliera è inferiore al limite di rivelabilità strumentale, in inverno i valori sono più alti, con concentrazioni confrontabili a Pastrengo e VR-Giarol. Il valore medio calcolato per Pastrengo, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 0.5 ng/m^3 , che risulta inferiore al limite annuale di 1.0 ng/m^3 .

Benzoapirene (ng/m^3)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Pastrengo	VR-Giarol	Pastrengo	VR-Giarol	Pastrengo	VR-Giarol
media	<0.02	<0.02	1.1	1.2	0.5	0.6
N	12	12	11	11	23	23
sd	0.0	0.0	0.4	0.7		
max	<0.02	<0.02	1.6	1.8	1.6	1.8
min	<0.02	<0.02	0.4	0.3	<0.02	<0.02

Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Pastrengo e della centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. I principali parametri statistici sono stati calcolati solo in base ai dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le postazioni di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m^3 .

(ng/m ³)	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzoaantracene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.5	0.2	0.7	0.2	61	0.2	0.7	<0.02
Benzoapirene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	1.0	0.4	1.6	0.4	61	0.5	1.6	<0.02
Benzobfluorantene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.9	0.3	1.4	0.4	61	0.5	1.4	<0.02
Benzoghiperilene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.9	0.3	1.5	0.4	61	0.5	1.5	<0.02
Benzokfluorantene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.5	0.2	0.7	0.2	61	0.2	0.7	<0.02
Dibenzoahantracene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.7	1.3	3.0	0.02	61	0.4	3.0	<0.02
Indeno123cdpirene						30	0.8	0.3	1.1	0.3				
Crisene	31	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	30	0.6	0.3	1.0	0.3	61	0.3	1.0	<0.02

Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Pastrengo, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

7.8. Ammoniaca (NH₃)

L'ammoniaca (NH₃) è un composto chimico che partecipa al ciclo dell'azoto, contribuisce alla neutralizzazione degli acidi e partecipa alla formazione di particolato atmosferico secondario, specie quello con diametro aerodinamico minore di 2.5 µm. Le maggiori sorgenti di NH₃ sono costituite dalle attività agricole (allevamenti zootecnici e fertilizzanti): l'inventario INEMAR 2013 attribuisce il 99% delle emissioni di ammoniaca in provincia di Verona al settore agricolo; in minor misura contribuiscono anche i trasporti stradali, lo smaltimento dei rifiuti, la combustione della legna e dei combustibili fossili.

La concentrazione di questo inquinante è stata misurata solo durante la campagna invernale. I principali parametri statistici relativi alla concentrazione di ammoniaca sono visibili in tabella 17. I risultati sono in linea con i valori misurati in altri siti di fondo urbano. Il documento di riferimento per le misurazioni di ammoniaca in Veneto si può trovare nel sito internet di ARPAV al link http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/file-e-allegati/documenti/concentrazioni-di-ammoniaca-nellaria/Campagne_NH3_2015-2016.pdf

Ammoniaca (µg/m ³)	INVERNO
Media	6
Sd	5
Max	25
Min	0
mediana	6
N (h)	1296
dati mancanti (h)	53
Data.capture (%)	96
95° percentile	15
99° percentile	21

Tabella 17. Concentrazione di NH₃: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura invernale. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

8. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)

Un indice di qualità dell'aria è una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria tenendo conto contemporaneamente del contributo di molteplici inquinanti atmosferici. L'indice utilizzato è associato a una scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria: buona, accettabile, mediocre, scadente, pessima.

Il calcolo dell'indice, che può essere effettuato per ogni giorno di campagna, è basato sull'andamento delle concentrazioni di tre inquinanti: PM₁₀, biossido di azoto e ozono.

Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano invece che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche.

Per maggiori informazioni sul calcolo dell'indice di qualità dell'aria si può visitare la seguente pagina web: <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa>

In figura 10 e figura 11 è riportata la percentuale di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. Durante la campagna estiva prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "Mediocre" (74%), a causa delle elevate concentrazioni di ozono; le rimanenti giornate essa è stata "Accettabile" (9%) o "Scadente" (3%). Nel corso della campagna invernale la qualità dell'aria è stata prevalentemente "Buona" (30%); per il 19% delle giornate è stata "Accettabile"; e per il 4% "Mediocre".

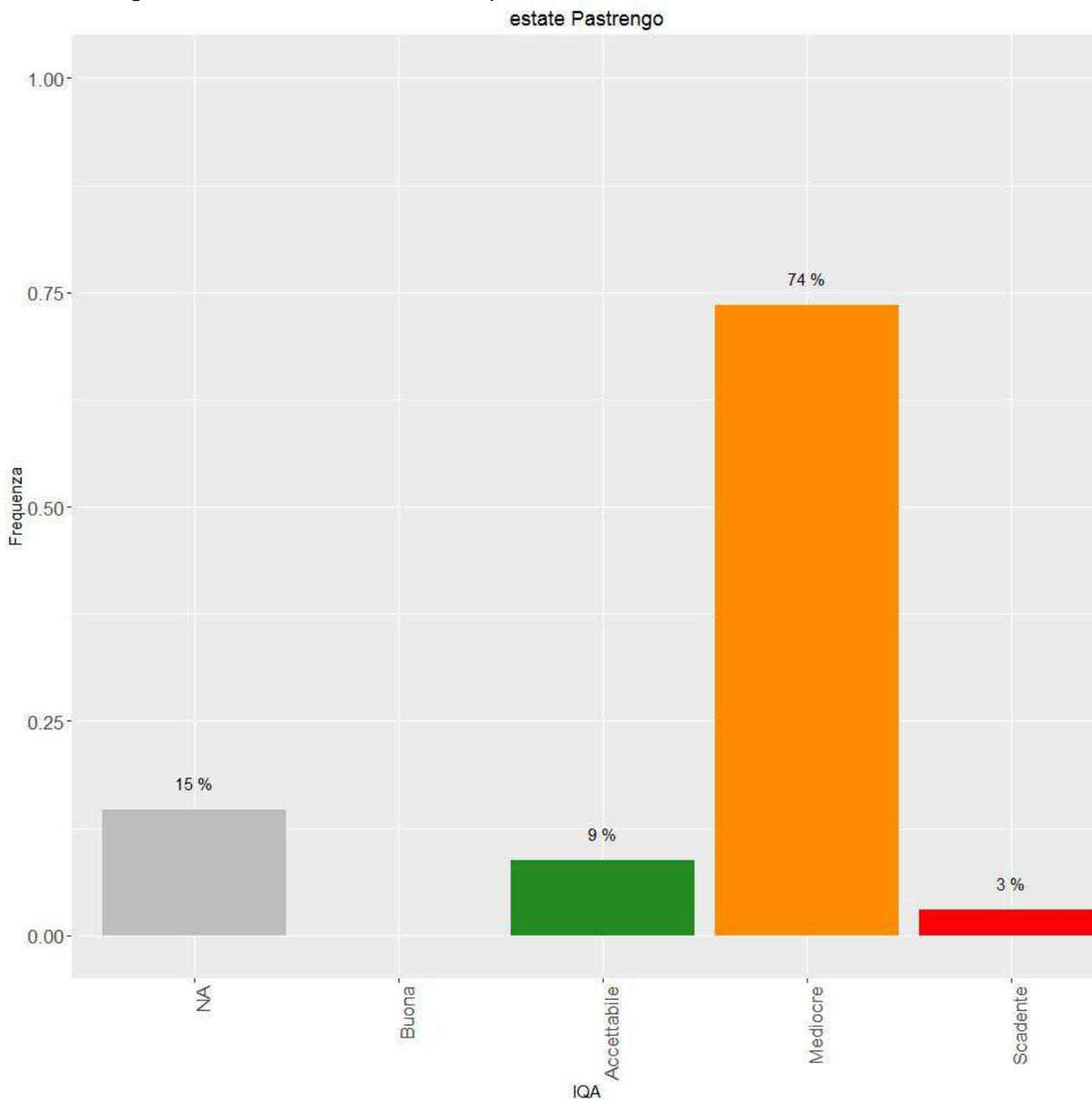


Figura 10. Indice di Qualità dell'aria a Pastrengo, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Pastrengo. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile calcolare l'indice, a causa della mancanza di dati.

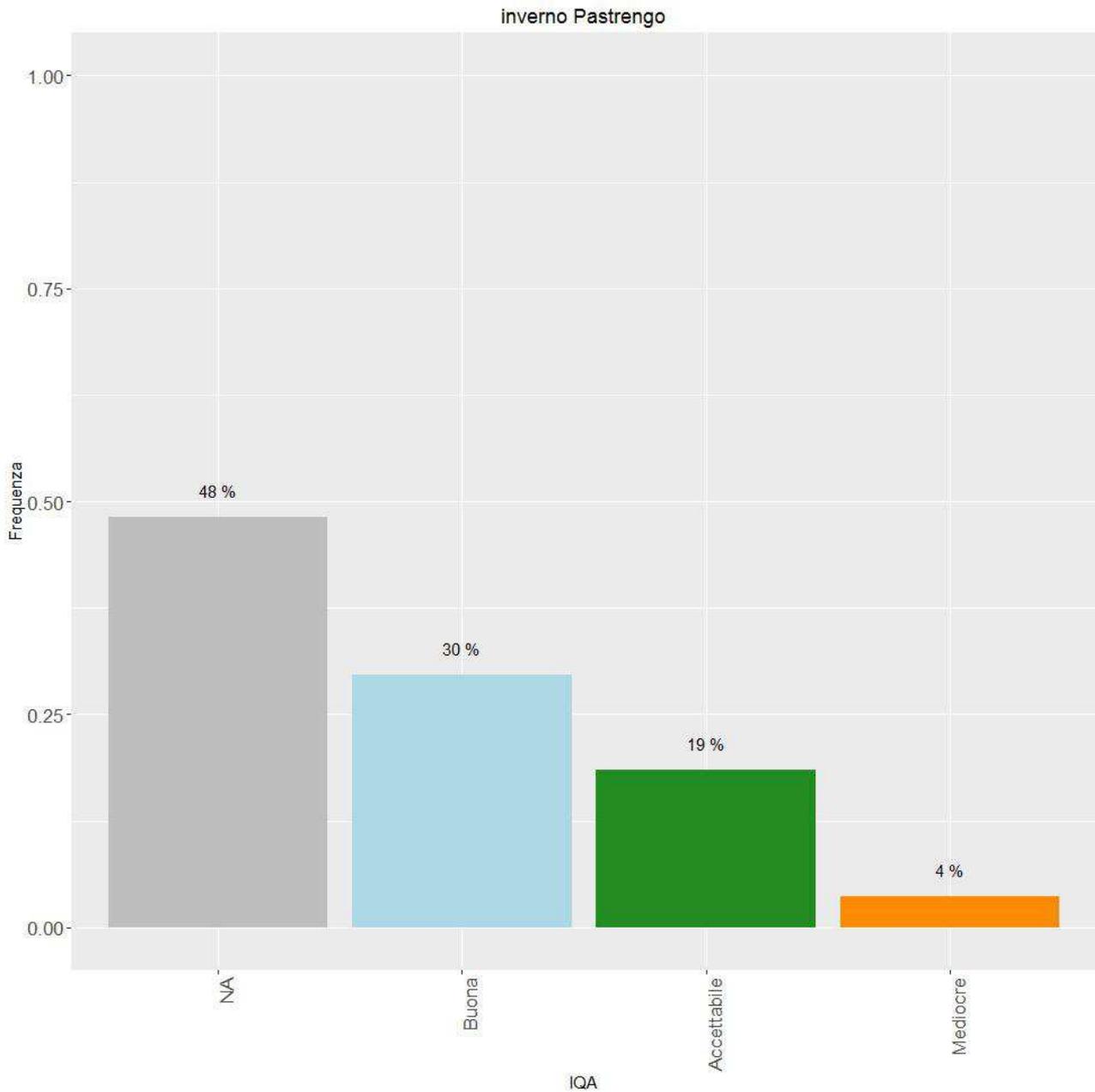


Figura 11. Indice di Qualità dell'aria a Pastrengo, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Pastrengo. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile calcolare l'indice, a causa della mancanza di dati.

Indice di qualità dell'aria estate Pastrengo



Figura 12. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Pastrengo, ESTATE 2018.

Indice di qualità dell'aria inverno Pastrengo



Figura 13. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Pastrengo, INVERNO 2018-2019. Nel mese di gennaio 2019 non sono disponibili dati di PM10, e quindi non è stato possibile calcolare l'IQA.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di traffico urbano di San Bonifacio, posta circa 40 km a est di Pastrengo, e la centralina di fondo urbano di Legnago, 40 km a sud-est del punto di analisi, sono le stazioni di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area individuata dalla zonizzazione come IT0513 "Pianura e capoluogo bassa pianura", a cui appartiene anche il punto di monitoraggio di Pastrengo. E' stato effettuato un confronto tra i dati degli inquinanti più significativi (NO₂, benzene, PM10 e benzo(a)pirene) misurati durante il periodo di campagna e i corrispondenti valori medi registrati negli anni precedenti presso le stazioni fisse di riferimento. I risultati sono riportati in forma grafica nelle figure da 14 a 17. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un dato inquinante, misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Legnago (linea-quadrato verde); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile a Pastrengo (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde). Il benzo(a)pirene, viene regolarmente misurato solo presso la centralina di monitoraggio di VR-Giarol, nel Comune di Verona.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni dal 2007 al 2014, sia presso la stazione di traffico di San Bonifacio sia presso la stazione di fondo di Legnago; negli anni seguenti si verifica una stabilizzazione dei valori medi. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono superiori ma confrontabili con la rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a Pastrengo si colloca tra quello relativo a Legnago e quello di San Bonifacio.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2011 e il 2018, pur essendoci un massimo locale nel 2015. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di San Bonifacio e Legnago sono inferiori alla loro media relativa al 2018, ma con essa confrontabili. La concentrazione media a Pastrengo è inferiore a quella di San Bonifacio e Legnago.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2007 e il 2018 ha avuto un andamento variabile. La serie storica più lunga è quella della centralina di VR-Cason, che rappresenta un sito di fondo urbano: si osserva una tendenza all'aumento dal 2010 al 2015; nel 2016 la centralina è stata spostata a VR-Giarol, e negli ultimi due anni si è assistito a un lieve decremento. La concentrazione media misurata durante la campagna di misura nella stazione di fondo urbano di VR-Giarol è più elevata del valore medio annuale misurato nel 2018, come anche il valore relativo a Pastrengo.

Il benzene, nel periodo considerato, mostra una tendenza alla diminuzione. I valori misurati presso le centraline nel periodo di monitoraggio sono superiori a quelli medi del 2018. I valori di benzene misurati a Pastrengo sono confrontabili con quelli di Legnago e inferiori a quelli di San Bonifacio.

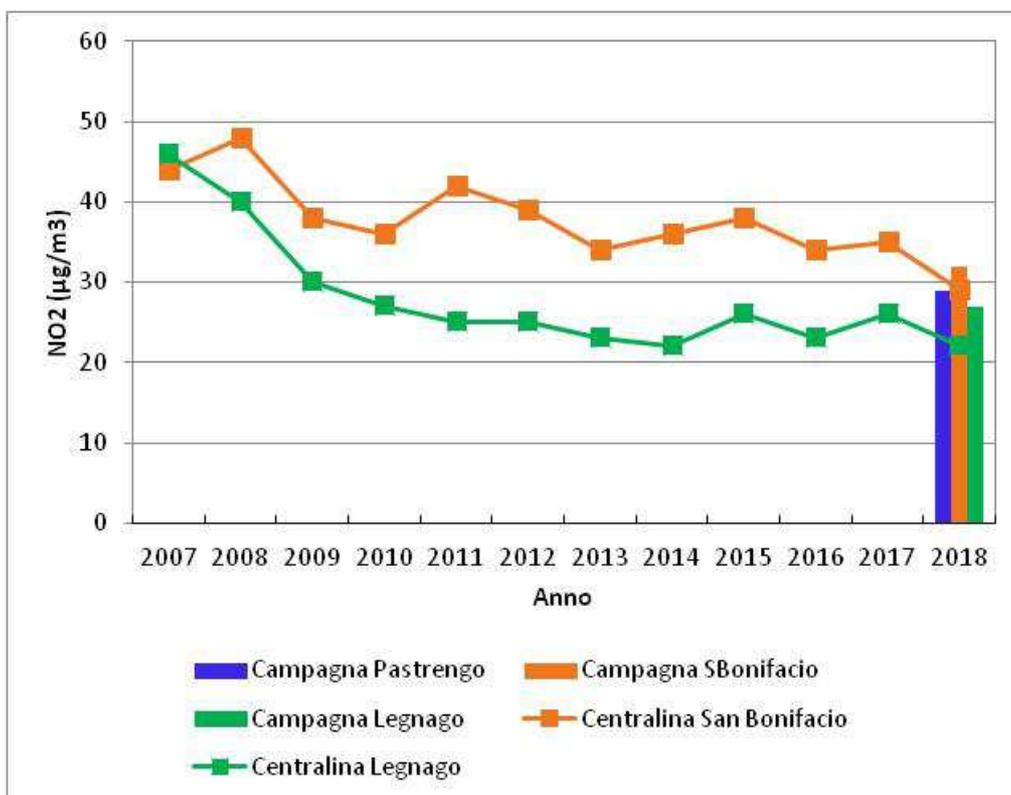


Figura 14: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Legnago (linea-quadrato verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Pastrengo (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde).

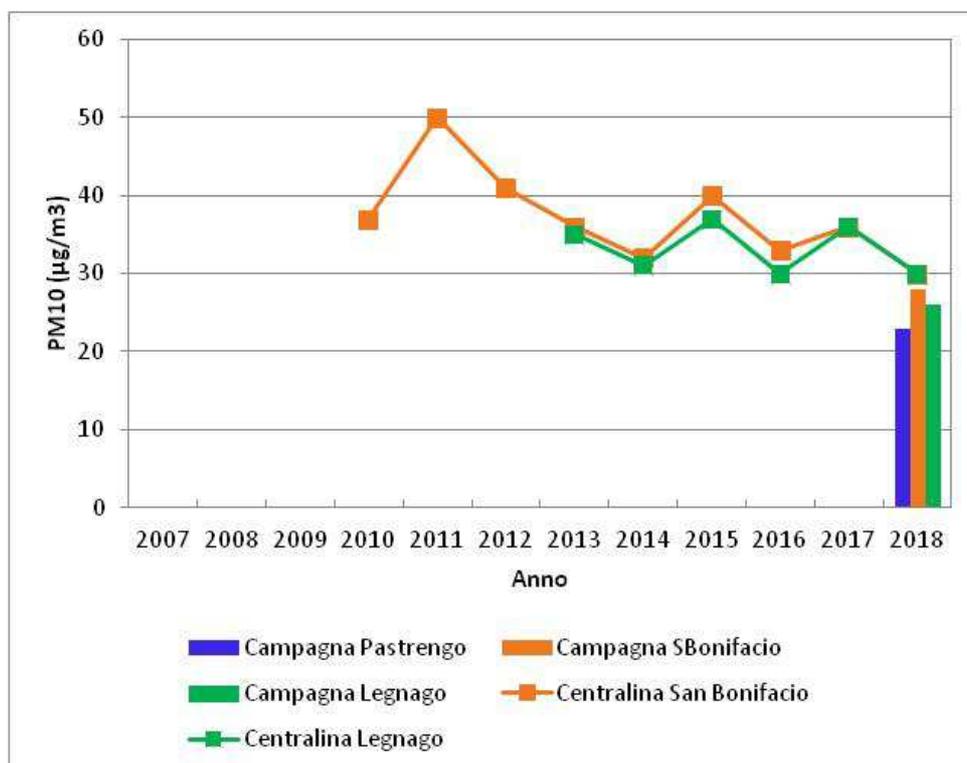


Figura 15. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Pastrengo, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago (come in figura 14).

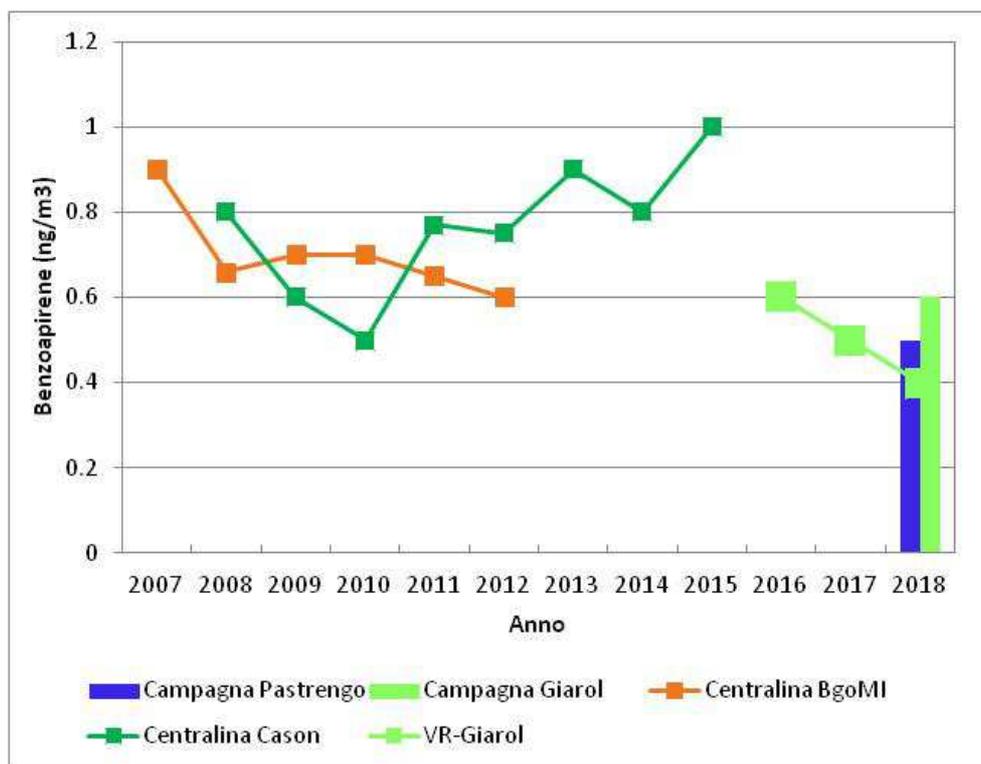


Figura 16. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di San Bonifacio, Legnago, Schio (VI) e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Pastrengo, dalla centralina di Legnago (come in figura 14).

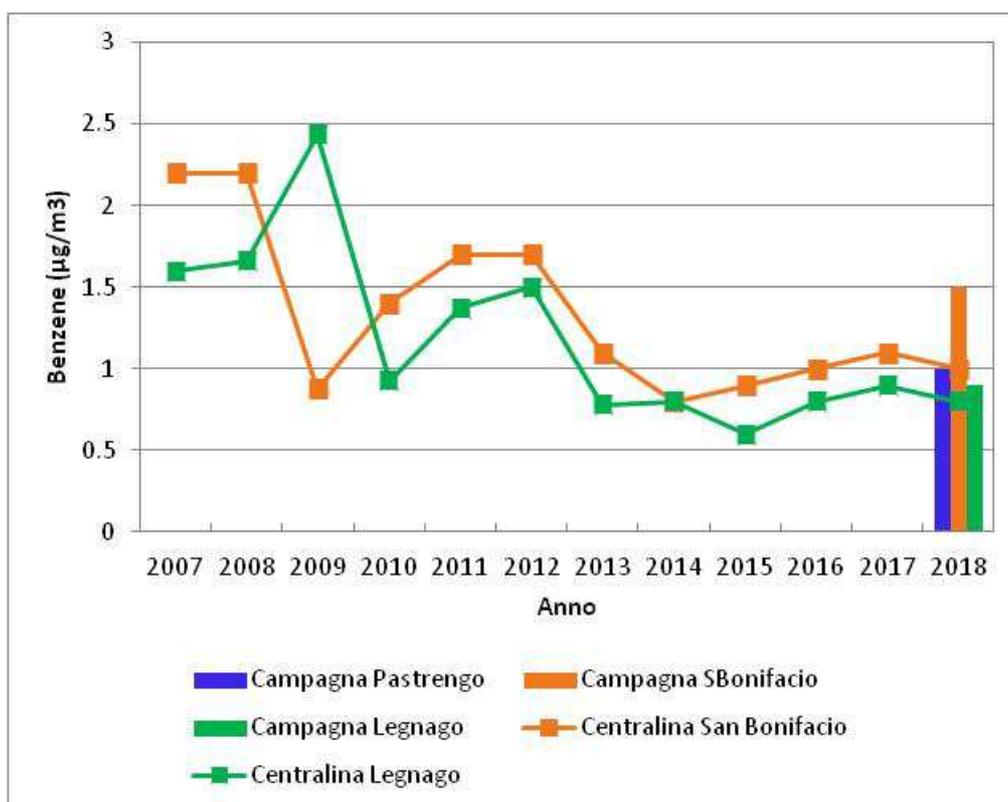


Figura 17. Benzene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di Legnago e San Bonifacio, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Pastrengo, dalla centralina di Legnago e da quella di San Bonifacio (come in figura 14).

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato a Pastrengo, in via Generale Carlo Alberto dalla Chiesa. Il punto di monitoraggio si trova in un'area residenziale, nel parcheggio vicino all'ufficio delle poste, alla scuola e al Pio Ricovero Dott. Carlo Segattini. Le principali fonti di pressione sono: dalla strada provinciale SP27a, via di attraversamento del paese che corre 60 metri a est del punto di misura; l'autostrada del Brennero A22, circa 500 m a sud-ovest; la piccola zona industriale del paese, circa 800 m a sud-ovest. E' opportuno sottolineare che il punto di monitoraggio si trova in collina, ad una altitudine sul livello del mare superiore di 30 m rispetto ad autostrada e zona industriale.

La campagna di misura estiva a Pastrengo, è stata svolta dal 8 giugno al 11 luglio 2018, quella invernale dal 16 novembre 2018 all'8 gennaio 2019. Le due campagne di misura sono state svolte in periodi caratterizzati da ventilazione e piovosità leggermente peggiori media rispetto agli anni precedenti, ma i campionamenti delle polveri sono stati svolti in giornate con condizioni meteorologiche mediamente non critiche per la concentrazione di inquinanti in aria.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO_x, SO₂, O₃, NH₃ le medie giornaliere di PM10, PM2.5 e benzo(a)pirene, e la media su un periodo di più giorni del benzene.

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 San Bonifacio e quella di fondo urbano di Legnago.

L'ozono rappresenta l'inquinante più critico per il sito analizzato. Infatti, le concentrazioni misurate sono state superiori a quelle delle centraline di riferimento. Il limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 27 giorni su 31 durante la campagna estiva a Pastrengo, mentre il numero di superamenti a Legnago è decisamente inferiore, pari a 17 giorni. Il limite di 180 µg/m³, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 8 ore a Pastrengo, 1 sola ora presso la centralina di riferimento di Legnago. Valori più elevati di ozono rispetto alle centraline di riferimento, sono già stati evidenziati nel corso di altre campagne di monitoraggio in siti di fondo della fascia pedemontana della provincia, e potrebbero essere legati a fenomeni di trasporto di questo inquinante a opera delle brezze monte-valle che caratterizzano queste zone.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, non c'è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta, né a Pastrengo né nelle stazioni di riferimento della Provincia di Verona; inoltre la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi di campionamento è stata 29 µg/m³, ed è inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. I valori di NO₂ misurati a Pastrengo sono stati mediamente superiori a quelli rilevati presso la stazione di fondo urbano di Legnago e inferiori a quelli della centralina di traffico di San Bonifacio. E' stata verificata la presenza di una maggiore componente di origine secondaria (NO₂) degli ossidi di azoto a Pastrengo rispetto alle centraline di riferimento: questo indica una maggiore quantità di ossidi di azoto formati attraverso reazioni chimiche che coinvolgono anche altri inquinanti e non emessi direttamente dalle fonti di pressione. Nonostante i limiti normativi relativi alla concentrazione di ossidi di azoto non siano generalmente superati nei siti di monitoraggio della Provincia di Verona, questi inquinanti rappresentano una criticità, perché sono coinvolti nelle reazioni chimiche che portano alla formazione di altri inquinanti secondari, come PM10 e ozono, che invece mostrano dei superamenti dei limiti di legge.

Le polveri sottili rappresentano un inquinante critico in tutta la Pianura Padana, mostrando frequenti superamenti dei limiti normativi. Il campionamento delle polveri sottili a Pastrengo è avvenuto in giornate caratterizzate da condizioni meteo per lo più non critiche per questo inquinante. A Pastrengo si sono verificati 2 superamenti del limite sulla media giornaliera pari a 50 µg/m³, nel periodo invernale: questo numero è confrontabile con quello relativo alla centralina di Legnago e inferiore a quello relativo a San Bonifacio. I valori medi e massimi misurati a Pastrengo risultano inferiori a quelli delle due centraline di riferimento.

La stima del valore medio annuale per il sito a Pastrengo, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (Legnago), è stata 28 µg/m³, inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 57

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un numero di volte superiore al limite di 35 su base annua.

La concentrazione di benzo(a)pirene esibisce una forte stagionalità, rimanendo inferiore al limite di rivelabilità in estate, e assumendo in inverno valori anche elevati. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è $0.5 \text{ ng}/\text{m}^3$, e risulta inferiore al limite sulla media annua di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. I valori medi e massimi rilevati a Pastrengo sono confrontabili con quelli della stazione fissa di riferimento di VR-Giarol.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, i valori medi di concentrazione sono molto bassi rispetto ai limiti indicati dalla normativa, e vicini al limite di rilevabilità strumentale.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, mostra una forte stagionalità, con valori medi in estate inferiori al limite di rivelabilità strumentale, e in inverno più elevati, ma comunque inferiori al limite normativo, pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo alla media annua. I valori sono inferiori rispetto quelli misurati presso la centralina di San Bonifacio e superiori a quelli della centralina di Legnago.

L'indice di qualità dell'aria permette di rappresentare in modo sintetico lo stato di qualità dell'aria, tenendo conto contemporaneamente del contributo dei tre inquinanti più critici per la nostra regione: ozono, ossidi di azoto e polveri sottili. A Pastrengo, durante la campagna estiva, la qualità dell'aria è stata prevalentemente "Mediocre" (74% del periodo di campagna), a causa delle elevate concentrazioni di ozono che caratterizzano quest'area; per il 9% del periodo è stata Accettabile e per una giornata (3% del periodo) è stata "Scadente". In inverno, invece, per la maggior parte delle giornate l'aria è stata di qualità "Buona" (30%), per il 19% "Accettabile" e per il 4% "Scadente".

11. Sintesi

Inquinante	Tipo di limite	Indicatore statistico	Valore limite	Risultato del monitoraggio	Sintesi valutazione	Image
PM ₁₀	Limite annuale (media)	Media	40 µg/m ³	28 µg/m ³ (media stimata)	Superamento del limite giornaliero (cfr. par. 7.5)	
	Limite giornaliero da non superare più di 35 volte in un anno (media 24 h)	Media 24 h	50 µg/m ³	Più di 35 superamenti/anno stimati		
O ₃	Soglia di informazione (media 1 h)	Media 1 h	180 µg/m ³	8 superamenti (ore)	Superamento del valore obiettivo e della soglia di informazione (cfr. par. 7.4)	
	Soglia di allarme	Media 1 h	240 µg/m ³	0 superamenti		
NO ₂	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile su 8 h	120 µg/m ³	27 superamenti (giorni)	Rispetto dei limiti normativi (cfr. par. 7.2) ma valori elevati	
	Soglia di allarme	Media 1h. Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	400 µg/m ³	0 superamenti		
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1h da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³	0 superamenti		
SO ₂	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³	29 µg/m ³ (media delle due campagne di misura)	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.3)	
	Soglia di allarme	Superamento per 3 h consecutive del valore di soglia	500 µg/m ³	0 superamenti		
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	0 superamenti		
CO	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana anno civile	Media su 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	0 superamenti	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.1)	
	Valore limite	Massimo giornaliero della media mobile su 8 h	10 µg/m ³	0 superamenti		
C ₆ H ₆	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annua	5 µg/m ³	1.3 µg/m ³ (media delle due campagne di misura inferiore al limite di rivelabilità)	Valori medi inferiori al limite annuale (cfr. par. 7.6)	
BaP	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m ³	0.5 ng/m ³ (media delle due campagne di misura)	Valore medio durante la campagna di monitoraggio inferiore al limite annuale (cfr. par. 7.7)	

Tabella 18. Sintesi dei risultati della campagna di monitoraggio in Via Gen. C. A. dalla Chiesa, Pastrengo (VR).

12. Appendice

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 18.

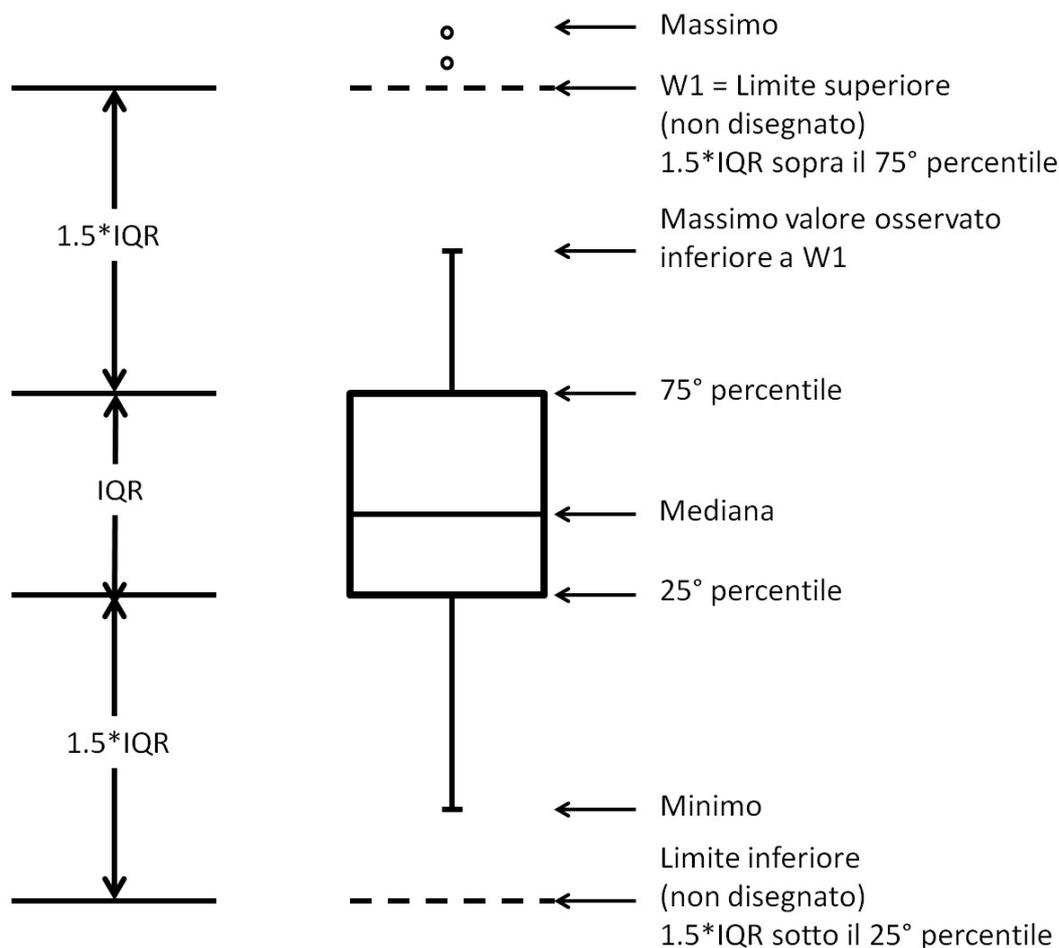


Figura 18. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo del rettangolo (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata 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 19 – Concentrazione di CO (mg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

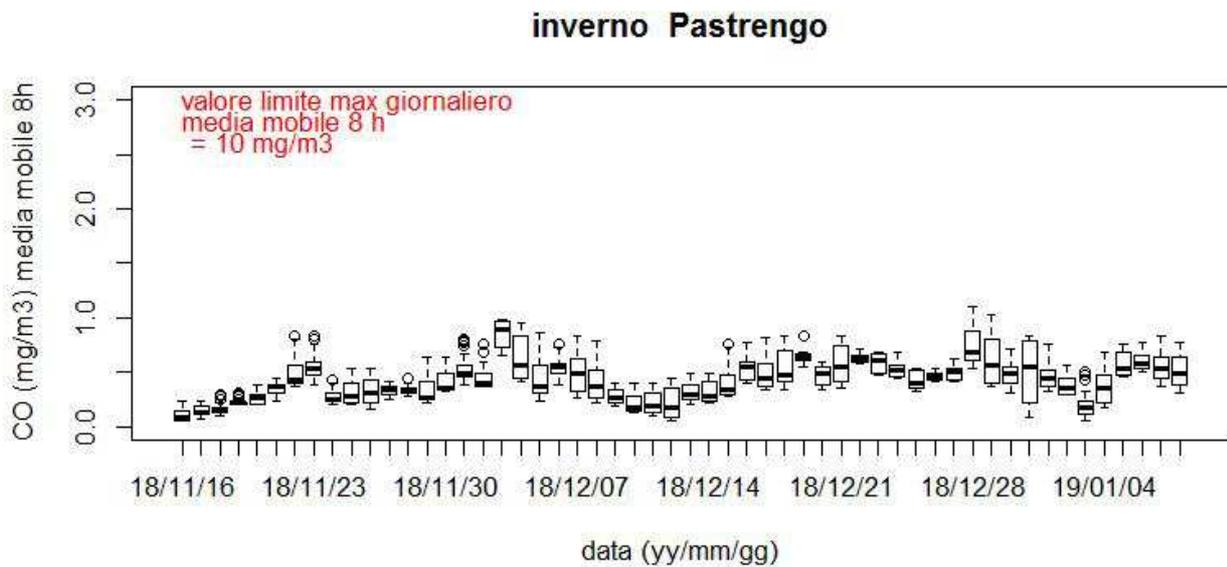
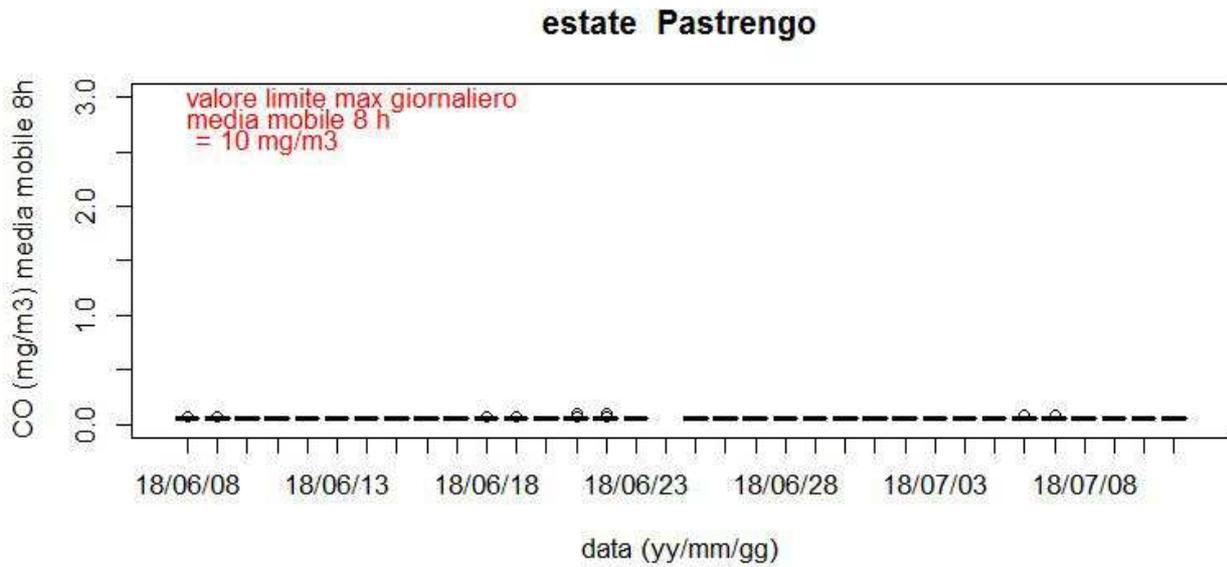


Figura 20 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

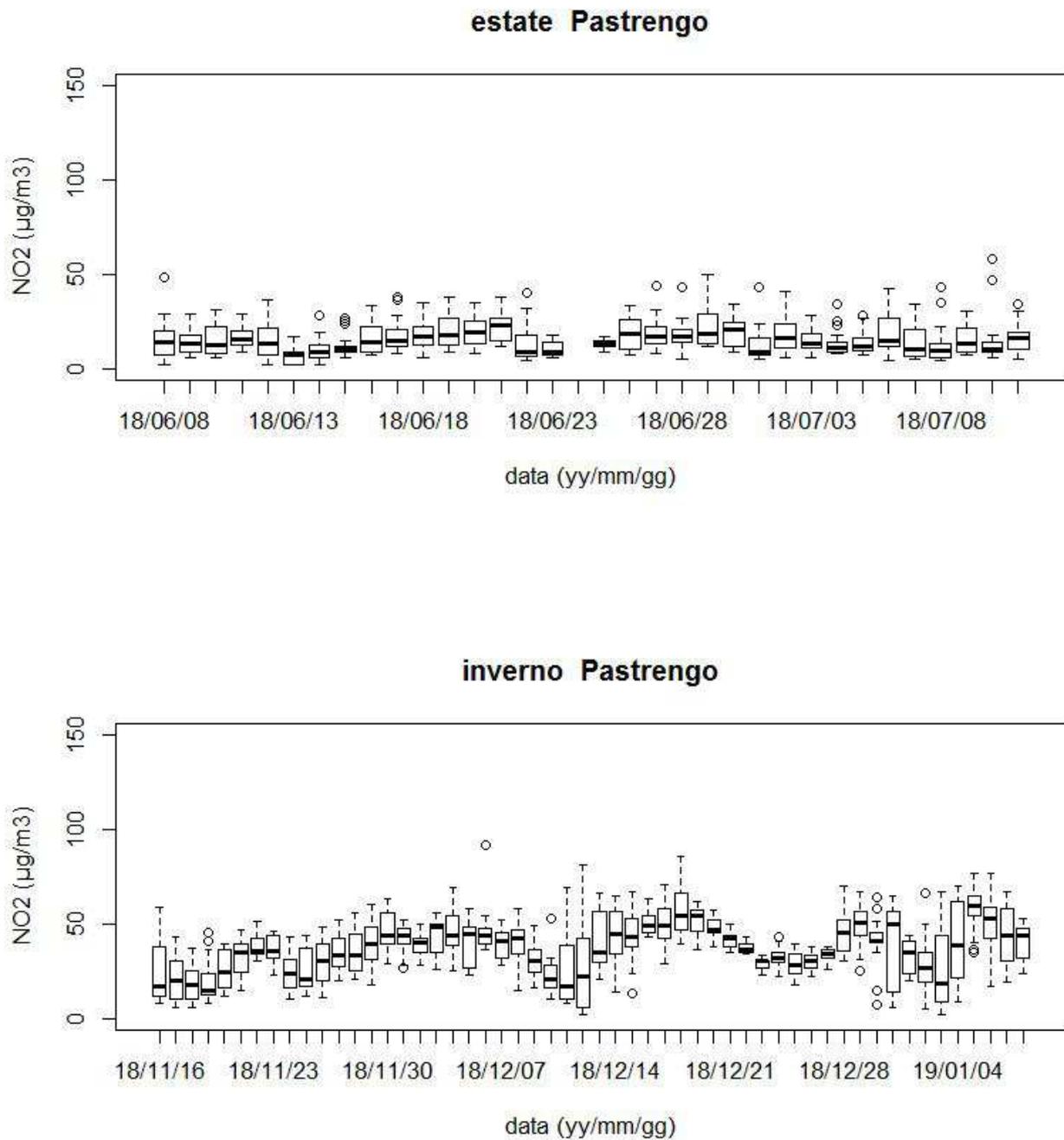


Figura 21 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

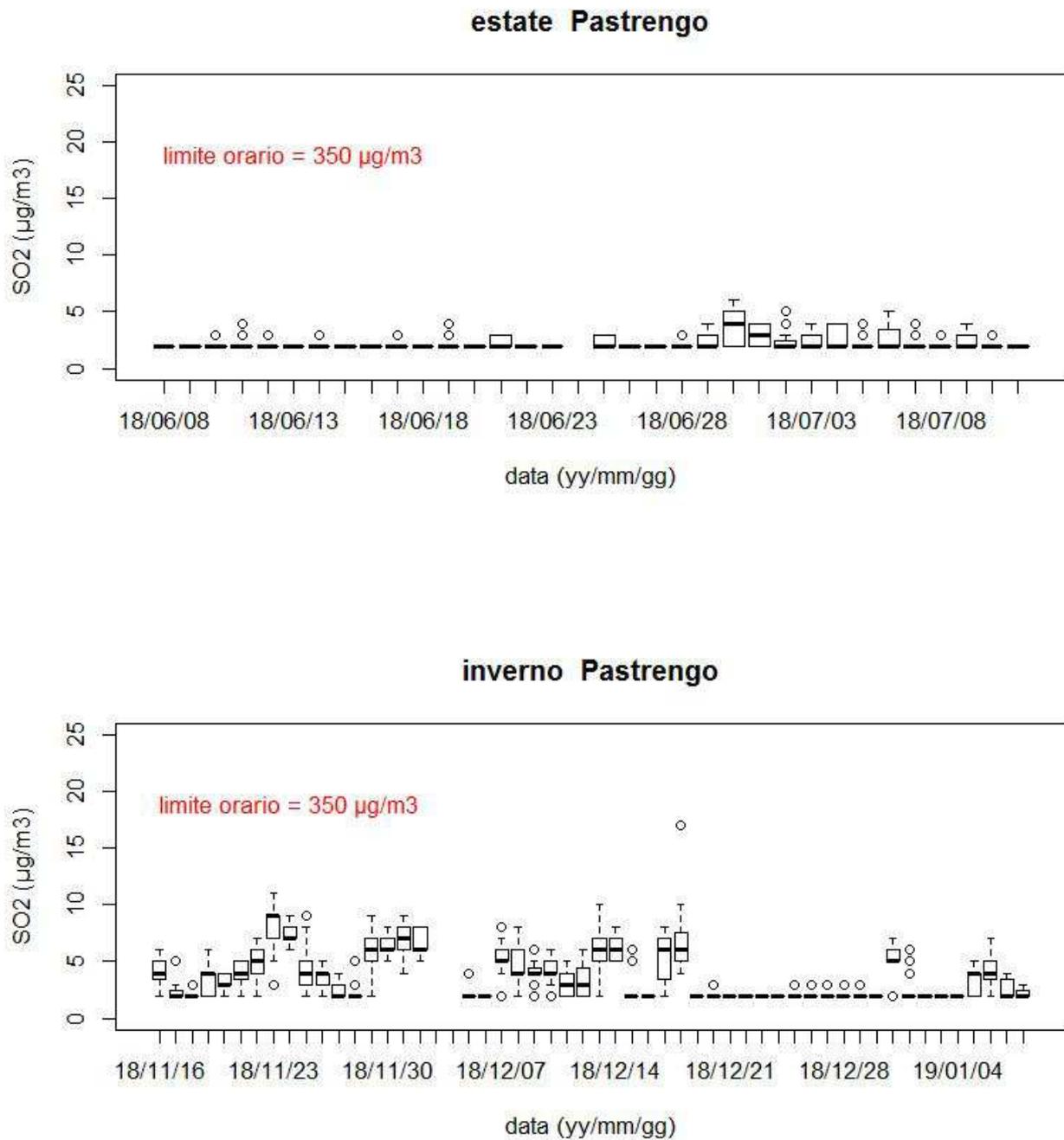


Figura 22 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

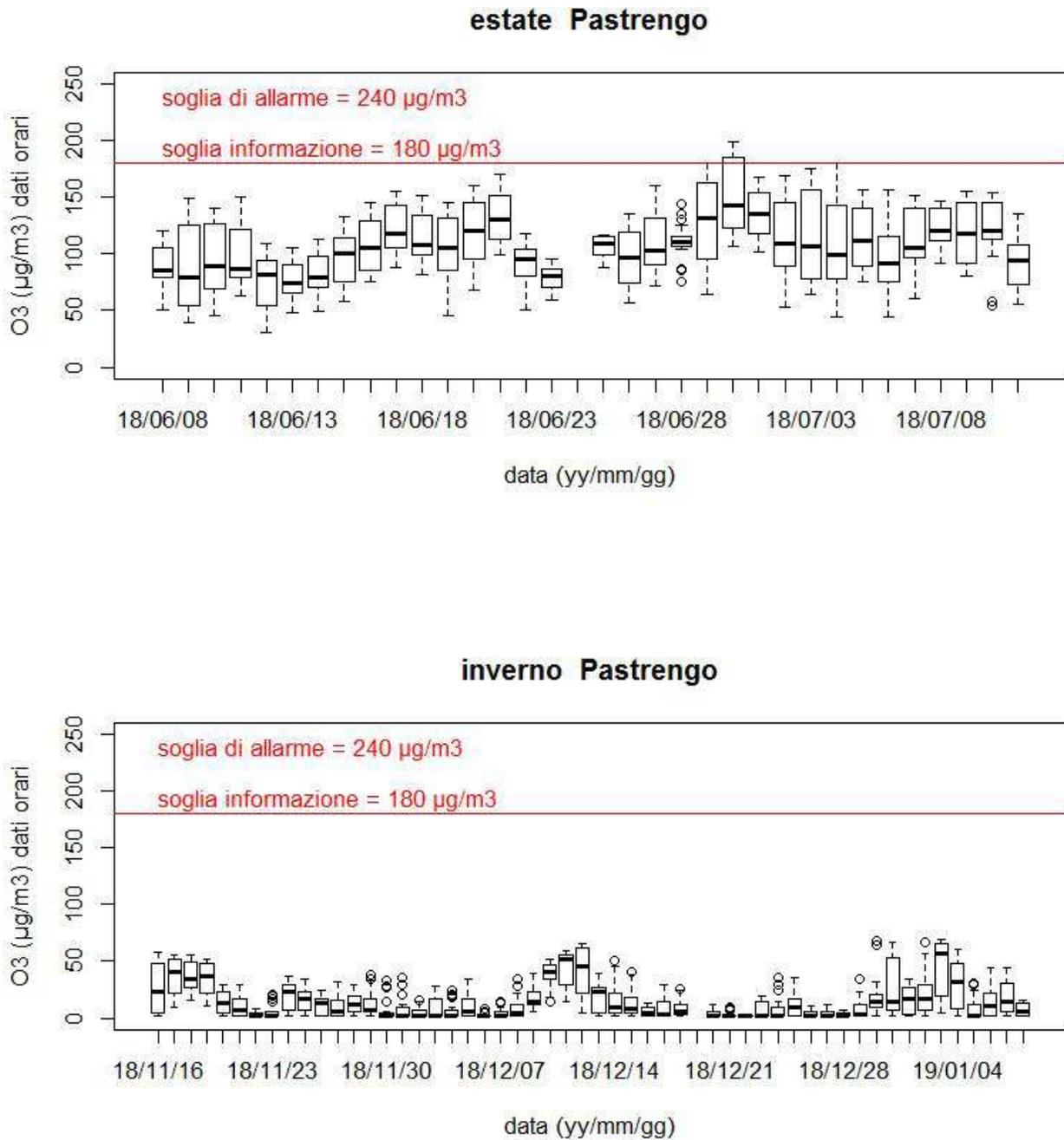


Figura 23 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

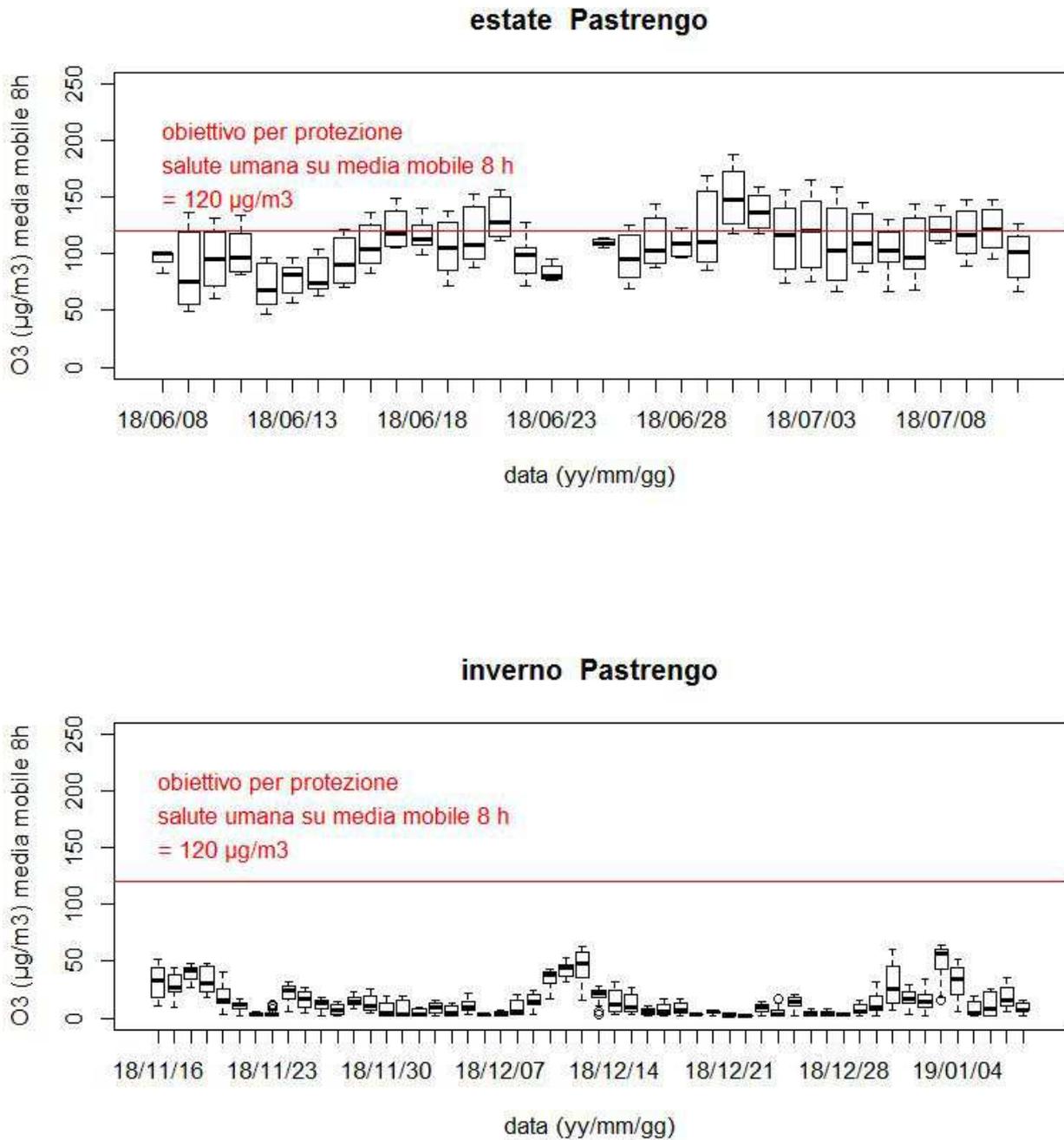


Figura 24 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Pastrengo, San Bonifacio e Legnago. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

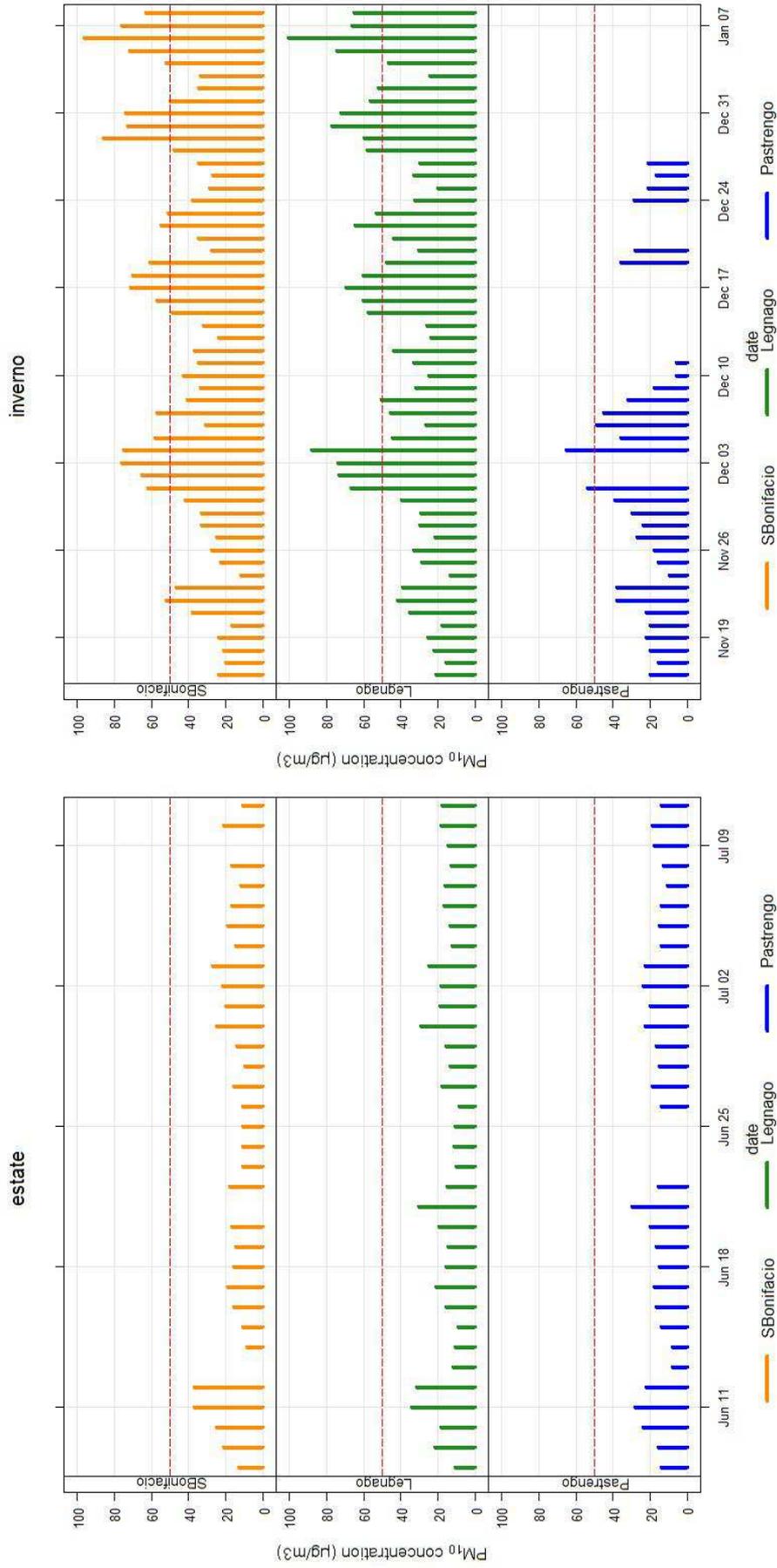


Figura 25 – Concentrazione di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Legnago, San Bonifacio e a Pastrengo nelle due campagne di misura. La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valor medio, misurato tramite campionario passivo esposto per un certo numero di giorni, viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

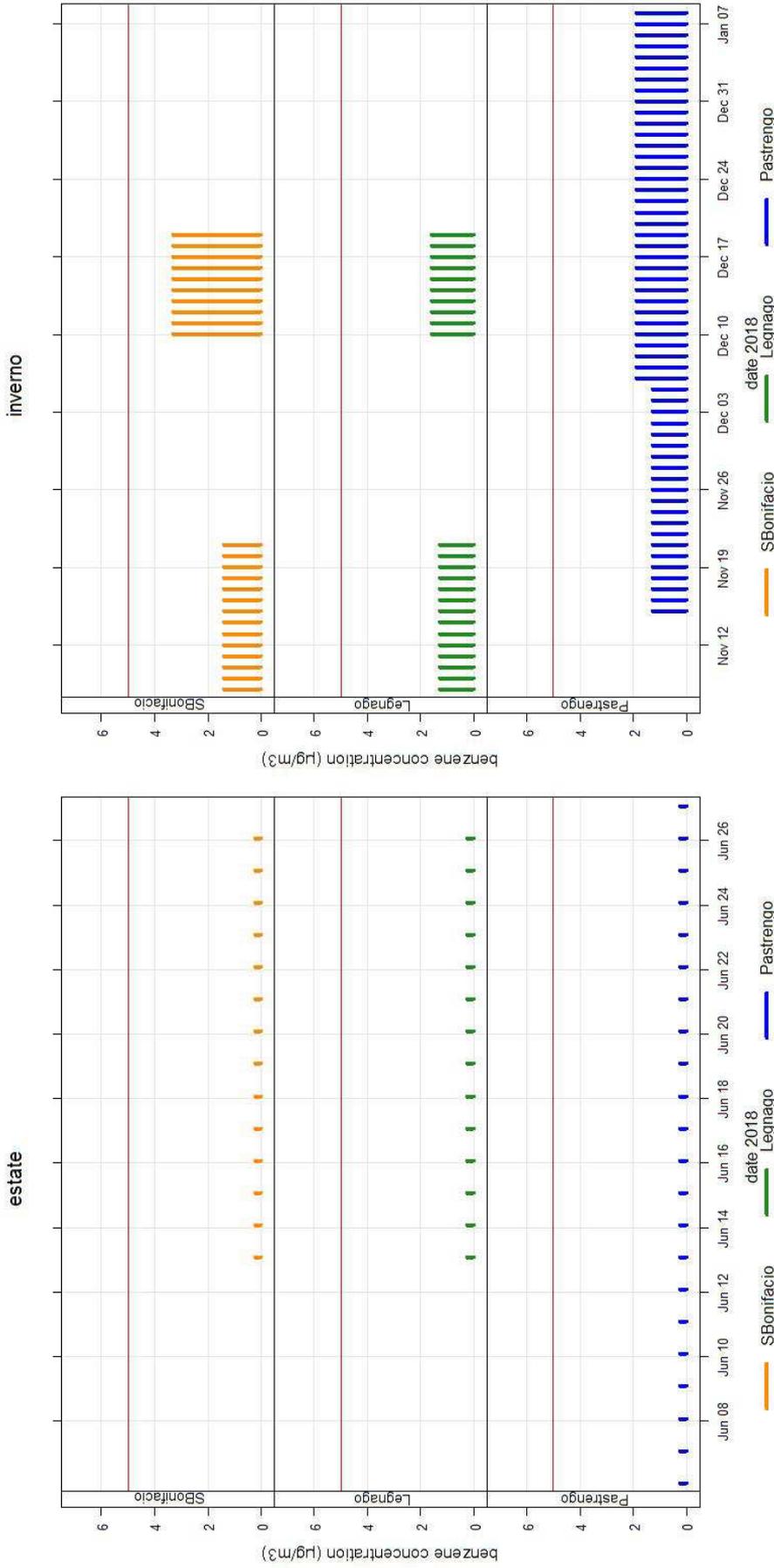


Figura 26 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a VR-Giarol e a Pastrengo nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

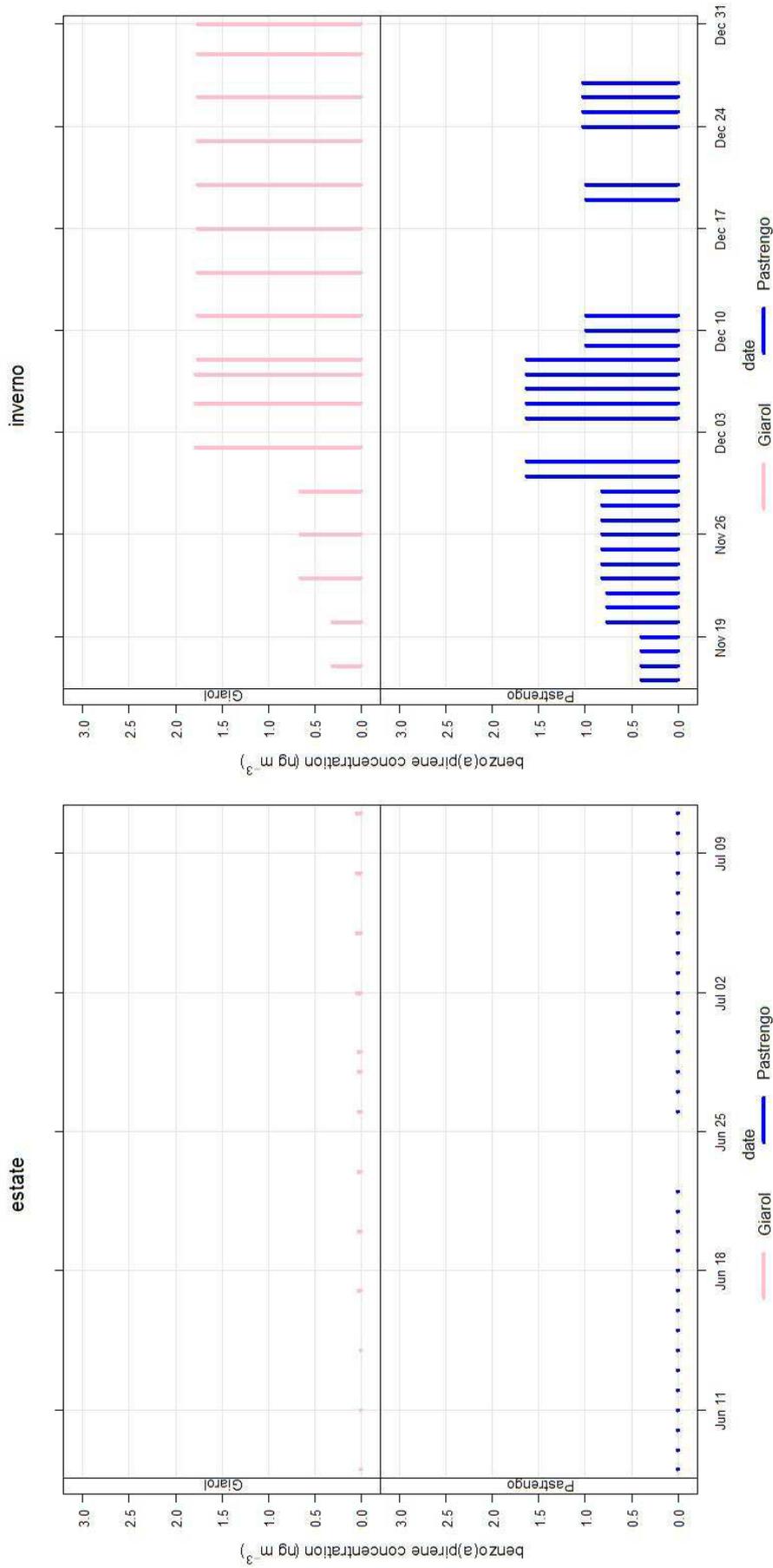


Figura 27 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernate (pannello a destra).

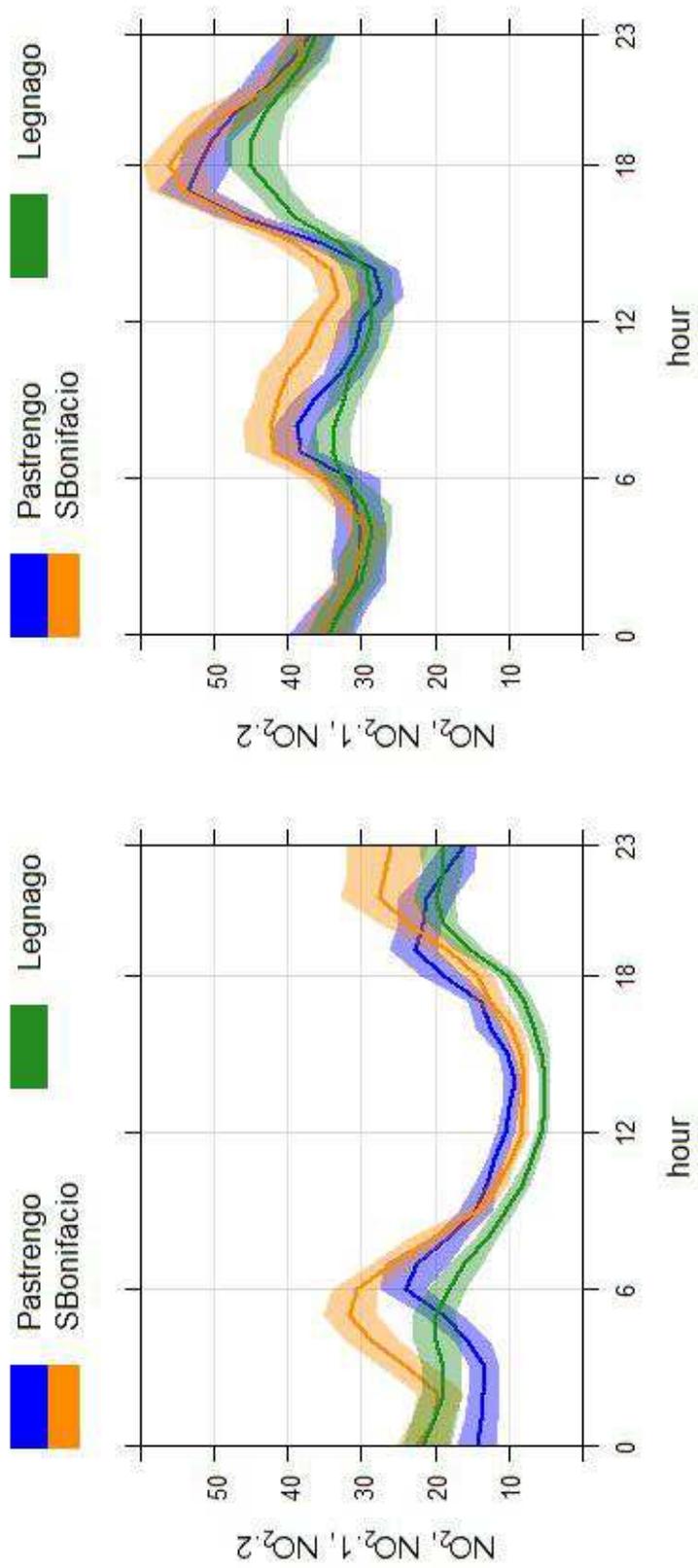


Figura 28 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

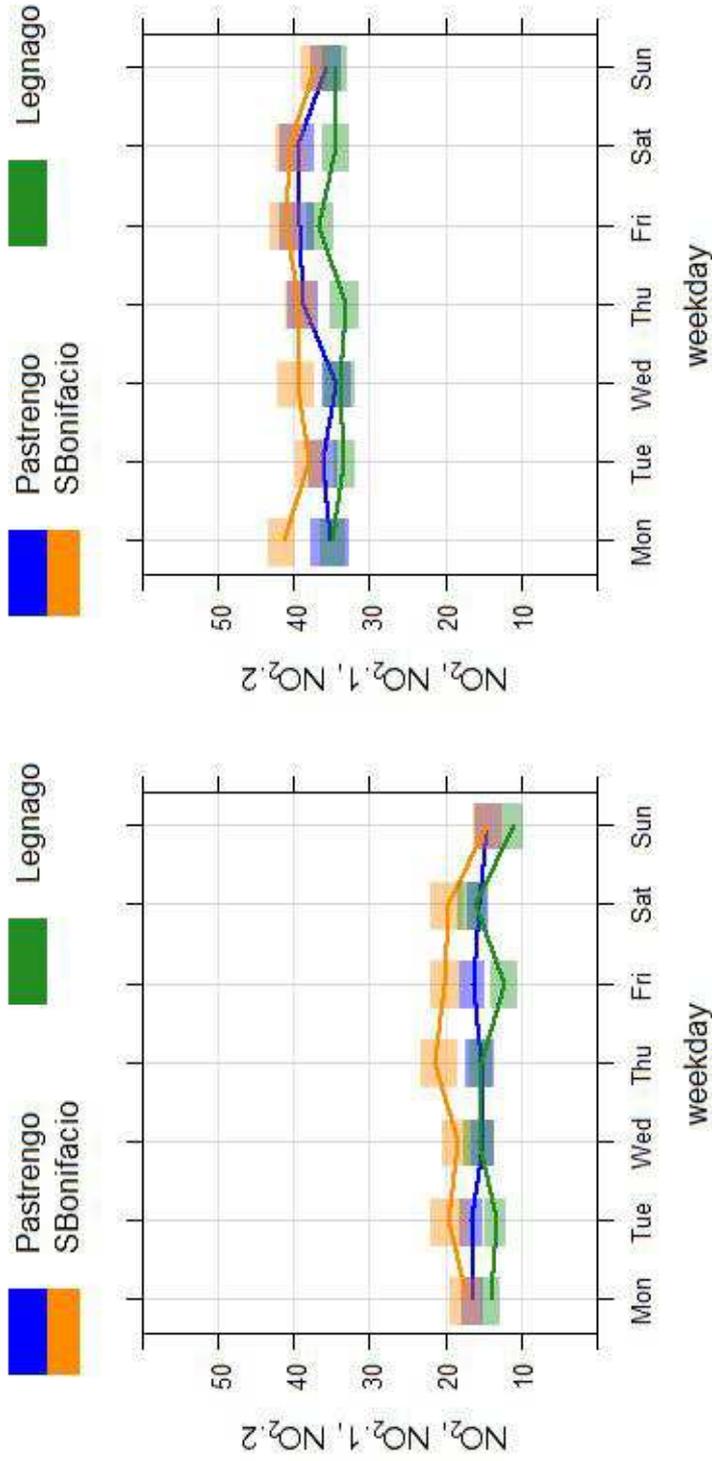


Figura 29 – Giorno tipo O₃ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

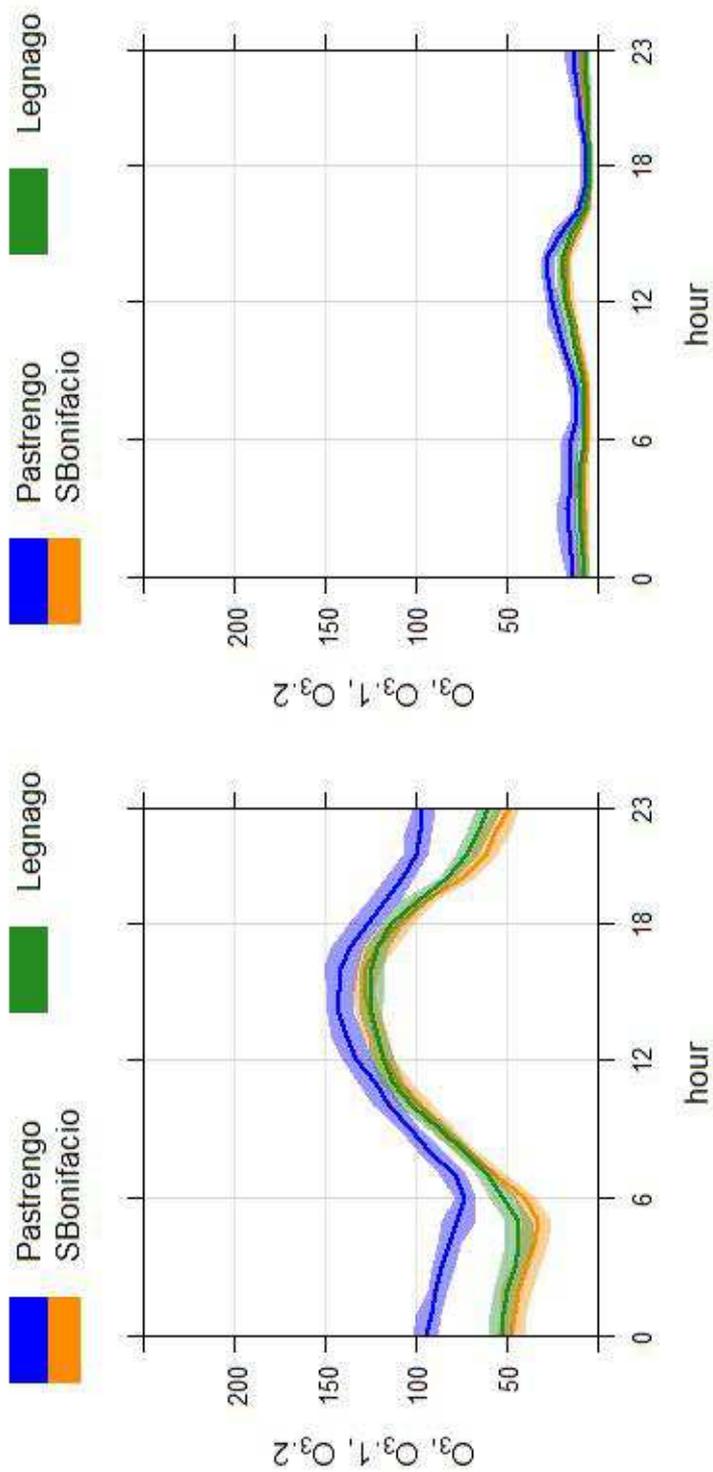
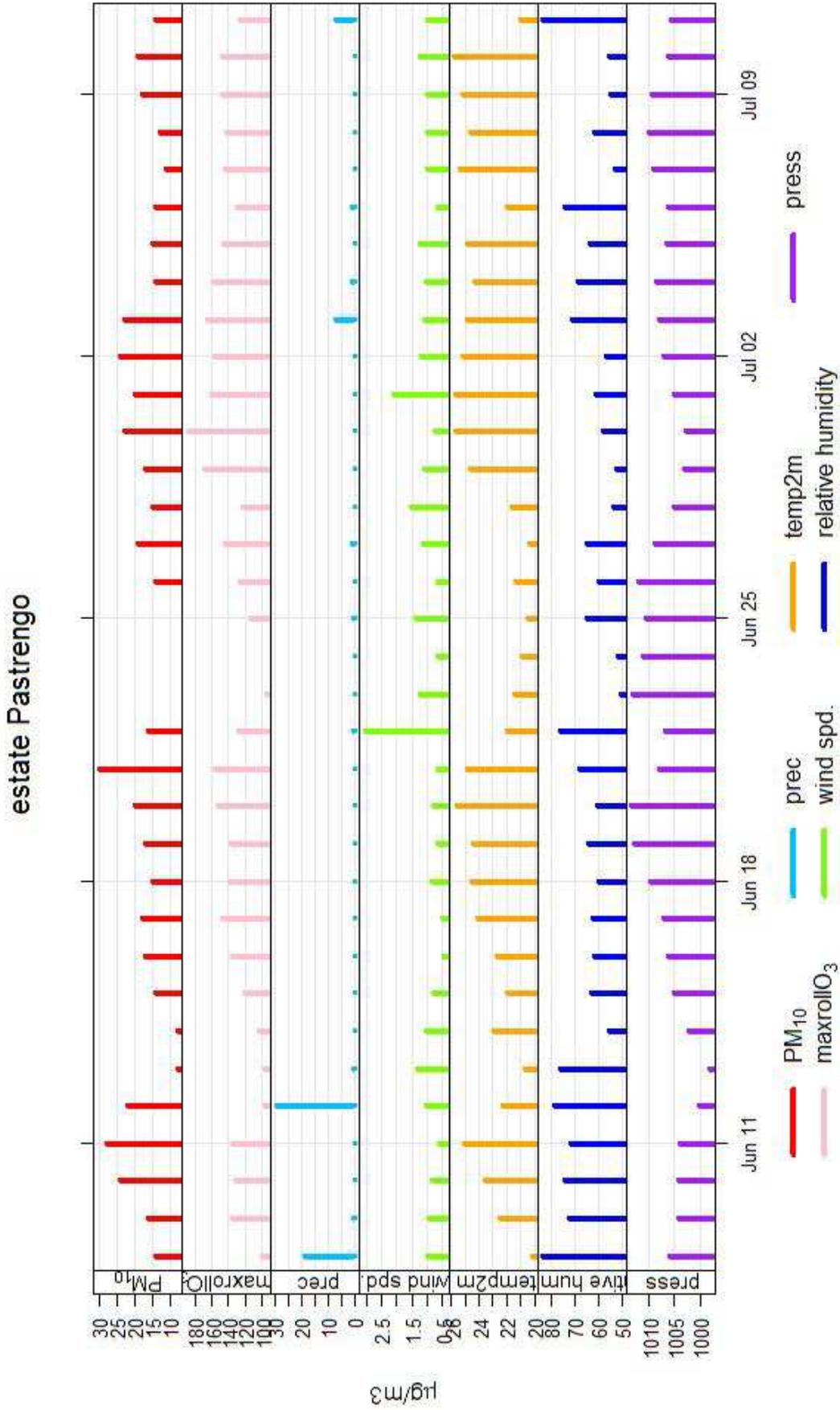
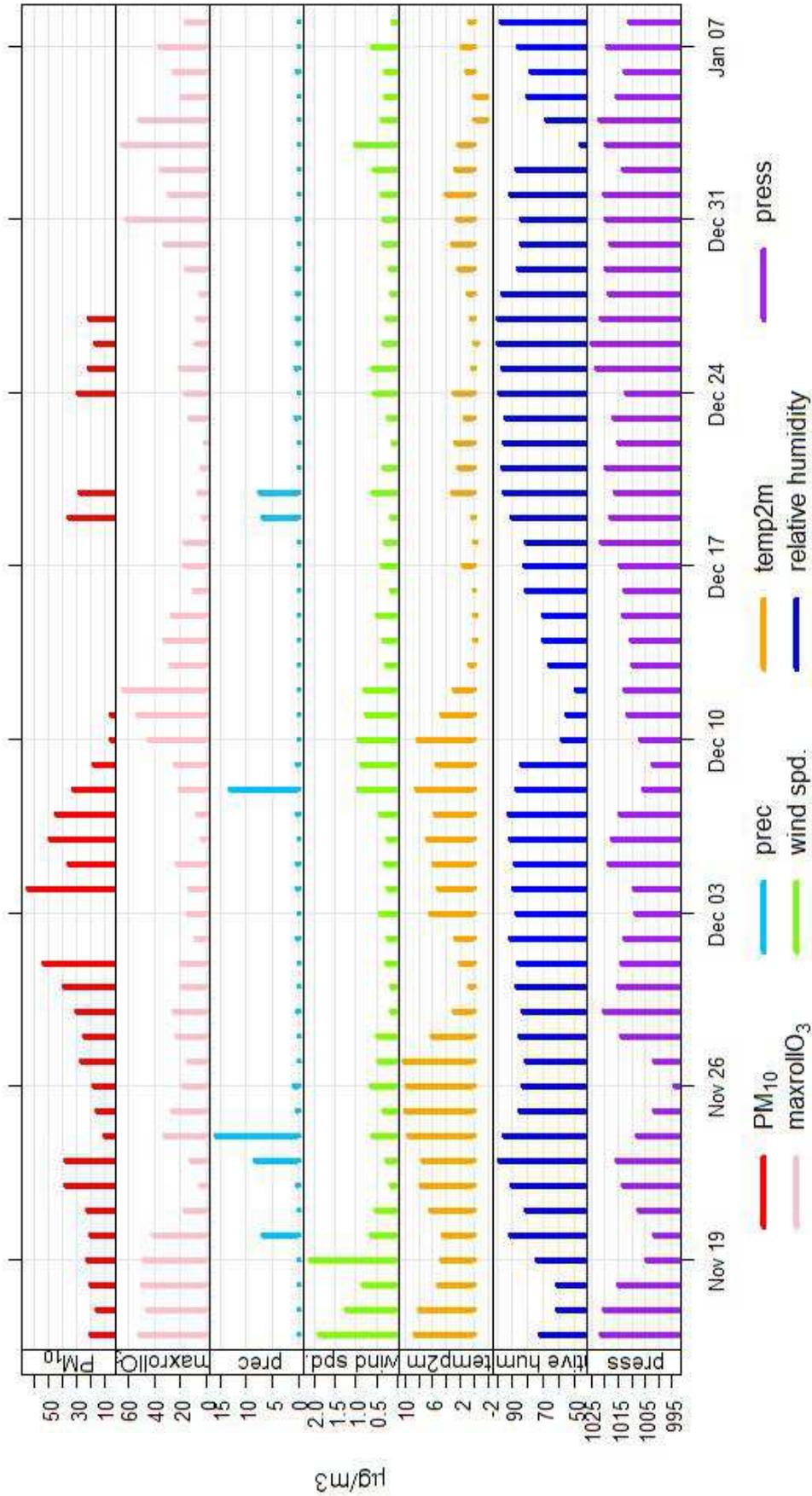


Figura 30 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) a Pastrengo, e variabili meteorologiche della stazione di Castelnuovo del Garda: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso la stazione di Verona-Giarol in estate, a Pastrengo in inverno.



inverno Pastrengo



13. Glossario

Agglomerato

Zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente: 1) una popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure 2) una popolazione inferiore a 250.000 abitanti e una densità di popolazione per km² superiore a 3.000 abitanti.

AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)

Espresso in (µg/m³)*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 µg/m³) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

Background (stazione di)

Punto di campionamento ubicato 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

Fattore di emissione

Valore medio (su base temporale e spaziale) che lega la quantità di inquinante rilasciato in atmosfera con l'attività responsabile dell'emissione (ad es. kg di inquinante emesso per tonnellata di prodotto o di combustibile utilizzato).

Industriale (stazione)

Punto di campionamento ubicato in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

Inquinante

Qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.

Inventario delle emissioni

Serie organizzata di dati, realizzata secondo procedure e metodologie verificabili e aggiornabili, relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche. Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere tramite misure dirette, campionarie o continue o tramite stima.

IQA (Indice di Qualità dell'Aria)

E' una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria.

Margine di tolleranza

Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal D.Lgs. 155/2010.

Media mobile (su 8 ore)

La media mobile su 8 ore è una media calcolata sui dati orari scegliendo un intervallo di 8 ore; ogni ora l'intervallo viene aggiornato e, di conseguenza, ricalcolata la media. Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale l'intervallo di 8 ore si conclude. Ad esempio, il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso. La media mobile su 8 ore massima

giornaliera corrisponde alla media mobile su 8 ore che, nell'arco della giornata, ha assunto il valore più elevato.

Obiettivo a lungo termine

Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Percentile

I percentili o quantili, sono parametri di posizione che dividono una serie di dati in gruppi non uguali, ad esempio un quantile 0.98 (o 98° percentile), è quel valore che divide la serie di dati in due parti, nella quale una delle due ha il 98% dei valori inferiore al dato quantile. La mediana rappresenta il 50° percentile. I percentili si calcolano come la mediana, ordinando i dati in senso crescente e interpolando il valore relativo al quantile ricercato.

Soglia di allarme

Livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Soglia di informazione

Livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste.

Sorgente (inquinante)

Fonte da cui ha origine l'emissione della sostanza inquinante. Può essere naturale (acque, sole, foreste) o antropica (infrastrutture e servizi). A seconda della quantità di inquinante emessa e delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, diffusa, lineare.

Traffico (stazione di)

Punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento massimi caratteristici dell'area monitorata influenzato prevalentemente da emissioni da traffico provenienti dalle strade limitrofe.

Valore limite

Livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.

Valore obiettivo

Concentrazione nell'aria ambiente stabilita al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente, il cui raggiungimento, entro un dato termine, deve essere perseguito mediante tutte le misure che non comportino costi sproporzionati.

Zonizzazione

Suddivisione del territorio in aree a diversa criticità relativamente all'inquinamento atmosferico, realizzata in conformità al D.Lgs. 155/2010.